



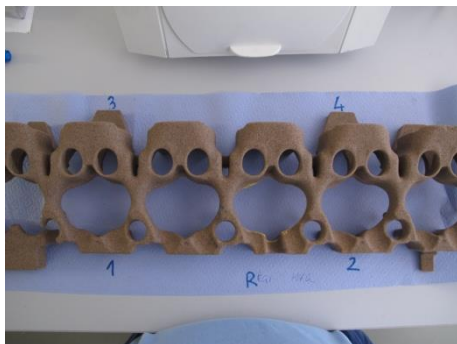
MISKOLCI EGYETEM

MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNYI KAR
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT



Metallurgiai és Öntészeti Intézet
Öntészeti Intézeti Tanszék

Szerves és szervetlen kötőanyagú homok keveredésének vizsgálata



Készítette:

Gór László

4. éves BSc anyagmérnök hallgató

Konzulensek:

Dr. Dúl Jenő, címzetes egyetemi tanár

Császár Csaba, termék mérnök

Pete László, termék mérnök

Tartalom

1.	Bevezetés.....	1
2.	Különböző maghomok keverékek tulajdonságai	2
2.1.	Szerves kötőanyagú keverékek.....	2
2.2.	Vízüveges keverékek.....	2
2.3.	Cordis kötőanyagú homokkeverékek	5
3.	Maghomok keverékek regenerálása a Nemak Győr Kft.-ben	7
3.1.	Regenerálás jelentősége.....	7
3.2.	Nemak homokrendszere	7
3.3.	Homokregenerálás	9
3.4.	Termikus regenerálási folyamat főbb részei	9
4.	Szervesetlen és szerves homokkeverék elkészítése és tulajdonságai	12
4.1.	Homokkeverékek elkészítése	12
4.2.	Szervesetlen kötőanyagú homokkeverékek elkészítése	13
4.2.1.	Hőterhelés nélküli szervesetlen keverék elkészítése	15
4.2.2.	Hőterhelésnek kitett szervesetlen keverékek elkészítése	16
4.3.	A szerves szervesetlen keverék előállítása.....	17
4.4.	Kísérleti program	18
4.5.	Keverék regenerálás nélküli próbatestek elkészítése	19
4.6.	Próbatestek készítése a közös keverék regenerálásával	20
5.	Kísérleti eredmények és következtetések.....	22
5.3.	A tárolási idő hatása a szilárdsági tulajdonságokra	27
5.5.	Elektronmikroszkópos vizsgálatok.....	29
5.6.	Szerves és szervesetlen kötőhidak összehasonlítása	33
6.	Összefoglalás	34
7.	Irodalomjegyzék	35

1. Bevezetés

A rendkívül gyorsan fejlődő világunkban olyan technológiai kutatások és üzemi fejlesztések váltak egyre fontosabbá, melyek biztosítják az öntvények felhasználói követelményeinek teljesítését és megfelelnek a környezeti előírásoknak is. A szerves kötőanyagokkal gyártott öntödei maghomok-keverékek környezeti kibocsátása miatt előtérbe került a korábbi technológia optimalizálása helyett a lecserélése és a szervesetlen kötőanyagú magok gyártása.

A Nematik Győr Kft. a hengerfejekben lévő belső üregek kialakításához kizárólag szerves kötőanyag tartalmú homokmagokat használ. Az új technológiák alkalmazásában élenjárók, pl.: Nematik Wernigerode GmbH. hengerfej öntöde már alkalmazza a szervesetlen kötőanyagot technológiát. A Nematik Győr Kft. fejlesztési programjában is szerepel a szervesetlen kötőanyagrendszer bevezetése, de ezt nem tudja egyszerre, a teljes technológiai folyamatra megoldani. A szerves és szervesetlen kötőanyag rendszer együttes alkalmazása esetén ezek teljes elkülönítése nem oldható meg és a homokregenerálási folyamatban sincs lehetőség kiválasztani a szerves kötőanyag tartalmú homokot a szervesetlentől. Üzemi viszonyok között ezáltal rendkívül fontos feladat ezen két típusú kötőanyag együttes hatásának a vizsgálata.

Tudományos diákköri munkám célkitűzése a szervesetlen kötőanyag tartalmú maghomok bekeveredés hatásának vizsgálata szerves kötőanyag tartalmú technológiával működő homokrendszer esetén. Vizsgálataimat a Miskolci Egyetem Könnyűfém - öntészeti Nematik Kihelyezett Oktató Laboratóriumában végeztem Győrben.

A homokmagokat az öntés során eltérő mennyiségű hő éri. A fémmel érintkező részekben a kötőanyag nagyobb mennyiségben ég ki, míg más részeket minimális hőterhelés éri. Ennek megfelelően készítettem hőterhelésnek kitett és hőterhelés nélküli szervesetlen homokkeverékeket. A rendszer megfelelő szimulálása érdekében készítettem próbatesteket a szerves és szervesetlen kötőanyagú keverék regenerálásával és regenerálása nélkül.

Az elkészített próbatesteken hajlítási szilárdság mérést végeztem 10 másodperc, 90 perc és 360 perc elteltével. Vizsgálataim alapján megállapítottam a szerves kötőanyagú rendszerbe bekeverhető szervesetlen kötőanyag tartalmú homok mennyiségét és meghatároztam a különböző technológiai befolyásoló tényezők hatását.

A vizsgálati eredmények használhatóak a Nematik Győr Kft. technológiai folyamatában.

2. Különböző maghomok keverékek tulajdonságai

Az öntészetben az öntvények belső üreginek kialakítására homokmagokat alkalmaznak, amelyeket különböző homokokkal és különböző kötőanyag rendszerekkel állítanak elő.

2.1. Szerves kötőanyagú keverékek

Szerves kötőanyagokat régebben is használtak, magok készítésére. Ezek a kötőanyagok ú.n. száradó olajok voltak. Leggyakrabban lenolajat használtak erre a célra, amelyből a homokhoz 1,5-2%-ot kellett adagolni. Ezeket a magokat kemencében megszáritották 180-200°C-on, hosszú órákon keresztül. A korszerű szerves kötőanyagok kötési ideje általában másodpercekben, maximum perc nagyságrendben mérhető. Maghomok keverékek készítésére hőre keményedő műgyanták alkalmazhatók. A hozzáadagolt gyanta mennyisége pedig 1,2-1,5%-ra tehető.

A műgyantakötésű formázó- és maghomok keverékek legfontosabb előnyei:

Az öntés után a kötőanyag fokozatosan kiég a formából és a magokból kivéve, ha az öntvény falvastagsága nagyon kicsi és ehhez képest a mag mérete, illetve falvastagsága nagyon nagy. Így az öntvénytisztítás könnyebb, az öntvényeknek megfelelő a méretpontossága jó, a felületi minőség, a forma- és magkészítés jól gépesíthető, a használt homok mechanikusan és termikusan egyaránt regenerálható.

A műgyantakötésű formázó- és maghomok keverékek hátrányai:

Viszonylag drága a felhasznált kötőanyag, kiégéskor környezetszennyező gázok és gőzök képződnek, ha nem regenerálják veszélyes hulladéknak minősül, amely egyre emelkedő deponálási költségeket vonz maga után [1].

2.2. Vízüveges keverékek

A vízüveget öntészeti kötőanyagként már régóta használják. Viszonylag olcsó, csekély környezetszennyező hatású. Lényegében csaknem minden fajta öntött anyaghoz használható mag, illetve forma anyagként a vízüveges keverék.

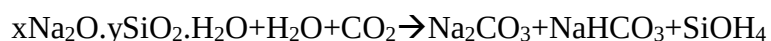
A vízüveg általános kémiai szerkezeti képlete



Ez azt jelenti, hogy a vízüvegben az $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ aránya változó lehet, valamint a vízüvegnek is van szerkezeti víz tartalma. A vízüveg, mint ahogy a neve is mutatja, vízben jól feloldódik, így különböző sűrűségű oldatok készíthetők belőle. A sűrűbb oldat nehezebben keverhető el a homokban megfelelően, a hígabb oldat jobban elkeverhető. A szokásos oldatsűrűség 1,4-1,5g/cm³. Ez a vízüveg oldat egyik számszerű jellemzője.

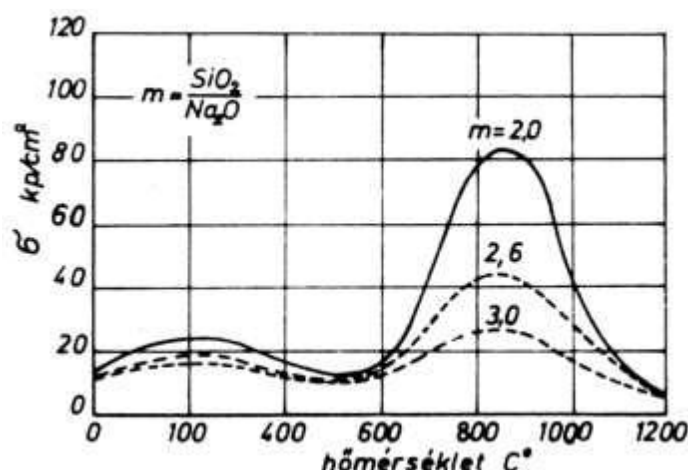
A másik nagyon fontos jellemző a $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ arány, amelyet a vízüveg moduljának neveznek. Az öntészeti vízüvegek modulja kb. 2,7. Amennyiben a modul kisebb, nagyobb a forma szilárdsága, de a visszamaradó szilárdsága is nagyobb, ha a modul nagyobb, a forma szilárdsága és tárolhatósága kisebb, de a visszamaradó szilárdsága is kisebb. A vízüveg kötését a legtöbb esetben CO_2 -s átfúvatással hozzák létre.

Ennek egyszerűsített kémiai összegképlete:



A kötőanyag ebben az esetben szilícium-hidroxid, amely szervetlen polimerláncokat hoz létre és így egy gél szerkezet jön létre, amely a homokszemcséket összeköti. Az egyenletből látható, hogy szóda és szóda-bikarbóna is képződik. Mind a két anyag erősen higroszkópos, ami az elkészült formák, illetve magok tárolhatóságát rontja. Ha túlságosan sokáig fúvatják CO_2 -vel a vízüveges magot, a tárolhatósága jelentősen csökken, mivel nagy mennyiségű szóda és szóda-bikarbóna válik ki, amely a levegő nedvességét magába szívja, ezáltal a mag szilárdsága jelentősen csökken.

A vízüveges formázókeverékeknek nagyon fontos sajátossága a visszamaradó szilárdság. A visszamaradó szilárdságot úgy vizsgáljuk, hogy a vízüveges keverékből szabványos 50 mm-es hengeres próbatestet készítünk, különböző hőmérsékletekre hevítjük, ezután hagyjuk kihűlni és megmérjük hidegen a nyomószilárdságát. Ezzel tulajdonképpen a formák üríthetőségét lehet modellezni. A visszamaradó szilárdság változását, az diagramját a 1. ábrán mutatom be.



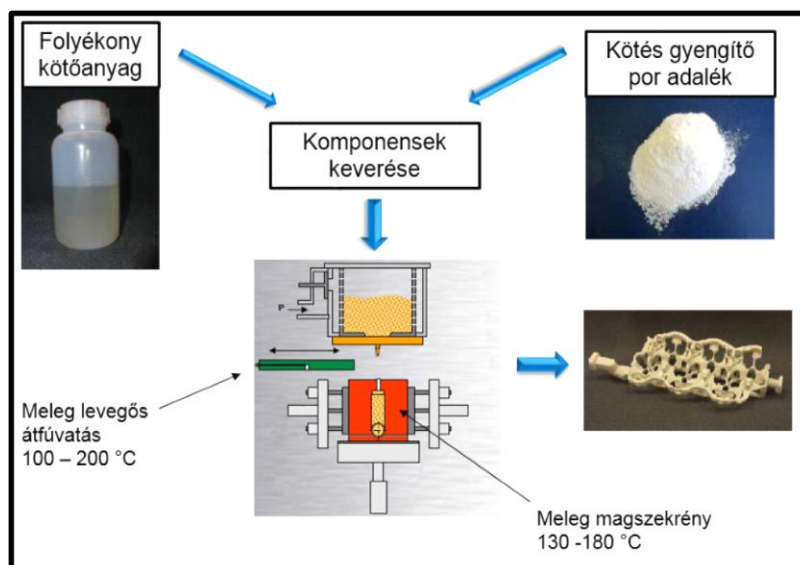
1. ábra Vízüveges formázókeverék visszamaradó szilárdsága [1]

A diagramból látható, hogy a visszamaradó szilárdság két maximumot mutat. Az első maximum kb. 180°C-on következik be. Ennek, azaz oka hogy a szilícium-hidroxid gél térhálósodása a hőmérséklet hatására folytatódik és 180°C-on éri el a maximális szilárdságot. A 400-500°C közötti szilárdság minimum oka, hogy a vízüveg szerkezeti vize ebben a hőmérséklet tartományban távozik, ezért a kötőhidakat gyengíti. 800-900°C-on – mivel ez egyfajta üveg, a vízüveg meglágyul, és mint igazi üvegfázis fogja összekötni a homokszemcséket. Ennek az üvegekötésnek a szilárdsága nagy. A visszamaradó szilárdság a valós formákon, magokon úgy fog jelentkezni, hogy a formafaltól való távolság függvényében eltérő mértékben hevül fel a forma, illetve a mag. Ezért lesznek benne nagy visszamaradó szilárdságú részek és kisebb visszamaradó szilárdságú részek. A diagramból az is kiderül, hogy a visszamaradó szilárdság a vízüveg modul függvényében jelentős eltéréseket mutat. A nagyobb modulú vízüveg visszamaradó szilárdsága kisebb, mint a kisebb modulú vízüveké. A vízüveg visszamaradó szilárdsága különböző adalékokkal csökkenthető, ilyenek pl. szerves adalékok (pl. cukor), illetve szervetlen adalékok (pl. kalciumkarbonát liszt), amelyek a visszamaradó szilárdságot csökkentik. A kötési idő csökkenthető kalciumklorid adagolással. A vízüveges keverékek szokásos összetétele CO₂-os átfűvással történő kötés esetén 3-6%. Az átfűvátás optimális időtartama 20-60 s. Az így elkészült mag, illetve forma nyomószilárdsági értéke kb. 0,5-1,5 MPa. A vízüveges keverék melegítéssel is megköt. Ilyen esetben a vízüveg mennyisége lényegesen csökkenthető, optimálisan 2-3% lehet. A hevítési hőmérséklet 160-200°C. A melegítés történhet úgy, hogy meleg magszekrénybe lőjük a vízüveges keveréket, más esetben hevíthetjük mikrohullámmal, vagy forró levegővel is. A vízüveges keverékeknek vannak önkötő változatai is, amelyek főként a nagyobb formák, illetve magok készítésére alkalmasak,

ugyanis ezeket nagyon nehéz megfelelő módon átfúvatni CO₂-vel. Ilyen esetekben adalékként észtereket adagolnak a vízüveges keverékhez, melyek egy fokozatos gyenge sav hatást fejtenek ki (hasonlóan a CO₂-hoz). A vízüveges keverékeknek léteznek ún. habosított vízüveges változatai is. Ebben az esetben a vízüveges keverékhez többletvizet, habstabilizáló adalékot és önkötéshez szükséges adalékot kevernek, megfelelő keverőgépen felhabosítják és egyszerűen beleöntik a magszekrénybe. Ilyen módon kizárólag nagyméretű magokat és formákat készítenek. A vízüveges keverékek készítésére legalkalmasabb a csigás keverőgép [1].

2.3. Cordis kötőanyagú homokkeverékek

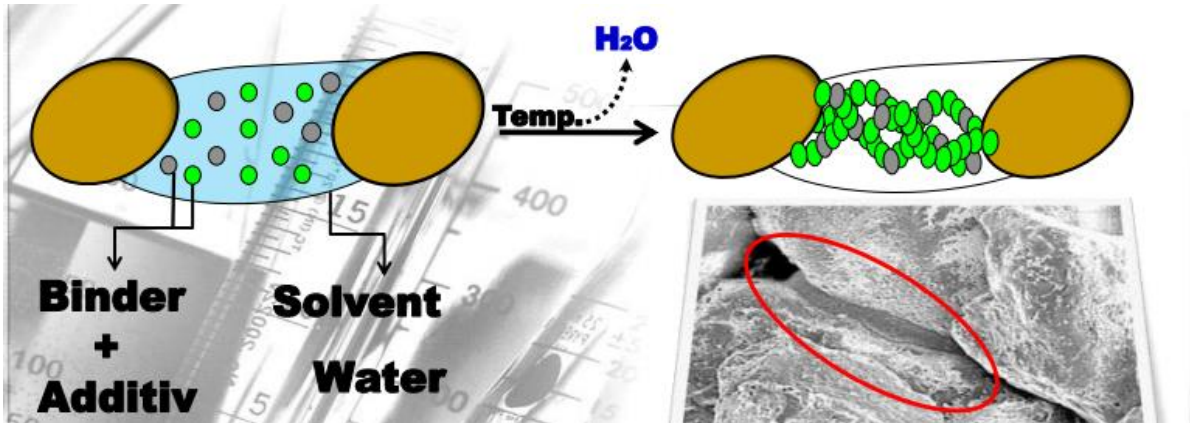
A Cordis kötőanyagrendszer teljes körű szervesetlen kétkomponensű rendszer. Alkotórésze a „Cordis” folyékony kötőanyag és az „Anorgit” por adalékanyag. A folyékony komponense egy vízbázisú módosított szilikát oldat [7]. A magkészítés a Cold-Box technológiához hasonló. A kötőanyaggal tartalmazó homokkeverék kötését a magszekrénybe kerülése után egy forró levegős átfúvatás hozza létre, ahogy a 2.-es ábrán látható.



2. ábra Cordis kötőanyag rendszerrel történő magkészítés

A magszekrény hőmérséklete 130-180°C. Az átfúvatott levegő hőmérséklete 100-200°C. A homokkeverékhez adagolt kötésgyengítő por adalék (Additív) megakadályozza a kemény kötés hidak kialakulását, ezzel elősegíti a magok megfelelő regenerálhatóságát [6].

A kötés során a befűvatott forró levegő hatására vízkilépés történik. A létrejövő kötésnyakba a kötésgyengítő adalékanyag beékelődik, ezáltal torzítja a létrejövő szilikátlánc rácsparamétereit. Az 5. ábrán látható szürke gömbök próbálják meg ezt szemléltetni [5].



3. ábra Cordis kötésmechanizmus [5]

Cordis formázó- és maghomok keverékek legfontosabb előnyei:

- Csökkentett emisszió
- Megfelelő regenerálhatóság
- Nincs kondenzátum képződés, gyantaletapadás
- Kis falvastagságú bonyolult geometriájú magok elkészítésére alkalmas
- Munkavállalók egészségének védelme
- Gazdasági előnyök, hosszútávon megtérülő költségek

Cordis formázó- és maghomok keverékek legfontosabb hátrányai:

- Elkészült magok tárolhatósági ideje korlátozott (páratartalom-érzékenység)
- Rossz üríthetőség
- Szerves kötőanyagú homokkal való keverhetőség korlátozott [5,7]

3. Maghomok keverékek regenerálása a Nemak Győr Kft.-ben

A hulladékmentes technológiák szerinti működtetés fontos eleme a használt homok regenerálása, újra használatra alkalmassá tétele. Különösen fontos napjainkban, mikor a új homok költségének a nagyobb hányada a szállításhoz kapcsolódik. A hulladék homok elhelyezése szintén plusz költség [8].

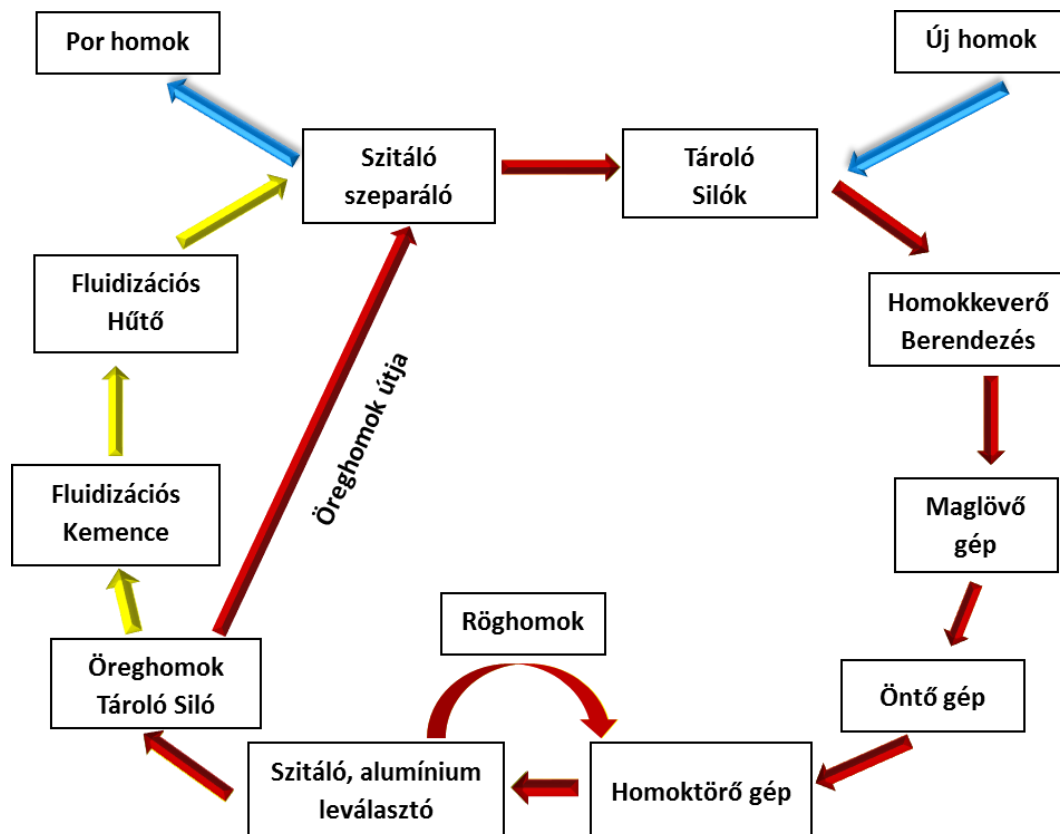
3.1. Regenerálás jelentősége

A homokregenerálás feladata az öntést és ürítést követően a használt homokon lévő maradék kötőanyagok eltávolítása. A kötőanyag az öntvényhez képest adott távolságokban más-más arányban ég ki, amit a homok/fém arány befolyásol [3].

Az öntéskor felhasznált magokat öntés után regenerálják, újrahasznosítják gazdasági és környezetvédelmi szempontok miatt. A homokot és a magtörmeléket vagy a hibás magokat szétmorzsolják. A bekeveredett alumínium darabokat szétválasztják a homoktól. Ezt követően egy fluidizációs kemencében leégetik a maradék gyantát, majd pedig lehűtik egy fluidizációs hűtő berendezés segítségével. Ezt követően egy szeparáló berendezésen megy keresztül a homok. Ismételt felhasználásig a homokot silókban tárolják.

3.2. Nemak homokrendszere

A homokrendszer és a homok útjának feltérképezése elengedhetetlen a vizsgálatok megfelelősége szempontjából. Ugyanis a homokkal történő mechanizmusok pontos ismeretének tükrében lehet csak olyan kísérleteket elvégezni, melyek a lehető legnagyobb mértékben egyeznek az üzemben lévő homok útjával és így valós felhasználható eredményt szolgáltathatnak számunkra. Csak ebben az esetben vihetők át a kísérleti eredmények a labor vizsgálatokból az üzemi termelésbe. A Nemak homokrendszerét 4. ábrán szemléltettem. A rendszerbe érkező és a rendszerből távozó homokot kék színű nyíllal jelöltem. A termikus regeneráláson áteső homok körbehalad az egész körfolyamaton, az öreghomok silótól kezdődően (sárga) majd a homokkeverő berendezéstől (barna színnel jelölve) halad végig az üzemben. Az öreghomok (használt) egy része nem kerül a fluidizációs kemencébe, tehát kikerüli a termikus homokregeneráló folyamatokat.



4. ábra Homokrendszer folyamatábrája

Nem regenerált homok:

Más néven öreghomok, ez olyan homokkeverék, amely csak daráláson és szitáláson esik át, ebből kifolyólag magas a homok maradó kötőanyag tartalma. A regenerált homokhoz képest alacsonyabb szilárdsági mutatókkal rendelkeznek. Gyantás keverékek esetén, a nem regenerált homokkeverékből készített magokból az öntés során nagyobb mennyiségű gázok, gőzök keletkeznek, melyek az önvényben porozitást idézhetnek elő, így ezeket a magokat csak bizonyos kitüntetett helyeken alkalmazhatjuk.

Regenerált homok:

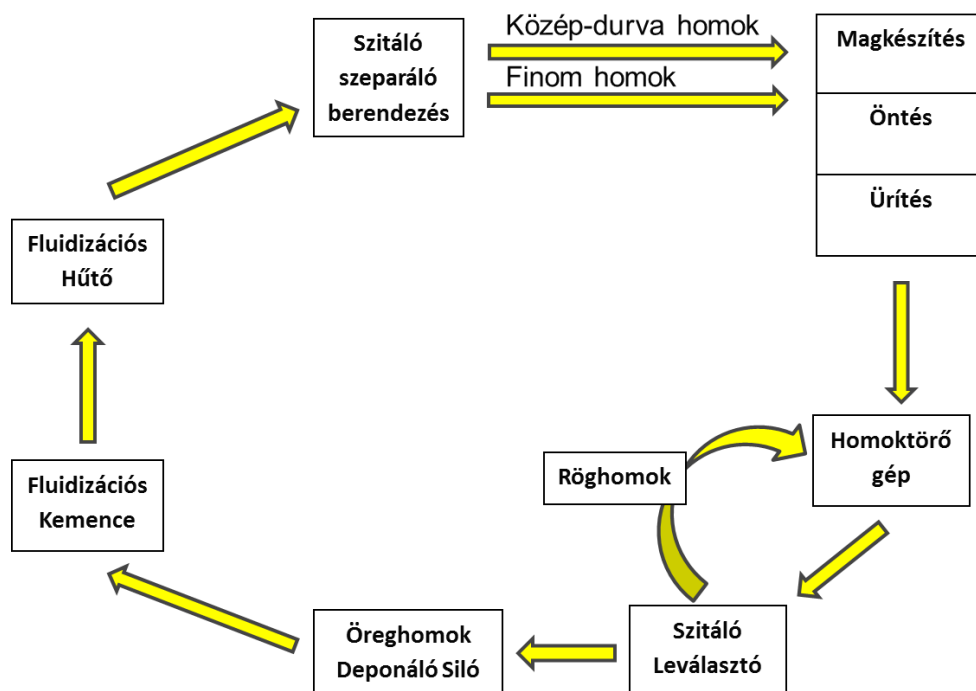
Olyan homokkeverék, amely átesik egy termikus regeneráláson, így a maradó kötőanyag tartalma javarészt kiég. A termikus tisztításból eredően a nem regenerált homokhoz képest, a számunkra szükséges funkciói szempontjából minden paraméterben megfelelőbb. Az öntés bármely kitüntetett helyen alkalmazható [4,8].

3.3. Homokregenerálás

A Nemak Győr Kft. mindkét üzemében található egy-egy termikus regeneráló berendezés. A G1-es üzemben a KGT, a G2-es üzemben pedig a FAT. A különböző kötőanyaggal és technológiával készített magok vegyesen kerülnek be mindkét regeneráló csarnokba.

3.4. Termikus regenerálási folyamat főbb részei

A termikus regenerálás folyamatát az 5. ábrán szemléltetem.



5. ábra Homok regenerálásának körfolyamata

Fluidizációs kemence

Itt történik a homokkeverék kötőanyag tartalmának kiégetése. Magas, részben kiégett gyantatartalommal rendelkező öreghomok kerül ide. Itt a homok egy termikus regeneráláson halad keresztül. A homok kötőanyagának kiégetése két lépcsős folyamat. A pneumatikus szállítórendszer elsőként egy előmelegítő tartályba küldi a homokot, amely tartálynak nincs külön fűtése, hanem az előhűtőből származó forró levegővel működtetik. Ezt követően átlövik a homokot az 530°C-os kemencébe, ahol leég a maradó gyantatartalom. A kemencében lévő gáz-levegő keverék egy gyújtóégő segítségével belobban. A gázt és az égéslevegőt elkülönített csövek segítségével vezet be a kemence égésterébe. A regeneráló kemencében, nyugalmi állapotban a homok 7-10 cm magasan áll. A kemence oldalfala samott téglával van kirakva. A

kemence két oldalról kap elszívást. Oldal irányból nagyobbat, mint a fenti irányból, tehát a lángok a kisajtó felé elhajlanak. Ha lángok nem hajlanak el, valami meghibásodásnak köszönhetően, egy optikai mérőműszer (6. ábra) leállítja az égetést. 26 darab égőkő található a kemencében. A berendezés teljesítménye 69-70 tonna 24 óra leforgása alatt. Az regenerálást követően a homok a fluidizációs hűtőberendezésbe kerül.

Fluidizációs hűtő

A hűtő alsó része egy osztott légkamra, ami két részből áll (7. ábra). Elsőként az átfúvatott homok egy kádszerű előhűtőbe kerül. Ez a kádszerű előhűtő táplálja a fent említett előmelegítő tartályt. Az ide bekerülő homok 530°C-os. Az előhűtőt követően a vizes hűtőrészbe kerül a homok, ahol hűtővizet vezetnek a csövekbe melynek segítségével a hűtőből kikerülő homok 24°C-os lesz. Ha ez a hőmérséklet valamiféle meghibásodás esetén eléri a 40°C-ot, akkor a rendszer letilt. A hűtő felső része léghűtéses, az alja pedig vízhűtéses.



6. ábra Fluidizációs kemence



7. ábra Fluidizációs hűtő

Szítáló szeparáló berendezés

A 24°C-os homokot pneumatikus szállítórendszer segítségével juttatjuk fel a szitasor tetejére. A KGT és az FAT üzemi szitasor működése nagyon hasonló a laborban használt szitasorhoz.

A szitasor frakciói a következők:

- 0,8 mm-től nagyobb a rög homok
- 0,8-0,4 mm-ig közép durva homok
- 0,4-0,18 mm-ig finom homok
- 0,18 mm-től kisebb a por homok frakció

A 0,8 mm-es szitán fennmaradó homokot, azt az öntőde nem használja fel magkészítésre. Ez visszakerül a rögtörőbe. A közép és a durva frakció egy silóba kerül, ezek gazdasági okokból egyesítve lettek. A 0,4-es szitán áteső és a 0,18-as szitán fennmaradó homok kerül a finom frakcióba. A 0,18 mm-es szitán is áteső homokot nem használják fel magkészítésre. Ugyanis a nagyon apró szemcsék gátolják az öntés során keletkező maggáz eltávozásának útját, emellett nagymértékben rontják a magok gázáteresztő képességét. A por és a rög frakció egy targoncával elszállítható acél ládába hullik. A számunkra megfelelő két frakció a közép-durva és a finom frakció külön silókba kerül.

Homoktároló siló

A megfelelően szeparált homok ugyancsak átlövő tartályok segítségével juttatják a megfelelő silókba. Mindkét üzemben 4-4 siló van fenntartva a homok számára. Egy a fent említett közép-durva frakciónak, egy a finom frakciónak. Emellett az újonnan érkező homoknak és az öreghomoknak is egy-egy siló van fenntartva. Az öreghomok termikus regeneráláson nem esett át, csak törő és szeparáló berendezésen, emiatt magas maradó gyantatartalommal bír. Jelenleg ezt a fajta frakciót takarómagok készítésére használják az öntődében.

Homokrög törő berendezés

Miután az öntvény megdermedt és a benne tartózkodó magoknak a dermedő fém hőátadása a mag gyantatartalmának egy részét kiégette, azt követően a magokat egy törő rázó berendezés segítségével kiürítik az öntvényből. Ezt követően a magtörmelékét ládába gyűjtik. Az apró megy az öreghomok deponáló silóba. A ládába gyűjtött rögöket szétmorzsolja a rögtörő berendezés, ezt szeparálás követi és az így keletkezett frakció az öreghomok deponáló silóba kerül. Ebből a silóból a homok egy része termikus regenerálásra kerül, a másik része pedig termikus regenerálás nélkül visszakerül a homokkeverő berendezésbe.

Öreghomok siló

A törő berendezést követően ide kerül a magas gyantatartalmú sötét barna, fekete színű homok. Innen a homok egy része belekerül újra a termikus regenerálásba és újra járja folyamat egyes lépéseit. Egy része pedig egyből a homokkeverő berendezésbe továbbítják átlövő tartályok segítségével. Ilyen termikus regenerálás nélküli homokból takarómagokat készítenek. Itt ugyanis a gyantából felszabaduló maggáz egyből a levegőbe tud kerülni és így nem áll fent a veszély, hogy az öntvényben porozitást, gázhólyagot alakít ki.

4. Szervetlen és szerves homokkeverék elkészítése és tulajdonságai

A vizsgálataim arra irányultak, hogy egy adott mennyiségű szervetlen kötőanyaggal elkészített homokkeverék, amennyiben bekeveredik egy szerves alapmátrixú rendszerbe, akkor ez milyen mértékben befolyásolja a visszajáratott homok minőségét. Hogyan változnak a felhasználhatóság szempontjából fontos tulajdonságok. Azt vizsgáltam, hogy a különböző arányban bekevert szervetlen maghomok hogyan változtatja meg a szerves kötőanyag rendszerű homokmag tulajdonságait

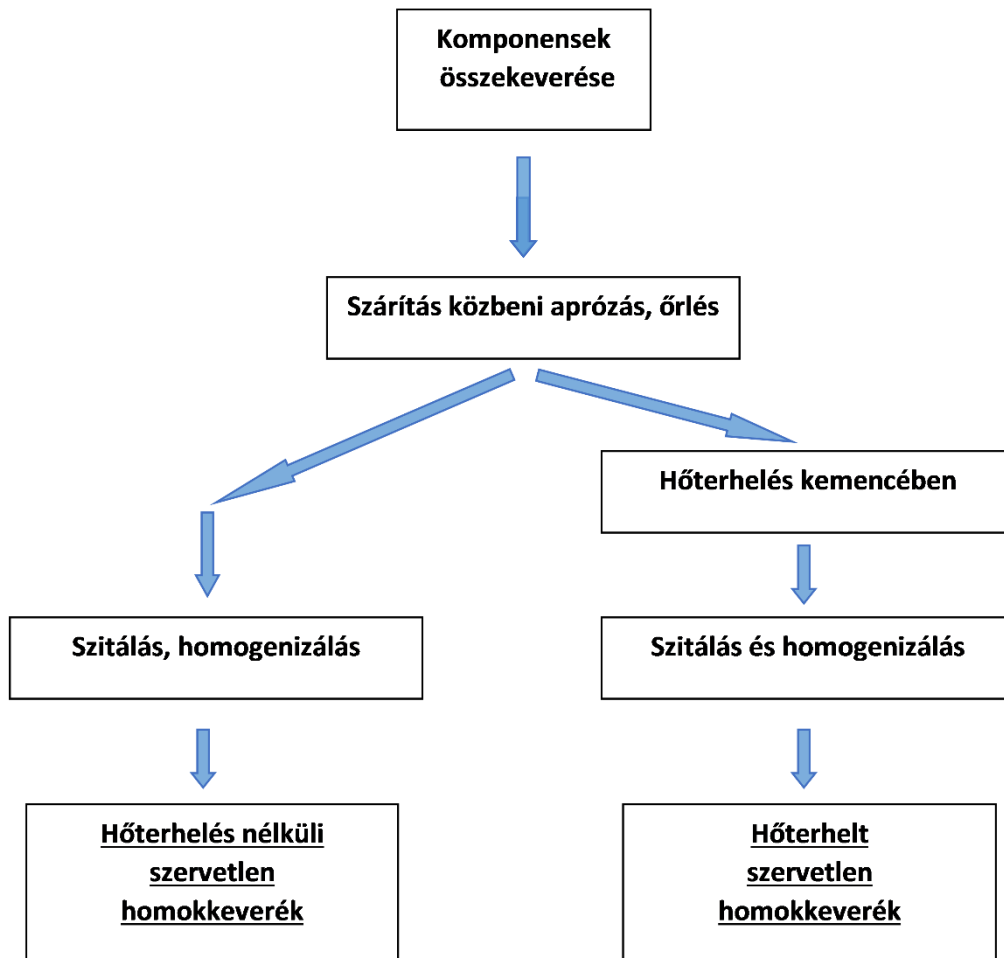
4.1. Homokkeverékek elkészítése

A kísérlethez használt homokkeverék elkészítését részekre bontva fogom bemutatni, első körben bemutatom a kísérlethez szükséges szervetlen keverék elkészítését, melyet a későbbiekben Cordis vagy anorganikus néven is említek. Majd bemutatom a gyantás más néven szerves homokkeveréket, és az ennek a két fajta homokkeveréknek a különböző részarányú elegyeit.

Fontos megemlíteni, hogy a magok kétféle eljárással készülnek. Az egyik a (Hot-Box) meleg magszekrényes, a másik a (Cold-Box) hideg magszekrényes eljárás. Kísérleteim során csakis a hideg magszekrényes (Cold-Box) technológiával készített magokra fogok kitérni.

4.2. Szervetlen kötőanyagú homokkeverékek elkészítése

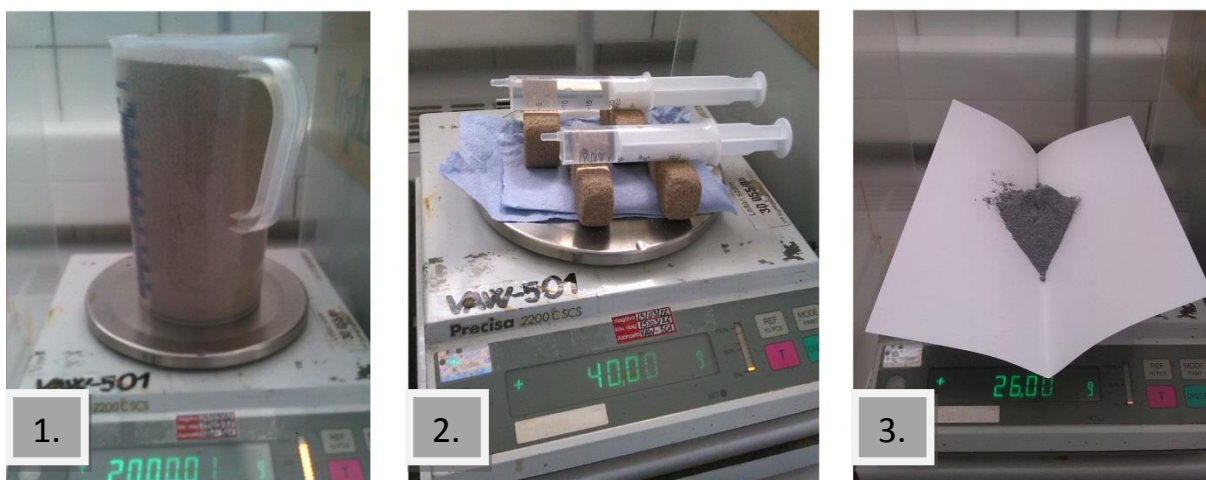
A kísérlet lényege, hogy megvizsgáljuk a hőterhelés nélküli és a hőterhelésnek kitett szervetlen maradék kötőanyag tartalmú homok különböző arányban történő bekeverésének a hatását a szerves (gyantás) homokrendszerbe és azt, hogy ezek a keverékek tulajdonságai milyen mértékben térnek el az üzemben felhasznált keverékek tulajdonságaitól. A keverékek elkészítését a 8. ábrán szemléltetem.



8. ábra Szervetlen homokkeverék előkészítése

Komponensek összekeverése

2000g széria regenerált homokhoz bemértem 26g „Anorgit 8958” por komponenst 1 percen keresztül kevertem homokkeverő géppel 2-es fokozaton, majd bemértem 40g „Cordis 8593” folyékony komponenst és a fentiek alapján ezt is egyenletesen elkevertem 1 percen keresztül. A paramétereket azért tüntetem fel ilyen pontossággal, hogy a kísérlet reprezentálható legyen és korábbi mérésekkel összevethető. Ezt a folyamatot többször elvégeztem annak érdekében, hogy legyen elegendő homokkeverékem a próbatestek elkészítéséhez. A keverék elkészítését és a használt eszközöket a 9. ábrán mutatom be.



9. ábra Anorganikus homokkeverék komponensei

1. Széria homok bemérése, 2. Kötőanyag, 3. Kötésgyengítő komponens

Szárítás, aprózás, őrlés

Ezt követően a maglövésre alkalmas anorganikus homokkeveréket dobozokba öntöttem és száradás közben folyamatos mozgatással és aprózással kísértem végig a kikeményedés folyamatát. Az előállított alapanyag egyik felét hőterhelésnek tettem ki, a másik fele pedig csak mechanikus aprózással és szitálással, majd pedig homogenizáláson készítettem elő. A homokmagokat kiégés közben eltérő mennyiségű hő éri, ezért fontos készíteni hőterhelésnek kitett és hőterhelés nélküli homokkeverékeket is.

4.2.1. Hőterhelés nélküli szervetlen keverék elkészítése

A fentiekben említett folyamatok szerint, elsőként a keverék komponenseinek pontos bemérése és egyenletes eloszlású keverék elkészítése volt a cél. Ezt követte a szárítás közbeni őrlés. Az őrlés utáni szitálás az elporladt homok és letört kötés maradékok eltávolítása érdekében szükséges.

Szitálás szitasoron:

710 μ m, 500 μ m, 200 μ m-os szitát alkalmaztam. A 200 μ m alatti frakciót por frakciónak, hulladéknak tekintve, a homokrendszerből leválasztottam, és nem vesz részt további magkészítésben. Az apró homok szemcsék, maradék porladt kötőanyag szemcsék ugyanis rontják a magok átjárhatóságát a felszabaduló gáz elvezethetőségét. Emellett a nagyobb fajlagos felületnek köszönhetően több kötőanyagot is igényelnek.

Homogenizálás:

A szitáláson átesett homokot egy kis homogenizáló berendezés segítségével tettem közel homogén állagúvá. Ennek segítségével elkerülhető, hogy az egyenetlen szemcseeloszlásból eredően hamis eredményeket kapjunk a későbbi mérések során.

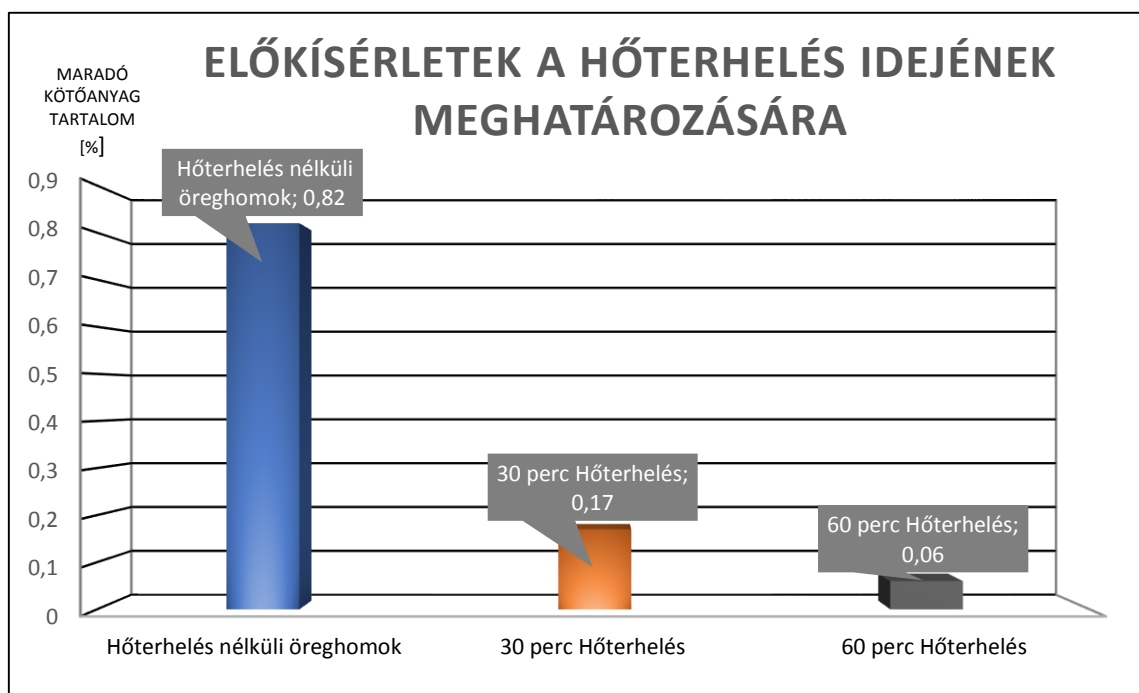


10. ábra Szervetlen homokkeverék szitálása és homogenizálása

4.2.2. Hőterhelésnek kitett szervetlen keverékek elkészítése

Hőterhelés optimális paramétereinek meghatározása

Mivel a hőterhelés szimulálása eddig kis csészékben történt, ezekhez a mért adatokhoz nem tudtam viszonyítani, tehát feltétlenül szükséges meghatározni azt az optimális időtartamot és ehhez tartozó hőmérsékletet, melyen az üzemnek megfelelő hőterhelési hatások érhetőek el. Ezt úgy végeztem el, hogy 590 °C-on 2 kg organikus kötőanyag tartalmú homokot helyeztem be az izzító kemencébe. Mintát vettem az alapanyagból a hevítés elején, 30 perc és 60 perc elteltével. Fél óra elteltével a kemencéből kivettem a tálcat és a benne lévő homokot egy lapát segítségével egyenletesen elkevertem majd visszahelyeztem a kemencébe. A mintákból izzítási veszteséget mértem 850 °C-on 30 percig. Megállapítható, hogy nem elegendő a fél óra 590°C-os hevítés, ugyanis még a maradék a szerves anyag tartalom 0,1% felett van, amint ezt a 11. ábrán szemléltetem. Az öreghomok izzítási veszteségének üzemi adatai.: min 0,61%; átlag: 0,80%; max.: 1,03%.



11. ábra Organikus homokkeverék maradó kötőanyag tartalma az hőterhelési idő függvényében

Szervetlen homokkeverék hőterhelése

Az elkészült anorganikus homokkeverék szilárdulása és mechanikus őrlése után, a felét, azaz 4kg-ot izzító kemencébe helyeztem 590°C-on, 2* 30 percen keresztül, mellyel szimuláltam a

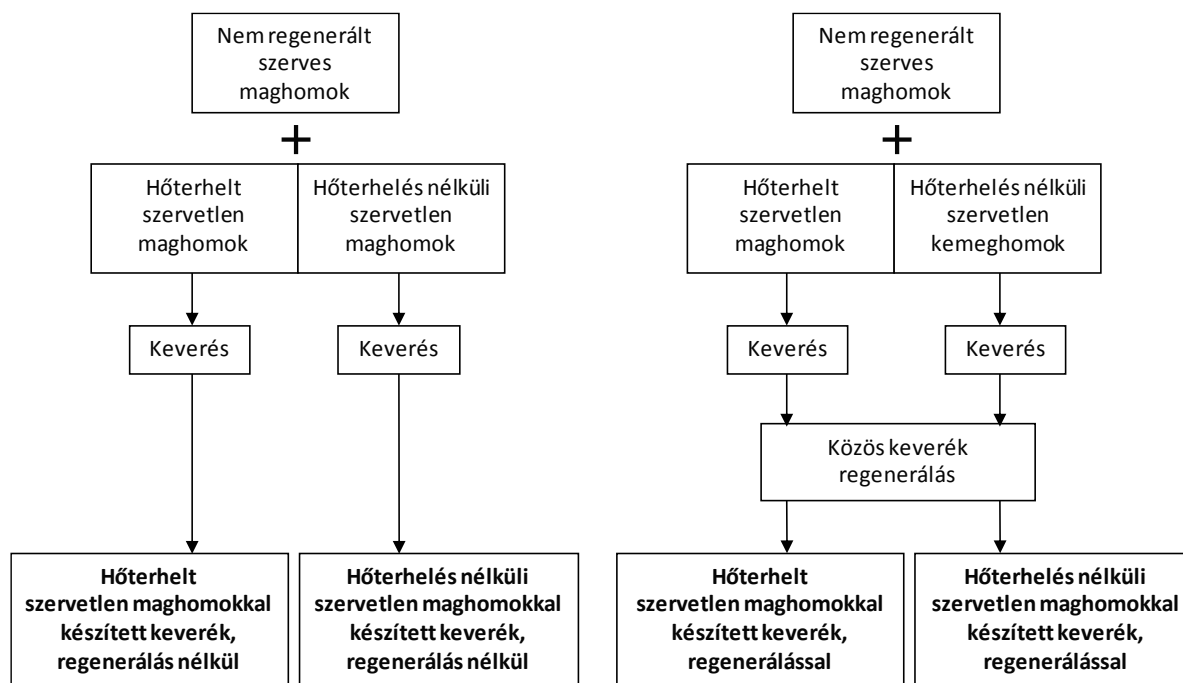
felt említettek alapján meghatározott optimális hőterhelés folyamatát. A hevítés végén 0,41%-os tömegcsökkenés volt megfigyelhető.

A hőterhelésnek kitett alapanyagot is szítasoron szitáltam és homogenizáltam a hőterhelés nélküli keverék elkészítésével megegyező paraméterek szerint. A hőterhelésnek kitett homokkeverék szitálása során 0,844% 200 μ m alatti por keletkezett.

Az őrlésen izzításon és porleválasztáson átesett szervetlen homokkeverék megfelelően szimulálja a homokrendszerben áthaladó homok regenerálása során fellépő nedvesség tartalom és aprózódási veszteséget.

4.3. A szerves szervetlen keverék előállítása

Az elkészült hőterhelésnek kitett és hőterhelés nélküli szervetlen keverékeket különböző százalékokban adagoltam az üzemi szerves kötőanyaggal létrehozott magok felhasználását követően képződött használt (őreghomok) őrleményhez. A keverék egyik felét regeneráltam, a másik felét pedig közös keverékregerálás nélkül hagytam. Ennek köszönhetően lefedhető az üzemben lejátszódó összes lehetséges útja a homoknak. A kísérleteket a közös keverék regenerálás nélküli próbatestek alapanyagának elkészítésével kezdtem, majd ezt követte a keverék regenerálásos alapanyag elkészítése. A kísérleti homok keverésének változatait a 12. ábrán mutatom be.



12. ábra Kísérleti homokkeverékek elkészítésének változatai

4.4. Kísérleti program

A kísérlethez a homokkeverékeket 5%; 10%; 15%; 20% szervetlen maghomok hozzáadásával készítettem. Ehhez adagolt üzemi CB kötőanyagrendszerrel készítettem szerves kötésű keveréket, melyet a kísérleteimhez szükséges próbatestek legyártásához használtam. A 15 és a 20% szervetlen maghomokkal készített keverék esetén drasztikus mértékben csökkent a próbatest hajlító szilárdsága, ezért ezt a keverési arányt a továbbiakban nem használtam.

A kísérleteimet 1%; 2,5%; 5%; 10%; szervetlen maghomok alkalmazásával végeztem. Az 1. táblázat a vizsgált keverékek összetételének adatait tartalmazza.

1. táblázat A vizsgált keverékek jellemzői

Teljes próbatest sorozat 3x ismétlés mellett Próbatest várakoztatási idők: 10s, 90p, 6ó							
Vizsgálat sorszama	keverék komponens 1		keverék komponens 2		keverék regenerálás	Anyagszükséglet	
	arány	típus	arány	típus		komponens 1	komponens 2
összesen						11,92	0,08
A 0	100	szeparált öreghomok	0	nincs	nincs	2	0
B 0	100	szeparált öreghomok	0	nincs	igen	2	0
3*	99	szeparált öreghomok	1	hőterhelés nélküli szervetlen próbatest	nincs	1,98	0,02
4*	99	szeparált öreghomok	1	hőterhelt szervetlen próbatest	nincs	1,98	0,02
7*	99	szeparált öreghomok	1	hőterhelés nélküli szervetlen próbatest	igen	1,98	0,02
8*	99	szeparált öreghomok	1	hőterhelt szervetlen próbatest	igen	1,98	0,02
1*	97,5	szeparált öreghomok	2,5	hőterhelés nélküli szervetlen próbatest	nincs	1,95	0,05
2*	97,5	szeparált öreghomok	2,5	hőterhelt szervetlen próbatest	nincs	1,95	0,05
5*	97,5	szeparált öreghomok	2,5	hőterhelés nélküli szervetlen próbatest	igen	1,95	0,05
6*	97,5	szeparált öreghomok	2,5	hőterhelt szervetlen próbatest	igen	1,95	0,05
1	95	szeparált öreghomok	5	hőterhelés nélküli szervetlen próbatest	nincs	1,9	0,1
2	95	szeparált öreghomok	5	hőterhelt szervetlen próbatest	nincs	1,9	0,1
3	95	szeparált öreghomok	5	hőterhelés nélküli szervetlen próbatest	igen	1,9	0,1
4	95	szeparált öreghomok	5	hőterhelt szervetlen próbatest	igen	1,9	0,1
5	90	szeparált öreghomok	10	hőterhelés nélküli szervetlen próbatest	nincs	1,8	0,2
6	90	szeparált öreghomok	10	hőterhelt szervetlen próbatest	nincs	1,8	0,2
7	90	szeparált öreghomok	10	hőterhelés nélküli szervetlen próbatest	igen	1,8	0,2
8	90	szeparált öreghomok	10	hőterhelt szervetlen próbatest	igen	1,8	0,2

4.5. Keverék regenerálás nélküli próbatestek elkészítése

Elsőként kimértem a megfelelő mennyiséget mind a szerves, mind a hőterhelésnek kitett és hőterhelés nélküli szervetlen maghomok alapanyagokból az 1. táblázatban lévő arányoknak megfelelően elkészítettem a keverékeket. Majd keverőgép segítségével 2 percen keresztül kevertem még a gyanta beadagolása előtt, hogy kellően homogén homokkeverékem legyen. Az „A0”-val jelölt referencia, csakis kizárólag tisztán szerves homok alapanyagot tartalmaz. Az így elkészült homokkeverékek után következett a gyanta kimérése. A kísérlethez az üzemben használt fenol bázisú kétkomponensű „ASKOCURE” gyantát alkalmaztam.

Kétkomponensű kötőanyag

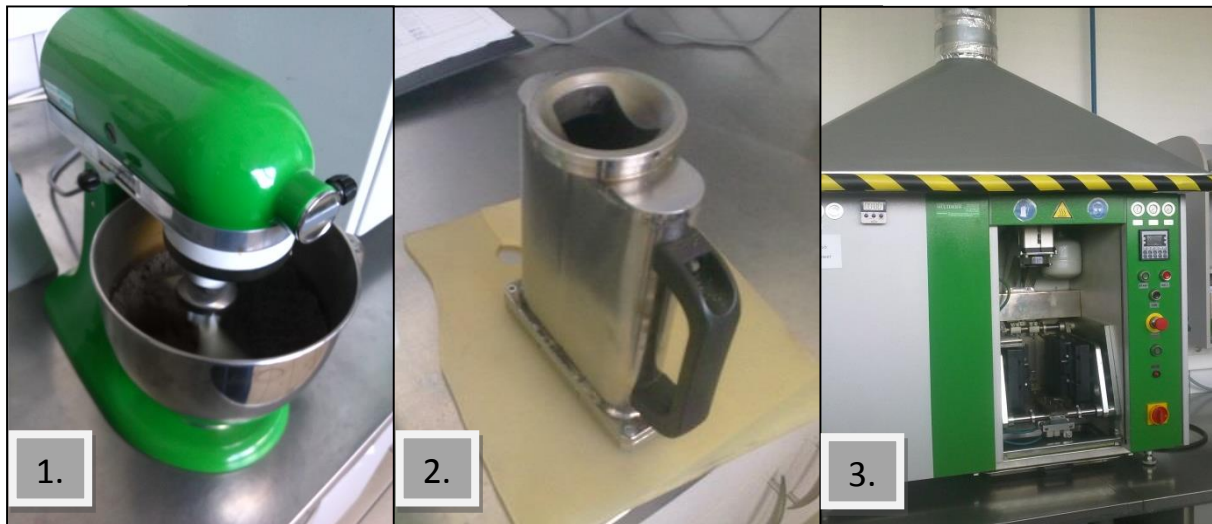
- Az edző típusa (izocianát komponens): ASKOCURE 655
- A gyanta típusa (poliol komponens): ASKOCURE 355

A gyantából és az edzőből 12-12 grammot mértem fecskendőkből. A keverék regenerálás nélküli és a keverékregenerált próbatestek elkészítéséhez is ezt használtam. A komponensek kimérését követte a keverés folyamata. A megjelölt homokkeveréket egy fém edénybe öntöttem, először az edzőt adagoltam hozzá. A szerves anyagra homokot juttattam, hogy elkerüljem az esetleges feltapadást az edény falára, vagy a keverő rotorra. A keverőgéppel egy perc elteltéig kevertem 2-es fokozatra állítva a berendezést. Ezt követően adagoltam a másik 12 gramm gyanta komponensét és az előzővel megegyező paraméterek szerint. Ezt követően az elkészült homok-gyanta keveréket a lövőfejbe töltöttem. A próbatest lövőgép elengedhetetlen tartozéka a lövőfej. Különböző geometriájú és méretű lövőfejek találhatók a homoklaborban. Az általam végzett kísérlethez használt lövőfejben 1,5 kg homok fér el. A homok betöltését egy kis adagoló lapáttal végeztem el, ezt követően a lövőfejet behelyeztem a lövőgépbe. Egy lövéssel 3 próbatest készíthető el. A 2 kg alapanyag 3 lövésre elegendő. Fontos a lövőgép megfelelő tisztasága az esetleges anyaghibák és feltapadások elkerülése érdekében. Ezért minden egyes maglövés előtt kifűvattam sűrített levegővel a lövőfejet, a maglövő berendezésben található magfészket és a préselt résfűvókákat (dűzniket). A lövőgép programozható, 1-10-ig különféle receptek beállítása lehetséges. Kiválasztottam technológiánknak megfelelően a megfelelő Cold-Box (hideg magszekrényes) receptet és a gép a megadott paraméterek szerint lövi be a homokot, majd amin gázzal átfűvat, levegővel átöblít, elszív és az ajtó automatikusan kinyit. Egy pneumatika által vezérelt sín pedig kitolja a 3db próbatestet és ezt követően kézzel leemelhető a tartócsapokról.

Az így elkészített négyzet alapú hasáb próbatestek tömege körülbelül 150 g. A próbatestek elkészítéséhez használt eszközöket a 13. ábrán mutatom be.

A próbatestek elkészítésének használt Cold-Box recept paraméterei:

- lövőnyomás: 5,6 bar
- lövési idő: 3 sec
- lövés utáni nyomás elengedési idő: 6 sec
- amin adag: 0,8 ml
- gázosítás üteme: 8 ml/min (ebből következik, hogy a gázosítás ideje: 6 sec)
- gázosítás utáni öblítési idő: 10 sec



13. ábra Próbatest készítéséhez használt berendezések

1. Homokkeverő berendezés; 2. Lövőfej; 3. Maglövő gép

4.6. Próbatestek készítése a közös keverék regenerálásával

Az alapanyag keverékek elkészítéséhez hőterhelésnek kitett és a hőterhelés nélküli szervetlen maghomokot használtam az 1. táblázattal megegyező arányban és az így létrehozott keveréket regeneráltam. A 2 kg homokkeverékeket tálcán izzító kemencébe helyeztem 2-szer fél órán hevítettem keresztül 590°C-on. Az első fél óra elteltével a tálcát a kemencéből kivettem és fémlapát segítségével egyenletesen átkevertem annak érdekében, hogy a gyantás keverék gőzei és gázai megfelelőképp eltávozhassanak a homokszemcsék közül. Ezt a műveletet mindegyik keveréktípussal elvégeztem. A 2. táblázat tartalmazza az így regenerált alapanyagokból készített keverékek adatait. A „B0” jelű referencia regenerált homokkeveréket nem tartalmazott szervetlen komponenst. A regenerálást követően az egyes homokkeveréket levegőn hűtöttem és az üzemi folyamatoknak megfelelően szitáltam majd pedig homogenizáltam.

2. táblázat Az alapanyag regenerálásával készített keverékek adatai

Közös keverékregenerált homok és hozzátartozó kötőanyag mennyiség						
Azonosító	Anorganikus keverék tartalom [%]	Anoganikus keverék típus	Regenerált porleválasztott homok tömeg [g]	Összes kötőanyag tartalom[g]	Edző [g]	Gyanta [g]
B0	nincs	nincs	1942,92	23,32	11,66	11,66
7*	1	Nem Hőterhelt	1911,6	22,94	11,47	11,47
8*	1	Hőterhelt	1949,93	23,40	11,70	11,70
5*	2,5	Nem Hőterhelt	1936,96	23,24	11,62	11,62
6*	2,5	Hőterhelt	1939,48	23,27	11,64	11,64
3	5	Nem Hőterhelt	1933,8	23,21	11,60	11,60
4	5	Hőterhelt	1935,34	23,22	11,61	11,61
7	10	Nem Hőterhelt	1939,56	23,27	11,64	11,64
8	10	Hőterhelt	1939,66	23,28	11,64	11,64

Próbatestek elkészítése

Az alapanyag regenerálásával készített keverékből hajlító próbatestek elkészítéséhez Cold-Box gyantás keveréket készítettem a 4.4. fejezetben leírtaknak megfelelően. A próbatesteket és a felületükről készült sztereómikroszkópos felvételeket a 14. ábrán mutatom be.



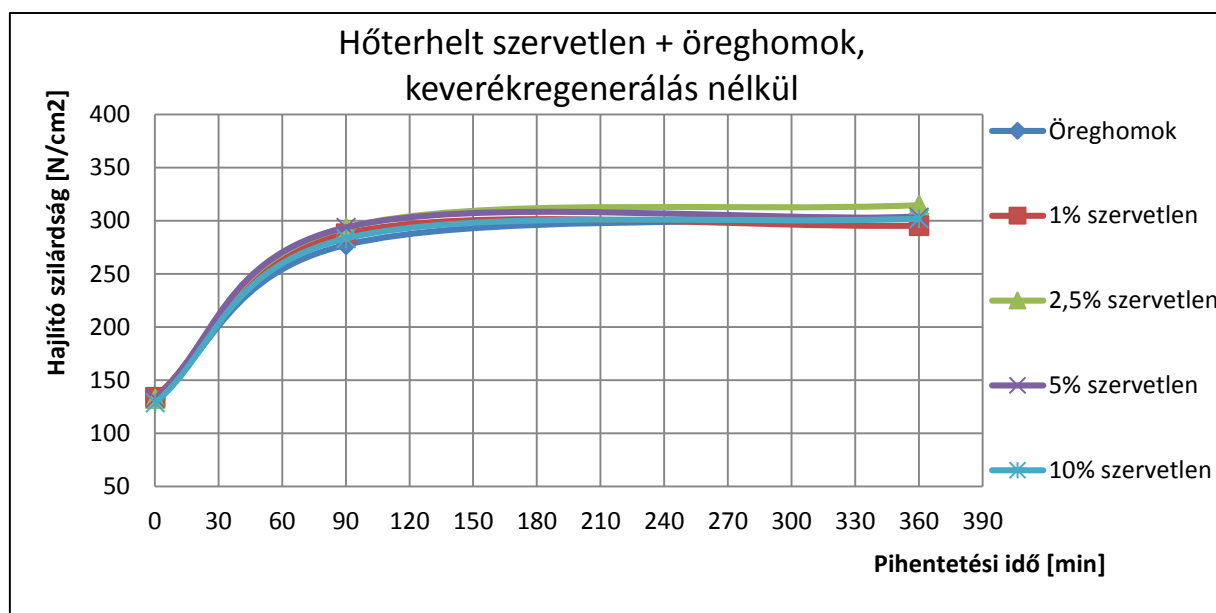
14. ábra Az elkészített próbatestek és sztereómikroszkópos felvételek a felületükről
keverékregenerálás nélkül (felül) és keverékregenerálással (alul)

5. Kísérleti eredmények és következtetések

5.1. Különböző mennyiségű szervetlen maghomokot tartalmazó keverékek összehasonlítása

A próbatestek elkészítése után hajlítószilárdság mérő berendezés segítségével lemértem a darabok hajlító szilárdságát. Az elkészült próbatestekkel végeztem azonnali, 90 perces, és 6 órás pihentetés utáni méréseket. Az azonnali, tehát a maglövés után 10 másodperc elteltével eltört próbatestek eredményeire azért van szükség, mert az üzemben szerszámnyitást követően a munkás nagyjából ennyi idő elteltével emeli le a leszedő villákról az elkészített magokat. A magok kellő szilárdsága másfél óra, azaz 90 perc elteltével éri el a felhasználhatósági állapotot. Ez a pont indokolja a magok előírt pihentetési idejét. A magok kikeményedése viszonylagosan gyors ütemben zajlik, ezt követően pedig az idő elteltével csökken az intenzitás. Szerves keverékek esetében ez az érték 6 óra elteltével kis mértékben nő. Viszont a keményedés üteme időben eltolódik és nem jelentős.

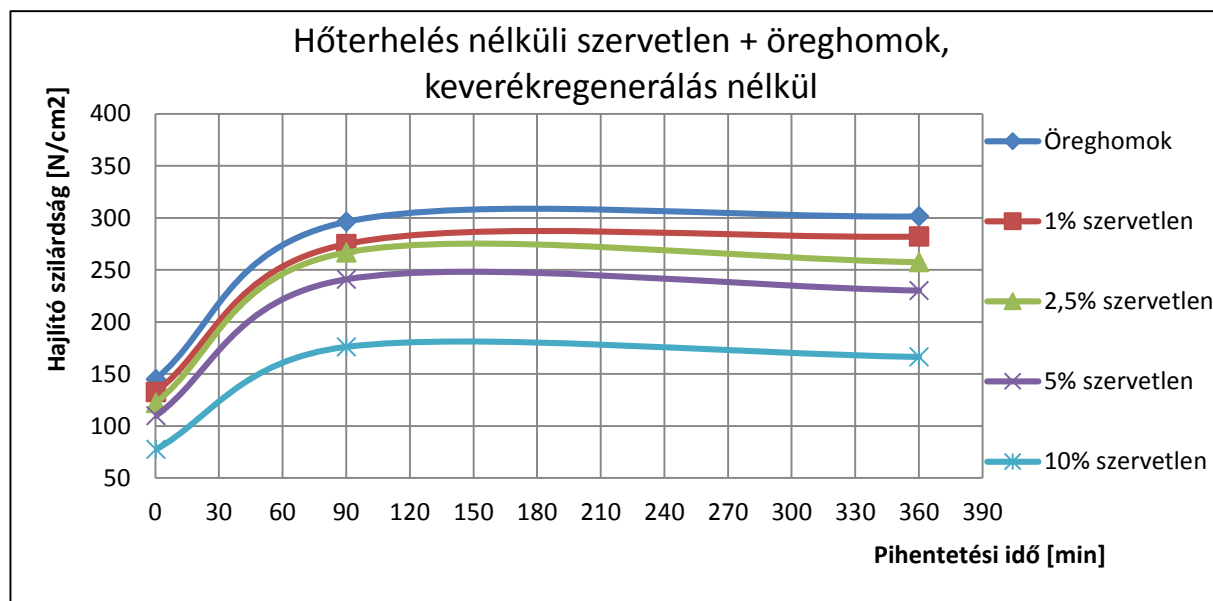
A 15-16. ábra a keverékregerálás nélküli, hőterhelésnek kitett szervetlen maghomok tartalmú próbatestek és a szervetlen tartalom nélküli öreghomok hajlító szilárdság eredményeit mutatja.



15. ábra Hőterhelésnek kitett szervetlen, keverékregerálás nélküli próbatestek hajlító szilárdsága az idő függvényében

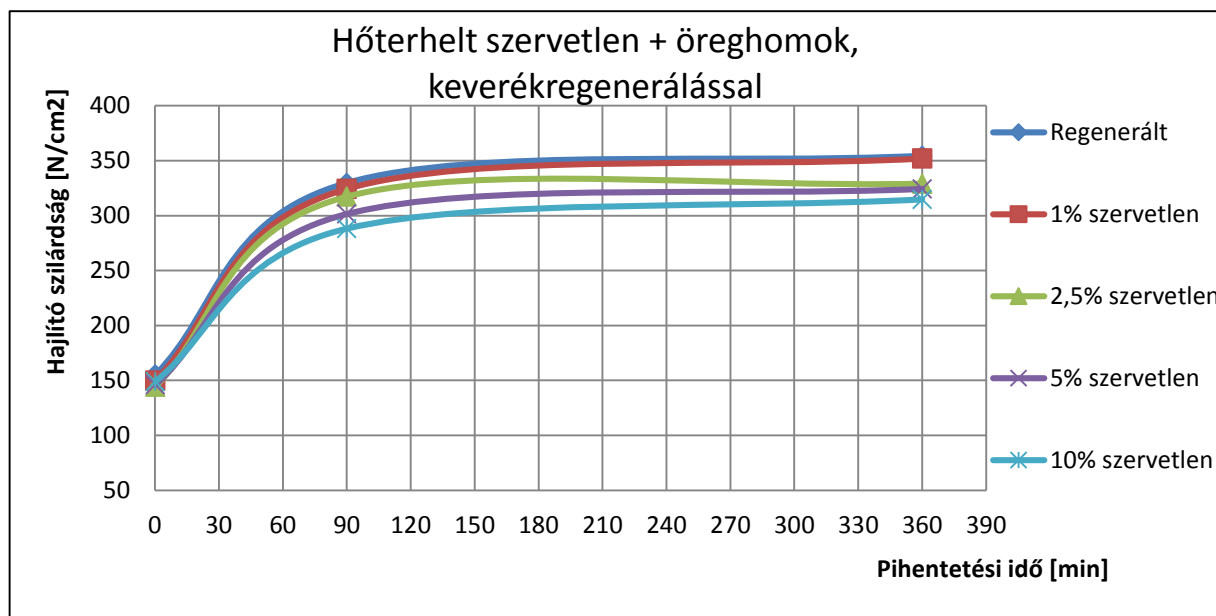
Megfigyelhető, hogy amennyiben a szervetlen maghomok megfelelő hőterhelést kap, abban az esetben érdemleges változást nem okoz a nem regenerált gyantás alapanyaghoz keveredve.

A 16. ábra szemlélteti azt az esetet, hogy amennyiben nem kap hőterhelést a szervetlen maghomok, abban az esetben a hajlító szilárdság drasztikus mértékben csökken a szervetlen maghomok részarányának növelésével.



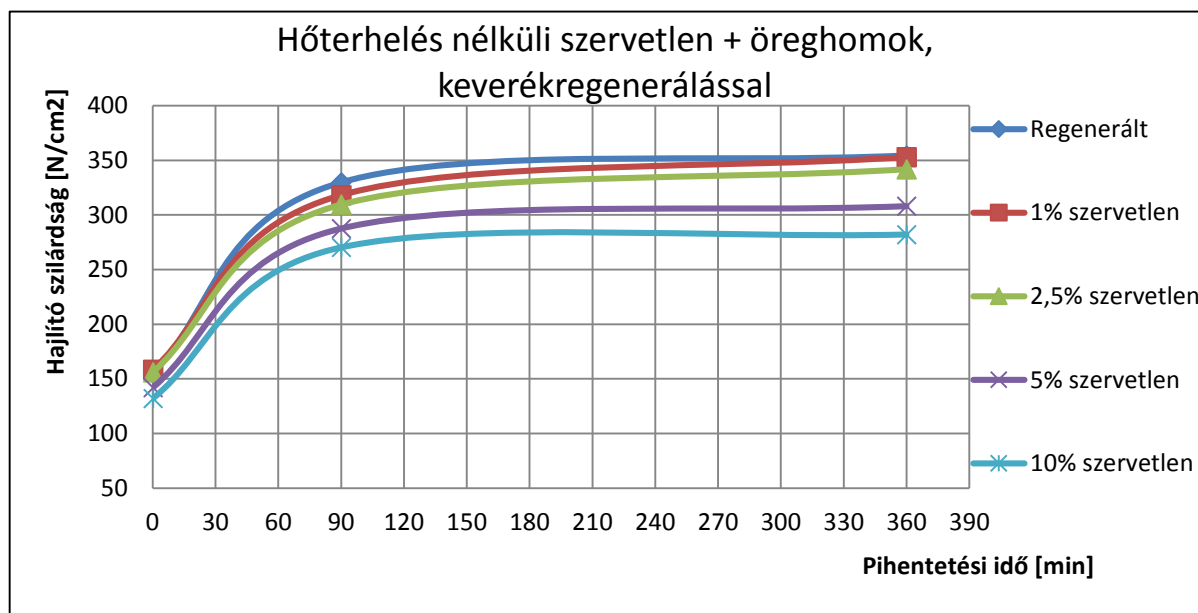
**16. ábra Hőterhelés nélküli szervetlen, keverékregerálás nélküli próbatetek
hajlító szilárdsága az idő függvényében**

A 17-18. ábrán az alapanyag keverékek regenerálásával készített próbatetek és a szervetlen maghomokot nem tartalmazó regenerált homokból készített próbatetek hajlító szilárdságát mutatom be az idő függvényében.



**17. ábra Hőterhelésnek kitett szervetlen, keverékregerálással próbatetek
hajlító szilárdsága az idő függvényében**

A 17. ábra szemlélteti, hogy közös keverék regenerálás esetén a hőterhelésnek kitett szervetlen maghomok mennyiségének növelésével csekély mértékbe csökken a hajlító szilárdság.



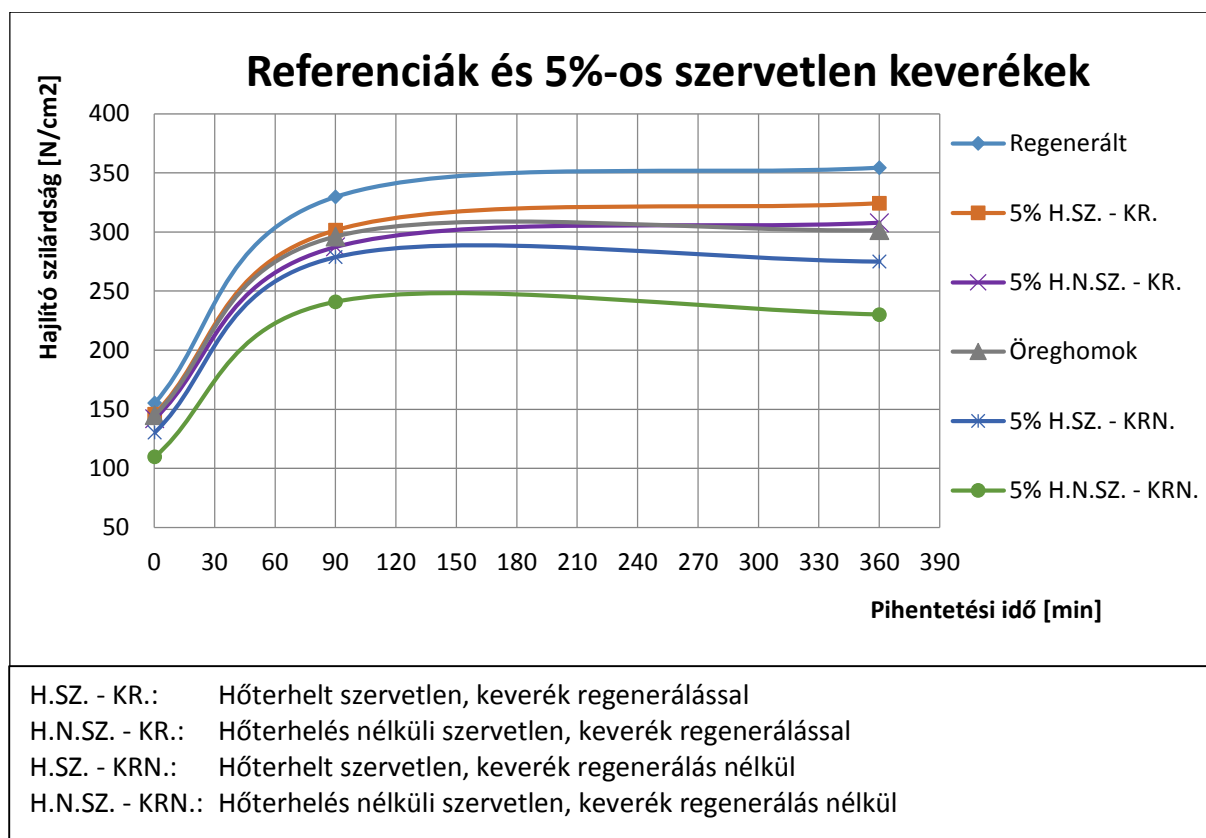
18. ábra Hőterhelés nélküli szervetlen, keverékregenerálással próbatestek hajlító szilárdsága az idő függvényében

A 18. ábrán látható a hőterhelés nélküli szervetlen maghomok felhasználásával és keverékregenerálással készített próbatestek esetén a hajlító szilárdság kisebb mértékben csökken, mint a regenerálás alkalmazása nélkül (16. ábra).

5.2. Különböző állapotú azonos mennyiségű szervetlen homokot tartalmazó keverékek összehasonlítása

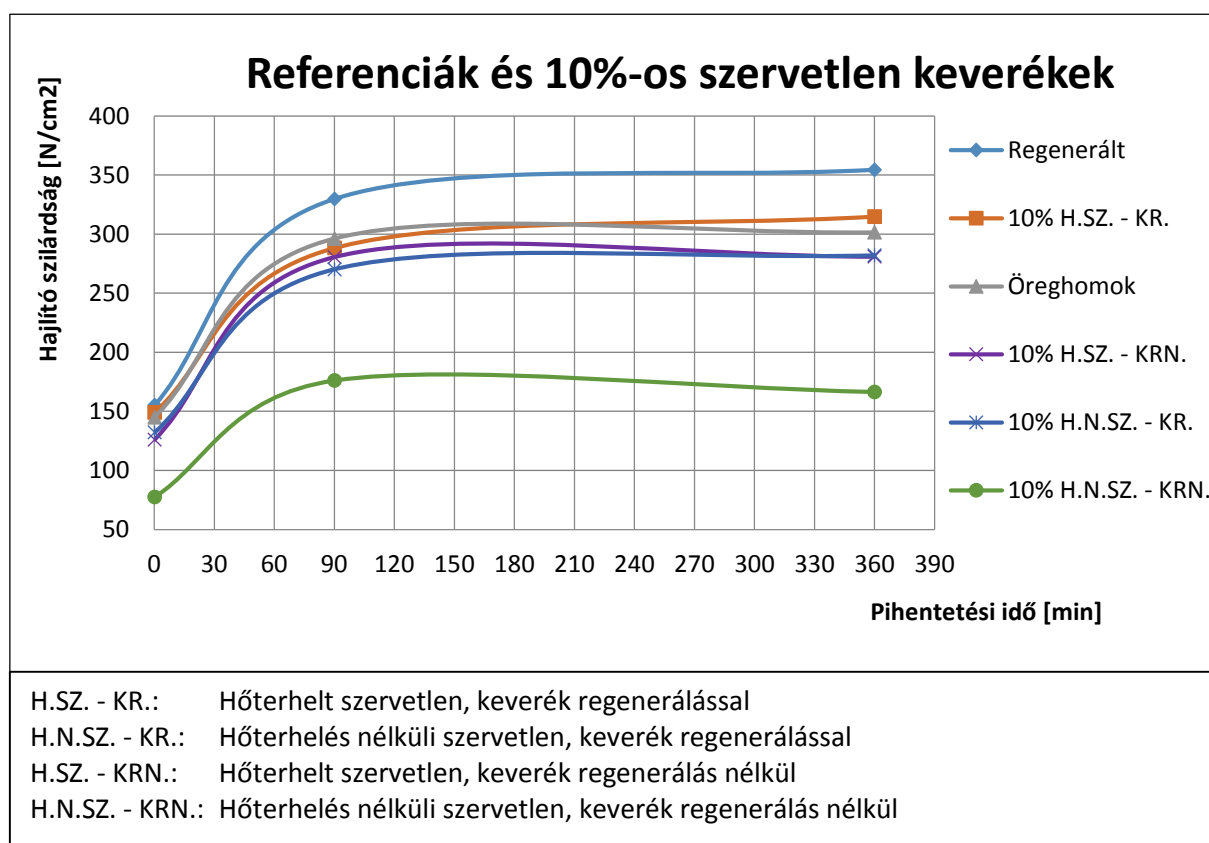
Az 5% és a 10%-szervetlen kötőanyagú homokot tartalmazó szerves alapmátrixú keverékeket hasonlítottam össze a referenciákkal. A 19-20. ábrán azonos szervetlen anyag tartalmú homokkeverékek eredményeit hasonlítom össze a különböző hőterhelési és regenerálási állapotuk szerint. A diagramokon található jelölések az alábbiak:

H.SZ. - KR.:	Hőterhelt szervetlen, keverék regenerálással
H.N.SZ. - KR.:	Hőterhelés nélküli szervetlen, keverék regenerálással
H.SZ. - KRN.:	Hőterhelt szervetlen, keverék regenerálás nélkül
H.N.SZ. - KRN.:	Hőterhelés nélküli szervetlen, keverék regenerálás nélkül



19. ábra A referencia és az 5% szervetlen maghomokot tartalmazó keverékekből készült próbatestek hajlítószilárdságának az összehasonlítása

A 19. ábra jól szemlélteti, hogy a hőterhelésnek kitett szervetlen maghomok bekeverése kisebb mértékben csökkenti a hajlító szilárdságot, mint a hőterhelés nélküli adagolása esetén. Jól látható, hogy a keverékregenerálása kevésbé hatásos a szilárdsági tulajdonságok csökkentésének elkerülésében, mint a szervetlen maghomok hőterhelése. Az 5% hőterhelés nélküli szervetlen maghomokot tartalmazó keveréket regenerálva az ebből készített próbatest hajlítószilárdsága megegyezik az öreghomokból készített próbatestével. Az is megfigyelhető, hogy a hőterhelés nélküli szervetlen maghomok hozzáadása keverékregenerálás nélkül nagymértékben csökkenti a hajlító szilárdságot.

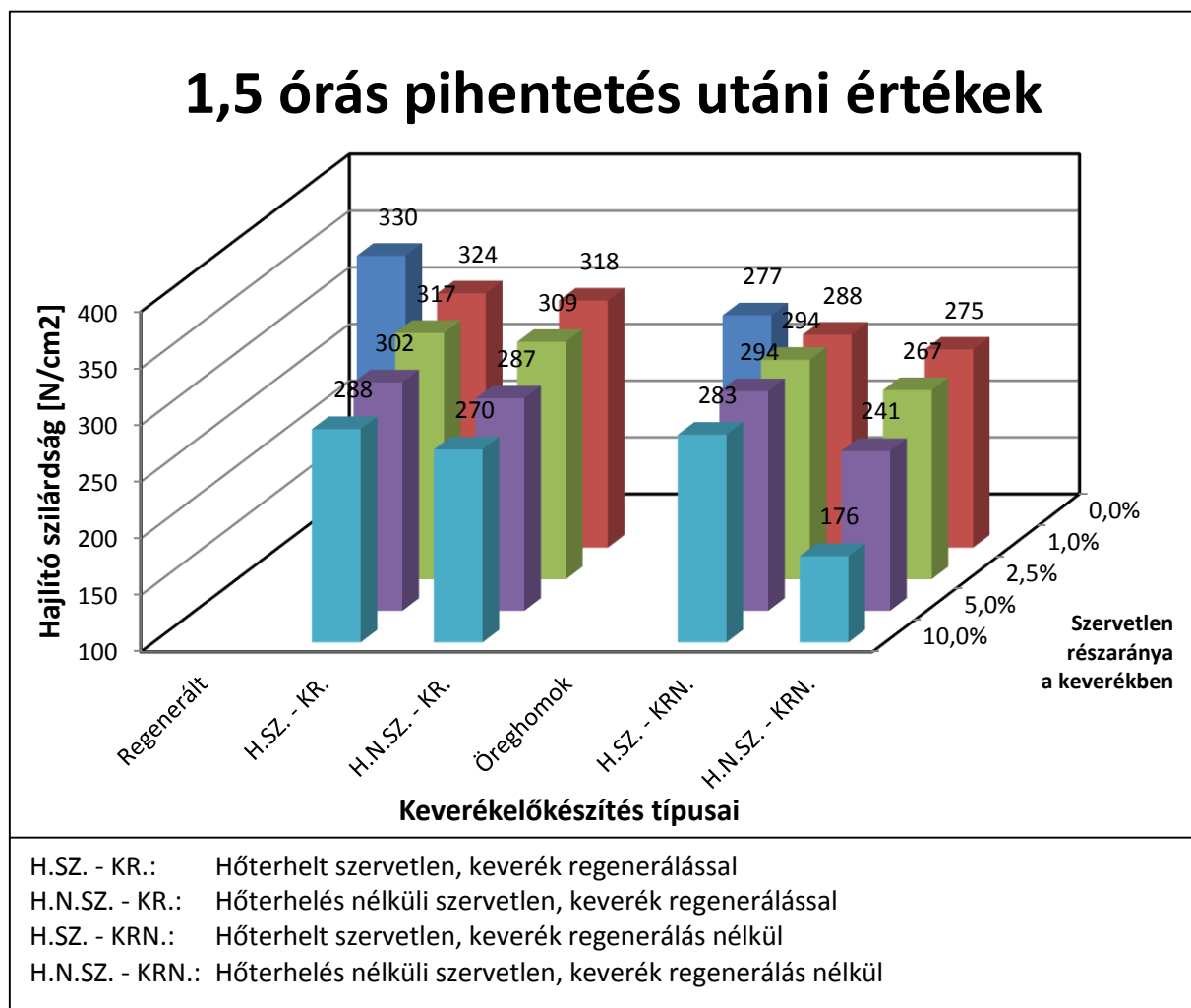


20. ábra A referencia és a 10% szervetlen maghomokot tartalmazó keverékekből készült próbatestek hajlítószilárdságának az összehasonlítása

Megállapítható, hogy a 10% hőterhelés nélküli szervetlen maghomokot tartalmazó keverék esetén sem az azonnali, sem pedig a másfél órás pihentetés utáni hajlító szilárdsága nem éri el az üzemben megkövetelt alsó határértéket, amellyel megfelelőképpen működtethető a gyártás közbeni maglövés folyamata.

5.3. A tárolási idő hatása a szilárdsági tulajdonságokra

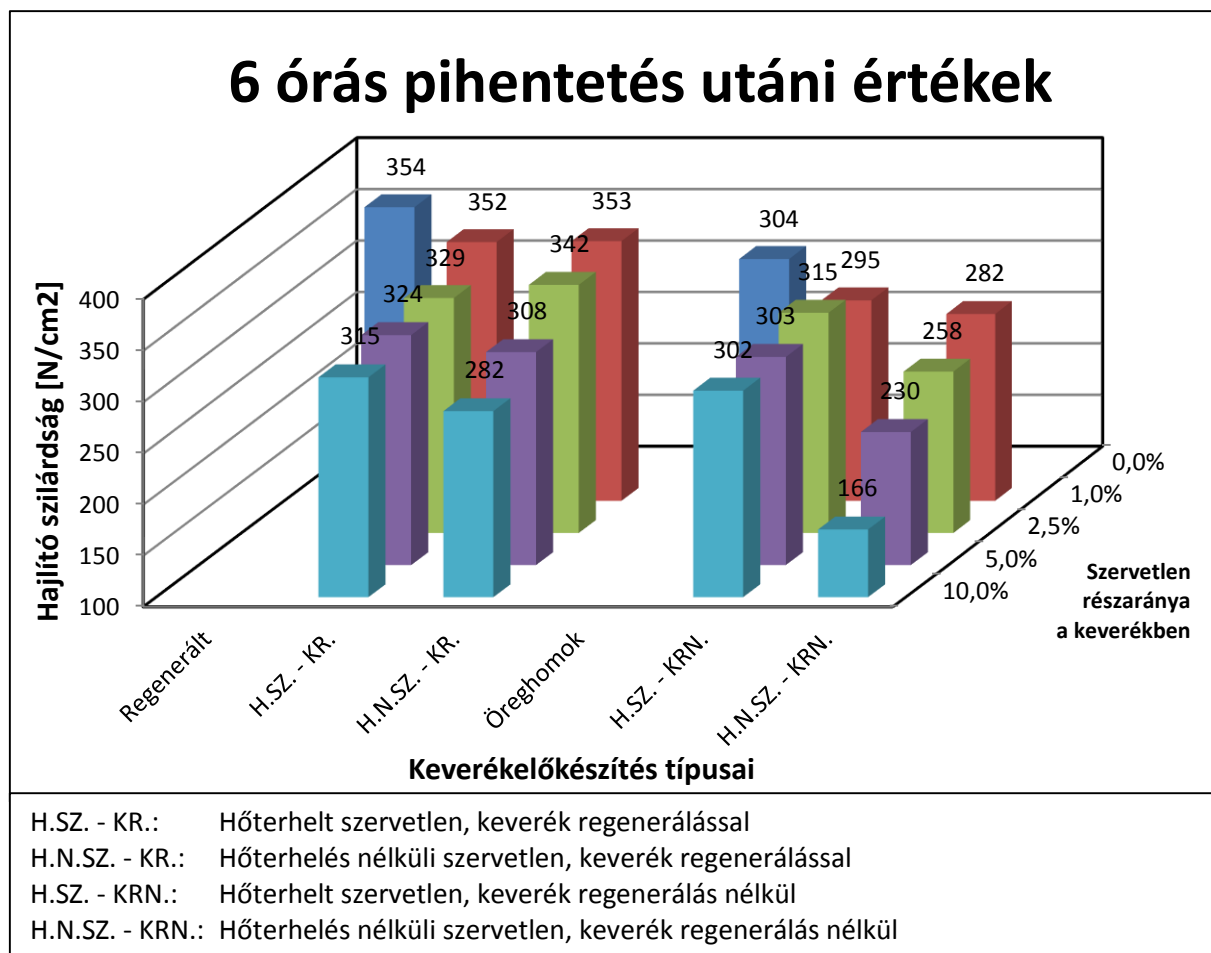
A 21-22. ábrán az azonos 1,5 óra és 6 óra tárolási időhöz tartozó hajlító szilárdság értékeket hasonlítom össze.



21. ábra 1,5 órás pihentetés utáni hajlító szilárdság értékek a bekevert szervetlen maghomok arányának és a keverék elkészítés típusának függvényében

A 21. ábra tartalmazza a különböző maghomok keverékek előkészítésének típusait, a szervetlen kötőanyag tartalmú homok résarányát a keverékekben és az így kialakult hajlító szilárdság értékeket másfél órás pihentetés után. A 1,5 órás pihentetés a felhasználás szempontjából fontos időpont, ugyanis eddig az időpontig van intenzív szilárdság növekedés ezt követően már nem számottevő. A diagram szemlélteti, hogy közös keverék regenerálás és keverék regenerálás nélküli esetekben a szervetlen homok résarányának növelésével romlik a hajlító szilárdság. Kivétel amennyiben a hőterhelésnek kitett szervetlen kötőanyag tartalmú homokot a

regenerálatlan gyantás homokhoz juttatjuk. Ebben az esetben nem figyelhető meg jelentős szilárdság csökkenés a regenerálatlan szerves alapanyagból készített homok próbatestekhez viszonyítva.

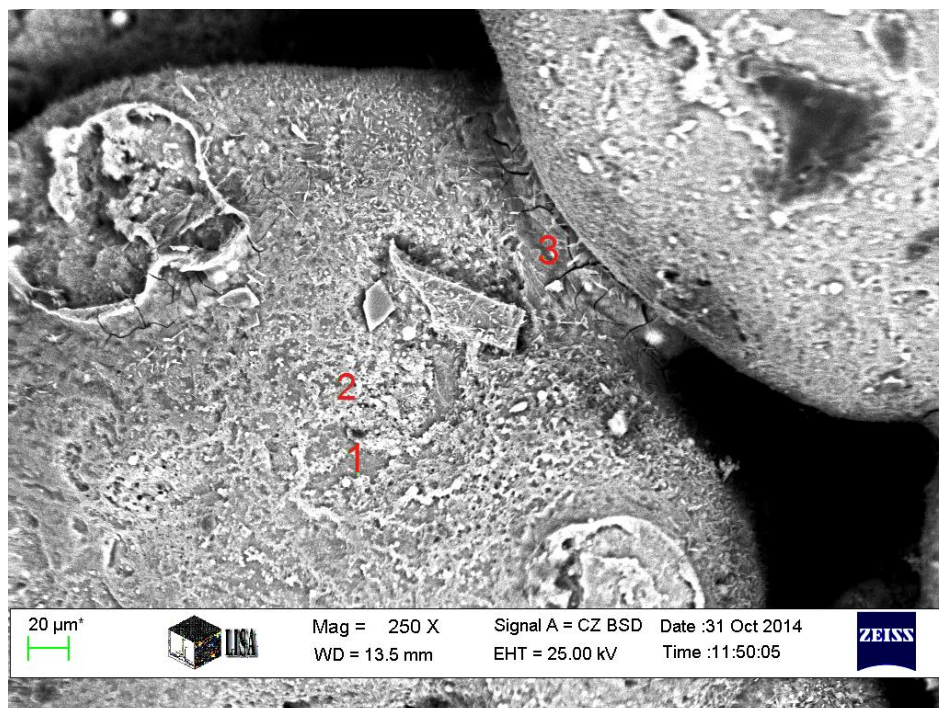


22. ábra 6 órás pihentetés utáni hajlító szilárdság értékek a bekevert szervetlen maghomok arányának és a keverék elkészítés típusának függvényében

A 22. ábra szemlélteti különböző maghomok keverékek előkészítésének típusait, a szervetlen kötőanyag tartalmú homok részarányát a keverékekben és az így kialakult hajlító szilárdság értékeket 6 órás pihentetés után. A 6 óra tárolási idő esetén a 1,5 órához tartozó értékekhez képest nagyobbak a hajlító szilárdsági értékek kivéve a hőterhelés nélküli és keverék regenerálás nélküli próbatestek esetén.

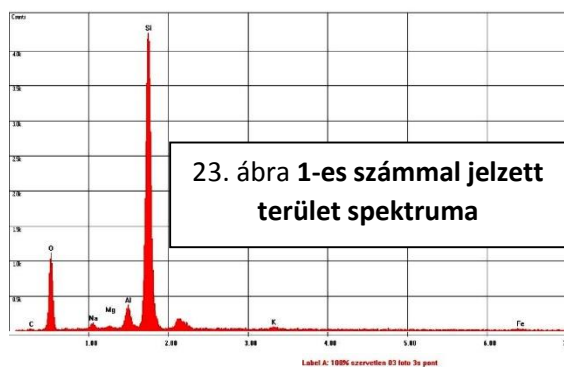
5.5. Elektronmikroszkópos vizsgálatok

Megvizsgáltam a szervetlen kötőanyag tartalmú maghomok kötési szerkezetét elektronmikroszkópos vizsgálattal. A raszter elektronmikroszkópos felvételeket és a scanning elemzés eredményeit a 23-28 ábrán mutatom be.

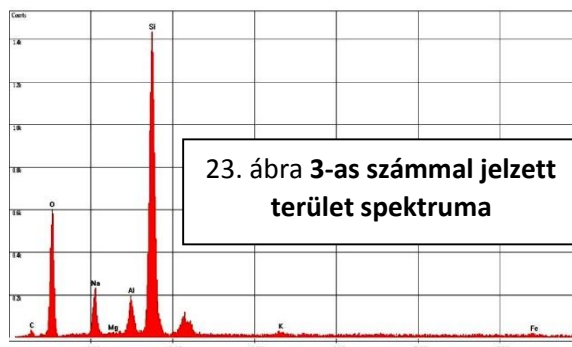


23. ábra 100% szervetlen kötőanyag tartamú homok próbatest törete a kötőanyagkal

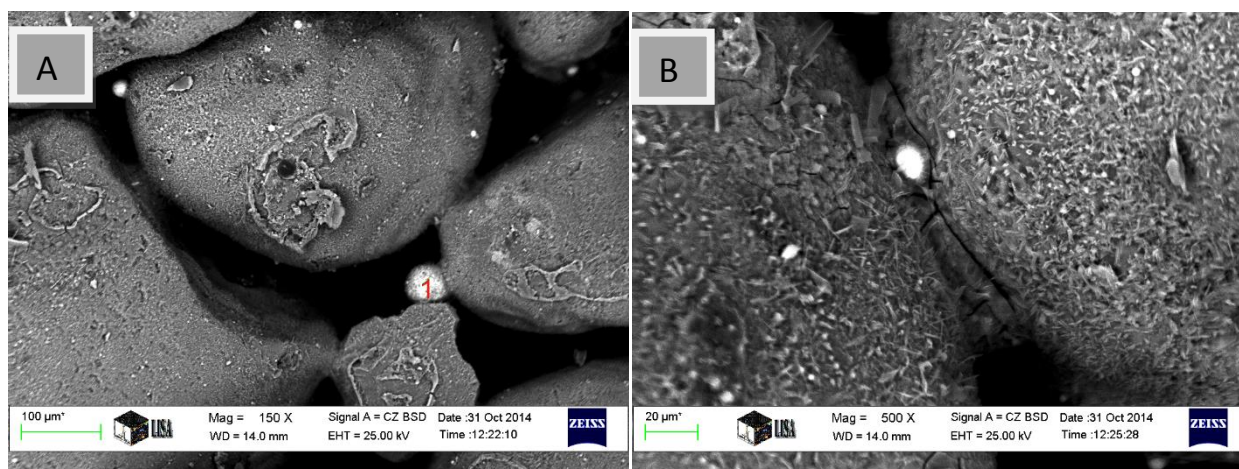
Label A: 100% szervetlen 03 foto 1a point



Label A: 100% szervetlen 03 foto 2a point

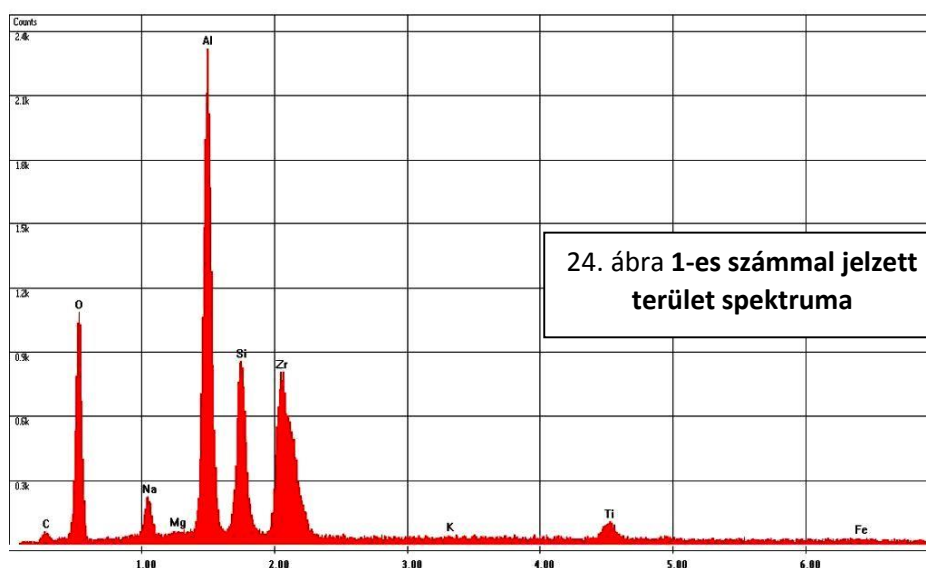


A 24. ábrán láthatóak a szervesetlen (Cordis) kötőanyag híddal összekötött kvarc homokszemcsék. Megfigyelhetők a tárolási idő hatására a kötőhidakban kialakult repedések.



24. ábra Szervesetlen kötés és a közé ékelődő additív adalék

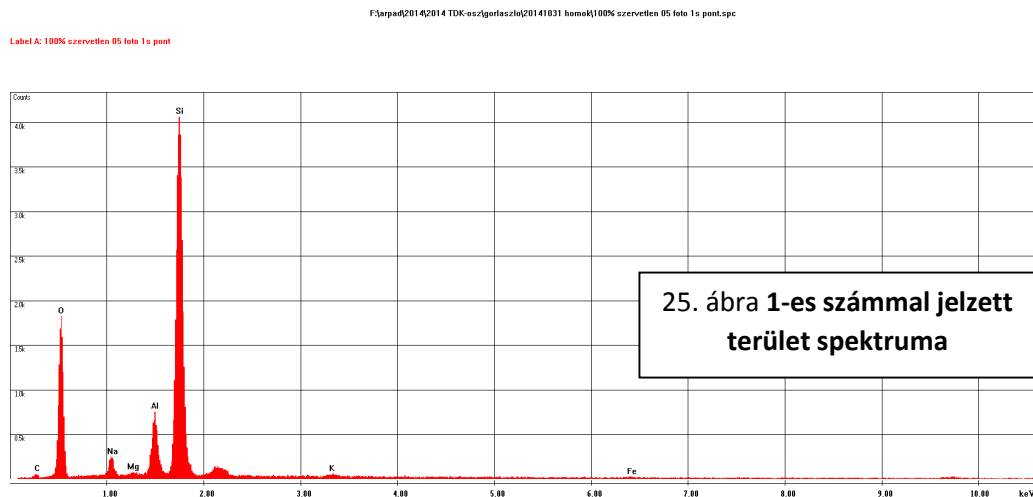
Label A: 100% szervesetlen 00 foto 1s pont



A 24. ábrán láthatjuk a szervesetlen kötés kialakulása közben beépülő additív adalék szemcséit. Ezek a fentiekben említettek szerint a kötőhidak erősségét hivatottak gyengíteni. Melynek köszönhetően hatékony regenerálás érhető el. A 24. ábra „A” részén az 1-es számmal jelzett terület spektrum felvétele mutatja, a magas cirkon-oxid koncentrációt.



25. ábra Elszakadt szervetlen kötőhíd



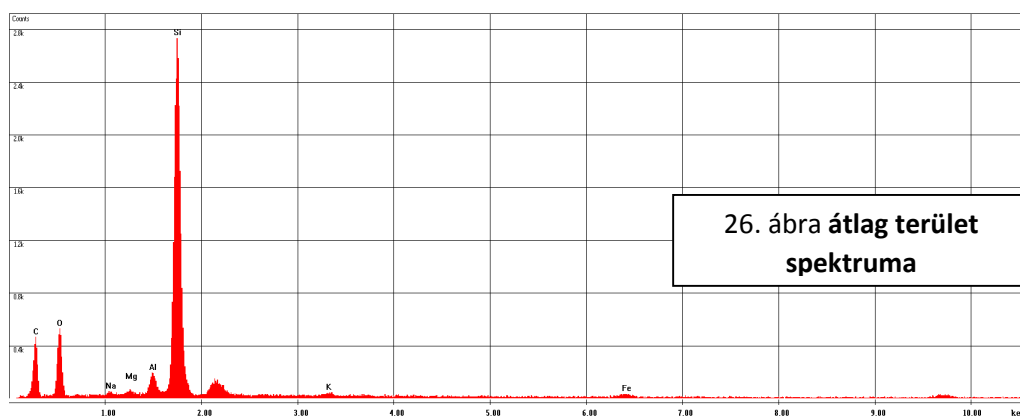
A 25. ábrán látható két összekötött homokszemcse és az 1. számmal jelölt helyen a szervetlen kötőhíd szakadási felülete.



26. ábra Regenerált 10% szervetlen kötőanyagot tartalmazó próbatestek elektronmikroszkópos és sztereómikroszkópos felvétele

F:\japaa\2014\2014 TDK-es\gorlaszlo\20141031 homok\regeneralt10% szervetlen 01 foto atlag.spc

Label A: regeneralt10% szervetlen 01 foto atlag



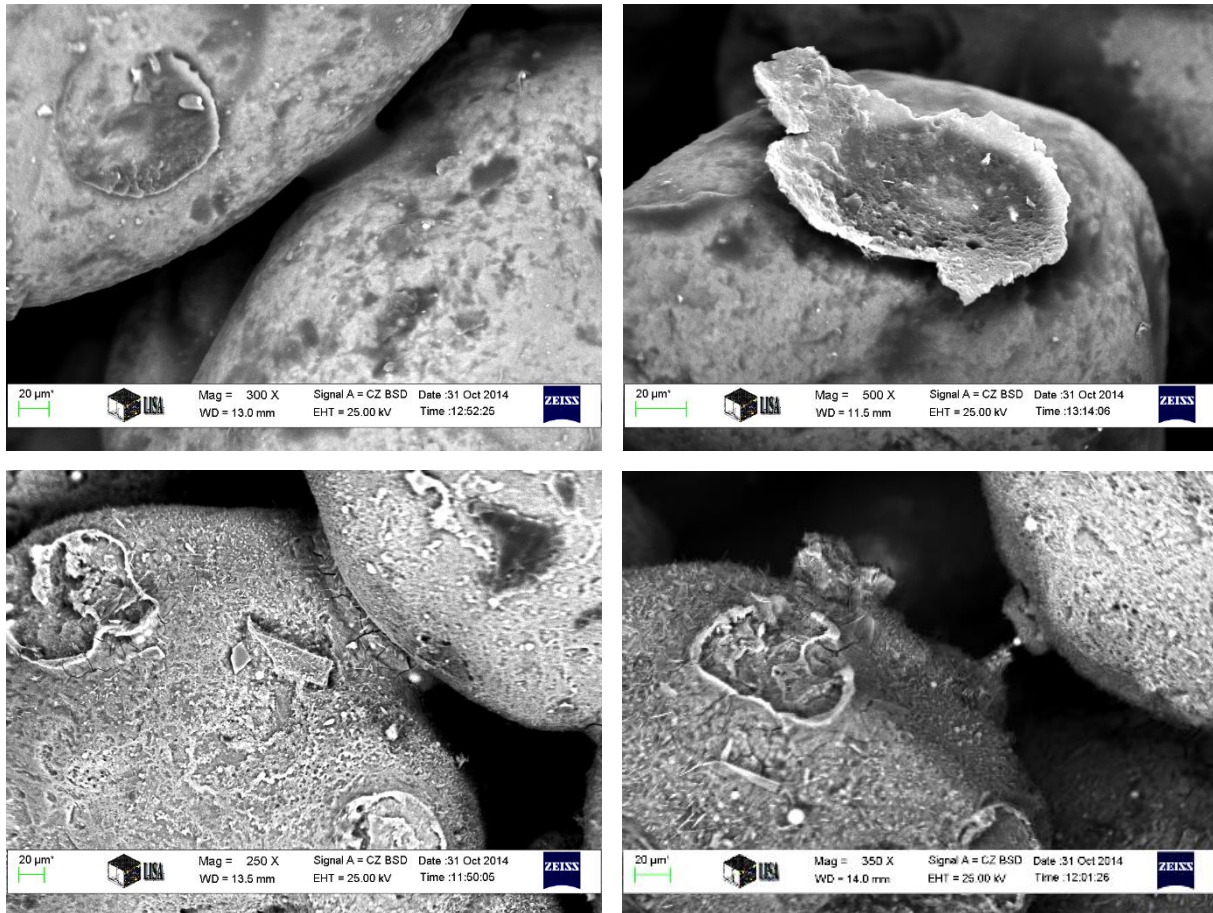
A 26. ábra sztereómikroszkópos felvételén jól megfigyelhető a maradék szervetlen kötőanyagot tartalmazó homokszemcse eltérő matt színárnyalata. A scanning elemzés eredményeit a 4. táblázatban foglaltam össze.

4. táblázat EDS elemzés eredményei:

Elem, %	C	O	Na	Al	Si	K	Fe	Mg	Zr	Ti	Mind
100% szervetlen 23. ábra átlag	8,4	37,4	4,9	4,3	43,2	0,9	1,0	0,0	0,0	0,0	100
100% szervetlen 23. ábra 1 pont	2,2	36,6	1,5	3,7	54,1	0,6	0,9	0,5	0,0	0,0	100
100% szervetlen 23. ábra 2 pont	3,1	30,4	2,5	5,8	55,8	0,8	1,3	0,4	0,0	0,0	100
100% szervetlen 23. ábra 3 pont	7,5	38,9	7,4	4,4	39,7	0,6	1,4	0,1	0,0	0,0	100
100% szervetlen 24. ábra 1 pont	3,2	42,8	3,0	6,4	43,3	0,5	0,5	0,3	0,0	0,0	100
100% szervetlen 25. ábra 1 pont	4,8	34,6	2,9	21,5	10,8	0,1	0,4	0,2	23,1	1,7	100
Regenerált 26. ábra átlag	40,4	24,3	0,4	1,8	31,1	0,5	1,1	0,4	0,0	0,0	100

5.6. Szerves és szervetlen kötőhidak összehasonlítása

A 27. ábrán szerves és szervetlen kötőhidak összehasonlítását mutatom be.



27. ábra Kötést alkotó szerves (felül) és szervetlen (alul) kötőhíd és szakadási felület

Megfigyelhető a gyanta kötés összefüggő egységes szerkezete, a szervetlen kötőhíd töredezett szerkezetével összehasonlítva. A szervetlen kötőanyaggal bevont homokszemcse felülete a kötőanyag bevonat miatt érdes, durva, ezért ennek eltávolítása nélküli újrahasznosítás esetén jelentős fajlagos felület növekedés miatt a kötéshez nagyobb kötőanyag mennyiség szükséges.

6. Összefoglalás

Kísérleteim során megállapítottam, hogy amennyiben szervetlen kötőanyag tartalmú homok keveredik a szerves kötőanyag tartalmú homokrendszerbe, a hajlító szilárdság értéke a közös regenerálást követően minden esetben csökken. Minél nagyobb mértékben adagoljuk a rendszerbe a szervetlen kötőanyag tartalmú homokot, annál nagyobb mértékű a romlás.

Megállapítottam, hogy amennyiben hőterheljük a szervetlen keveréket és ezt adagoljuk a regenerálatlan állapotú szerves homokrendszerbe, abban az esetben nem figyelhető meg romlás még 10%-os beadagolás esetén sem. Ilyenkor a magok másfél órás pihentetés utáni hajlító szilárdság értékei az öreghomoknak megfelelő közel 300 N/cm^2 -re tehetőek.

Amennyiben a hőterhelt szervetlen keverék szerves homokrendszerbe adagolása után közös regenerálást végzünk el, abban az esetben a szervetlen keverék arány növelésének mértékével, arányosan csökkenő hajlító szilárdsági értékek figyelhetők meg. 330 N/cm^2 -ről 290 N/cm^2 -re csökkent 10%-os szervetlen komponens adagolása esetében.

Megállapítottam azt a tényt, hogy a hőterhelt szervetlen keverékek bekeveredése kisebb mértékben csökkenti a hajlító szilárdságot, mint a hőterhelés nélküli szervetlen keverékek.

Megállapítottam, hogy amennyiben biztosan el akarjuk érni azt, hogy a rendszerben lévő homokkeverékből minden esetben olyan magokat készíthessünk, melyek azonnali hajlító szilárdsága 100 N/cm^2 és a felhasználható állapotú szilárdsága 200 N/cm^2 felett van, abban az esetben maximális 5 %-os lehet a bekeveredés.

Mindemellett kikísérleteztem a nyugalmi állapotban lévő 2kg mennyiségű homok optimális regenerálási paramétereit, ellenállás fűtésű kemencében. Melynek paraméterei 30 perc 590°C -on, homok egyenletes összekeverése, majd újból 30 perc 590°C -on.

Kísérleteim a hideg magszekrényes eljárásra vonatkoztak, viszont a homokregeneráló nem tesz különbséget a hideg és a meleg magszekrényes eljárással készített magok között. A teljes lefedettséghez feltétlenül szükséges a kísérletek elvégzése mind a hideg, mind a meleg magszekrényes technológiával készített magok esetén is.

A vizsgálati eredmények használhatóak a Némak Győr Kft. technológiai folyamatában.

7. Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Tóth Levente: Forma- és magkészítési ismeretek
A Miskolci Egyetem Technológia- és Tudástranszfer Centrumának kialakítása és működtetése” TÁMOP-4.2.1-08/1-2008-0006
- [2] Hartmut Polzin, Eckart Flemming, Uwe Nitsch: Grundlagen und praktische Erfahrungen zur Regenerierung von Altsanden aus dem Wasserglasverfahren. Giesserei 85, 1998, Nr.11, 53-60
- [3] Herbert Löblich, Walter Schlesiger, Karola Nowacki, Wilfried Siefert: Wirkungsgrad mechanischer Regenerierung für kaltharzgebundene Umlaufformstoffe. Giessereiforschung 41, 1989, Nr. 3, S 87-98
- [4] Détári Anikó: Forma-fém kölcsönhatásainak vizsgálata, különös tekintettel a formázóanyagok újrahasznosíthatóságára
Ph.D. értekezés
- [5] Franz Ludescher: Application of inorganic binder for aluminium die casting
- [6] Ralf Boehm, Jürgen Asal, Bernhard Münker: Út a gazdaságos és károsanyag –kibocsátástól mentes öntészet felé. Bányászati és kohászati lapok 147. évfolyam 2014/3. szám 17-19 oldal
- [7] Klaus Löchte, Ralf Boehm: CORDIS- Das Anorganische Bindemittelsystem- Eigenschaften und Erfahrungen: Giesserei- Rundschau 52 HEFT 3/4.
- [8] I. Izdebska-Szanda, M. Szolc, E. Smoluchowska: Investigating the reclamability of moulding sand with new, ecological inorganic binders, ARCHIVES of FOUNDRY ENGINEERING, Volume 10, Special Issue 1/2010, 217-220.