



MISKOLCI EGYETEM
MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNYI KAR



Tudományos Diákköri Dolgozat

3515 MISKOLC Egyetemváros

Műgyantás homokmagok szilárdsági tulajdonságainak változása hőterhelés hatására

Készítette:

Mádi Laura Johanna

Konzulensek:

Dr. Dúl Jenő
Címzetes egyetemi tanár

Dr. Fegyverneki György
Termék- és folyamatmérnökség vezető

Császár Csaba	Pete László
Termék mérnök	Folyamat mérnök

Járműipari Öntészeti Intézeti Tanszék

2015.

Köszönetnyilvánítás

Köszönöm a megtisztelő lehetőséget, hogy a NEMAK Győr Kft.-nél végezhettem el a méréseimet.

Köszönettel tartozom témavezetőimnek, Dr. Dúl Jenőnek az OTDK dolgozatom elkészítésében nyújtott segítségéért, rendkívül értékes tanácsaiért és türelméért.

Köszönetem fejezem ki a külső konzulenseimnek, Császár Csabának és Pete Lászlónak a hasznos szakmai tanácsaikért és a segítőkészségükért.

Absztrakt

Munkám során a hőterhelés hatására végbemenő változásokat vizsgáltam az öntvények belsőüregeit kialakító magokon.

Az öntvények minőségét közvetlenül befolyásolja a magokból felszabaduló gáz-, a kicsapódott kondenzátum- mennyisége és a magok öntés közbeni deformációs hajlama. Ezért fontos az adott technológiához igazodó kötőanyagrendszer kiválasztása, és annak mennyiségének optimalizálása.

Munkám célja azonos üritési körülmények között a mag előállítási, felhasználási paramétereinek optimalizálása és a különböző kötőanyagrendszerek összehasonlítása volt. Vizsgálataim során három gyártótól származó fenol műgyantás kötőanyagrendszert hasonlítottam össze. Méréseimet cold-box eljárással elkészített próbatesteken végeztem el. A vizsgálati eredmények azt igazolják, hogy nagy érdembeli különbség nincs a három kötőanyagrendszer között. Az üríthetőséget laboratóriumi körülmények között legegyszerűbben, a hőterhelt próbatestek szilárdság mérésével lehet modellezni. Kimutattam, hogy a 400°C-os hőterhelésnél van utókeményedés, míg a 450°C-os esetén nincs. Az útjeladóval és erőmérő cellával felszerelt szilárdságvizsgáló berendezéssel a magok terhelés közbeni alakváltozását is vizsgálni tudtam. A lövési pozíció hatásának a vizsgálata során megállapította, hogy a középen elhelyezkedő próbatestnek van a legnagyobb szilárdsága. Munkám során lehetőségem volt egy forradalmian új vizsgálati módszer tesztelésére, az éknyomó vizsgálatra. Ez a mérés lehetővé teszi a próbatestek hossz tengelye mentén a kötési erők változásának a feltérképezését. Mérésekkel megállapítottam, hogy a próbatest a fészek aljához közelebb eső résznél ridegebben viselkedik, míg a másik végén (a lövécsúcshoz közel) plasztikusabban. A jelenség feltérképezésére szimulációt készítettünk, amin megfigyelhető volt egy bizonyos utótömörödés. Feltehetően ez okozhatja a próbatesten belüli eltéréseket. Következtetésképpen megállapítható, hogy a lövési pozíciónak és úthossznak nem elhanyagolható a szerepe a magok szilárdságában.

Tartalom

1.	Bevezetés	5
2.	A magkészítés fontosabb anyagai és eljárásai.....	6
2.1	Az öntödei kvarchomok tulajdonságai.....	6
2.2.	Az öntödei fenol-műgyanták tulajdonságai.....	8
3.	Az öntvény tisztítás feladatai	13
3.1.	Az ürítés	13
3.2.1.	Az excenteres ürítőrács	14
3.2.2.	Excentrikus tömeggel gerjesztett rezgésű ürítőrács	15
3.2.3.	Vibrációs ürítő szekrény	15
3.2.4.	Ürítés kinyomólap segítségével	16
3.2.5.	Tisztító- hűtődob	16
3.2.6.	Pneumatikus ürítőrács	17
4.	Műgyantás kötésű homokmagok üríthetőségének vizsgálata	18
4.1.	A téma aktualitása	18
4.2.	Üzemi körülmények	18
4.3.	Laboratóriumi körülmények.....	20
4.3.1.	Magok gáz- és kondenzátum fejlesztő képességének vizsgálata	21
4.3.2.	A hajlítoszilárdság mérés	22
5.	A kísérleti program és a vizsgálati eredmények bemutatása.....	25
5.1.	A COGAS- mérés kiértékelése	26
5.2.	A hajlítoszilárdság mérési eredményei	28
6.	Különböző fészkekben elhelyezkedő próbatestek összehasonlítása	37
7.	A felszerelt szilárdságvizsgáló berendezés	40
7.1.	A felszerelt szilárdságvizsgáló berendezés mérési lehetőségei.....	40
7.2.	Az éknyomó- vizsgálat bemutatása.....	41
7.2.1.	A referencia próbatest éknyomó vizsgálata	42
7.2.2.	A 400°C-on hőterhelt próbatest éknyomó vizsgálata.....	45
7.2.3.	Különböző hőterhelések hatása a próbatest hossz tengelye mentén	45
8.	Összefoglalás/ Konklúzió.....	47
9.	Irodalomjegyzék.....	48

1. Bevezetés

Az elmúlt évtizedben jelentősen fejlődött a járműipari öntvénygyártás. A szilárdsági követelmények mellett egyre növekvő az igény a bonyolultabb geometriájú és könnyebb hengerfejek iránt. A magkészítők számára nagy kihívást jelent a lecsökkentett keresztmetszetű és a hosszú magok előállítása. Az öntvény megfelelosége nagymértékben függ a homokmagoktól. Öntés során a mag felülete folyamatosan kölcsönhatásban van a folyékony fémme, ezért az öntvény minőségét közvetlenül befolyásolja a magból felszabaduló gáz- és a kicsapódó kondenzátum- mennyisége. A magok szilárdsági tulajdonságaival szemben kettős elvárás érvényesül. El kell viselnie a formatöltés és megszilárdulás közben a folyékony fém hő- és mechanikai hatását, ugyanakkor az öntvény üregeiből könnyen eltávolíthatónak kell lennie. Ezt a megfelelő kötőanyag-rendszer kiválasztásával és mennyiségének optimalizálásával érhetjük el. Az üreges öntvények gyártásakor fontos a maradványmentes öntvény és a homokmentes felület létrehozása. A hengerfejek gyártásánál ez elengedhetetlen, hiszen nem kerülhet homok az olajtérbe és a víztérbe, mert ez a motor tönkremeneteléhez is vezethet. A növekvő vevői elvárások miatt nagy hangsúlyt kell fektetni az öntvény minőségét javító vizsgálatokra és kutatásokra.

Méréseimet a NemaK Győr Kft. laboratóriumában végeztem el. Munkámat egymástól két kevésbé elhatárolható részre lehet bontani. Kutatómunkám kezdetén különböző gyártótól származó fenol műgyantás kötőanyag-rendszereken végeztem összehasonlító vizsgálatokat. Azonban munkám fő célja az azonos üritési körülmények között a magok előállítási, felhasználási paramétereinek az optimalizálása volt. Ürithetőséget laboratóriumi körülmények között legegyszerűbben a hőterhelt próbatestek szilárdságmérésével lehet modellezni. Kísérleteimhez a 400 és a 450°C-os hőterhelési hőmérsékleteket választottam, ugyan is (mérettől függően) alumínium öntés során, a hő kiegyenlítés végén, legfeljebb erre a hőmérsékletre melegsznek fel a magok. A különböző hőterhelési idők segítségével a magokban végbemenő szilárdság változást vizsgáltam.

Hipotézisem szerint a homokmagokban nem egyenletes a szilárdság, ezért egy olyan vizsgálati módszert dolgoztam ki, amely lehetővé teszi a kötési erők feltérképezését a próbatestek hossztengeyük mentén. A dolgozatom elkészítéséhez először megismertem a NemaK Győr Kft-ben végbemenő folyamatokat és irodalomkutatást végeztem.

2. A magkészítés fontosabb anyagai és eljárásai

A magkészítés célja olyan különleges homokmagok előállítása, ami segítségével az öntvények üregeit és alámetszéseit alakítják ki. A Nemak Győr Kft. üzemében kvarchomok bázisú, fenol- és furán műgyantakötésű magokat készítenek, cold-box és hot-box eljárással. Dolgozatomban csak a cold-box technológiához kapcsolódó ismereteket mutatom be.

2.1 Az öntödei kvarchomok tulajdonságai

A kvarchomok a legáltalánosabban használt formázó alapanyag, főként széleskörű előfordulása és viszonylag alacsony ára miatt. A kvarchomok ásványi „kvarcból” (SiO_2) áll, mely származásától függően többé-kevésbé tiszta. Az öntödékben 98-100% SiO_2 tartalmú homokot használnak. Sűrűsége ($2,65 \text{ kg/dm}^3$), de függ a tisztaságától is. Száraz halomsűrűsége (vagy laza térfogat tömege) $1,4\text{-}1,6 \text{ kg/dm}^3$, a kezdő szinterpontja 1575°C , az olvadás pontja 1750°C . A kvarchomok azonban gyakran tartalmaz kísérő ásványokat. A kvarc kiváló tűzállósága mellett azonban jelentős allotróp átalakulásokon megy keresztül, miközben az öntőformában felhevül. Az allotróp átalakulások térfogatváltozásokkal is járnak, amely bizonyos esetekben a forma, illetve a mag, jelentős deformációjához, repedéshez akár töréshez is vezethet. Az 1. táblázatban a kvarchomok allotróp átalakulásait szemléltetem.

1. táblázat: A kvarchomok allotróp átalakulásai

A különböző kvarc módosulatok és sűrűségük változásai									
Térfogatváltozás		0,80%		16%		nincs jelentős		nincs jelentős	
Sűrűség g/cm^3	2,65	↓	2,53	↓	2,19	↓	2,21	↓	2,2
Módosulatok	β-kvarc	↔	α-kvarc	→	α-tridimit	→	α-krisztoballit	→	kvarcüveg
Átalakulás hőmérséklete		573 °C reverzibilis		870 °C irreverzibilis	↓↑	1470 °C irreverzibilis	↓↑	1725 °C irreverzibilis	
Különböző átalakulások					β-tridimit		β-krisztoballit		
Térfogatváltozás					0,20%		2,80%		
Sűrűség g/cm^3					2,23		2,32		
Átalakulás hőmérséklete					163 °C		230 °C		
					↓↑				
Módosulatok					γ-tridimit				
Térfogatváltozás					0,20%				
Sűrűség g/cm^3					2,26				
Átalakulás hőmérséklete					117 °C				

Látható, hogy a kvarchomok 573°C -on, illetve 870°C környezetében mutatja a legjelentősebb térfogat növekedést. Az alumínium öntési hőmérséklete $700\text{-}720^\circ\text{C}$, ami a két deformációs hőmérséklet között van. Mivel a magok általában nem melegednek

400 és 450°C fölé és termikusan regenerált homokot is használnak, ezért az 573°C-on végbemenő 0,8%-os térfogat növekedés nem számottevő. [1]

A formázó- és maghomok keverékek minőségét alapvetően meghatározzák azok granulometriai tulajdonságai:

- a szemcsealak,
- a fajlagos felület,
- a szemcseméret és
- a szemcseszerkezet.

A túlságosan finom homok, formázásra nem alkalmas, mivel nem engedi át a felszabaduló gázokat és a nagy fajlagos felülete miatt sok kötőanyagot vesz fel. A mérnökök ezért olyan optimális szemcseszerkezetű és szemcseeloszlású homokok használatára törekednek, amelyek még jó felületi minőséget adnak. Az öntödei célra használt tűzálló homok szemcsemérete 0,1-0,7 mm közötti. Tulajdonképpen ezek képzik a forma és/vagy a mag tűzálló mátrixát, amelyek az öntvény kialakítása során rendkívüli igénybevételeknek vannak kitéve. Az alkalmazott kvarchomok akkor tesznek eleget az alapkövetelményeknek, ha:

- lágyuláspontja összhangban van az öntési hőmérséklettel;
- viszonylag kismértékű a hőtágulása;
- vegyileg közömbös az alumíniummal, ill. alkotóival, és azok oxidjaival szemben;
- a hirtelen felmelegedést, az ún. hősokkot különösebb károsodás nélkül elviseli;
- megfelelő szilárdsága van szobahőmérsékleten és nagy hőmérsékleten egyaránt és
- megfelelő a keménysége. [2]

2.2. Az öntődei fenol-műgyanták tulajdonságai

A műgyanták ipari hasznosításával már 1957 óta foglalkoznak, azonban több évbe tellett, amíg ez a tudásanyag az öntészet kémiájában kézzel fogható eredményeket hozott. Az öntvények belső üregeit magokkal alakítják ki, melyek általában különféle kötőanyagú homokkeverékekből készülnek. A kötőanyag öntés során, magas hőmérséklet hatására lebomlik, így dermedés után általában könnyen eltávolítható a kiégett homok. Azonban ez nem minden esetben van így, ugyanis a jövő elvárásainak megfelelni vágyó kötőanyaggyártó cégek az öntés közbeni nagy szilárdságot részesítik előnyben.

Számos csoportosítás létezik a magkészítési technológiákra vonatkozóan. Azonban az egyik fő szempont az aktivátor típusa és a kötés kialakításának mechanizmusa (hideg/meleg magszekrény) szerinti besorolás.

Eszerint megkülönböztethetünk tehát:

- melegen kötő és
- hidegen kötő eljárásokat: ezen belül önkötő eljárásokat, mikor az aktivátor folyékony halmazállapotú, illetve gázélarasztásos módszereket, amely során az aktivátor gáz halmazállapotú.

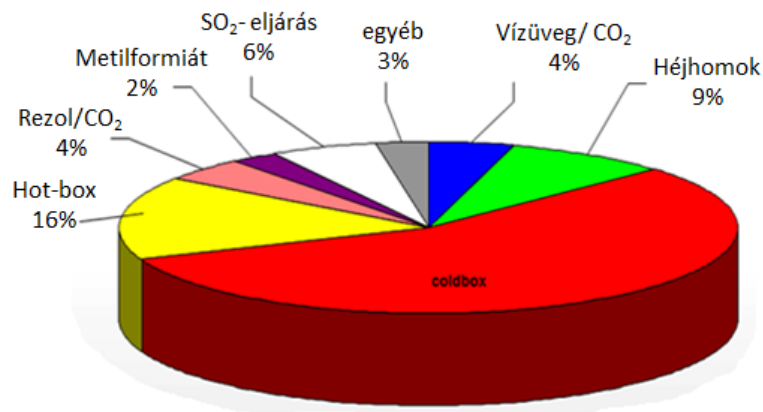
Az 1. ábrán a részletesebb csoportosítás látható.

<i>Hidegen kötő eljárások</i>			
<u>Önkötő eljárások</u>			
• Vízüveg + észter	• Furángyanta+ PTS vagy H ₃ PO ₄	• Fenolgyanta+ PTS	• BETA SET Rezolgyanta+ észter
<u>Gázélarasztásos eljárások</u>			
• Vízüveg + CO ₂	• ASHLAND COLD BOX Fenolgyanta + poli- izocianát+ amin gőz	• PET- SET Rezolgyanta metil- formiát gőz	• Rezolgyanta +CO ₂

<i>Melegen kötő eljárások</i>			
• Héjhomok (CRONING) Novalakgyanta+ hexametilén- tetramin ~280°C	• HOT- BOX Fenol/furán gyanta+ aktivátot ~220°C	• WARM-BOX Furángyanta+ Aktivátor ~180°C	• HARDOX Epoxi/ furángyanta+ Peroxid+ SO ₂ ~50°C

1. ábra: Melegen kötő és hidegen kötő eljárások

A magok jelentős hányadát napjainkban cold-box, hot-box és vízüveg/CO₂ eljárás valamilyen változatával gyártják. A 2. ábrán a formázó eljárások részesedésének arányát mutatom be.



2. ábra: A formázó eljárások részesedésének aránya [3]

Az eljárásokat kötőanyaguk jellege szerint is két fő csoportba sorolhatjuk, szerves és szervetlen kötőanyag- rendszerű. A szerves kötésű formázó- és maghomok keverékek alkalmazása rendkívül elterjedt, azonban komoly környezetkárosító hatásai vannak, a velük kapcsolatos környezetvédelmi intézkedések jelentős plusz költséget okoznak az üzemeknek. Ezért jelentős fejlesztések folynak a szervetlen kötőanyagok alkalmazásával kapcsolatban.

A szerves kötőanyag főbb típusai:

- Növényi termékek
- Ásványi termékek (kátrány)
- Száradó olajok
- Műgyanták

Hazánkban szerves kötőanyagként túlnyomó részben gyantákat használnak. Öntödei felhasználásra a következő gyantákat használják:

- furángyanták;
- fenolgyanták;
- furán- és fenolgyanták kombinációi;
- karbamidgyanták;
- epoxidgyanták
- egyéb.

Fenolgyanták

Az öntödei célokra használt fenolgyanták *fenol*, *krezol* és *formaldehid* polikondenzációjával készülnek.

A fenolgyanta előnyei és hátrányai [3]

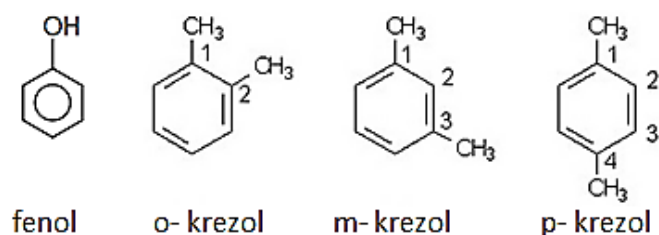
Előnyök:

- Olcsó
- Formázáskor alacsony szakterhelésű
- Nitrogénszegény, illetve-mentes
- Hosszan feldolgozható
- Csekély túlkötési hidak
- Öntéskor kevés gáz fejlődik
- Jól regenerálható

Hátrányok:

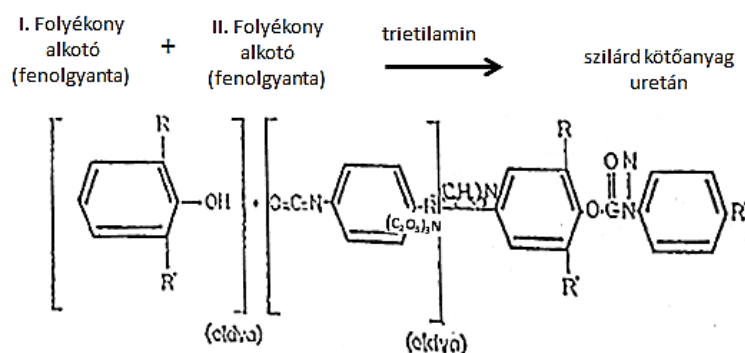
- Erősen függ a hőmérséklettől
- A gyanta magas viszkozitású
- Kis reakcióképesség
- Rövid tárolhatóság
- Nem használható P- és magas S-tartalmú aktivátor (>5% szabad H₂SO₄)

A fenolhomológok, vagyis fenol és krezol szerkezeti képletét a 3. ábra tünteti fel.



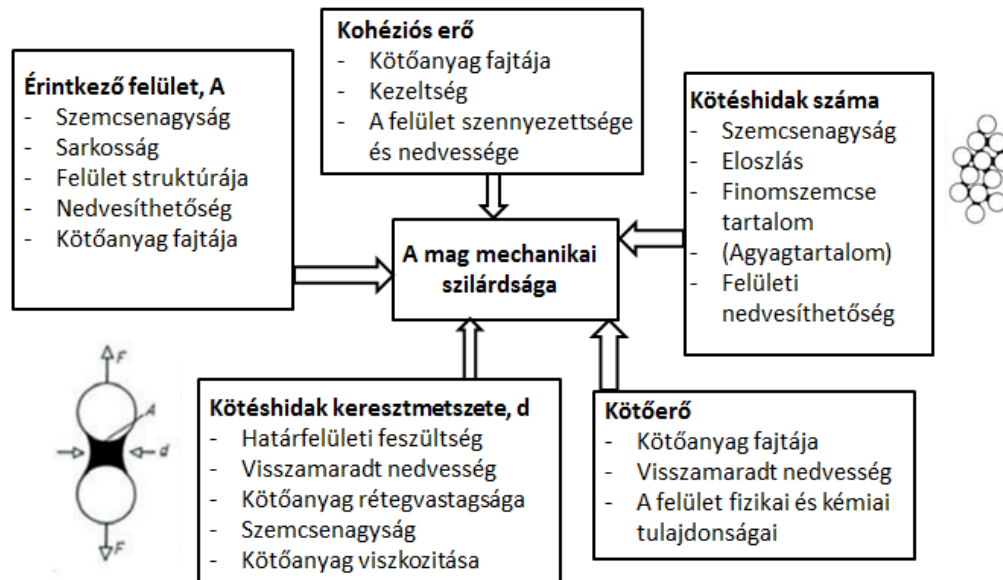
3. ábra: A fenol és krezol szerkezeti képlete [4]

A belőlük képződött gyanta előállításánál során fellépő jellemző reakciókat a fenol és a formaldehid közötti molarány szabja meg. Ha 1-nél nagyobb a molarány, akkor novolakgyanta molszerkezetet kapunk, ami savas közegben, fenolfölösleg esetén keletkezik. Ha 1-nél kisebb a molarány, akkor rezolgyantát kapunk, ami lúgos közegben, formaldehid fölöslegben állítható elő. Neutrális vagy alkalikus rezolok magasabb hőmérsékletre (80... 180°C) hevítve víz és formaldehid kilépése közben rezit állapotba kerülnek. [5] Ha azonban rezolokat savakkal vagy savas hatású anyagokkal hozunk össze, akkor a tovább kondenzáció lényegesen alacsonyabb hőmérsékleten is végbe megy. A cold-box eljárás kémiai alapját olyan kombinációs kötőanyag adja, amely oldószerben oldott fenolgyantából (kötőanyag) és poli(izo-cianát)-ból (aktivátorból) áll. Ezt a reakciót megfelelő katalizátorok (terciáraminok, pl. trietilamin) gyorsíthatják, úgyhogy néhány másodpercen belül létrejön a kötés. A 4. ábrán a cold-box eljárás reakciómechanizmusa látható. [6]



4. ábra: A cold-box eljárás reakciómechanizmusa

A homokmagok mechanikai szilárdságát sok-sok tényező befolyásolhatja, általános összefoglalásukat az 5. ábra szemlélteti. [7]



5. ábra: A mag mechanikai tulajdonságait befolyásoló tényező

Kiemelt hatást gyakorol az öntődei homok granulometria (szemcseméret, szemcseszerkezet) jellemzői, a kötőanyag minősége és mennyisége, a formázó- és a magkeverékek tömörsége, illetve az előírt utókeményedési idő (lövéstől a felhasználásig eltelt idő, pihentetési idő).

¹ Dipl.-Ing. Gerhard Schindelbacher, Dipl.- Ing. Hubert Kerber: Umfassende Charakterisierung von Formstoffen mit einer neuen Prüfmethode, Giesserei, Rundschau, 2013 Heft 3/4, S. 58-66.

<http://www.voeg.at/web/archiv.html>

3. Az öntvény tisztítás feladatai

Öntvénytisztításon tágabb értelemben, minden öntést követő munka értendő. Az elvégzett munkák felsorolása nem jelenti azt, hogy azok minden egyes öntvélynél szükségesek, vagy sorrendjük változatlan:

- ürítés;
- a magok eltávolítása;
- a beömlőrendszer és a magok eltávolítása;
- a felület megtisztítása;
- az előtisztított öntvény ellenőrzése;
- a fánckok és dudorok eltávolítása;
- hőkezelés;
- felületkikészítés (korrózióvédő bevonat, festés)
- forgácsolás (előnagyolás);
- átvétel, minősítés;
- csomagolás;
- raktározás. [8]

3.1. Az ürítés

Az ürítés a formaszekrény, a formázóanyagok és az öntvény szétválasztását jelenti. A korszerűtlen öntödékben az ürítés még kézi erővel történik, ami akár a munkás szilikózis megbetegedését is okozhatja. Az ürítés gépesítés szinte már nélkülözhetetlen. Az ürítés módja számos tényezőtől függ, így az öntvény méretétől, az öntés módjától, a sorozat nagyságától és a magok visszamaradó szilárdságától. Ezek alapján belátható, hogy különböző eljárásokra és berendezésekre van szükség, amely az adott feltételeknek a legjobban megfelelnek és nagy termelékenységűek. A formák ürítésének leggyakoribb módja az ürítőrács, vagy a kinyomó berendezés alkalmazása.

Legfontosabb öntödékben alkalmazott formaürítő berendezéseket a következők:

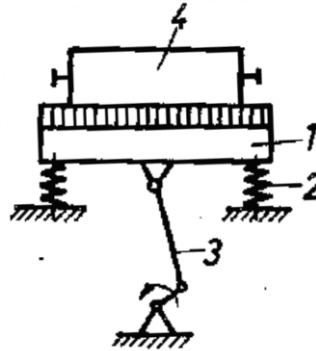
- excenteres ürítőrács,
- excentrikus tömeggel gerjesztett rezgésű ürítőrács,
- vibrációs ürítő szekrény,
- pneumatikus ürítőrács és a

- kinyomólappal történő ürítés.

A következőkben részletesen bemutatom a fentiekben felsorolt berendezéseket. [9]

3.2.1. Az excenteres ürítőrács

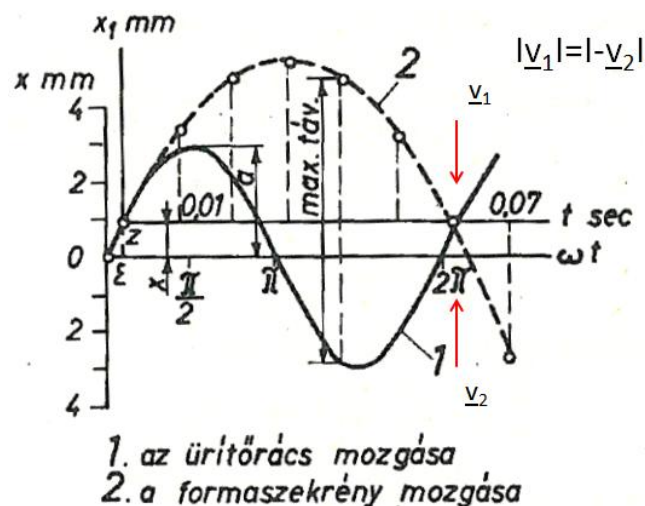
Az excenteres tengelyű ürítőrács felső részén rácsszerkezet található, amely az ürítéskor átadja energiáját a formaszekrénynek. Vázlata a 6. ábrán látható.



6. ábra Mechanikus kényszerrezgésű ürítőrács

1: rács, 2. támasztórugó, 3: excenteres hajtómű, 4: formaszekrény

A gerjesztés következtében lengéskép szinuszos. A 7. ábra az ürítőrácsra helyezett formaszekrény mozgását mutatja be.



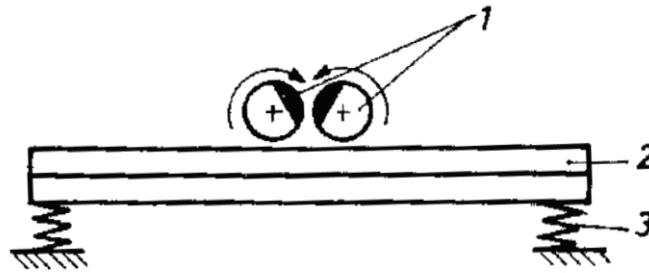
7. ábra: Az ürítőrács és a formaszekrény mozgása

A formaszekrény először együtt mozog a ráccsal, majd attól elszakadva a szabadesésnek megfelelő parabolikus időbeli lefutású mozgást végezve ütközik a

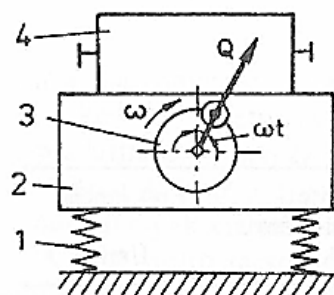
rácstal. Az ürítés akkor a leghatékonyabb, ha a két vektor ($\underline{v}_1$ és $\underline{v}_2$) abszolút értéke megegyezik. Az ütközésből származó erőhatás üríti ki a formaszekrényt.

3.2.2. Excentrikus tömeggel gerjesztett rezgésű ürítőrács

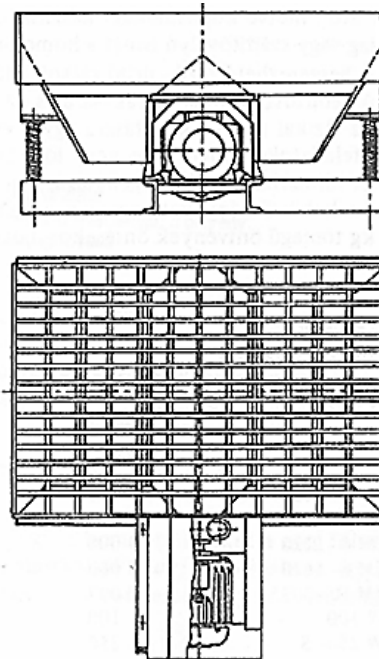
Működése a vibrációs szállítógépekhez hasonló. A 8. és a 9. ábrán látható berendezés szabadon leng, így a formaszekrény ütközésekor a szabályos szinuszos mozgás eltorzul.



8. ábra: Excentrikus tömeggel gerjesztett ürítőrács
1: lengésgerjesztő, 2: rács, 3: támasztó rugók



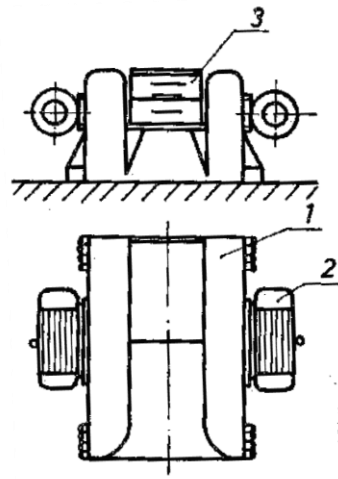
- 1: Rezgés csillapítók
- 2: Rács
- 3: Meghajtómotorok
- 4: Ürítendő formaszekrény



9. ábra: Rázó- ürítő rács vázlata

3.2.3. Vibrációs ürítő szekrény

Az előző berendezésekhez kisebb méretű, lengés frekvenciája nagyobb 2000-3000 fordulat/perc. Vázlata a 10. ábrán látható.



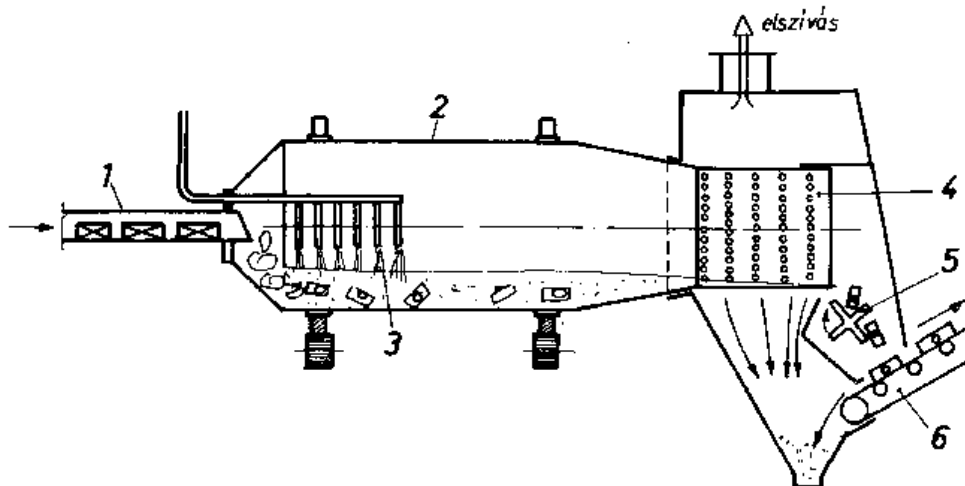
10. ábra Vibrációs ürítő szekrény
1: alapkeret, 2: vibrátormotor, 3: formaszekrény

3.2.4. Ürítés kinyomólap segítségével

Ez a berendezés általában egy pneumatikus henger segítségével működik. Csak közel azonos méretű, nem bordázott formaszekrény esetén alkalmazható.

3.2.5. Tisztító- hűtődob

A kisebb öntvény termelés esetén a magok, illetve a felületre tapadt homokok eltávolítására gyakran használnak ürítő- hűtődobokat, 11. ábra.

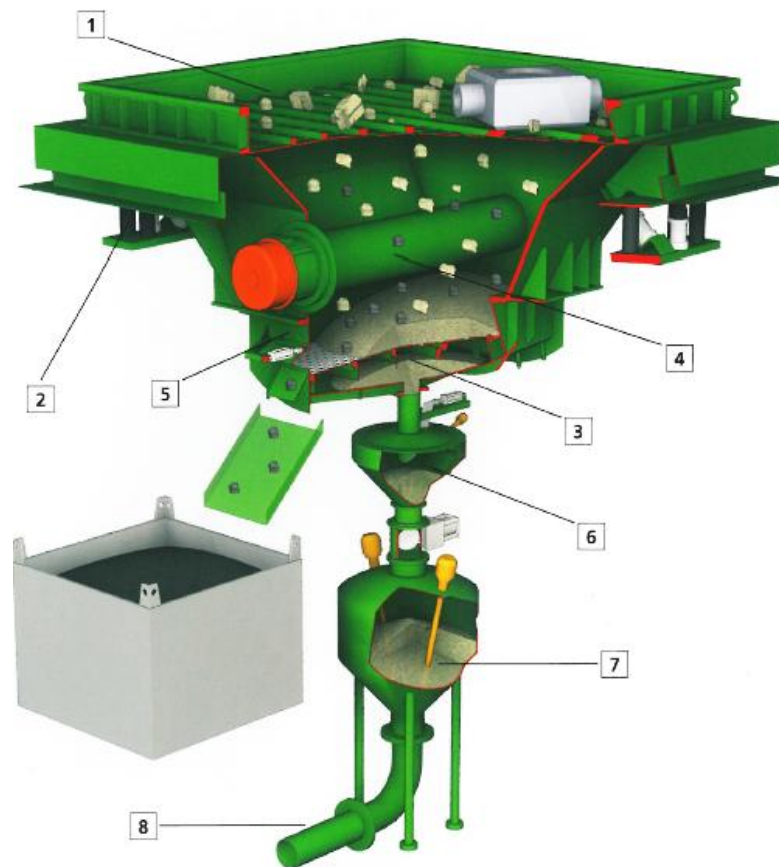


11. ábra Tisztító- hűtődob
1: adagoló, 2: dob, 3: vízpermet, 4: perforált szakasz, 5: öntvényforgató, 6: meredek szakasz

3.2.6. Pneumatikus ürítőrács

Lengésgerjesztése ennél a berendezésnél is kényszerhajtású (nem szabadon lengő). A rács mozgását a pneumatikus vibrátor végzi. Jelentős hátrány, hogy működése igen zajos.

A „ma” öntődéjében a kiszóródott homokot és fémes forgácsot surrantókon keresztül összegyűjtik, és újrahasznosítás céljából egy arra kijelölt helyen szétválasztják. A „holnap” öntődéiben a szétválasztás rögtön ürítés után történik, amit 12. ábrán szemléltetem. [10]



12. ábra 1: főrács, 2: támaszok, melyek csillapítják a rezgést, 3: perforált lemez, 4: vibrációs motorok csatlakozása a tengelyhez, 5: szennyezők eltávolítása, 6: betöltő a pneumatikus tartályba, 7: adó, 8: pneumatikus szállítás²

² Impianti Macchine Fonderia: Shake-out and pre-reclamation plats, Brno, 2014. (szórólap)

4. Műgyantás kötésű homokmagok üríthetőségének vizsgálata

4.1. A téma aktualitása

A bonyolultabb geometriájú és a hosszú magok gyártására nagy kihívást jelent a magkészítők számára. Ezért kiemelt fontosságú a homokmagok tulajdonságainak a vizsgálata. Amennyiben a magkészítési technológiákkal biztosítjuk az alábbi feltételeket (mint pl. „kis dilatációjú” homok alkalmazása, „újhomok” arány csökkentése, megfelelő minőségű gyanta kiválasztása, optimális kikeményedési idő beállítása), akkor lényegesen lecsökkenthető a magok deformációja és elkerülhető az ebből adódó selejt. [11]

4.2. Üzemi körülmények

Az ürítésnek nevezzük azt a műveletet, amely során az öntvényekből eltávolítják a homokmagokat. Az ürítési módszereket üzemi körülményekhez alakították ki. A Nemak Győr Kft. üzemében az öntvényekből a homokot gépek segítségével ürítő cellákban távolítják el. Az ürítés folyamatát az 13. ábrán szemléltetem.



13. ábra Az ürítés folyamata A: „nyersöntvény” B: emelőrobot C: „kalapáló”
állomás D: vibrációs berendezés E: surrantó

A „nyershengergej”, tápfejjel és magokkal együtt, a hűtősorról az azonosító helyre kerül, ahol kamerák segítségével bemérik az öntvény pozícióját. A helymeghatározás után robotok segítségével a „kalapáló” állomásra helyezik. Egy hengerfejet az ürítő robot általában két légkalapáccsal ver. Jelen esetben a kalapálás időtartalma 14 másodperc, ütési energiája 18 és 20 J közé tehető. A levegőnyomás és a „kalapálás” frekvenciája közötti összefüggést a 2. táblázat tartalmazza.

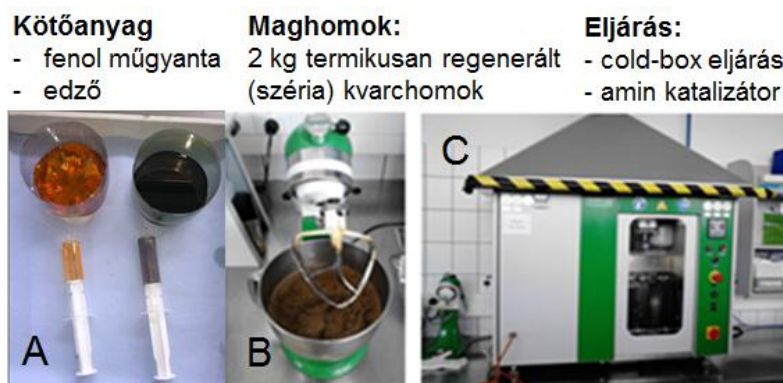
2. táblázat: A kalapálás paraméterei

Levegőnyomás [bar]	Frekvencia [Hz]
6	20
5	19
4	17

A kalapálásnak köszönhetően az öntvényben lévő homokmagok fellazulnak, majd egy vibrációs rácsra (ú.n. swingmaster) helyezik az öntvényt. A homok kirázása ciklikus mozgásból (rázás, várakozás és forgásból) tevődik össze. Ürítés után az öntvényeket megtisztítják, és optikai vizsgálóberendezésekkel ellenőrzik. A kiszóródott homok surrantókon keresztül a tároló silókba jut, majd regenerálás után újra felhasználásra kerül.

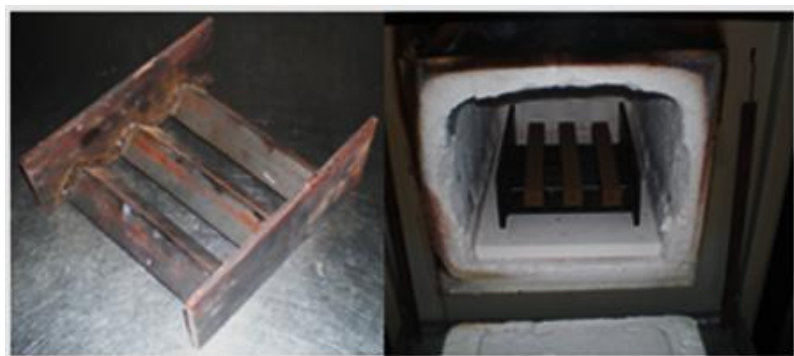
4.3. Laboratóriumi körülménynek

Vizsgálataimat a Nematik Győr Kft. laboratóriumában végeztem el. A homokkeverékeket fenol műgyantából (0,6%), edzőből (0,6%) és termikusan regenerált kvarchomokból készítettem el, cold-box eljárással. A 14. ábrán a magkészítés folyamatát mutatom be.



14. ábra: A magkészítés folyamata

Az elkészített próbatesteket kemencébe, a 15. képen látható fémrácsra helyeztem.

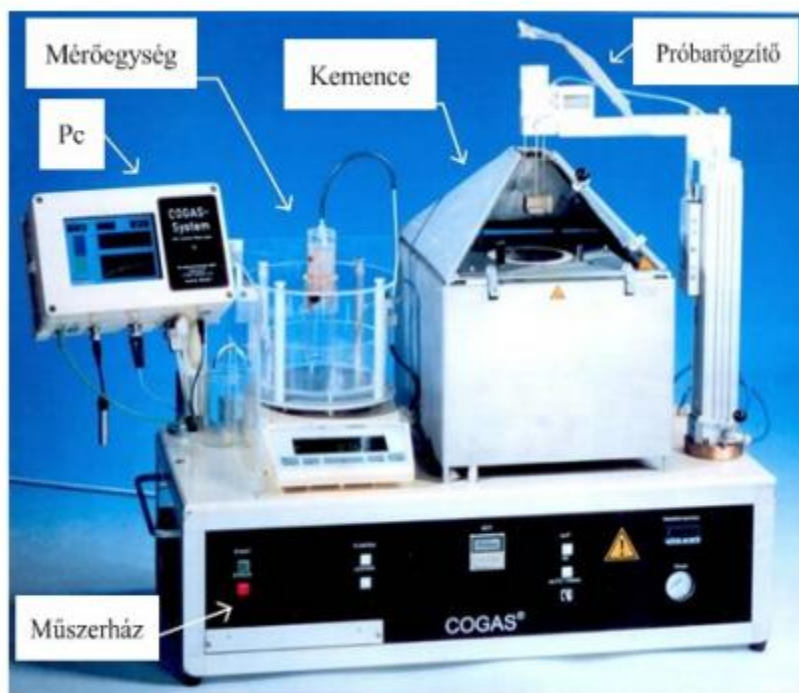


15. ábra: Fémrács

A hőterhelés során különböző hőterhelési hőmérsékleteket (400 és 450°C) és különböző hőterhelési időket alkalmaztam. Hőterhelési idők a következők: 2,5; 5; 7,5; 10; 15; 20; 25 és 30 perc. Azért választottam ezeket a paramétereket, mert ezek a Nematik Győr által az egyik kötőanyagbeszállító laborjától átvett mérési protokoll része, amit kibővítettem, hogy jobban láthassam, hogyan viselkedik a kötőanyag különböző ideig tartó hőterhelés hatására.

4.3.1. Magok gáz- és kondenzátum fejlesztő képességének vizsgálata

A COGAS maggáz mennyiség mérő berendezés segítségével, a felszabaduló gáz mennyisége mellett a gázból kiváló kondenzátum- mennyisége is meghatározható. Az 16. ábrán egy alumíniumos változatú COGAS berendezés látható.



16. ábra: COGAS berendezés

A berendezés öntési körülményt szimulál. A próbamag pontosan szabályozott hőmérsékletű alumínium olvadékba merül. A magból felszabaduló gáz a próbatest felületéről vékony csövön vezetődik el, majd keresztülhalad egy hűtött, a próbarögzítő állványon elhelyezkedő kondenzátum csapdán. A hűtött csapdában a maggázból kicsapódik a szurokszerű kondenzátum, melynek mennyisége a vizsgálat végén tömegméréssel meghatározható. A maggáz végül eljut a mérőegységbe, ahol a vákuumpumpa segítségével tartott vízoszlopból a saját térfogatának megfelelő térfogatú vizet szorít ki. A kiszorított folyadék tömegét a precíziós mérleg regisztrálja. A mérés végeztével a víz sűrűségének felhasználásával kiszámítható a próbamagból felszabaduló gáz mennyisége. [12] Vizsgálataimat a Nemak Győr Kft. által kifejlesztett COGAS-berendezésen végeztem el, ami a 17. ábrán látható.



17. ábra: COGAS berendezés a Nemak Győr Kft. laboratóriumában

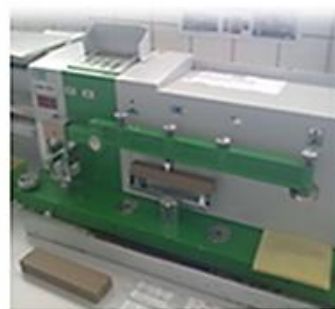
4.3.2. A hajlítószilárdság mérés

Méréseimet kétféle szilárdságvizsgáló berendezésen végeztem el, amiket az 18. ábrán szemléltetek.

Új vizsgálati módszer



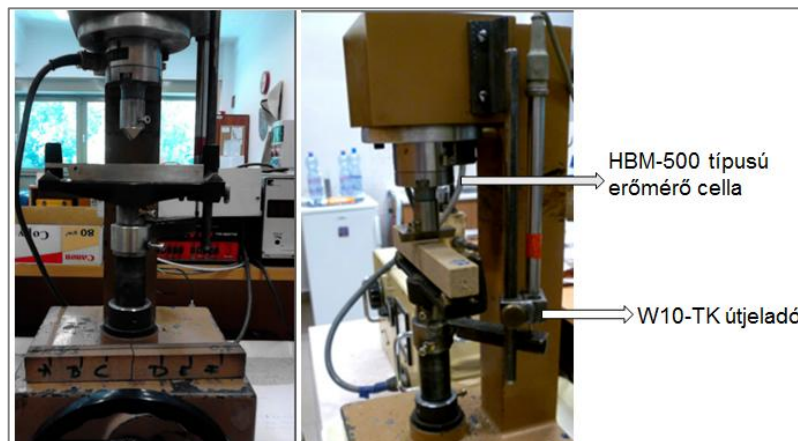
Hagyományos vizsgálati módszer



18. ábra: Hajlítószilárdság mérő berendezés

A hagyományos homok szilárdságvizsgáló berendezés, mérés során csak egy értéket, a tönkremenetelhez tartozó maximális hajlítószilárdság értéket adja meg, amit vagy vonszolt, vagy digitális kijelző mutat. A hagyományos szilárdságvizsgáló berendezések nem alkalmasak a magok terhelés közbeni alakváltozásának a vizsgálatára. Ahhoz, hogy

pontosabb képet kapjunk a magokban lezajló folyamatokról új vizsgálati módszer kidolgozására volt szükség. Vizsgálataim során olyan mérőberendezést használtam, amely alkalmas a terhelés és az alakváltozás együttes vizsgálatára. A 19. ábrán ez a felszerelt szilárdságvizsgáló berendezés látható. A mérőműszerre fel van szerelve egy erőmérő (HBM-500 típusú) és útjeladó (W10-TK).



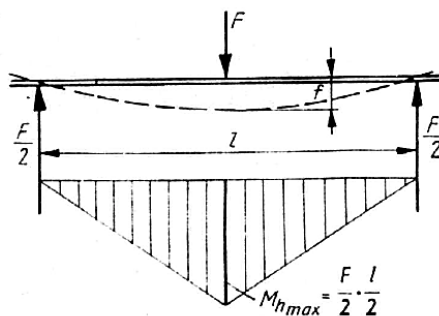
19. ábra Az új szilárdságvizsgáló berendezés

A két szilárdságvizsgáló berendezés összehasonlítása

A két szilárdságvizsgáló berendezés más szabvány alapján készült, ezért összehasonlító méréseket is végeztem. Hajlítószilárdság mérés során a felszerelt berendezés a behajlás függvényében méri az erőt. A tönkremenetelhez tartozó erőből és a pontos geometriai méretekből hajlítószilárdságot számoltam. A számolás menete a következő:

A hajlítószilárdságot megkapjuk, ha hajlítónyomaték legnagyobb értékét elosztjuk a keresztmetszeti tényezővel (W):

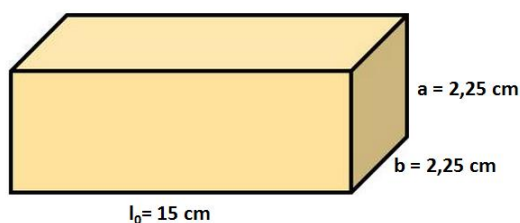
$$R_h = \frac{M_{hmax}}{W} = \frac{F * l_o}{4 * W}; \frac{N}{cm^2}$$



Téglalap esetén a keresztmetszeti tényező:

$$W = \frac{a * b^2}{6}$$

Szabványos próbatest méretei:



$$W = \frac{a * b^2}{6} = 1,9 \text{ cm}^3$$

Ezek alapján a hajlítószilárdság egyszerűen meghatározható.

$$R_h = \frac{F * l_0}{4 * W} = \frac{F * 15 \text{ cm}}{4 * 1,9 \text{ cm}^3}; \frac{N}{\text{cm}^2}$$

A kapott eredményeimet a 3. táblázatban ismertetem.

3. táblázat: Mértértékek

	Felszerelt hajlítószilárdság mérő		Hagyományos hajlítószilárdság mérő
Próbatestek sorszáma	Erő, N	Hajlítószilárdság, N/cm ²	
1	175	344,75	338,7
2	175	344,75	326,8
3	180	354,6	340,8
Átlag	176,7	348	335,43

A vizsgálati eredményeim azt igazolják, hogy a két szilárdságvizsgáló berendezés között nincs számottevő különbség. Itt fontosnak tartom megemlíteni, hogy a homokmagok nem homogén rendszerek, tehát a 20-30 N/cm²-es hajlítószilárdság eltérés még a tűréshatáron belül esik.

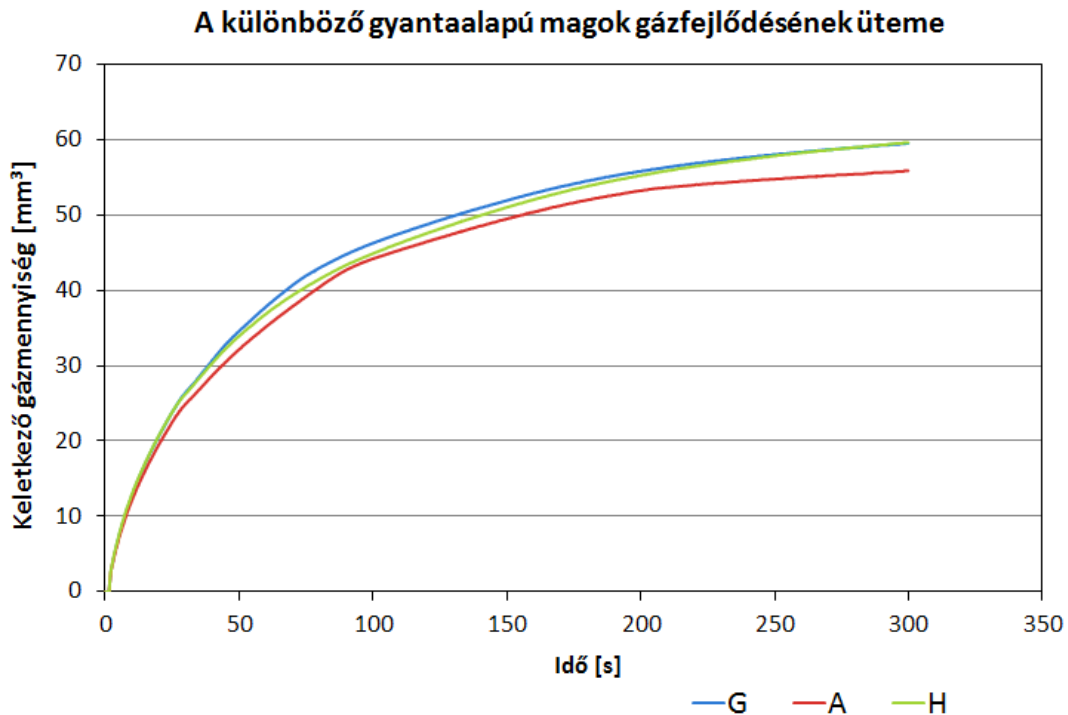
5. A kísérleti program és a vizsgálati eredmények bemutatása

Munkám során összehasonlító vizsgálatokat végeztem a különböző gyártótól származó fenol műgyantás kötőanyagrendszereken. A teljes megnevezésük üzemi titkot képez ezért, „A”, „H” és „G” betűvel jelöltem el őket. A gyantarendszerek térhálósodása időben elnyújtott, lassú folyamat. Az általam vizsgált cold-box- eljárás során a kikeményedés gyorsítására, amin- katalizátort használnak. Gyakorlati tapasztalatok és kutatóvizsgálatok alapján a magokat csak 90 perces pihentetési idő után érdemes felhasználni, az öntés közbeni kis deformáció és a maximális szilárdság elérése érdekében. A kötőanyag- rendszereket összehasonlítottam a különböző pihentetési időekkel, felszabaduló gáz- és a kicsapódott kondenzátum- mennyiségük, valamint a hajlítószilárdság eredményeik alapján.

Elsőként a COGAS mérőműszerrel történő kiértékelést mutatom be.

5.1. A COGAS- mérés kiértékelése

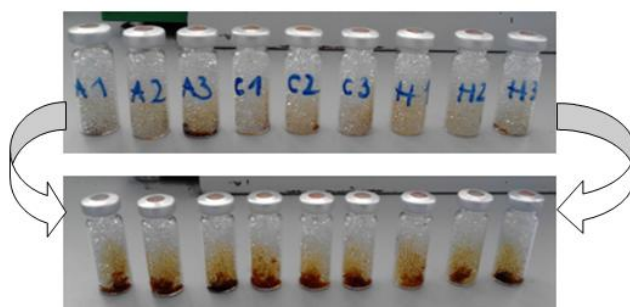
Ezen méréseimet csak a referencia próbatestek segítségével volt módom elvégezni. A mintákat a 720°C-os alumínium olvadékba merítettem, 300 másodpercig. A kapott eredmények átlagát egy közös diagramban ábrázolom, a 20. ábrán.



20. ábra: A keletkező gázmennyiségek

A diagramon jól látható, hogy számottevő különbség nincs a különböző kötőanyagrendszerek között, de legkisebb gáz kibocsátása az „A” betűvel jelölt kötőanyagrendszernek van. Továbbá az is megállapítható, hogy a gáz az első 100 másodpercben fejlődik a legintenzívebben. Törekedni kell a kis gáz kibocsátásra és a maggázok megfelelő elvezetésére, mert ezek hiánya növelheti a selejtes öntvények számát.

Kondenzátum csapdák (21. ábra) segítségével mértem a magokból kicsapódó kondenzátum mennyiségét.



21. ábra: Kondenzátum csapdák (előlről és hátulról)

A képződött fajlagos kondenzátum mennyisége kiszámítható a szimuláció előtti és utáni kondenzációs csapdák tömegéből. Adatokat a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat: A képződött fajlagos kondenzátum mennyisége

Megnevezés		Próba tömege (g)	Kondenzátum csapda tömege (g)		Fajlagos kondenzátum mennyiség (g/100g mag)	Átlag	Viszonyítás
			induló	végző			
„G”	1	35,05	28,94	29,1	0,4565	0,485	0%
	2	35,01	28,74	28,92	0,5141		
	3	35,1	29,3	29,47	0,4843		
„A”	1	35,12	28,83	28,97	0,3986	0,408	-7,7%
	2	35,14	29,07	29,21	0,3984		
	3	35,12	28,75	28,9	0,4271		
„H”	1	35,01	28,36	28,46	0,2856	0,295	-19%
	2	35,11	29,33	29,42	0,2563		
	3	34,94	29,61	29,73	0,3434		

A táblázatban megfigyelhető, hogy a „H” betűvel jelölt kötőanyag- rendszer bocsátotta ki a legkevesebb kondenzátumot. Ehhez képest az „A” közel 8%-kal kevesebbet, míg a „H” majdnem 10%-kal kevesebbet bocsátott ki. Kerülni kell a magas kondenzátum kibocsátó képességű kötőanyagok használatát, ugyanis az öntés során a kokillára kicsapódó kondenzátum problémákat okozhat a pontos magpozíció és a hatékony gázelvezetés tekintetében.

5.2. A hajlítószilárdság mérési eredményei

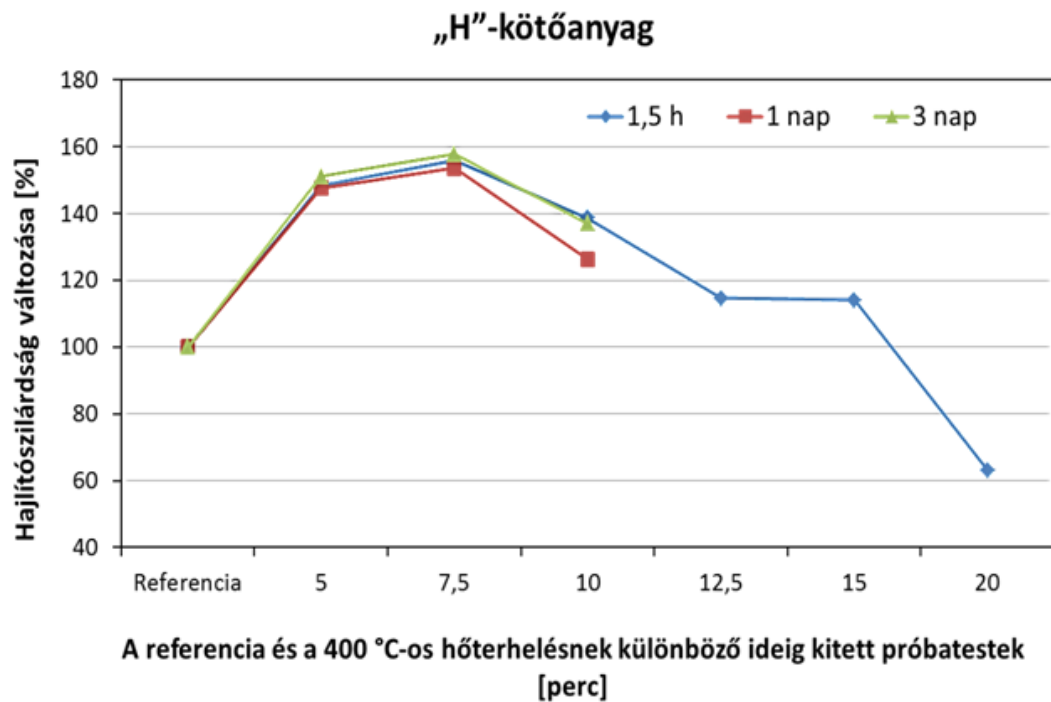
A mag inhomogén felépítésű kompozit anyag. Anyagi viselkedését tekintve izotróp, mivel a mechanikai viselkedését nem befolyásolja a terhelés iránya.

A különböző kötőanyagrendszerek szilárdsági tulajdonságainak összehasonlítása érdekében hajlítószilárdságot méréseket végeztem. A homokmagoknak nincs előírt alsó és felső szilárdsági határértéke. Az a mag jó, ami nem deformálódik öntés során és könnyedén üríthető. Hajlítószilárdságot mértem a referencia, elsőként 400°C-on, majd a kiegészítő méréseim során 450°C-on, különböző hőterhelési időknél kitett darabokon is. A hajlítószilárdság értékeit az 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat: A hajlítószilárdság értékek

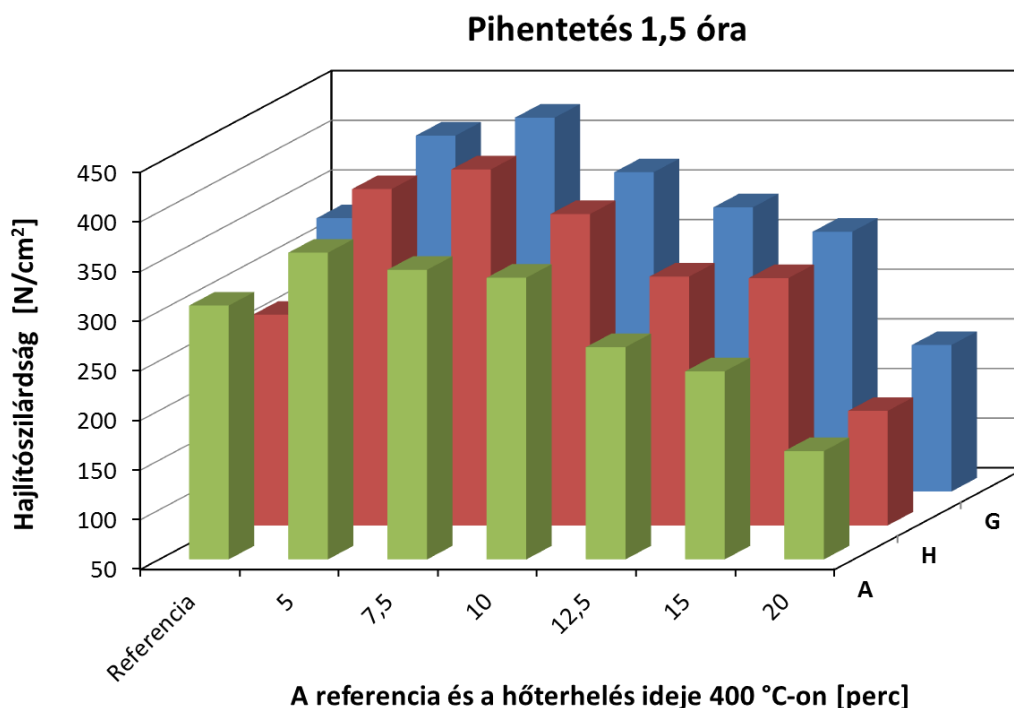
Hajlítószilárdság [N/cm ²]							
	Hőterhelés nélküli	Hőterhelések időtartalma [min] (400°C-on)					
	„G”						
	Referencia	5	7,5	10	12,5	15	20
1,5 h	325,33	408,47	426,6	371,63	336,27	311,67	197,53
1 nap	374,7	433,73	437,73	367,67			
3 nap	359,27	434,47	462,73	462,73			
	„H”						
1,5 h	262,27	388,84	408,6	363,67	300,7	299,2	165,37
1 nap	272,53	402,17	418,6	344,13			
3 nap	259,93	392,77	410,07	356,37			
	„A”						
1,5 h	305,67	358,93	341,73	333,73	263,8	239,4	159,09
1 nap							
3 nap	360,6	339,43	370,1	340,17			

A mérések azt igazolják, hogy a „G” betűvel jelzett kötőanyagrendszernek legnagyobb a hajlítószilárdsága. A felhasználhatóságot pihentetési idővel vizsgáltam. A közérthetőség érdekében a különböző pihentetési idők hatásait csak egy kötőanyagrendszeren mutatom be. 22. ábra.



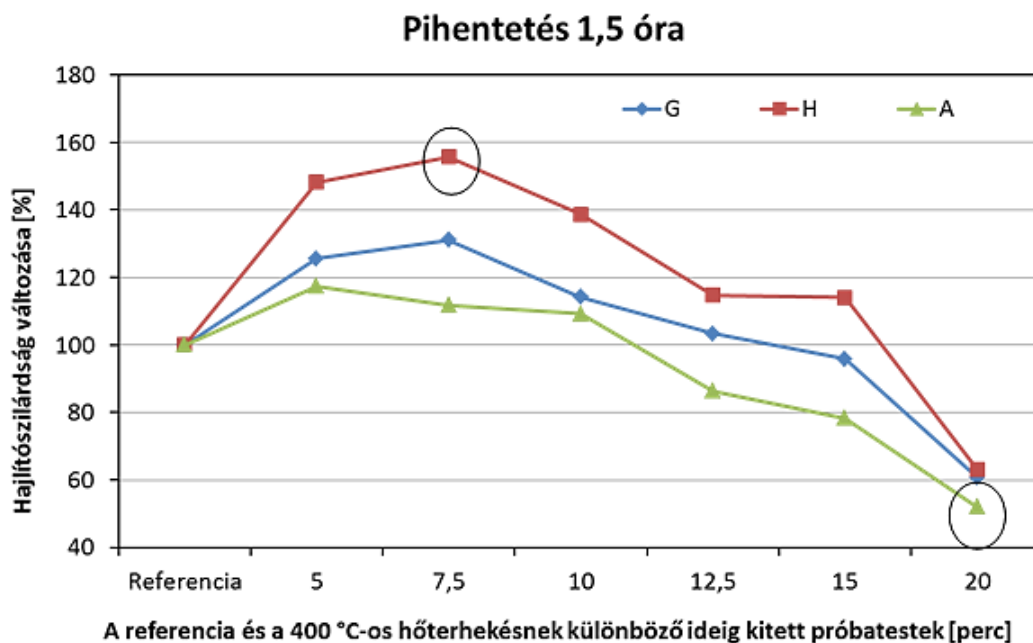
22. ábra: A különböző pihentetési idők összehasonlítása

Ezen a diagramon látható, hogy nincs jelentős eltérés a különböző pihentetési idők között. Tehát megállapítható, hogy a műgyantás magok 1,5 óra múlva majdnem teljes egészében kitérhálósodnak. A különböző kötőanyag- rendszerek összehasonlítását csak a 1,5 órás pihentetési idővel mutatom be, 23. ábra.



23. ábra: a 1,5 órás pihentetési időhöz tartozó hajlítószilárdsági értékek

A hajlítószilárdság eredmények nem mutatnak számottevő eltéréseket a különböző kötőanyagrendszerek között. A 400°C-os hőterhelés során az is megfigyelhető, hogy a referencia próbatestek hajlítószilárdsága kisebb, mint a rövid hőterhelési időnek kitetté. Ezek alapján megállapítható, hogy a hajlítószilárdság maximumos görbe szerint változik. Az utókeményedés után minél több ideig van hőterhelésnek kitéve a homokmag, annál jobban lecsökken a szilárdsága. Ez azt igazolja, hogy szobahőmérsékleten még nem ment végbe minden kötést erősítő kémiai reakció. Az 24. ábrán bemutatom a különböző kötőanyag rendszerekhez tartozó, referenciához viszonyított, hajlítószilárdság százalékos változását.



24. ábra: a különböző kötőanyag rendszerekhez tartozó hajlítószilárdság százalékos változása

A diagramon látható, hogy öntés során legnagyobb utókeményedése a „H” betűvel jelzett kötőanyag rendszernek van. Üríthetőség szempontjából a legkisebb visszamaradó szilárdság a kedvező, ami az „A” kötőanyag- rendszernek van. A különböző kötőanyagrendszerek tulajdonságait a 6. táblázatban foglalom össze.

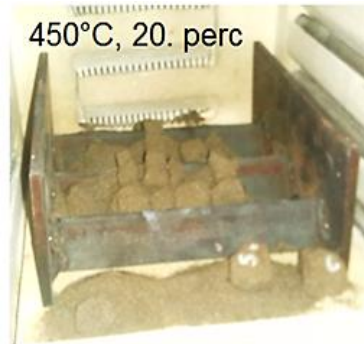
6. táblázat: A különböző kötőanyagrendszerek vizsgálati eredményei

Kötőanyag	Szilárdság	Kondenzátum	Gáz kibocsátás	Utókeményedés	Visszamaradó szilárdság
„G”	legnagyobb	legtöbb			
„A”			legkisebb		legkisebb
„H”		legkisebb		legnagyobb	

A táblázatban pirossal jelzett magas kötőanyag tartalom sem tér el nagymértékben a többitől.

Mivel jelentős eltérést nem tapasztaltam a különböző kötőanyag rendszerek között, ezért kísérleteimet csak az „A” betűvel jelzett műgyantás kötőanyag- rendszeren folytattam. További méréseim során az üríthetőség szempontjából csak a kritikusabb körülményeket vizsgáltam (cold-box eljárás, magasabb kötőanyag-tartalom: 0,65%). Kísérleteimet kiegészítettem magasabb a hőterhelési hőmérséklettel (450°C-os), csökkentettem a hőterhelési idő intervallumokat és növeltem a hőterhelés idejét, ugyanis

a 20 perces, 400°C-os hőterhelés során még nem csökkent le megfelelő mértékben a magok szilárdsága. A 450°C-os hőterhelés esetében csak 15 percig tudtam kivitelezni a méréseket, ugyanis a 20. percben már olyan mértékben kiégett a kötőanyag, hogy a próbatestek már a kemencében összetörték (25. ábra).

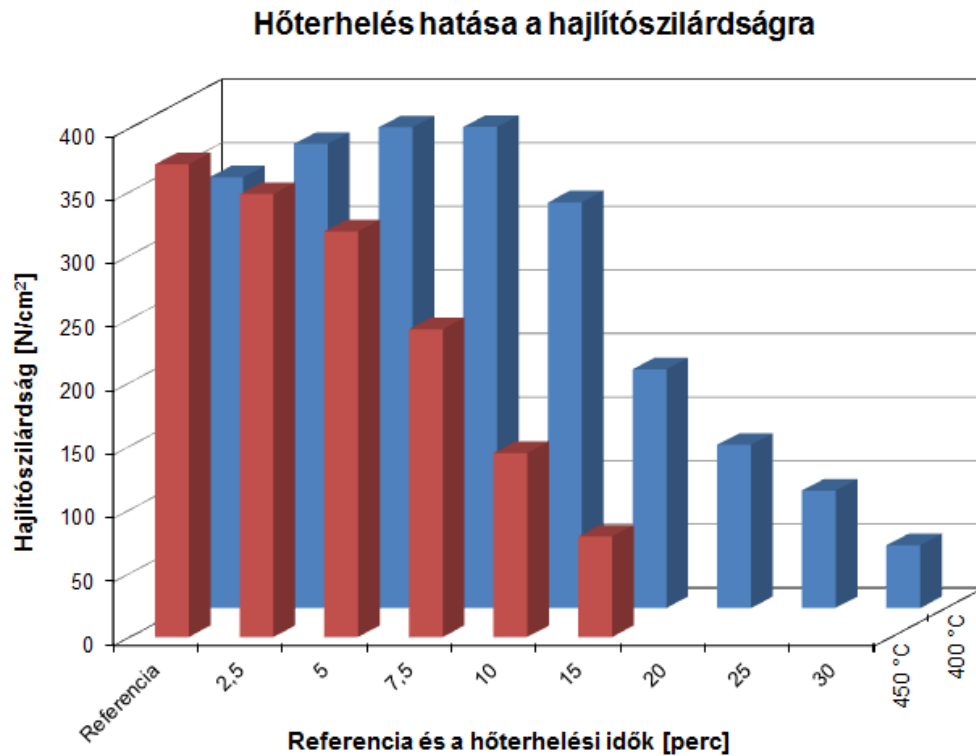


25. ábra: A kemencében szétporladt próbatest

A továbbiakban a 400 és a 450°C-os hőterhelés hatását hasonlítom össze a „felszerelt” szilárdságvizsgáló berendezés mérési eredményei alapján.

A „felszerelt” szilárdságvizsgáló berendezés mérési eredményei

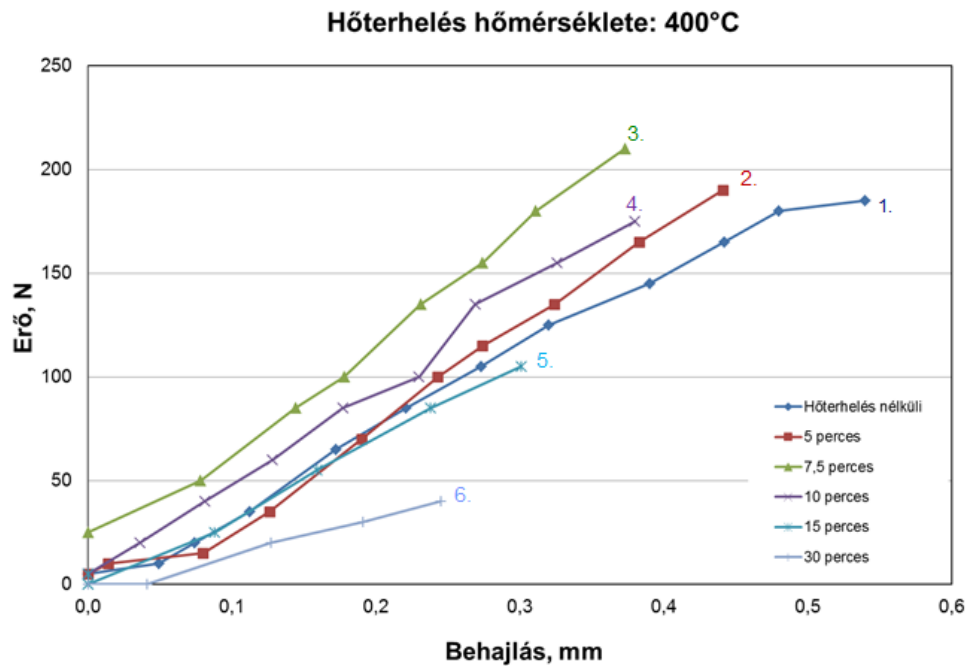
Elsőként a 400 és 450°C-os hőterhelések hatásának hajlítószilárdság eredményeit mutatom be a 26. ábrán.



26. ábra: Hajlítószilárdság változása a referencia és a hőterhelés függvényében

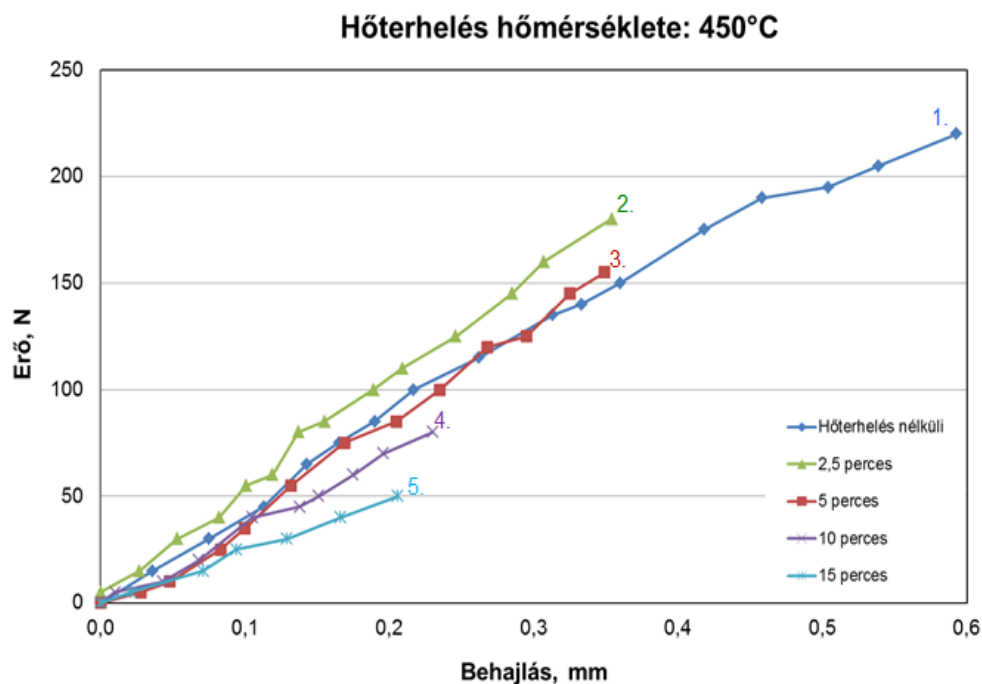
A diagramon megfigyelhető, hogy a 400°C-os hőterhelés esetében van utókeményedés, míg a 450°C-os hőterhelés esetében már nincs.

A hőterhelt próbatestek erő-behajlás függvényében mért hajlítószilárdság változásának vizsgálata jól jellemzi az üríthetőséget. Az erő-behajlás függvények a 27. és a 28. ábrán láthatóak.



27. ábra: 400°C-os hőterhelés hatása

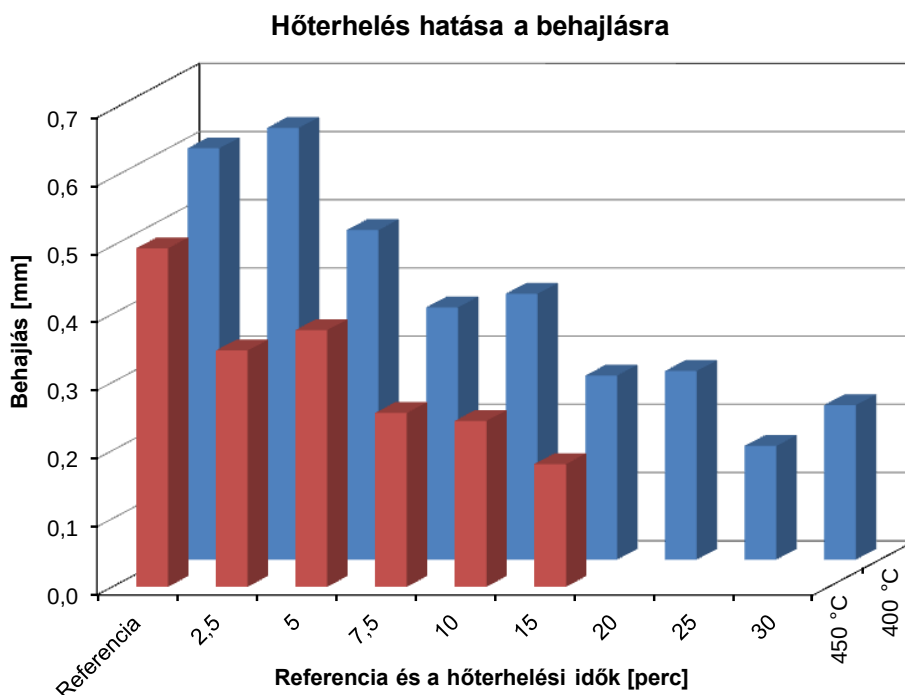
A meredekebb görbe ridegségre utal, ugyanis nagy erőhatáshoz kis behajlás tartozik. Míg a kis iránytangensű görbéknél plasztikus viselkedés figyelhető meg, vagyis kis erőhatáshoz nagy behajlás tartozik. Úrithetőség szempontból a plasztikus viselkedés kedvező, mivel ebben az esetben jobban morzsolódik a mag, tehát könnyebben eltávolítható



28. ábra: 450°C-os hőterhelés hatása

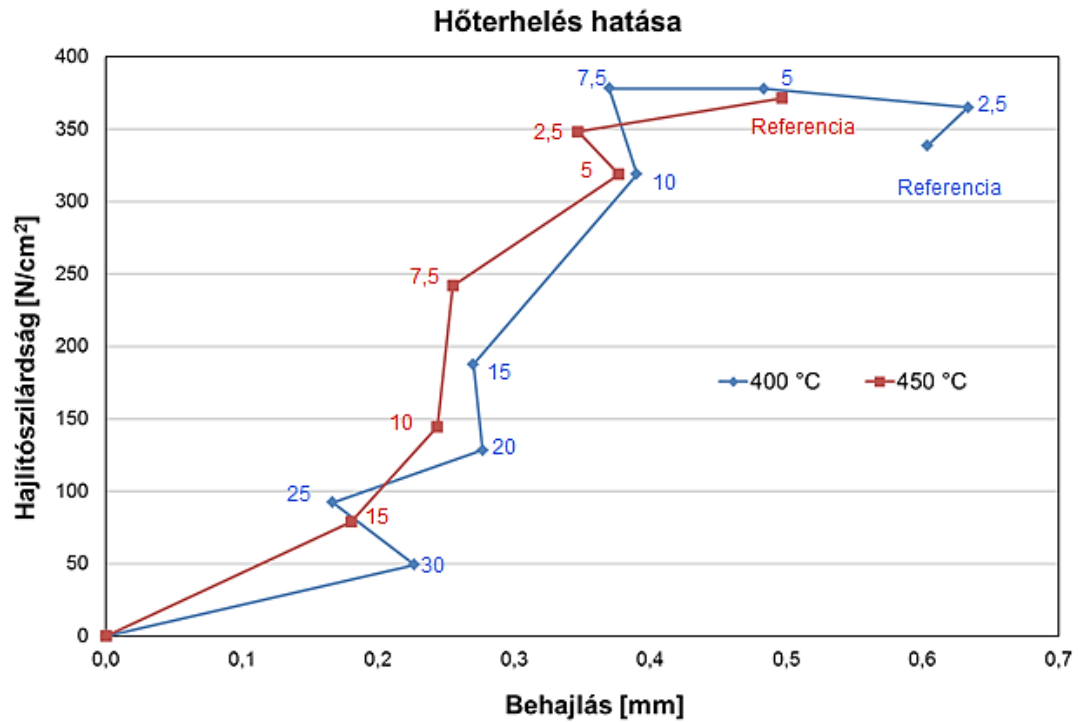
A 450°C-os hőterhelés esetében a referencia próbatestnek van a legnagyobb erőhöz tartozó tönkremenetele tehát a kis ideig tartó hőterhelés is szilárdság csökkenéssel jár. A két diagramon az is megfigyelhető, hogy minél tovább vannak hőterhelésnek kitéve a darabok, annál könnyebben tönkremennek.

A 29. ábrán a behajláshoz tartozó értékeket szemléltetem.



29. ábra: Behajlás változása a referencia és a hőterhelés függvényében

Az ábrán látható, hogy behajlás értékeknél egyfajta tendencia figyelhető meg, de messzemenő következtetéseket ezek alapján nem lehet levonni. A könnyebb szemrevételezés érdekében a tönkremenetelhez tartozó, hajlítószilárdság-behajlás értékeket ábrázolom a 30. ábrán.

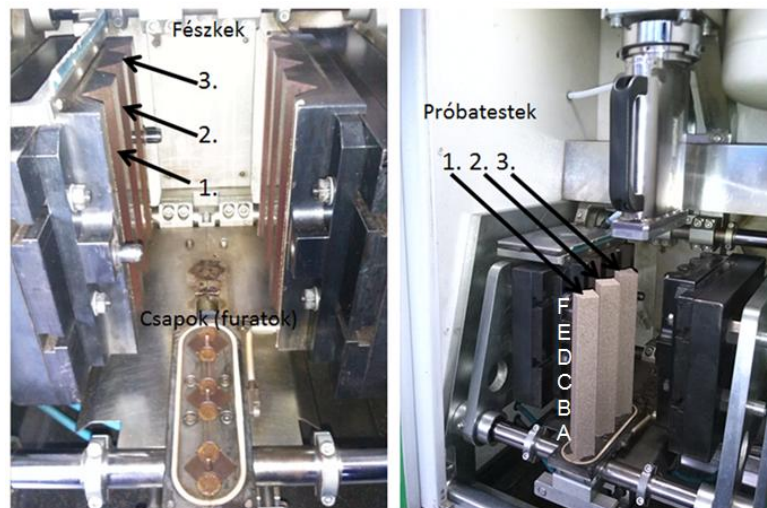


30. ábra: A tönkremenetelhez tartozó hajlítószilárdság- behajlás értékek

Vegyünk egy hajlítószilárdság értékhez tartozó példát, a 30. ábráról. A 150 N/cm^2 hajlítószilárdság értéket 450°C -on 10 perces hőterhelés után érjük el, míg a 400°C -os hőterhelés során ezt az értéket majdnem kétszer annyi idő alatt (~19 perc).

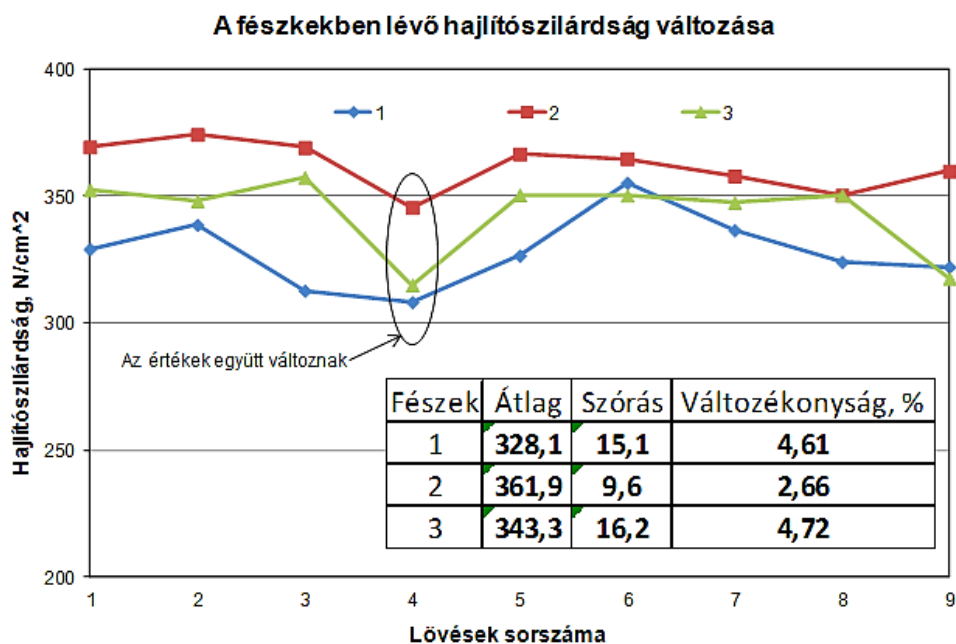
6. Különböző fészekben elhelyezkedő próbatestek összehasonlítása

A mérnöki gyakorlatban egy mérésből nem lehet messzire menő következtetéseket levonni, ezért minimum három mérési eredményből számítanak átlagot. Így történik ez egy átlagos üzemi hajlítószilárdság mérés során is, ugyanis hajlítószilárdság alatt egy lövésből származó három próbatestek átlagát értik. A 32. ábrán a próbatestlövőgép egy részlete látható. A próbatest lövőgép szerszámüregében három fészek található, tehát egy lövés során három próbatestet „gyártanak”. A jobb szélső képen a próbatestek elnevezéseit mutatom be. Fontosnak tartom ezen a képen előre szemléltetni, a próbatestek hossz tengelyük mentén történő elnevezéseket is.



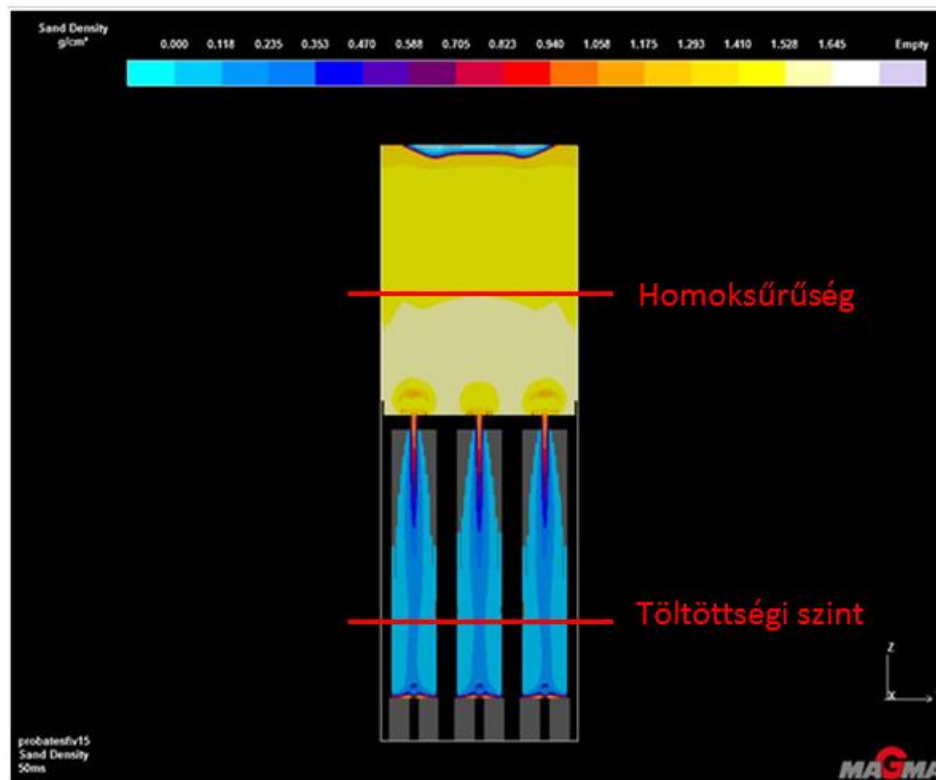
32. ábra: A próbatestlövőgép részlete és fészek sorszámozása

A három fészekből származó próbatesteken összehasonlító hajlítószilárdság méréseket végeztem, mivel a szerszámban elfoglalt pozíciónak is hatása lehet a magok szilárdságára. Eredményeimet a 33. ábrán mutatom be.



33. ábra: A fészek pozíció hatása a hajlítószilárdságra

Az alábbi diagramon csak egy lövésből származó hajlítószilárdság mérési eredmények együttes változását kívánom szemléltetni, ugyanis a kézi adagolás is befolyásolhatja a próbatestek tömörségét. A három lövészi pozíció hatásának az összehasonlítása érdekében kilenc lövésből számoltam átlagot, szórást és változékonyságot. Szórás megmutatja, hogy az értékek mennyivel térnek el átlagosan az átlagtól. A változékonyság (relatív szórás) megmutatja, hogy az értékek átlagosan hány százalékkal térnek el az átlagtól. Mérési eredményeim alapján levonható az a következtetés, hogy a középső próbatestnek legnagyobb az átlagos hajlítószilárdság értéke, ezt követi a hátsó (3. fészekben elhelyezkedő), majd az első próbatesté (1. fészekben elhelyezkedő). Tehát megállapítható, hogy a lövések pozíciójának befolyásoló hatása van a hajlítószilárdság eredményekre, ami 3-5 % is lehet. Az eltérő hajlítószilárdság értékek a próbatestlövőgép sajátosságából származhat, ennek a vizsgálatára Magma szimulációt készítettünk, ami a 34. ábrán látható.



A szimulációt készítette: Hanczvikli Péter

34. ábra: A három próbatest lövésének MAGMA- szimulációja

A szimuláció pillanatképen látható, hogy a középső magfészek töltöttségi szintje megelőzi a szélső fészkekét, továbbá a középső lövőnyílás felett a legnagyobb a homoksűrűség. Ezek az eredmények és az, hogy a próbatestek tömegmérése során is rendre a középső próbatest volt a legnehezebb, arra utalnak, hogy a középső próbatestet lövi legtömörebbre a gép, amiből egyenesen következnek az ezeknél mérhető magasabb hajlítószilárdsági értékek.

7. A felszerelt szilárdságvizsgáló berendezés

7.1. A felszerelt szilárdságvizsgáló berendezés mérési lehetőségei

Az útjeladóval és erőmérő cellával felszerelt szilárdságvizsgáló berendezés kétféle vizsgálatra alkalmas, hárompontos hajlítószilárdság mérésre és éknyomó- vizsgálatra. A két módszer közötti különbséget a 35. ábrán szemléltetem. Az éknyomó- vizsgálat során az ékbenyomódása okozza a tönkremenetelt.

Hajlítószilárdság mérés



Éknyomó- vizsgálat



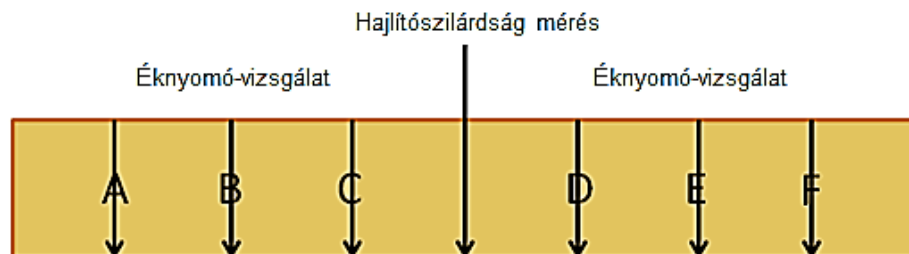
35. ábra:

A) hárompontos hajlítószilárdság mérés (a próbatest végeinek alátámasztásával)

B) éknyomó- vizsgálat (teljes felületen történő alátámasztással)

Az éknyomó- vizsgálat lehetővé teszi a kötési erő változásának feltérképezését a próbatest hossz tengelye mentén. A próbatest középső részénél hajlítószilárdságot mértem, majd éknyomó vizsgálatot először negyedeltem, majd nyolcadoltam próbatesteket, a 36. ábra szerint. Az „A”- pont esik legközelebb a fészek aljához, az 32. ábra szerint.

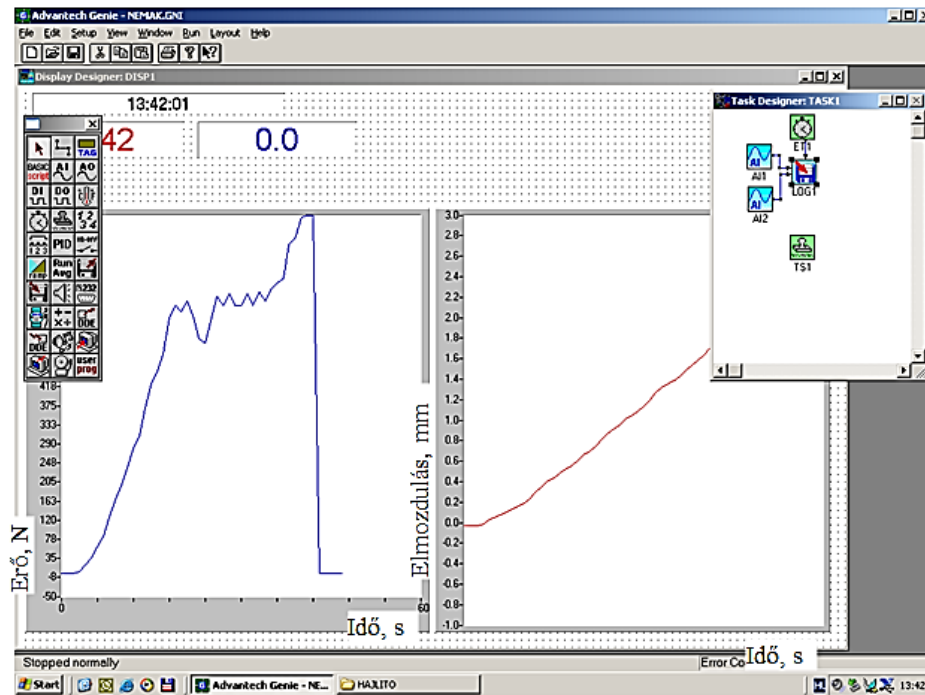
Próbatest



36. ábra: A próbatest hossz tengelye mentén elvégzett vizsgálatok

7.2. Az éknyomó- vizsgálat bemutatása

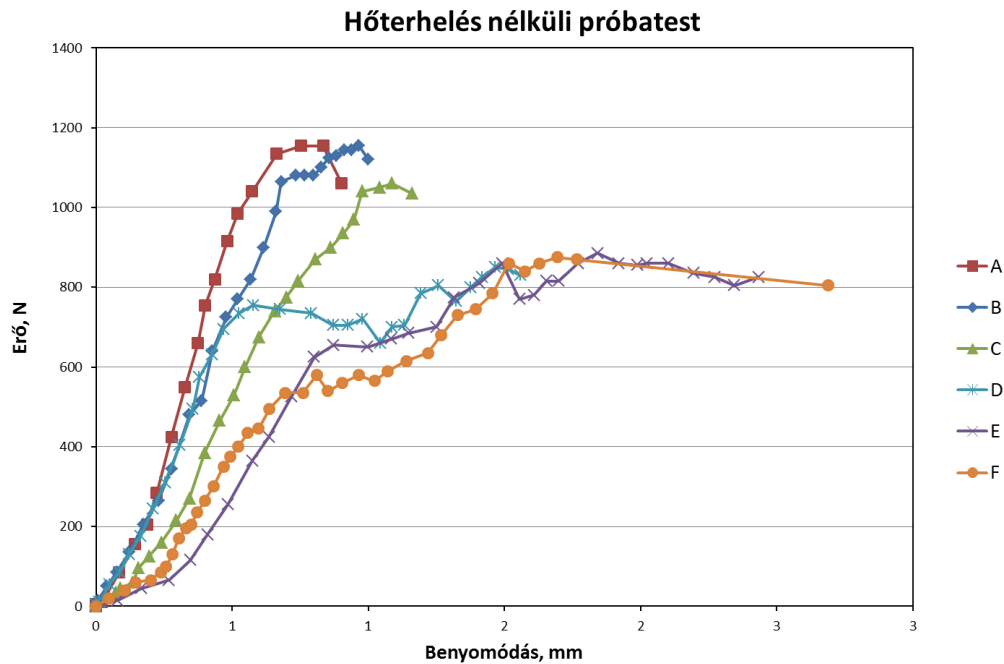
Az éknyomó- vizsgálat adatgyűjtéséhez az Advantech- Genie programot használtam. Az 37. ábra a program által készített egy ponthoz tartozó erő- idő és elmozdulás- idő diagramot mutat be.



37. ábra: Advantech Genie- program által készített diagram a mérés során

Az erő- idő diagramon a lokális maximumok és minimumok a kötőhidak felszakadozását jelentik a terhelőerő hatására. Éknyomó- vizsgálatokat végeztem a referencia és a 400°C-on hőterhelt próbatesteken is. Elsőként egy referencia próbatest különböző pontjaiban mért ékpróba eredményeit mutatom be az 38. ábrán.

7.2.1. A referencia próbatest éknyomó vizsgálata

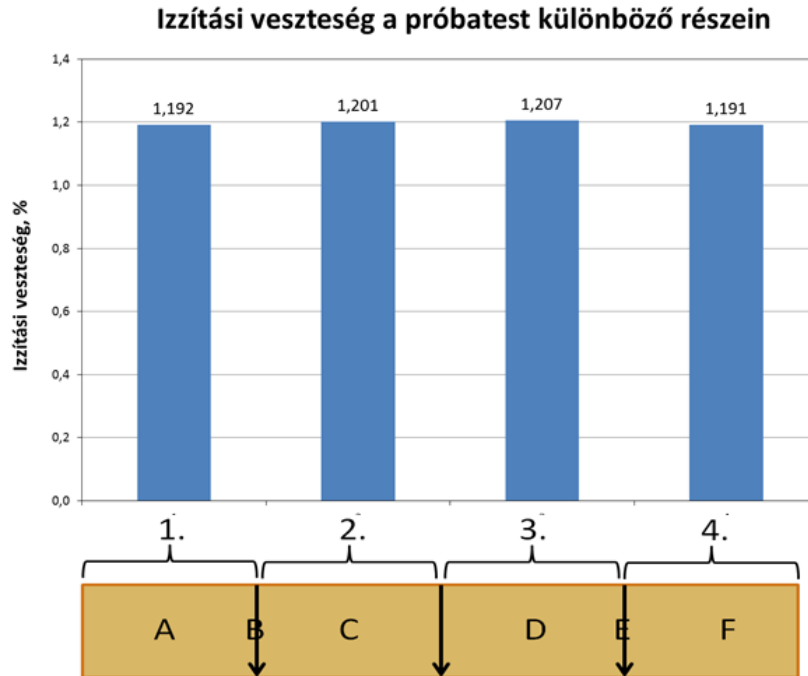


38. ábra: Egy hőterhelés nélküli próbatest hossz tengelye mentén mért éknyomó-eredményei

Az ábrán látható, hogy a fészek aljában nagy erőhatására kis benyomódás mellett ment tönkre a próbatest, tehát ez a rész ridegebb. A próbatest tetején, a lövőnyíláshoz közelebb, kis erő hatására, nagyobb benyomódás mellett morzsolódott szét a darab, ami plasztikus viselkedésre utal. A próbatesten belüli eltérések vizsgálatára izzítási veszteséget mértem és a próbatestlövésről szimulációt készítettünk.

A próbatest negyedelt részeinek izzítási veszteség mérése

Az izzítási veszteségméréshez negyedeltem a próbatesteket a 39. ábra szerint.



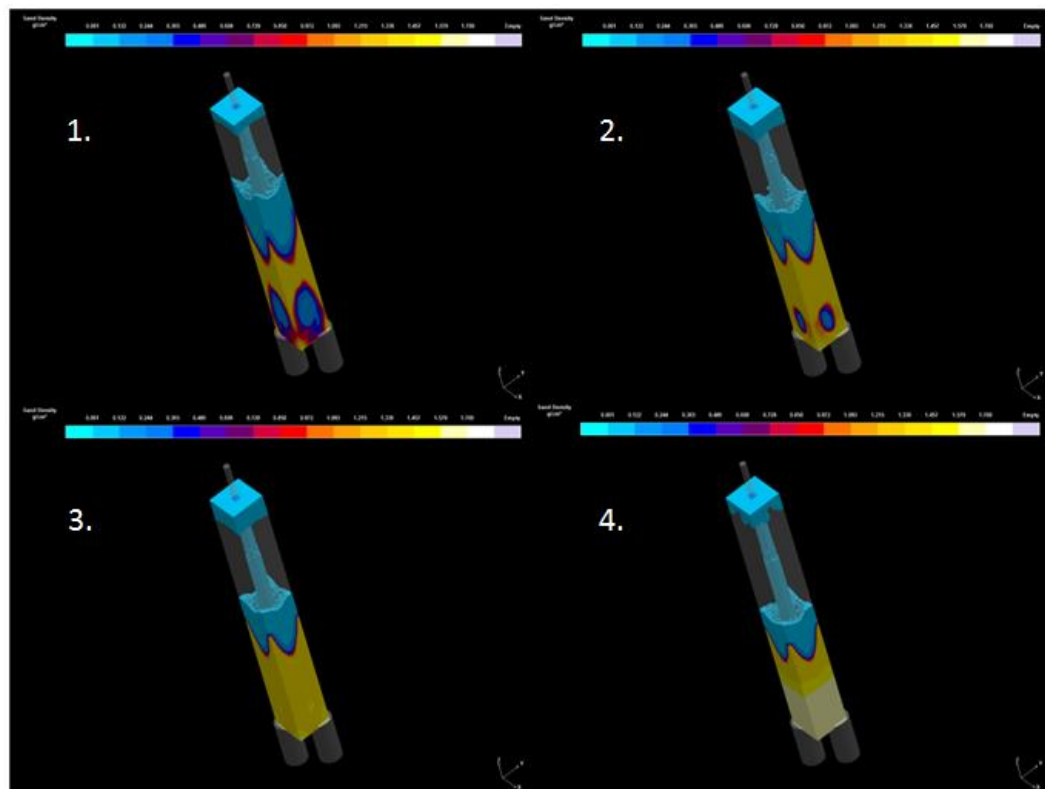
39. ábra: Izzítási veszteség mérés eredményei a negyedelt darabokon

A diagramon is jól látható, hogy a próbatest részeinek 1,2 % körül van az izzítási vesztesége. Megállapítható, hogy próbatest hossz tengelye mentén azonos a szervesanyag tartalom, tehát nem ez okozza az eltérést.

A próbatest lövés szimulációja

A mag minőségét a maghomok keverékek tulajdonságaink kívül nagymértékben meghatározza, hogy a tömörsége, szerkezete mennyire egyenletes. A magfúvó- és lövőgépeken készített magok tömörödése elsősorban a homok- levegő áram mozgási energiájának, másodsorban a levegőnek a mag homokrétegeiben végbemenő filtrációjának következtében megy végbe. A magszekrény töltése után a levegő áthaladása folytatódik a homokkeverék pórusain keresztül a befúvónyílástól a kilevegőzések irányába. Így a légnyomástól, a porozitástól és a rétegvastagságtól függő nyomásgradiens keletkezik, ami további tömörítő hatást fejt ki. Ezeknek az energiáknak a hatékonysága függ a mag alakjától és a kilevegőzési rendszerétől is.

A 40. ábrán egy próbatest lövésének szimulációs pillanatképei láthatóak. Szimuláció elkészítéséhez a próbatestlövőgép paramétereit alkalmaztuk: lövési nyomás: 5,6 bar, rendszer nyomás: 6 bar, lövési idő: 3 s, beadagolt amin mennyiség: 0,8 ml, adagolás sebessége: 8ml/min, lövés utáni légtelenítés: 6s, gáztalanítási idő: 6s, gázosítás utáni légtelenítés: 10 s.

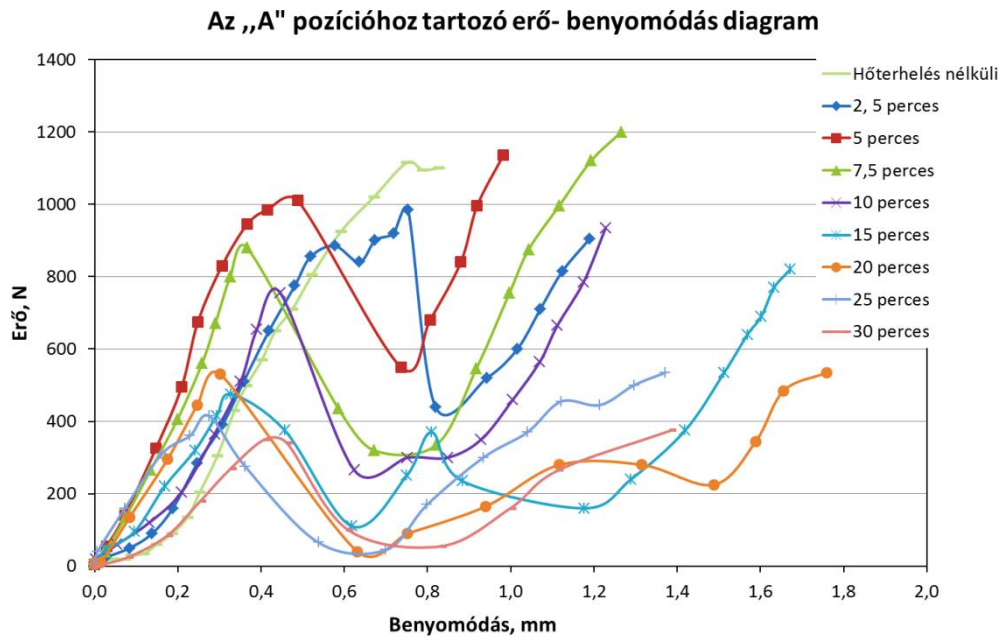


40. ábra: A próbatest lövés pillanatképei

A szimulációból kiemelt pillanatképeken megfigyelhető ez a tömörítő hatás, ami 1. és a 3. pillanatkép töltöttségi szintkülönbségén mutatkozik meg. A próbatestek alján lévő ridegebb viseékedést feltehetően a maglövőgép sajátossága okozhatja.

7.2.2. A 400°C-on hőterhelt próbatest éknyomó vizsgálata

Következőekben a 400°C-os hőterhelésű próbatestek éknyomó- vizsgálat eredményeimet ismertetem. A könnyebb szemrevételezés érdekében csak egy pozícióhoz („A”) tartozó , különböző hőterhelések hatását mutatom be, az erő-behajlás függvényében, 41. ábra.



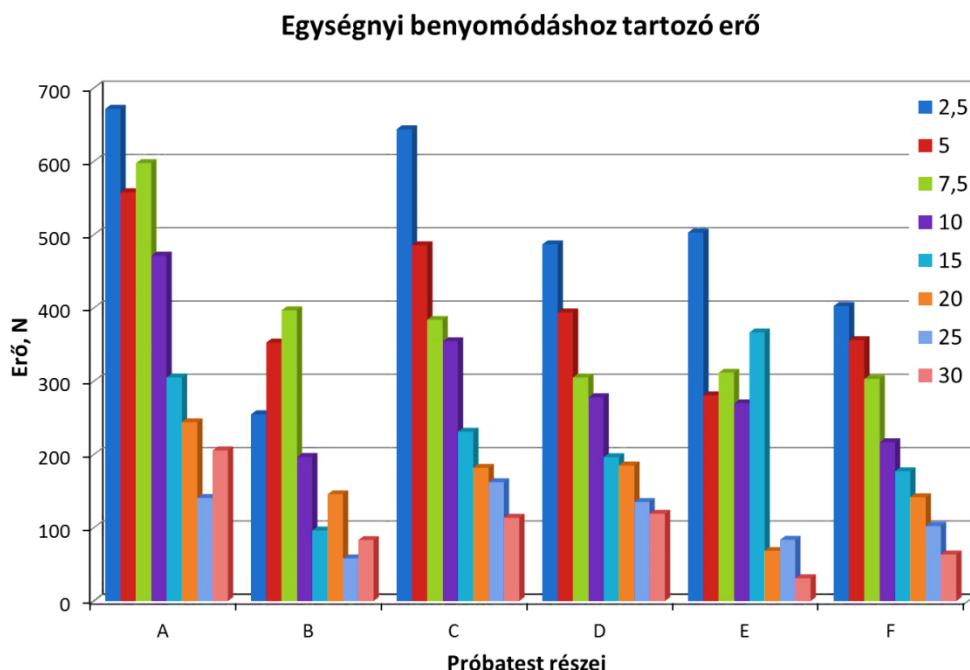
41. ábra: Egy pozícióhoz tartozó különböző hőterhelési idők és a referencia éknyomó- eredményei

A diagramon a szinuszos hullámhoz hasonló jelenség figyelhető meg, ami a kötések felszakadozásához és a keresztmetszetben egyenetlenül kiégett kötőanyag- tartalomhoz köthető. A nagyobb hőterhelési időhöz tartozó görbék laposabban és lengésük csillapítottabb, mint a rövid hőterhelési időnek kitettek.

7.2.3. Különböző hőterhelések hatása a próbatest hossz tengelye mentén

Továbbiakban az egységnyi benyomódáshoz tartozó erő meghatározását ismertetem. Az erő- elmozdulás (benyomódás) görbék leintegrálásával megkaptam a próbatest tönkremeneteléhez szükséges befektetett munkát, Nmm mértékegységben. A nagy szórás miatt normálást hajtottam végre, ami egyszerűen kifejezve azt jelenti, hogy a munkát elosztottam az adott vizsgálat során mért maximális elmozdulással (mm). Normálás után erőt kaptam, hiszen a mértékegységekből következik, hogy

$N_{mm}/mm=N$. A 42. ábrán az egységnyi benyomódáshoz tartozó erőt mutatom be a próbatest hossz tengelye mentén.



42. ábra: Különböző hőterhelések hatására a próbatest hossz tengelye mentén

A diagramokon jól látható, hogy minél több ideig vannak hőterhelésnek kitéve a próbatestek, annál jobban lecsökken a kötési erő nagysága. Továbbá az is megfigyelhető, hogy a B- pozícióhoz tartozó értékek kisebbek a mellette lévőeknél. Az eltérés a próbatestlövés sajátosságához, valószínűleg az utótömörödéshez vezethető vissza. Következtetésképpen megállapítható, hogy a lövési pozíciónak és úthossznak nem elhanyagolható a szerepe a magok szilárdságában.

A továbbiakban ki szeretném terjeszteni a kutatásomat a fenti vizsgálatokhoz hasonlókkal, ugyanis az egységnyi benyomódások változása, a hőterhelési idő és a mérési pozíció függvényében, jellemző lehet egy adott kötőanyagrendszerre.

8. Összefoglalás/ Konklúzió

Megállapítottam, hogy a három különböző gyártótól származó fenol műgyantás kötőanyag- rendszerek között nincs számottevő eltérés. Kis eltérések azonban lehetnek, ezért a kötőanyagrendszerek kiválasztását mindig az adott technológiához kell igazítanunk mérlegelve az előnyös és hátrányos tulajdonságokat. Kis eltérések a következők:

- „G”- kötőanyagnak: legnagyobb a szilárdság és legtöbb kibocsátott kondenzátum mennyisége;
- „A”- kötőanyagnak: legkisebb visszamaradó szilárdsága és legkevesebb a gáz kibocsátása;
- „H”- kötőanyagra: a legkisebb kondenzátum kibocsátás és a legnagyobb utókeményedés jellemző.

Ürithetőség szempontjából a kevés kötőanyag tartalom a kedvező.

Az ürithetőséget laboratóriumi körülmények legegyszerűbben, a hőterhelt próbatestek szilárdságmérésével lehet modellezni. A hőterhelési vizsgálataim alapján megállapítottam, hogy a 400°C-os hőterhelésnél van utókeményedés, míg a 450°C-osnál nincs.

A fészek pozíciónak hatása van a próbatestek szilárdságára, aminek mértéke 3-5 % is lehet. A közepén elhelyezkedő próbatestnek van a legnagyobb szilárdsága, ami a maglövőgép sajátosságából ered.

Az útjeladóval és erőmérő cellával felszerelt szilárdságvizsgáló berendezéssel a magok terhelés közbeni alakváltozását is vizsgálni tudtam. Az éknyomó vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy a próbatestek hossz tengelye mentén változik a kötés erőssége. Az „A” pontban rideg, míg az „F” mérési pontban plasztikus viselkedésre utal. A szimulációs kiértékelés egyfajta utótömörödést mutatott ki. Feltehetően ez okozhatja a próbatesten belüli eltéréseket. Ürithetőség szempontjából a plasztikus viselkedés kedvező, hiszen ebben az esetben morzsolódik jobban a mag.

Következtetésképpen megállapítható, hogy a lövési pozíciónak és úthossznak nem elhanyagolható a szerepe a magok szilárdságában.

9. Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Tóth Levente: Forma- és magkészítési ismeretek, oktatási segédlet, 2011. Miskolc
- [2] Bakó Károly, Sándor József, Szabó Zsolt, Szijj Zoltán: Öntvények Gyártástechnológiája (1986) Bp. Műszaki k.
- [3] Dr. Bakó Károly: Hidegenkötő műgyantás formázás előadás anyaga
- [4] FENOTEC- EstergehärtetealkalischePhenolharzbinder
- [5] Berecz Endre: Kémia műszakiaknak, Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp. 1998.
- [6] Bakó Károly: Öntödei formázóanyagok, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1976
- [7] Dipl.-Ing. Gerhard Schindelbacher, Dipl.- Ing. Hubert Kerber: Umfassende Charakterisierung von Formstoffen mit einer neuen Prüfmethode, Giesserei, Rundschau, 2013 Heft 3/4, S. 58-66. <http://www.voeg.at/web/archiv.html>
- [8] Dr. Vörös Árpád, Pintér András: Öntvénytisztítás és – kikészítés, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1990.
- [9] Dr. Tóth Levente: Öntödei gépek és berendezések, Kézirat, Tankönyvkiadó, Budapest, 1989.
- [10] Impianti Macchine Fonderia: Shake-out and pre-reclamation plats, Brno, 2014. (szórólap)
- [11] Dr. Tóth Levente, Détári Anikó: Maghomok-keverékek deformációs tulajdonságainak vizsgálata, 2009. Miskolc
- [12] Svidró József Tamás, Ph.D. értekezés: Transzportfolyamatok a fém/formázóanyag határfelületen, 2011. Miskolc