

TDK DOLGOZAT

Héjleválás vizsgálat a precíziós öntészetben

Győri Imre

Konzulens:

Dr. Hári László főiskolai tanár

Papp Sándor műszaki igazgató

Műszaki Intézet/Anyagmérnöki Tanszék

DUNAÚJVÁROSI FŐISKOLA

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRE

DUNAÚJVÁROS

2011. November

DUNAÚJVÁROSI FŐISKOLA

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Adatlap

Dolgozat címe
Héjleválás vizsgálat a precíziós öntészetben

Szerző neve	Neptun kód	Email cím	Aktív félévek száma	Képzés típusa
Győri Imre	YLCWCF	i.gyimre@gmail.com	5.	Anyag-mérnök BSc

Konzulens neve	Beosztása	Email cím	Tanszék
Dr. Hári László	főisk. tanár	hari@mail.duf.hu	Anyagtud. Tsz.
Papp Sándor	műszaki ig.	s.papp@magyarmet.hu	MAGYARMET Bt.

A dolgozat rövid tartalma
A viaszkiolvasztásos öntőnek javítania és továbbfejlesztenie kell a technológiai folyamatot a gyártási költségek csökkentése érdekében és a kiélezett verseny miatt. A MAGYARMET Finomöntőde Bt. 2011 nyarán feladataul tűzte ki, hogy rendszerében csökkentse a héjképzési folyamatban fellépő selejtarányt, meghatározza a porzás és a leválások okát. Célszerűnek tartotta a vállalat egy új beszállító alapanyagát kipróbálni a tűzálló mázrétegekhez. Azonban a termék felhasználása nem mutatott meggyőző javulást a selejtek csökkentése terén, sőt újabb problémák vetődtek fel. Mindezek összessége adott okot arra, hogy a cég elindítson egy hosszabb ideig tartó kísérlet sorozatot –mind empirikus úton mind pedig tudományos módszerekkel- a hiba kiváltásának felfedezésére. Felvetődött az a lehetőség is, hogy magában a technológiában kell keresni a gondot. A kiértékelések során vizsgáltam a mázak sűrűségét, kifolyási értékét, SiO₂ tartalmát. A héjak kiolvasztásának a menetét is végigkísértem, számítógépes programmal kiértékeltem a kapott adatokat. Ezt követően megfigyelhető volt, hogy a kiolvasztott héjakból mennyi volt repedt, kiégetés után mennyire porzott, volt-e primer leválás, és megmértem a különböző mázból készült bokrok tömegét. Megállapításaim szerint a két mázképző anyag minősége megfelelőnek bizonyult, minden jel arra utalt, hogy technológiában kellett tovább keresni a hibát. Erre utalnak azok az üzemi jelenségek is, melyekkel a tárolási és héjképzési folyamat felülvizsgálata során találkoztam. Az alapanyag tárolására illetve a technológiai fegyelem betartására vonatkozó javaslataim figyelembe vételével a megismételt kísérletek a selejtszázalék lényeges csökkenését eredményezték.

Tartalomjegyzék

➤ 1.Bevezetés	4
➤ 2.A probléma felvetődése.....	5
➤ 3.Kísérlet célja és leírása	6
➤ 4.Kísérlet(ek) értékelése	7
➤ 5.Viaszkiolvasztás, héjkiégetés	10
➤ 6.További kísérletek.....	12
➤ 7.Por analízis	14
➤ 8.KKKI elemzés.....	20
➤ 9.Selejtalakulás	34
➤ 10.Termékspecifikus selejtalakulás.....	39
➤ 11.Egyéni tapasztalatok.....	43
➤ 12.Összesítés, konklúzió.....	44
➤ 13.Felhasznált irodalom.....	47

1.Bevezetés

A viaszkiolvasztásos öntési eljárás is több mint 4000 éves, bár nem sokat fejlődött addig, amíg el nem kezdték használni az orvosi protézisek gyártására és ki nem fejlesztették a gázturbina motort. Szinte elmondhatatlan, hogy milyen erős szinergiás hatással volt egymásra a viaszkiolvasztásos öntési iparág és a gázturbina motor kifejlesztése. [1] A magas hőmérsékletű anyagokat természetüknél fogva nehéz, sőt szinte lehetetlen mechanikai megmunkálással formázni és csakis azért lehet őket egyáltalán használni, mert a viaszkiolvasztásos öntési eljárással komplex külső és belső geometriájú testeket tudunk belőlük készíteni.

Az ilyen technológia azonban magas költségekkel jár, a legújabb egykristály-ötvözetek ára jóval meghaladja a 200€kg összeget. [2] Ezt a magas költséget az okozza, hogy egyre több ritkafém elemet kell használni, mint például réni-umot, illetve nagyobb mennyiségben előforduló fémek (mint például a nikkel) kínálata is bizonytalan. Mivel nem valószínű, hogy az ötvözetek fejlesztése során olcsóbb anyagokat fognak látni, a viaszkiolvasztásos öntőnek kell javítania és továbbfejlesztenie a technológiai folyamatot, a nyersanyagok megőrzése és a gyártási költségek csökkentése érdekében. A környezetvédelmi aggályok és az üzemanyagköltségek ugyancsak kényszerítő erővel hatnak a gyártókra, hogy komplex és pontos geometriai megoldásokkal optimalizálják a turbina aerotermikus hatásfokát, valamint hogy vékony keresztmetszetű alkatrészekkel csökkentsék a motor súlyát.

2.A probléma felvetődése

A 2011-es évben a héjképzéshez kapcsolódó selejt százalékos csökkentése céljából a 26. héttől a vállalat héjképző műhelyében 2 fajta primer mázat alkalmazott. Nemcsak a selejt százalékos adottságok arra, hogy kipróbáljanak egy „új” anyagot, hanem a kerámia héjak kiégetése után tapasztalt héjak folyamatos porzása, szemetessége és a primer mázaink leválása.[3]

Magyarmet Bt.		Hibaokkonkénti selejtlista, öntőde						Lap: 1/1	
Időszak: 2011.01.01 - 2011.03.31		CNA-00669-01 nélküli		Jelentés forrása: MEO					
Hibaok	Darab	Vizsg. %	Selejt %	Tömeg,kg	Vizsg. %	Selejt %	Elsz.ár, eFt	Vizsg. %	Selejt %
Hidegfolyás	673	1,4	15,1	448,8	1,0	11,0	2 010	1,1	11,4
Darabolás	529	1,1	11,9	332,7	0,8	8,1	1 260	0,7	7,1
Repedés	360	0,7	8,1	234,2	0,5	5,7	2 550	1,4	14,5
Viaszminta	154	0,3	3,5	69,3	0,2	1,7	300	0,2	1,7
Salak	169	0,4	3,8	126,6	0,3	3,1	810	0,5	4,6
Zárvány	2 006	4,2	44,9	2 050,3	4,7	50,0	7 550	4,3	42,9
Porozitás	28	0,1	0,6	18,0	0,0	0,4	110	0,1	0,6
Szívódás	377	0,8	8,4	580,6	1,3	14,2	2 100	1,2	11,9
Egyéb öntv.h.	167	0,3	3,7	238,1	0,5	5,8	930	0,5	5,3
Vizsgált menny.	48 189			44 007,7			177 312		
Ebből selejt	4 463	9,3	100,0	4 098,8	9,3	100,0	17 610	9,9	100,0

Első negyedéves hibaokkonkénti selejtanalitika (forrás:INFOR)

Magyarmet Bt.		Hibaokkonkénti selejtlista, öntőde						Lap: 1/1	
Időszak: 2011.04.01 - 2011.04.30		CNA-00669-01 nélküli		Jelentés forrása: MEO					
Hibaok	Darab	Vizsg. %	Selejt %	Tömeg,kg	Vizsg. %	Selejt %	Elsz.ár, eFt	Vizsg. %	Selejt %
Hidegfolyás	233	1,5	12,8	182,0	1,2	11,9	720	1,3	12,1
Darabolás	147	1,0	8,1	116,9	0,8	7,6	430	0,8	7,2
Repedés	25	0,2	1,4	25,4	0,2	1,7	270	0,5	4,6
Viaszminta	78	0,5	4,3	39,0	0,3	2,5	160	0,3	2,7
Salak	58	0,4	3,2	42,2	0,3	2,8	170	0,3	2,9
Zárvány	1 128	7,5	61,8	899,1	6,0	58,6	3 310	6,0	56,0
Szívódás	55	0,4	3,0	81,5	0,5	5,3	280	0,5	4,7
Egyéb öntv.h.	102	0,7	5,6	149,0	1,0	9,7	580	1,1	9,7
Vizsgált menny.	15 064			14 911,7			54 769		
Ebből selejt	1 826	12,1	100,0	1 535,1	10,3	100,0	5 918	10,8	100,0

Áprilisi hibaokkonkénti selejtanalitika (forrás:INFOR)

3.Kísérlet célja

Annak a máznak (beszállítónak) a kiválasztása, mellyel a rendszerükben elérhetem a selejtarány csökkenését, valamint meghatározom a porzás okát, ettől függően kiküszöböljem vagy csökkentsem a porzás mértékét, a héjleválásokat.

Kísérlet leírása

A kísérlet folyamán a 2 fajta primer mázat azonos arányokkal kevertem be. Mivel a felhasznált anyagok létező cégektől származnak, ezért reklám elkerülése végett, nevezzük az egyik anyagot „MC”-nek a máikat pedig „PC”-nek. Mind az „MC”, mind a „PC”-s mázhoz 200-as lisztet adagoltam. Az „MC” mázhoz külön kevertem nedvesítőt, illetve habzágátlót.

A primer mázakkal a kísérlet teljes ideje alatt párhuzamosan dolgoztam. Folyamatosan követtem a tartályok mázparamétereinek alakulását valamint a kézi- és robotmártást, a viaszkiolvasztás menetét, a héjak kiégetését és az azutáni állapotukat. Továbbá a kísérleti bokrok leöntése után a darabokon jelentkező hibákat, azok számát, arányát.

A primer mázakra különböző szekunder mázakat használtam:

- a „PC” primer mázra a roboton „CT” szekunder vizes mázat
- az „MC” primer mázra „MCv” szekunder vizes mázat

A különböző bokrokat jelölésekkel láttam el, mely a kísérlet folyamán segítette a darabjaim nyomon követhetőségét.

Jelölések a rendszerben a következőképpen zajlottak:

- „ I „jelölés „PC”-„CT”-vel képzett héjak
- „ II „jelölés „MC”-„MCv”-vel képzett héjak

Héjleverés után a héjjelöléseket drótokkal (vonalakkal azonos számú drót), illetve különböző színű gyártmánykísérő lapokkal helyettesítettem. Darabolás után a darabokat beütővel jelöltem. A beütéshez megfelelő helyet a Minőségügyi osztály határozta meg.

A gyártmánykísérő lapok színe a következőképpen alakult:

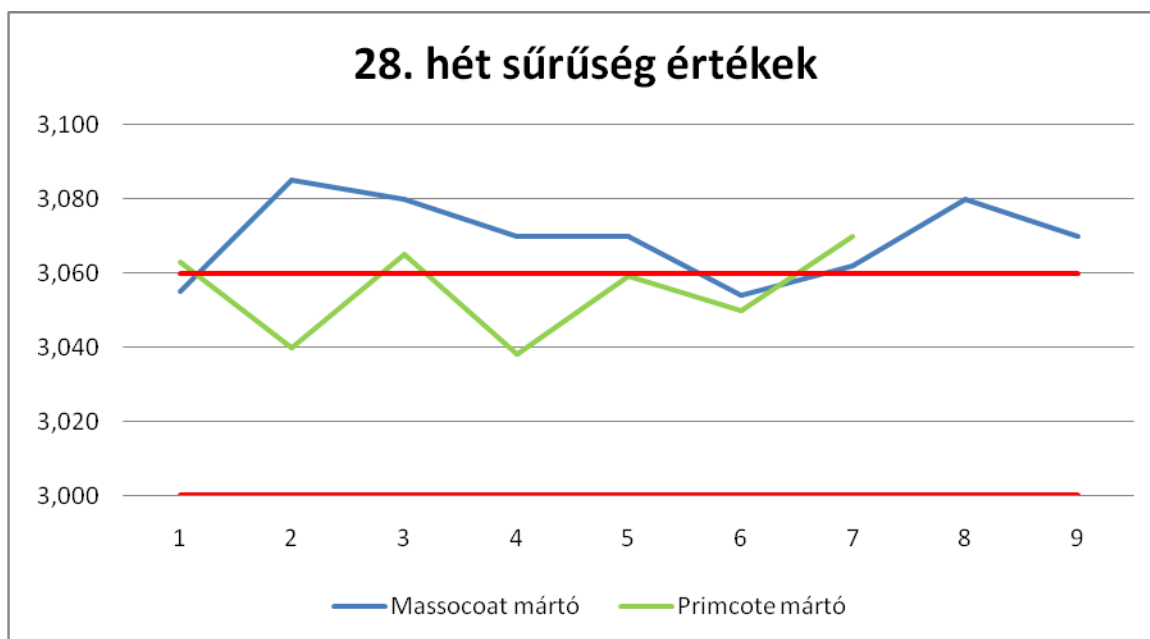
- Sárga lap: „PC”-„CT” héjak
- Rózsaszín lap: „MC”-„MCv”héjak

A gyártmánykísérők és darabjelölések alapján a darabokat kielemeztem, selejtalakulási kimutatást végeztem a különböző mázak által készült darabokból.

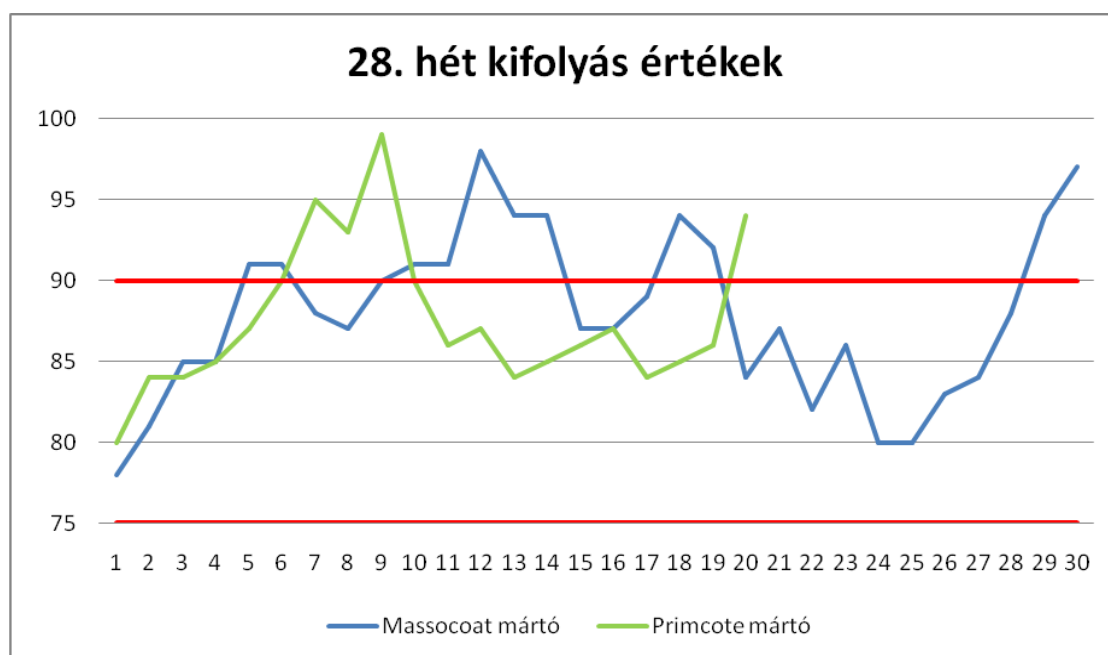
4.Kísérlet(ek) kiértékelése

Mázparaméterek:

Kiragadva néhány hetet a primer mázak paramétereiből diagramon feltüntettem a sűrűség és kifolyás értékeit.



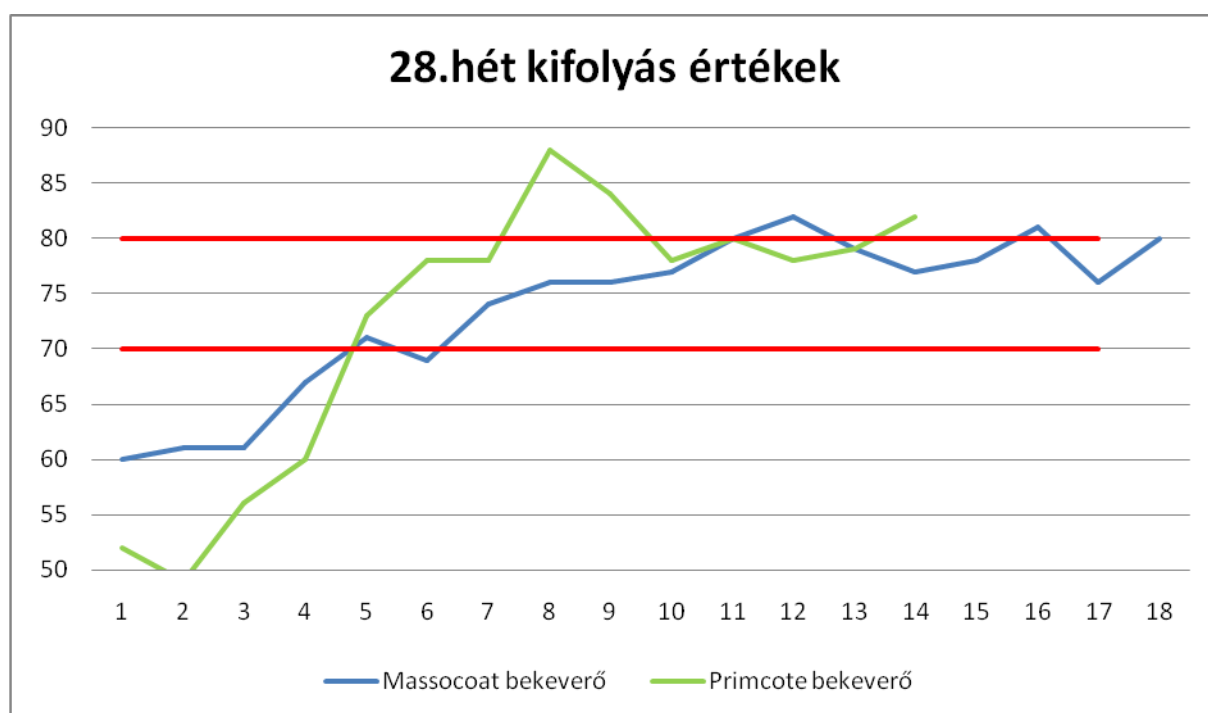
28. hét sűrűség értékeinek alakulása a primer mázak mártó tartályaiban (kék „MC”, zöld „PC”)



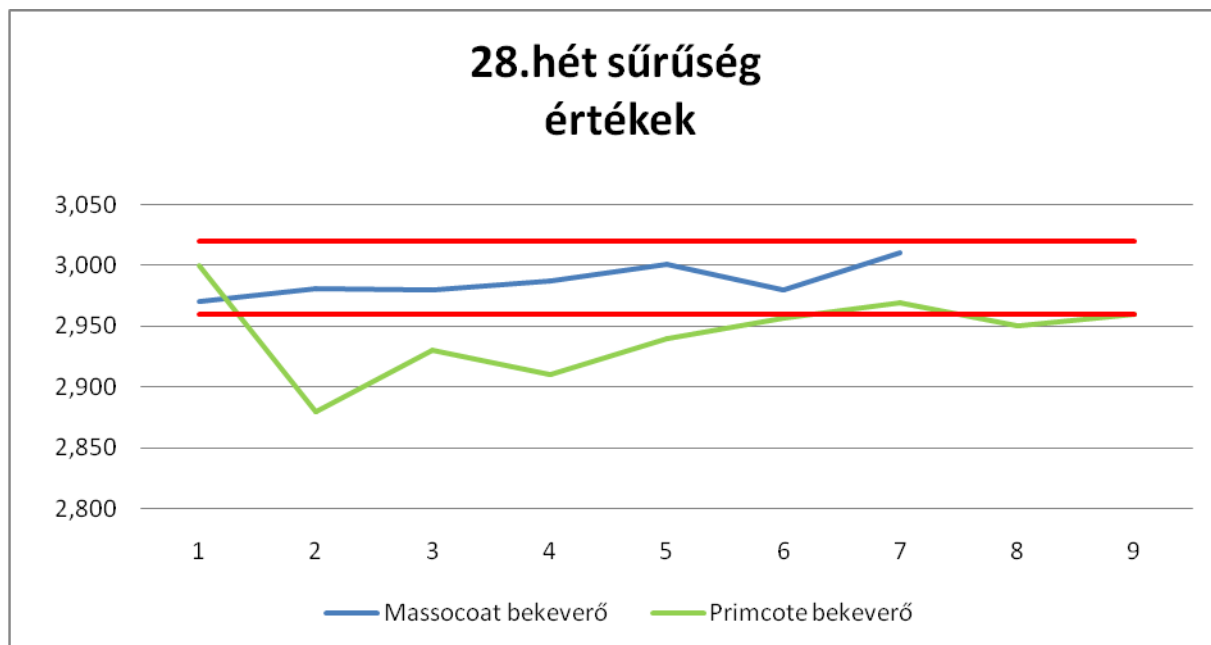
28. hét kifolyás értékeinek alakulása a primer mázak mártó tartályaiban(kék „MC”, zöld „PC”)

A mártó tartályok paramétereinek alakulásán jól kivehető a mázak nem egyenletes használata. Ez abból adódik, hogy míg az „MC” primer mázzal, kézzel mártottak, addig a „PC” máz pihent és így fordítva. A használatban lévő máz kifolyási értéke csökkent, míg a másiké növekedett. Ugyanezt az állítást igazolják a sűrűségi értékek is. Feltételezhetjük, ha egyetlen primer máz folyamatos használata esetén, ez az értékingadozás ilyen mértékben nem állna fenn, akkor könnyebben kontrolálhatóak lennének a mázparaméterek, kevesebb állási idővel, és gyorsabb fogyással.

A kétfajta máz párhuzamos használata felvetette azt a problémát is, hogy a mázak dupla annyi idő alatt fogytak el, mint a normál használatkor. A hosszabb felhasználási ciklus pedig, a paraméterek szabályozhatatlanságát-, a gélesedés kockázatát növelték.



28. hét kifolyás értékeinek alakulása a primer mázak bekeverő tartályaiban



28. hét sűrűség értékeinek alakulása a primer mázak bekeverő tartályaiban

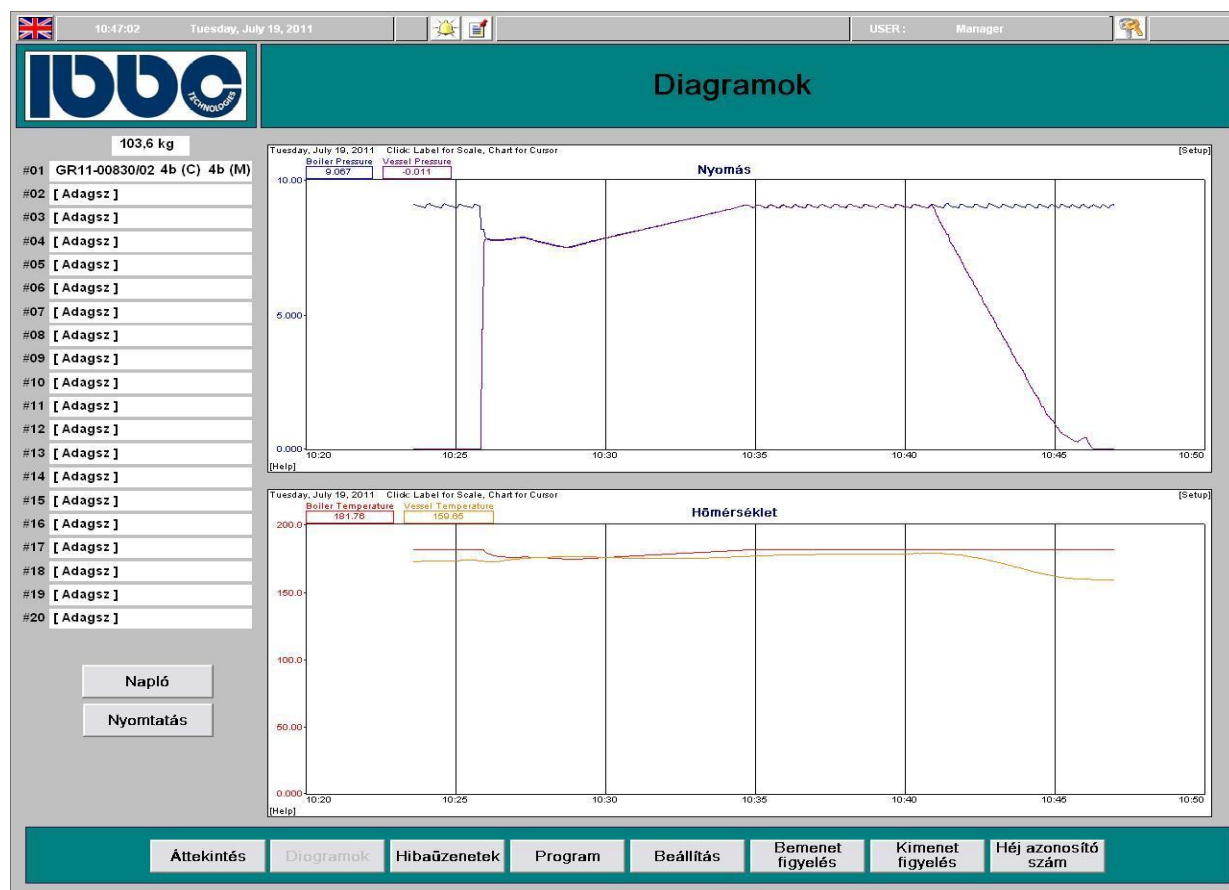
A bekeverő tartályok értékei is mutatják, hogy melyik máz volt éppen használatban, mely tartályból kellett mázat kivenni és beadagolni az azonos mártó tartályba.

Az ellenőrző lapokat kielemezve a következő következtetések voltak levonhatóak:

- A „PC” bekeverő tartály sűrűségi értékei alacsonyabbak, mint a „MC”-é azonos kifolyási értékeknél.
- Az ellenőrzőlapok alapján a „MC” bekeverő tartályt könnyebben a megfelelő paraméterek között lehet tartani
- A „PC” mártó tartályban, a kifolyást 95-ös érték fölött nehezebb visszaállítani, mint „MC”-nél
- A vízadagolásból következtetést nem lehet levonni, a mázak egyenetlen használata miatt

5. Viaszkiolvasztás, héjkiégetés

A jelölt bokrokat a párhuzamos száradás (robot) után kiolvasztottam. Az olvasztás menetét végigkísértem és számítógépes programmal értékeltem.



A kiolvasztás menete

A kiolvasztás idejét rögzítettem a jelentőlapokon, továbbá megvizsgáltam, hogy az olvasztott héjából mennyi volt repedt, kiégetés után mennyire porzott, tapasztalható volt e primer leválás, majd megmértem a különböző mázból készült bokrok tömegét.

	„MC”	„PC”	„MC”	„PC”
Termék neve	Tömege (kg)		Tapasztalatok	
Járókerék TPHD 2030	6	4,8	poros repedt bokrok	kevésbé poros, repedt
Járókerék M277			szemetes, repedt	éleken repedt, kevés por
Félgyűrű 150	8	7	poros repedt bokrok	kevésbé poros, nem repedt
Csatlakozókarima	11,7	9,7	repedt, kicsit poros	repedt, kicsit poros
Tömítőház 80	7,5	6,5	nagyon poros, szemetes, repedt	kicsit poros
KatalizátorrácsGR-830	10,4	8,9	primer leválás, repedt poros	primer leválás, repedt poros
Himba	10,4	8,08	repedt váz	repedt váz
Kat.rács CNA-00697	8	7,4	porzik	nagyon porzik, repedt
Fogólap	3,4	2,5	poros bokrok	alig poros

Jelentőlapok és feljegyzések összegzése táblázatként

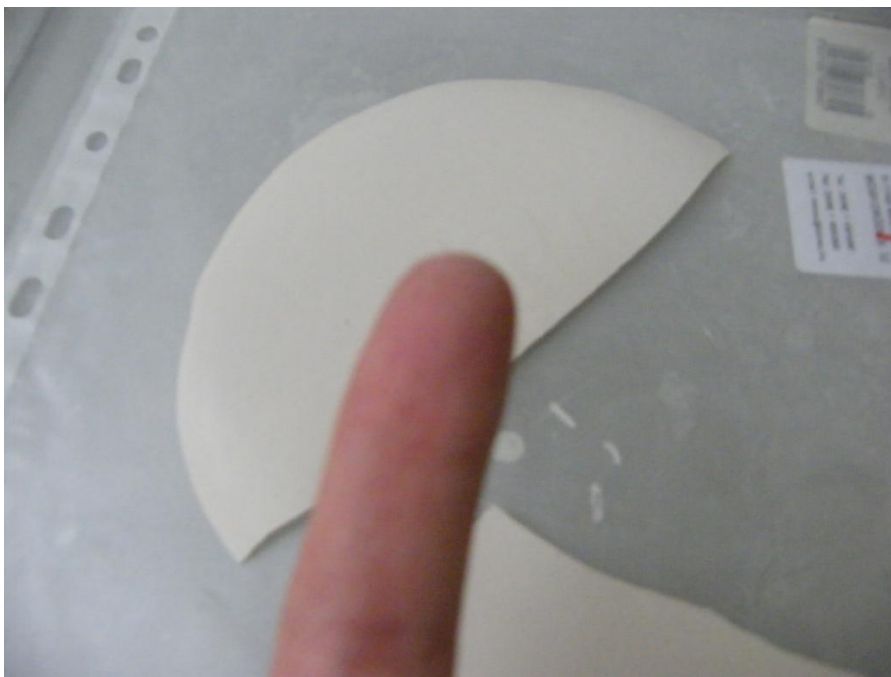
A táblázat jól mutatja, hogy a primer máz megváltoztatásával nem szűnt meg a porzás. A termékek szempontjából nem vonható le következtetés a mázakat illetően, hogy melyik porzik kevésbé, öntvényenként eltéréseket tapasztaltam. Ami biztosan állítható, hogy a „PC”-vel készült bokrok tömege, a bokor méretétől függően 10-20 %-al kisebb.

A mázak öregedésével a porzás folyamatosan változott. Feltételezhető, hogy hosszú száradási idővel a „PC” jobban porzik.

6. További kísérletek

6.1 Mázpróba

Síkfelületre a bekevert mázokról felvittem egy vékony réteget. Megszáradásuk után megvizsgáltam, hogy tapasztalható-e porzás a felületükön illetve tartalmaz-e nem megkötött anyagot.



„MC” mázréteg porzásának vizsgálata



Primcote mázréteg porzásának vizsgálata

Az ujjunkat végighúzva a primer máznak a felületén azt tapasztalhatjuk, hogy az „MC” máznál semmilyen anyag nem maradt az ujjunkon, míg a „PC”-nél fehér porszerű anyag maradt rajta. (lásd képek)

6.2 Teflon lapos kísérletek

- 2 teflonlap felületén héjat képeztem, azonos rétegszámmal. A kész héjakat kiszárítottam, majd kiégettem. Száradás után szemmel látható volt a különbség a „PC”, illetve „MC” héjvastagság között. A „PC” vastagsága kisebb volt. (ahogyan számítottam is rá a különböző mázú héjak tömegének különbségéből)
- Következő kísérletként 1 réteg primer héjat képeztem mindkét mázból a teflonlapokra, majd kiszárítottam azonos idővel. A cirkon réteget a primer máz mindkét esetben megkötötte, azonban szilárdságra az „MC” jobbnak bizonyult. A „PC” már a levételkor kisebb darabokra esett szét.

7.Por analízis

Előzetes megbeszélések illetve személyes javaslatom után a cég úgy döntött, hogy elküldi a por mintákat a Magyar Tudományos Akadémia Szilárdtest Fizikai és Optikai Kutatóintézetének mérésre. A ötlet megvalósítása azért volt nagyon fontos, mert a MAGYARMET kutatólaboratóriuma nem rendelkezett röntgendiffraktométerrel a porok részletes analíziséhez nélkülözhetetlen. [7]

Minták sorszáma:	Asz, Msz, Psz, A, M, P
Minta leírása:	Porok
Megrendelő neve:	Magyarmet Finomöntöde BT, Bicske
Megrendelés időpontja:	2011.08.03
Vizsgálat célja:	Fázis analízis

7.1 A minták sorszámának értelmezése:

Az "A" mindig azokat a porokat jelölte, amelyeket a kísérlet előtt gyűjtöttünk. Ez mutatja az eredeti termelésünket.

A "P" mindig azokat a porokat jelzi, amelyeket a kísérlet folyamán a „PC”+”CT” anyaggal készített bokrokból gyűjtöttünk.

A "M" mindig azokat a porokat jelzi, amelyeket a kísérlet folyamán a „MC” anyaggal készített bokrokból gyűjtöttünk.

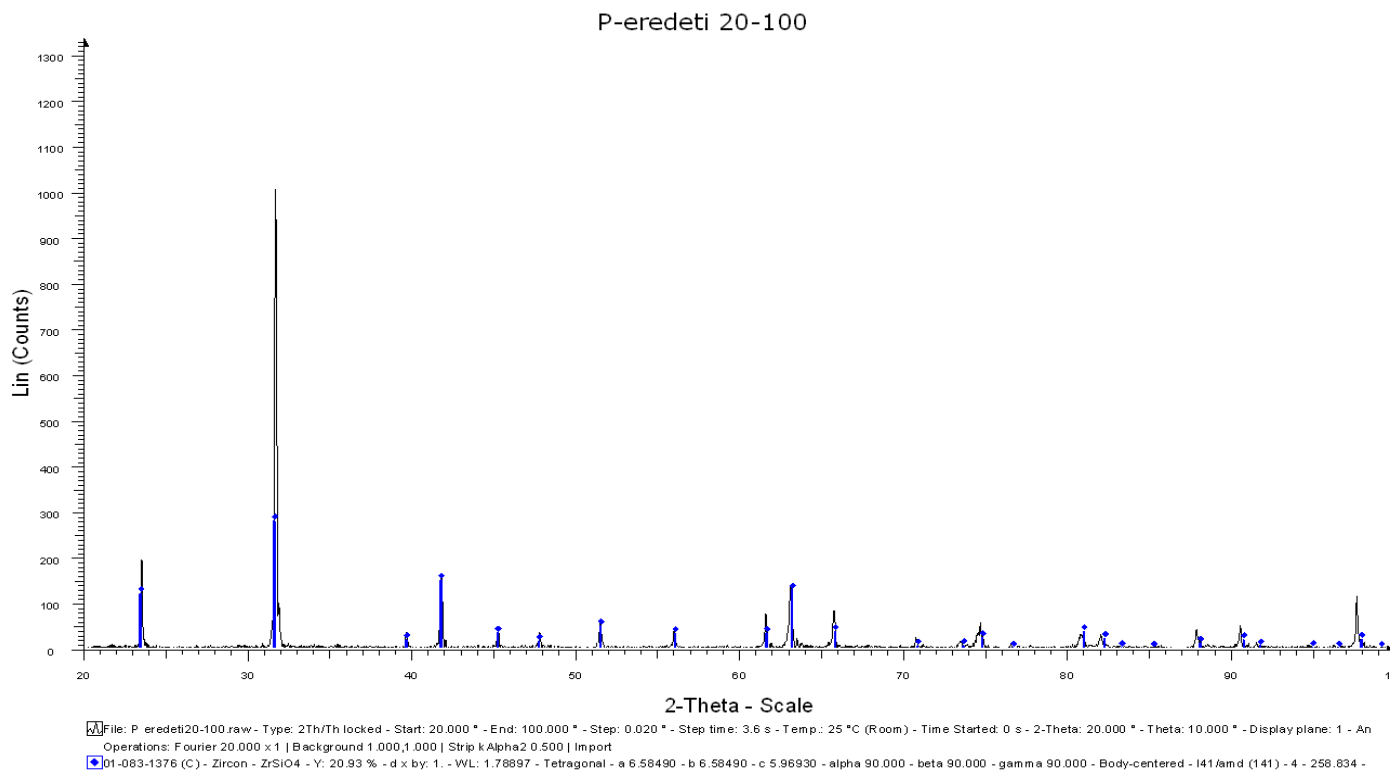
A "Sz" azt jelenti, hogy a vizsgálat elvégzése előtt a pormintát leszitáltuk 50 μ m-es szitán. (ezt megtalálható az XRD fázis analízis elején a minta előkészítésnél)

7.2 Minta előkészítés:

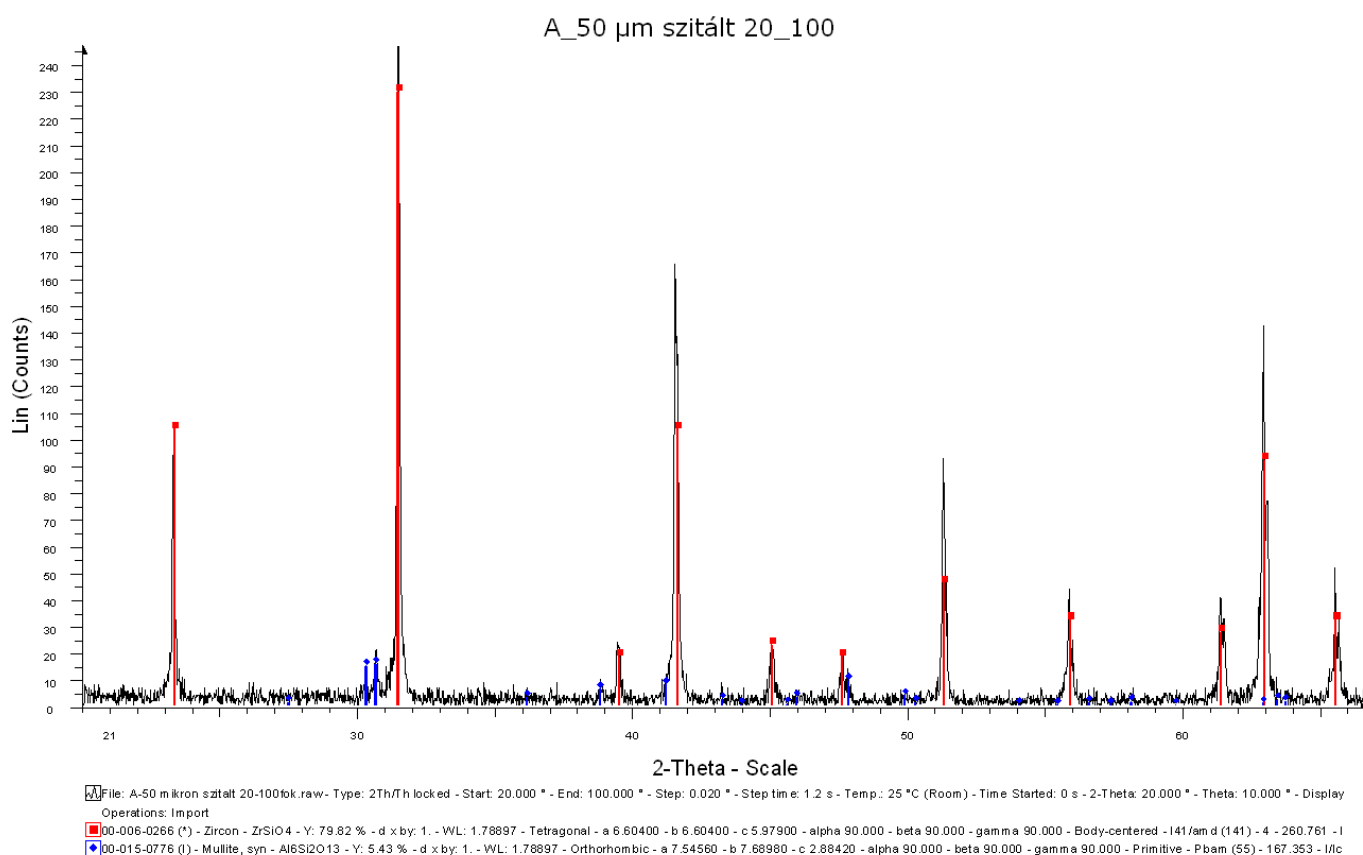
Röntgen diffraktometriás vizsgálatokhoz a mintákat műanyag-plexi mintatartóban kialakított 8*20 mm-es 0,5 mm mélységű üregbe helyeztük és az optikai síkba belesimítottuk. Minden mintáról kétféle képen készítettünk felvételt, első esetben az eredeti durvább szemcséjű port néztük meg, majd azt a finom port is megmértük, ami az 50 μ m-es szitán átesett.

7.3Alkalmazott műszerek:

A felvételeket Bruker D8 Advance por diffrakciós röntgendiffraktométeren készítettük. A goniométer θ/θ elrendezésű, ami azt jelenti, hogy a mintatartó áll, míg az érzékelő és a röntgensugárcső mozog egy belső gyűrű mentén. A felvételek Co anódú sugárcsővel készültek ($\lambda=1.7902 \text{ \AA}$).

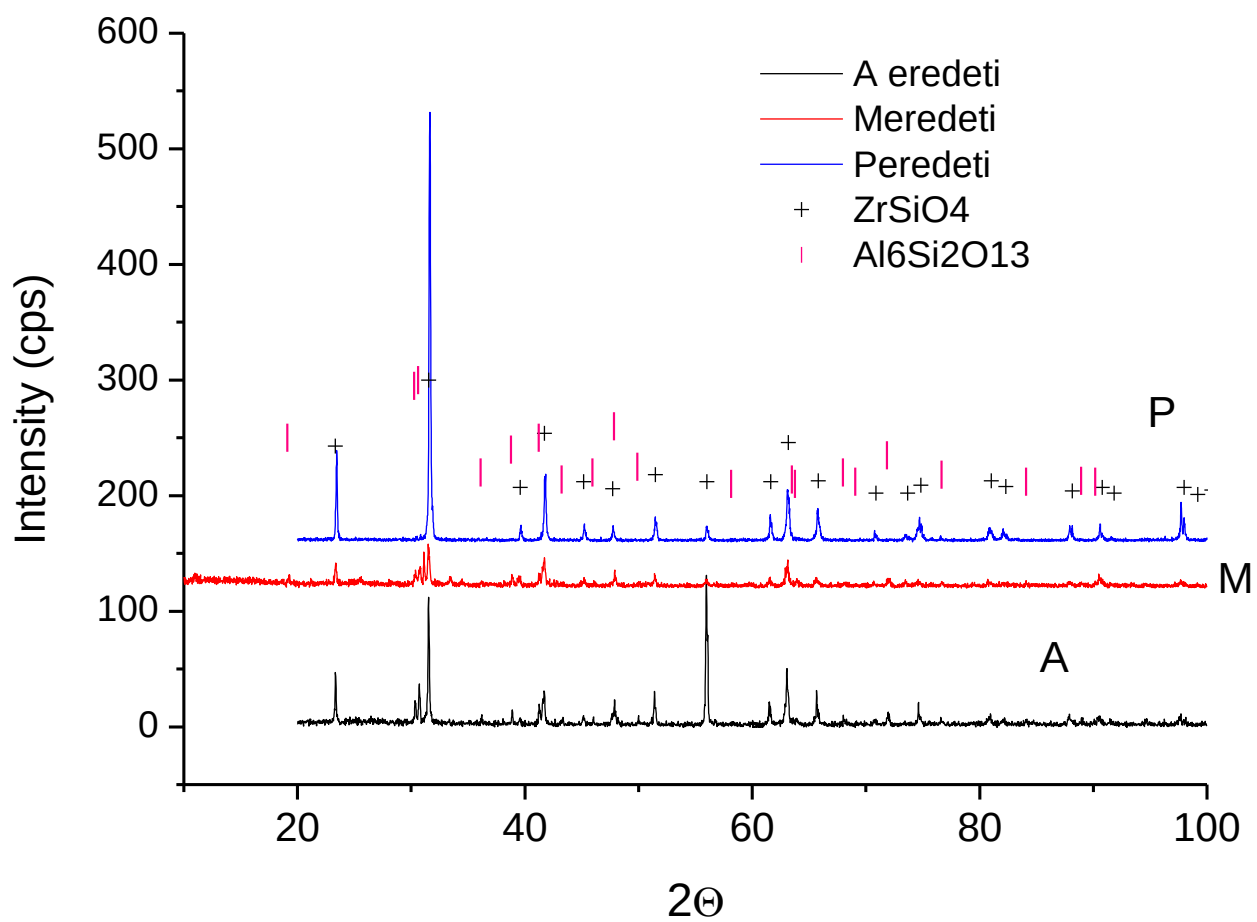


1. ábra. Bruker-en feldolgozott röntgenfelvétel a P mintáról

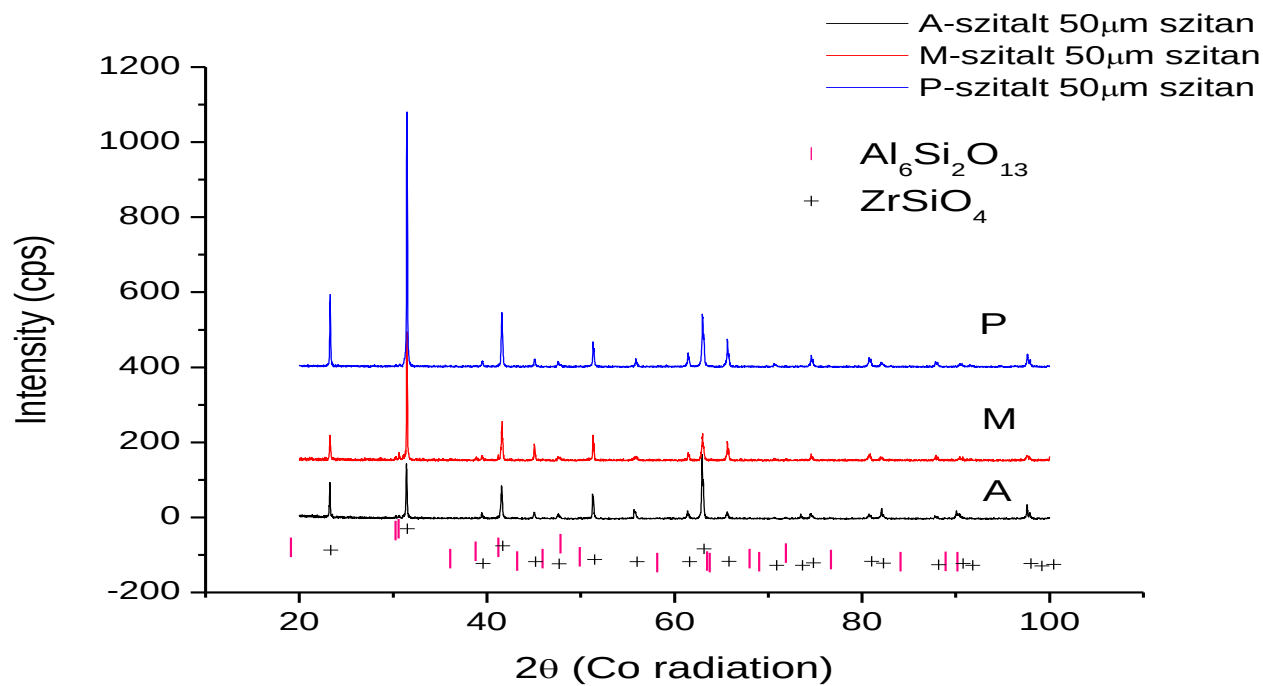


2. ábra. Brukeren feldolgozott röntgenfelvétel a szitált A mintáról

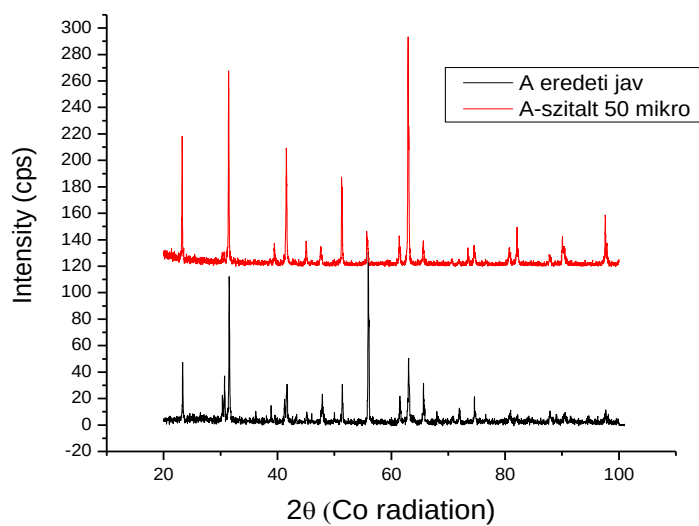
Az alábbi képeket Origin nevű grafikus szoftveren készítettük el a jobb átláthatóság érdekében.



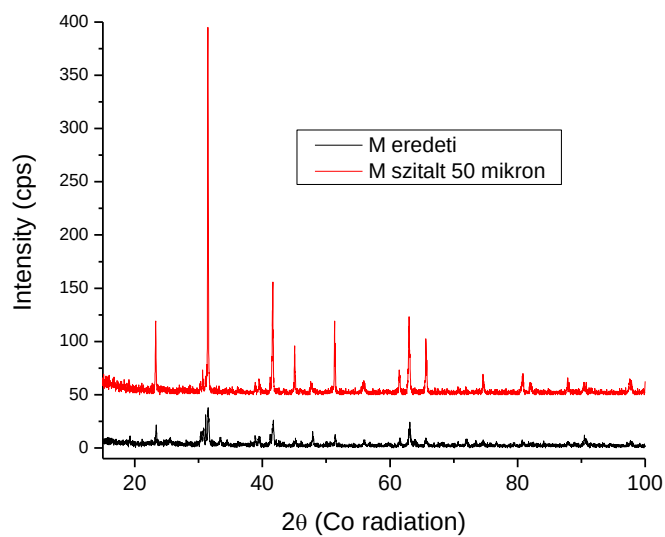
3. ábra. Eredeti mintákról készült röntgendiffrakciós felvételek



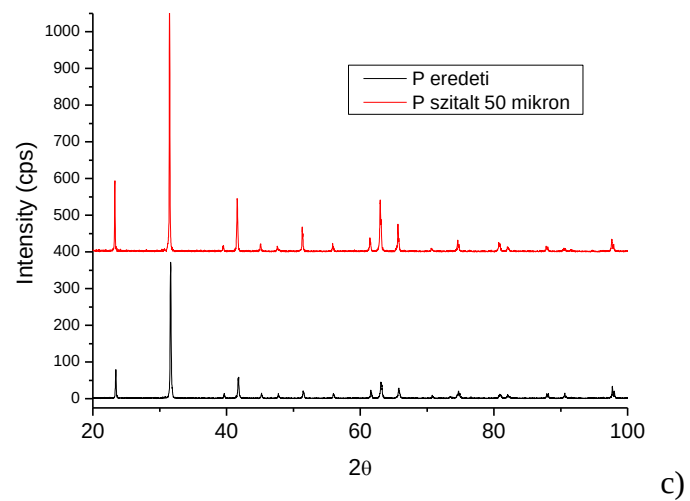
4. ábra. Eredeti mintákból 50 μm-es szitán átszitált púder- szerű porokról készült
röntgendiffrakciós felvételek



a,



b,



5. ábra. Az eredeti és a szitált minták összehasonlítása

7.4 Eredmények:

Az 1 és a 2 ábrán az eredeti röntgenfelvételek láthatók. Azonban a jobb átláthatóság érdekében Origin-grafikus szoftveren is elkészítettük az ábrákat.

A vonalak beazonosítása alapján két fő fázis figyelhető meg: 1) a röviden cirkon –nak nevezett ZrSiO_4 összetételű összetett oxid és 2) a mullit-nak nevezett $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$ összetett oxid. A domináns összetevő mindhárom eredeti mintában a ZrSiO_4 fázis. Jól látható az is, hogy az eredeti, szitálatlan minták esetében a röntgeninterferencia vonalak helye megegyezik de intenzitásuk nagyban különbözik: Az A és főleg az M eredeti mintában kimutatható mullit ($\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$) található, míg a P eredeti mintában alig lelhető fel.

Az 50 mikrométeres szitán átesett pormintákból alkalmasabb por diffrakciós minta készíthető, mint az eredeti (néhol mm-es szemcsékké összeálló eredeti pormintákból). A jelek nagyok és jó a jel/zaj viszony. A szitált minták inkább csak a ZrSiO_4 fázist tartalmazzák. Ez arra utal, hogy az 50 mikronos szitán főleg a ZrSiO_4 összetevő porszeméi esnek át.

A 3-as és 4-es ábrák tanulmányozása alapján azt vélelmezzük, hogy ezen fázisok szemcsemérete nem egyezik meg., tehát ezek a ZrSiO_4 kisebb szemcseméretűk mint a mullit szemcsék. A mullit szemcsék összetapadását a visszamaradt nedvesség elősegíti. Víztelenítő hőkezeléssel kellene eltávolítani a maradék nedvességet és utána újból megvizsgálni a mintákat. A jelenlegi minták átszitálása után a mullit fázis alig kimutatható a P mintában, valamivel több van az A mintában és csak az M mintában maradt kimutatható mennyiség, annak megfelelően, hogy az eredeti M mintában is viszonylag több volt.

A fő röntgenvonalak helyének egyezése miatt nem zárható ki, hogy a mintákban egyszerű oxidok is előfordulnak, mint szilíciumoxid, alumíniumoxid és vasoxid. a fentebb tárgyalt összetett oxidok mellett.

8.KKKI elemzés - MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIAKÉMIAI KUTATÓKÖZPONT NANOKÉMIAI ÉS KATALÍZIS INTÉZET

Javaslatomra a MAGYARMET Finomöntőde Bt. elküldte bevizsgálásra a KKKI-nak a minták elemzését azzal a céllal, hogy kiderítsék, tartalmazznak-e viaszt. Ez úgy oldható meg, hogy a vállalat által használt viasz tartalmaz Káliumot, így ezt az elemet kell keresni a mintákban. [6]

Minták sorszáma:	„REG”, „REMET”, „PQ”, „KIOLVASZTÁS UTÁN HÉJBAN MARADT”
Minta leírása:	Granulátum és por
Megrendelő neve:	Magyarmet Finomöntőde BT, Bicske
Megrendelés időpontja:	2011.09.01
Vizsgálat időpontja:	2011.09.05
Vizsgálat célja:	„REG”, „REMET”, „PQ” minták általános kémiai összetételére, illetve „KIOLVASZTÁS UTÁN HÉJBAN MARADT” minta esetleges kálium- tartalmára irányuló mérések

8.1 Minta előkészítés:

Pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokhoz a mintákat törtük, illetve alumínium mintatartóra helyeztük.

8.2 Alkalmazott módszerek:

ZEISS EVO 40 XVP Pásztázó Elektronmikroszkóp (SEM) és Oxford ISIS energiadiszperzív röntgen (EDX) elem analizátor.

1. Táblázat mutatja a vizsgálati módszereknek megfelelő képek és táblázatok áttekintését.

Minta	Vizsgálati módszer	Kép	Spektrum	Táblázat
„REG”	SEM+EDX	1A, 1B, 1C	1A.sp, 1B.sp, 1C.sp	1.
„REMET”	SEM+EDX	2A, 2B, 2C	2A.sp, 2B.sp, 2C.sp	2.
„PQ”	SEM+EDX	3A, 3B, 3C	3A.sp, 3B.sp, 3C.sp	3.
„KIOLVASZTÁS UTÁN HÉJBAN	SEM+EDX	4A, 4B, 4C	4A.sp, 4B.sp, 4C.sp	4.

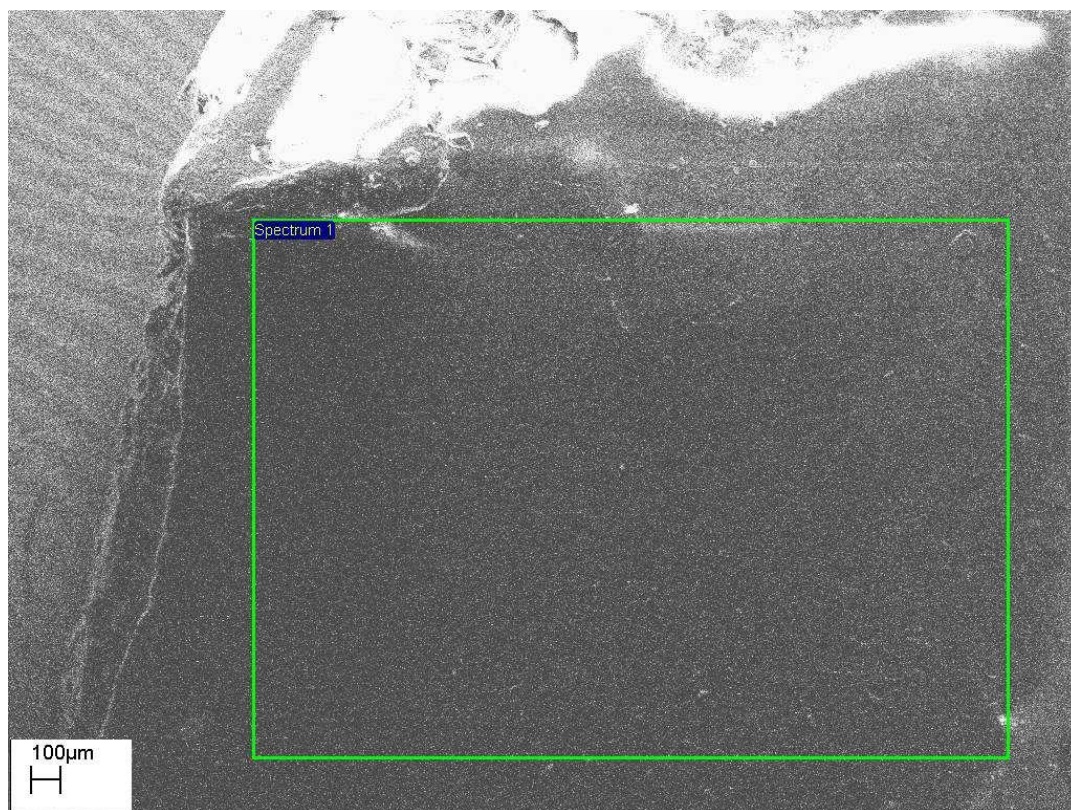
8.3 Eredmények:

SEM+EDX

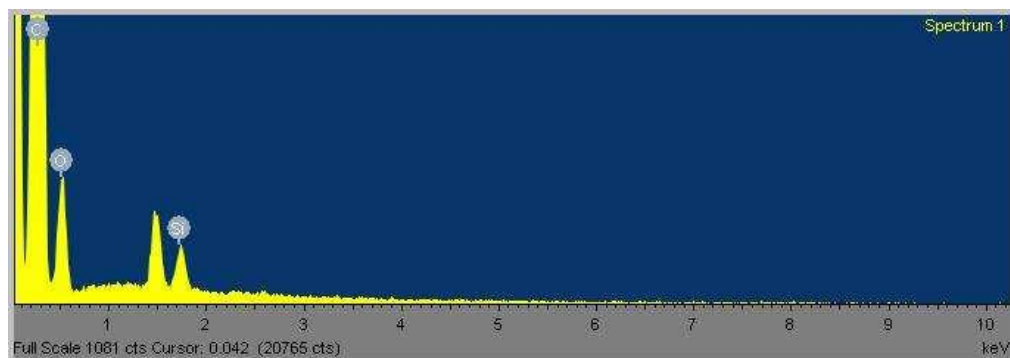
A mintákról azonos nagyításban készítettünk morfológiai képeket (1A – 4C) és kémiai elemzéseket (1A.sp – 4C.sp). A vizsgált mintatartományokról (1A – 4C) készült kémiai elemzéseket a 1, 2, 3, 4 táblázatban foglaltuk össze.

„REG” minta

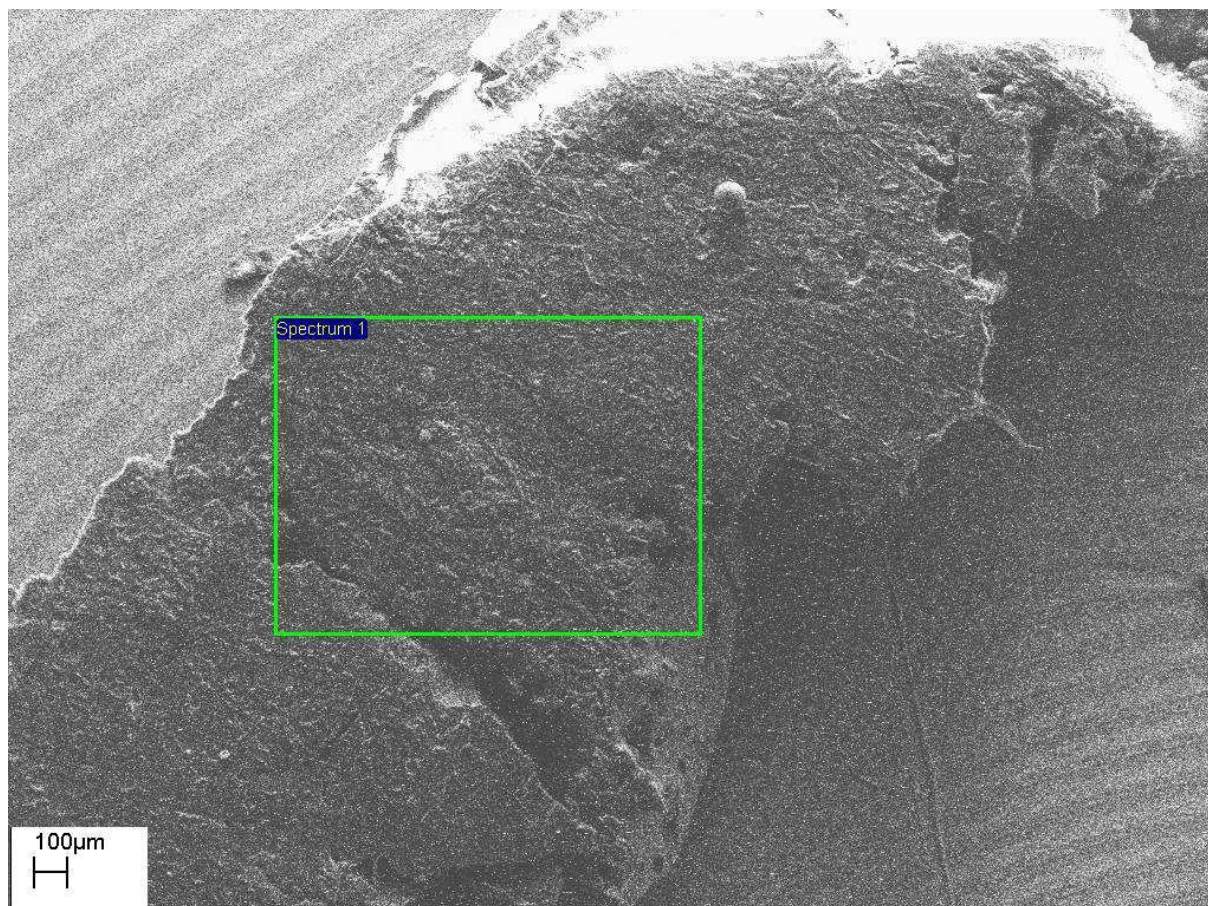
1A. kép: A mintáról készült morfológiai kép.



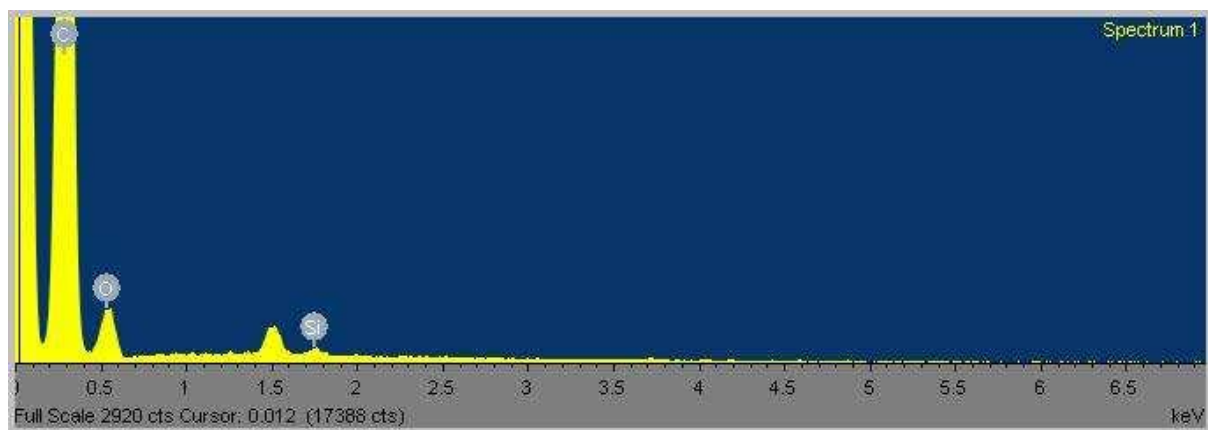
1A.sp Az „1A” képhez tartozó elemspektrum.



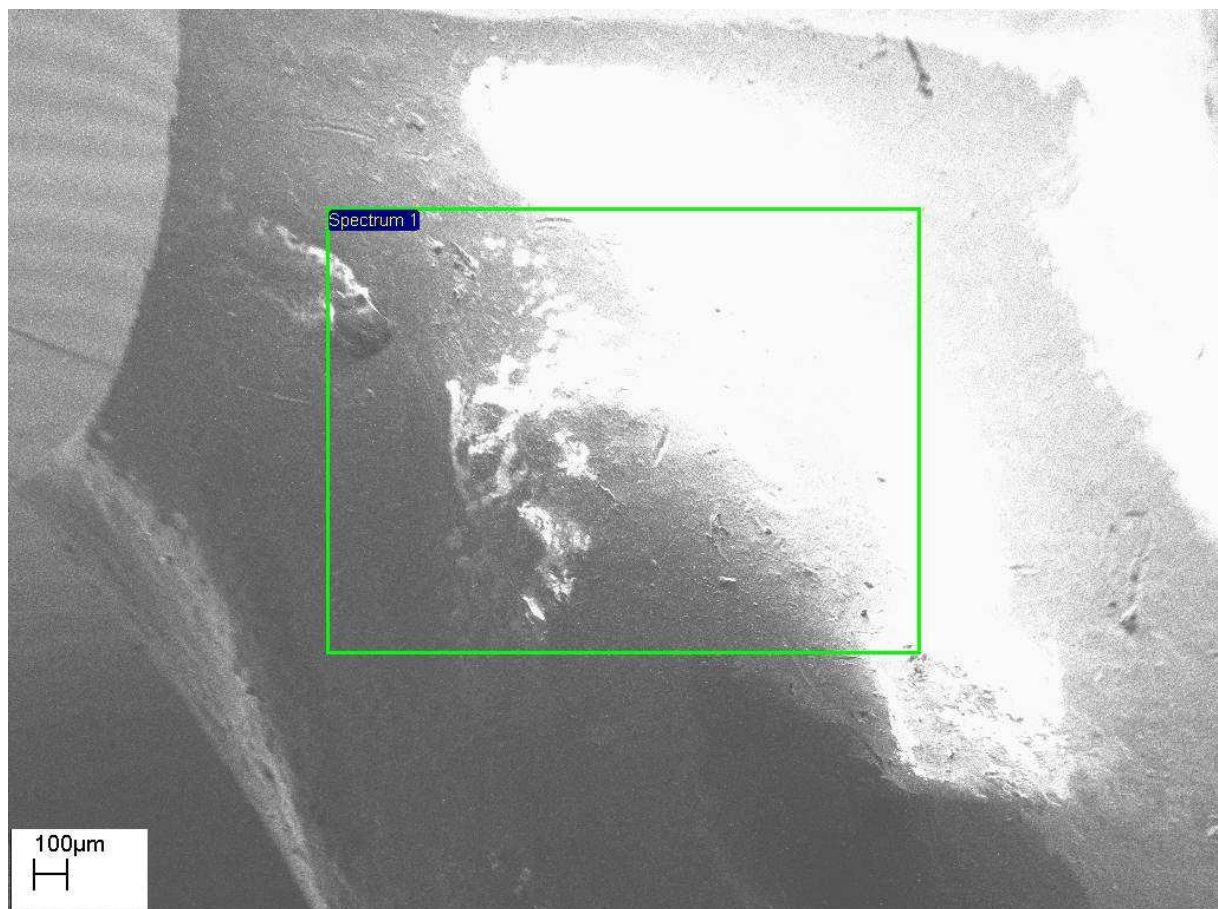
1B. kép: A mintáról készült morfológiai kép



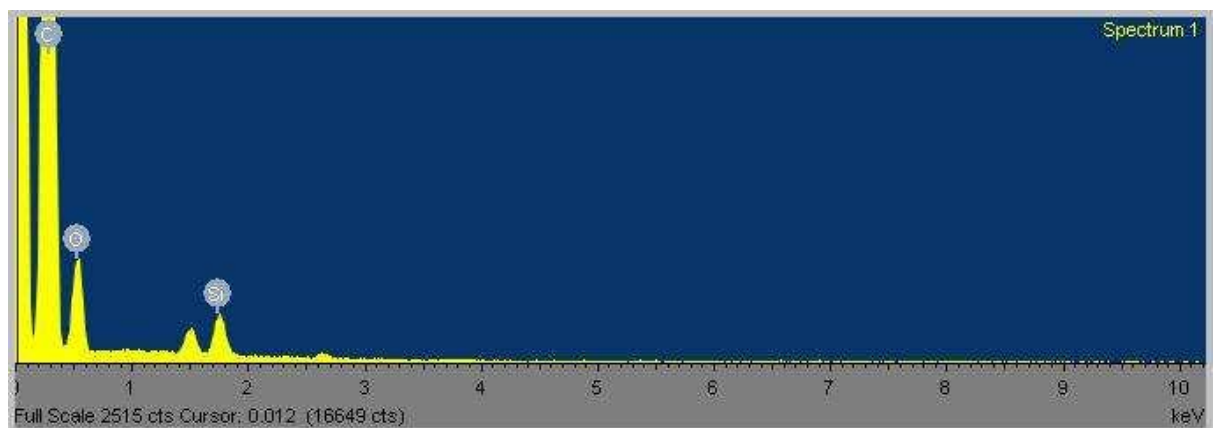
1B.sp Az „1B” képhez tartozó elemspektrum.



1C. kép: A mintáról készült morfológiai kép.

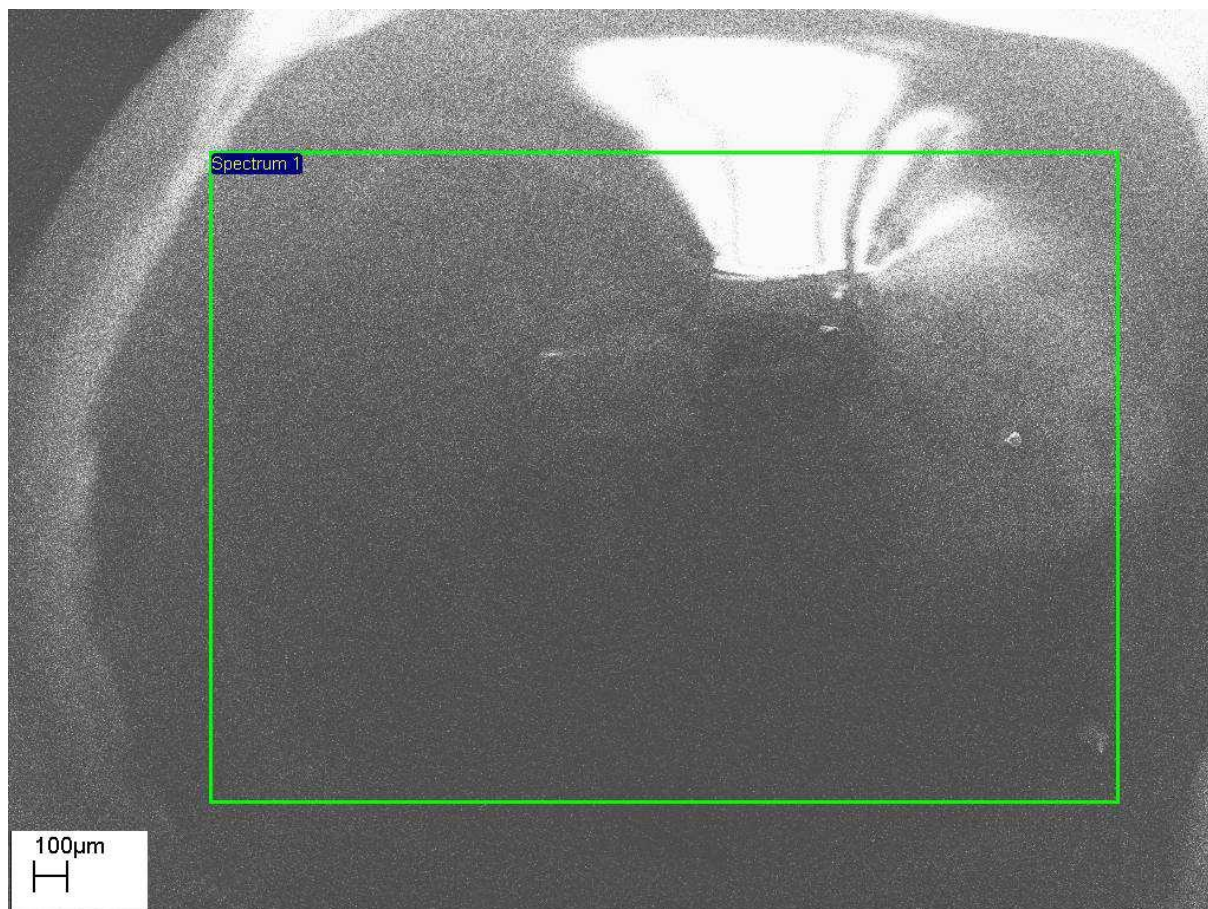


1C.sp Az „1C” képhez tartozó elemspektrum.

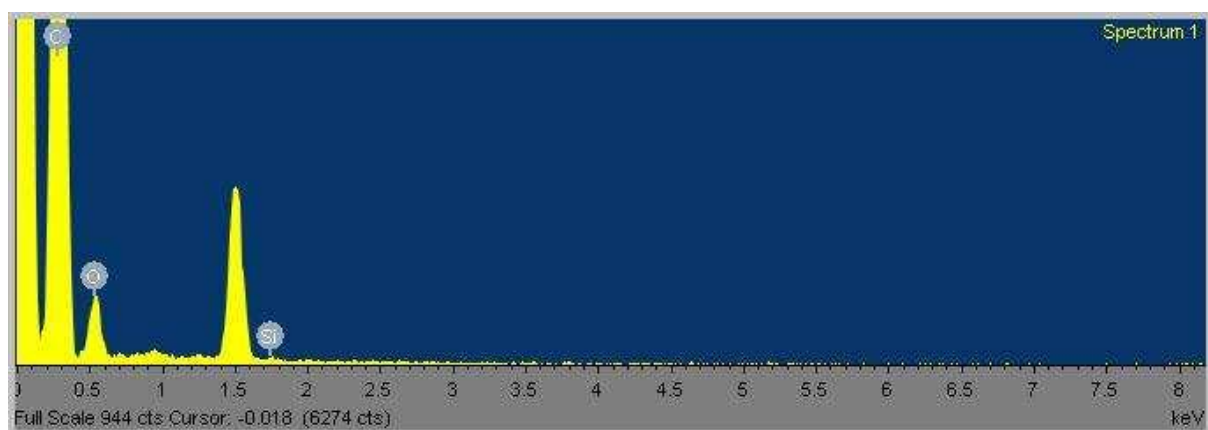


„REMET” minta

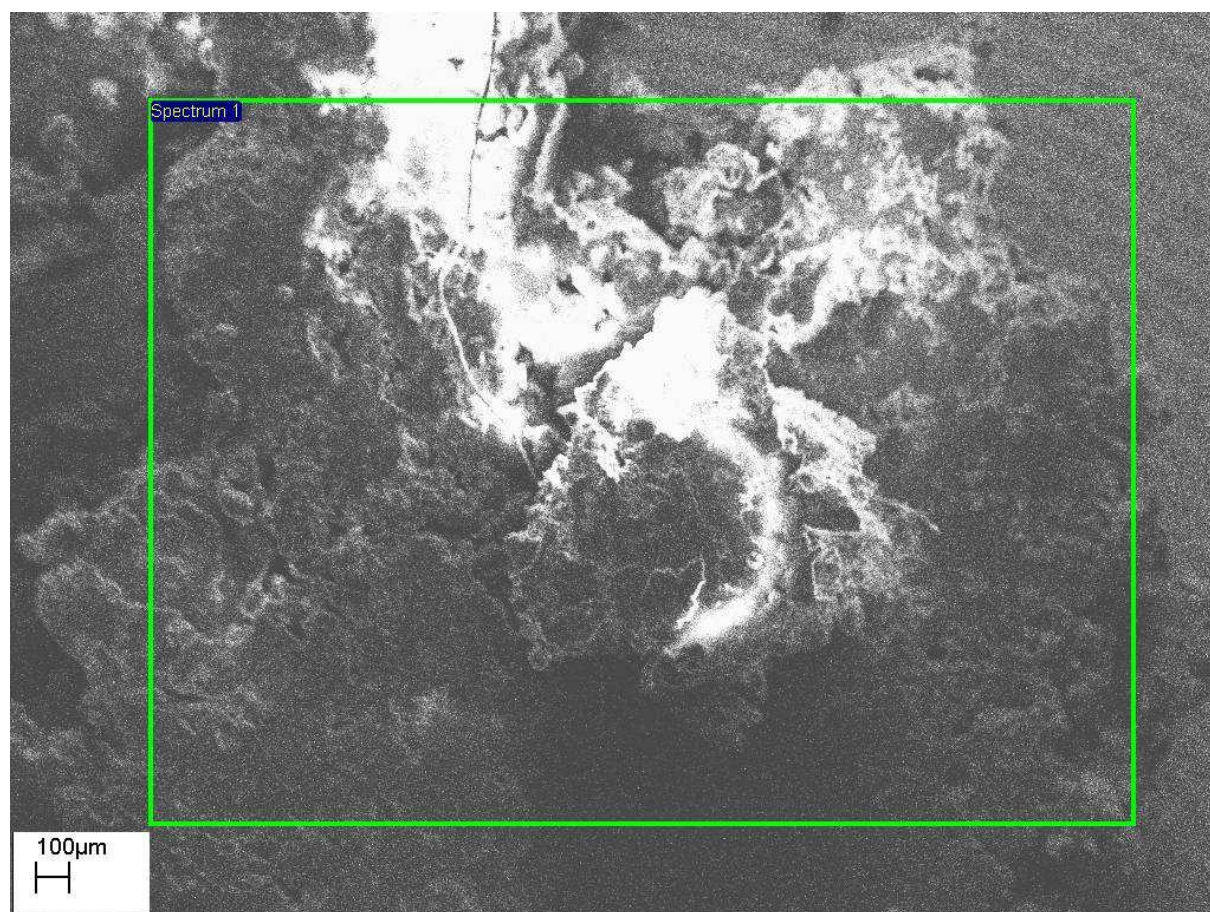
2A. kép: A mintáról készült morfológiai kép.



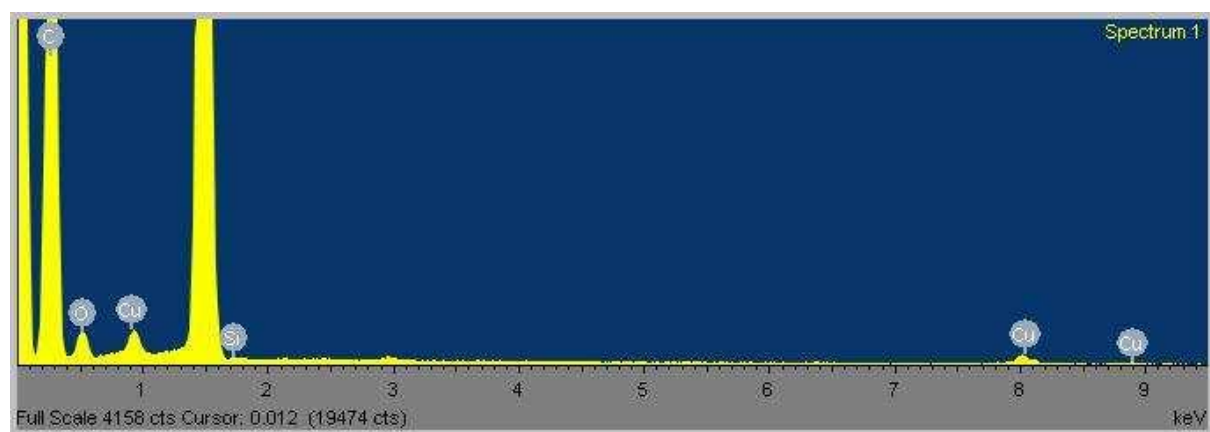
2A.sp Az „2A” képhez tartozó elemspektrum.



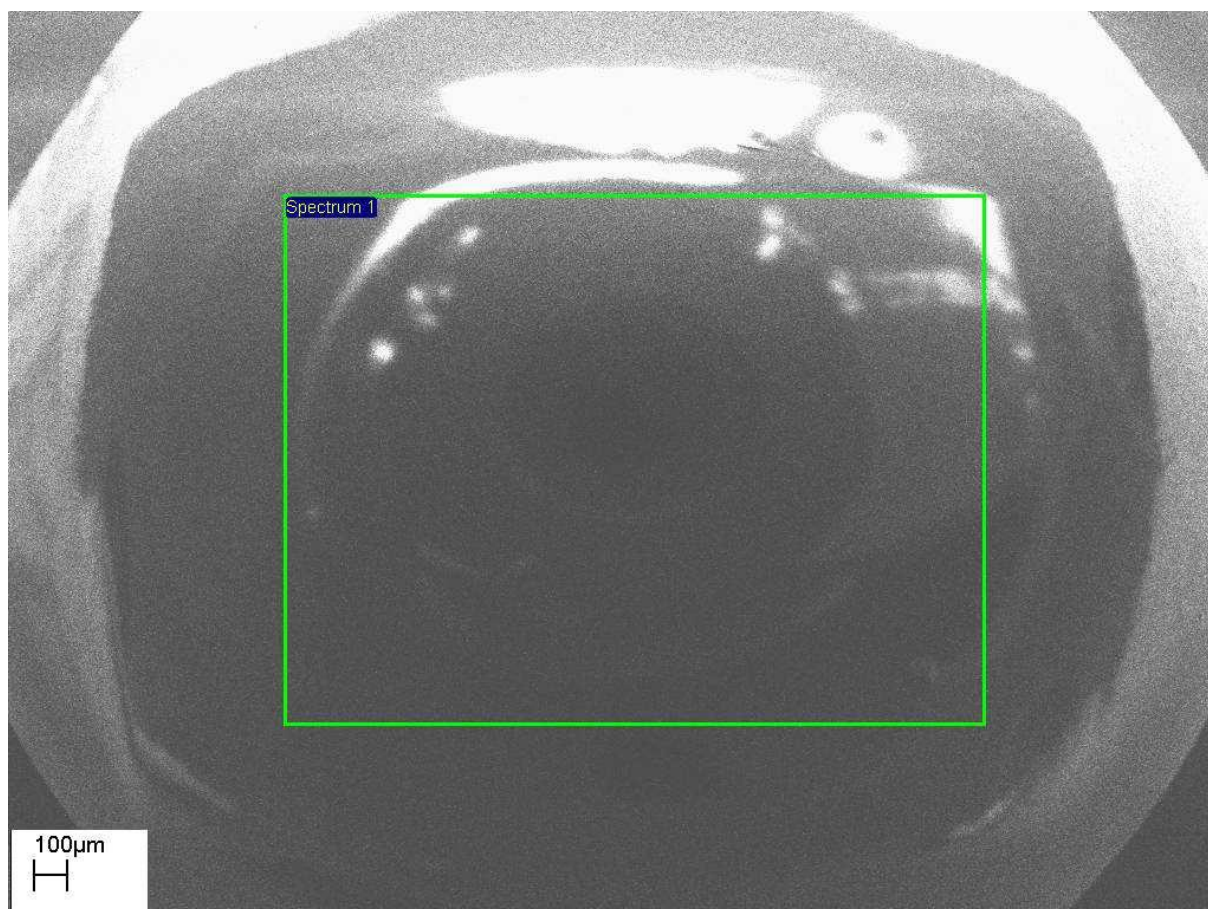
2B. kép: A mintáról készült morfológiai kép.



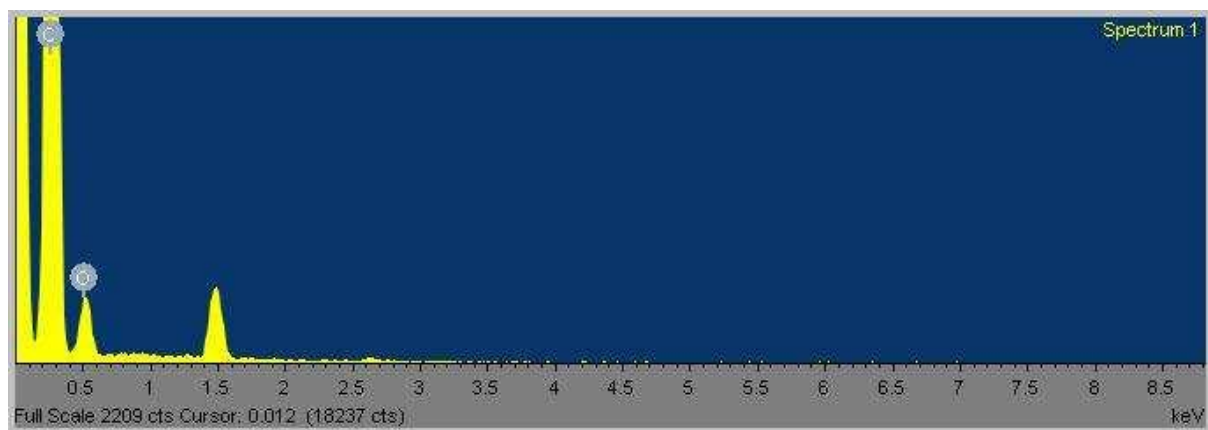
2B.sp Az „2B” képhez tartozó elemspektrum.



2C. kép: A mintáról készült morfológiai kép.



2C.sp Az „2C” képhez tartozó elemspektrum.

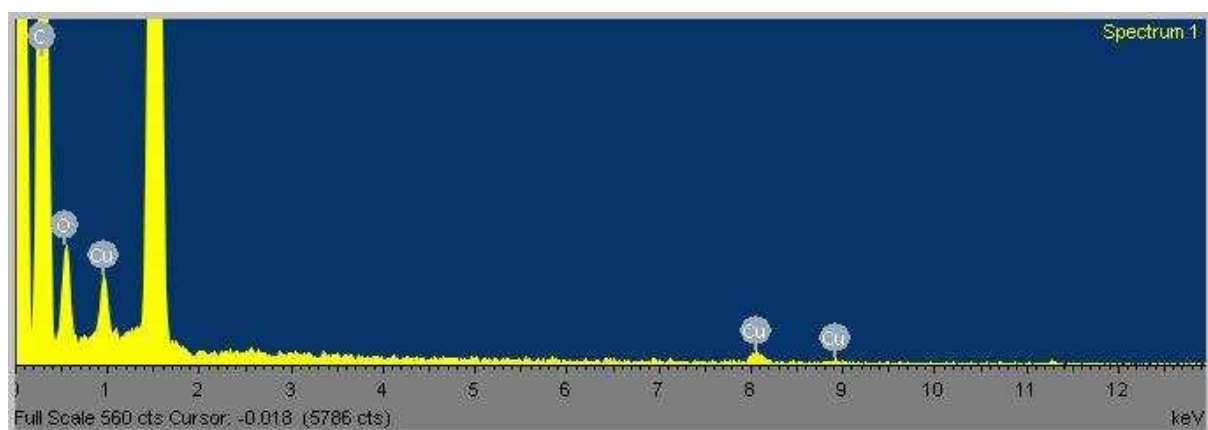


„PQ” minta

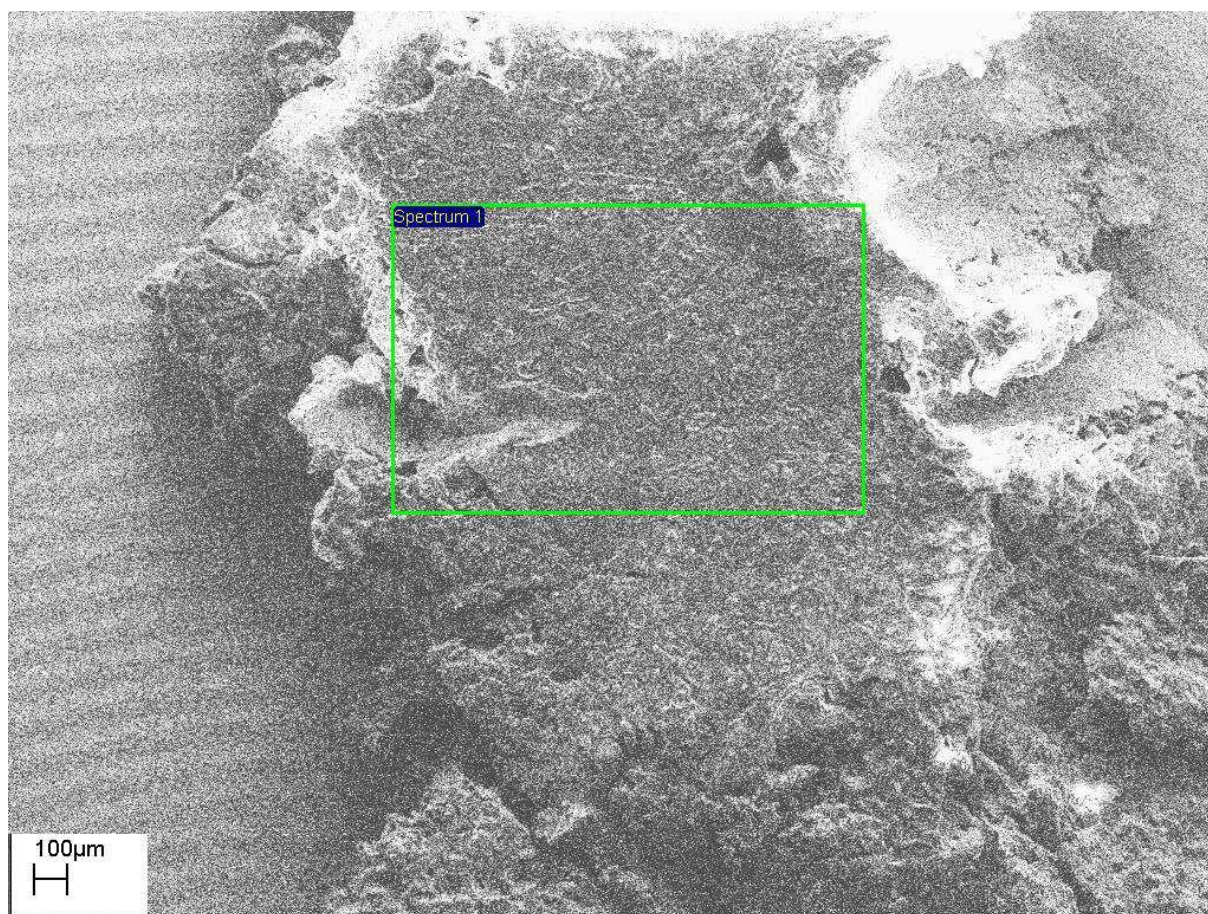
3A. kép: A mintáról készült morfológiai kép.



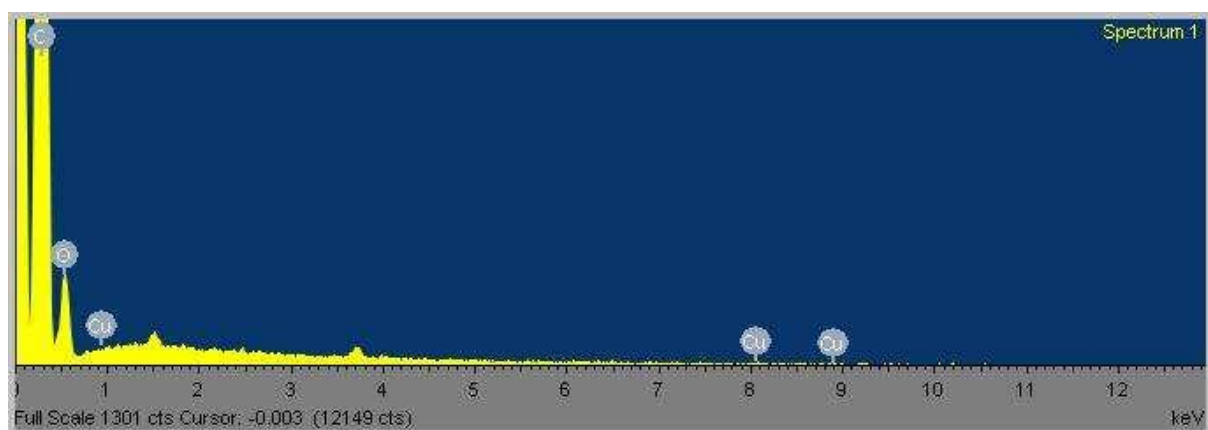
3A.sp Az „3A” képhez tartozó elemspektrum.



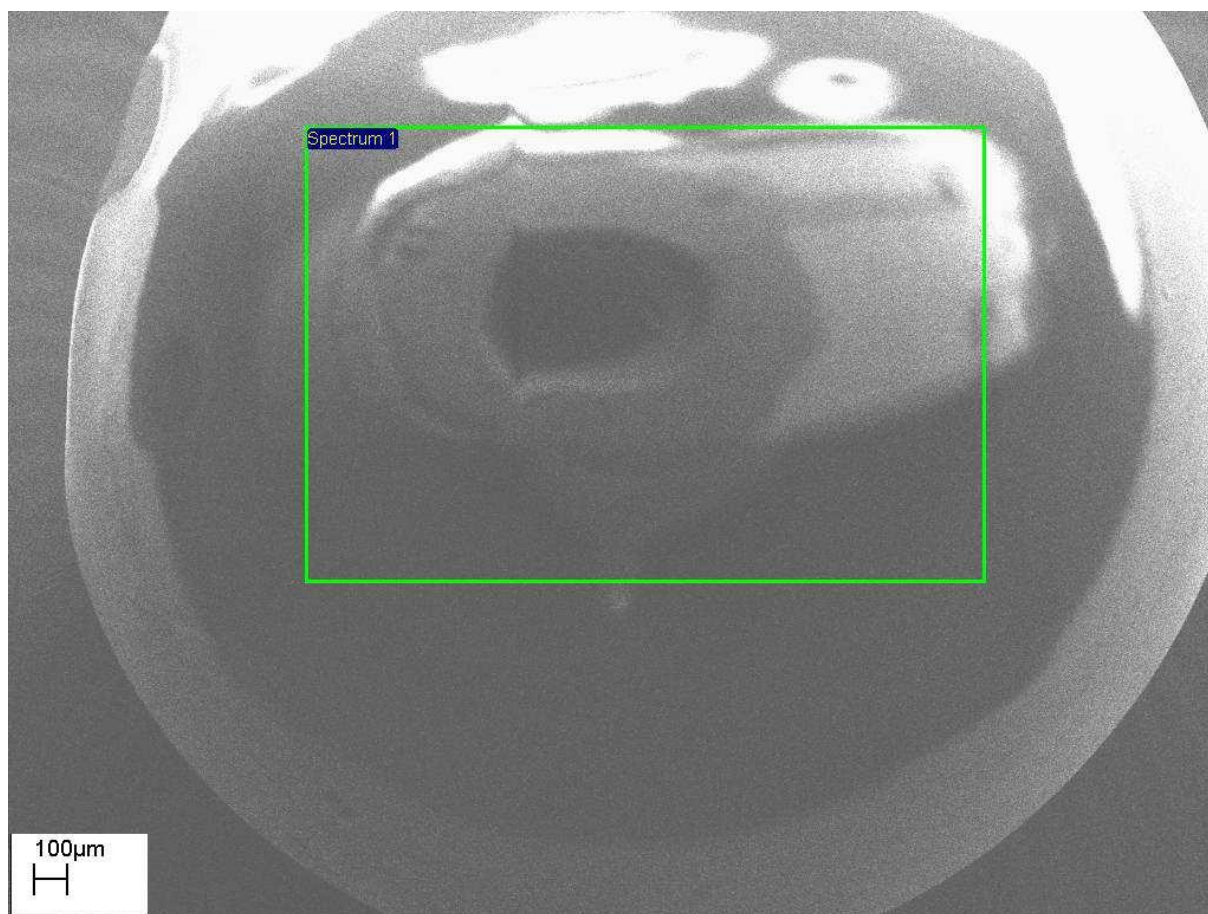
3B. kép: A mintáról készült morfológiai kép.



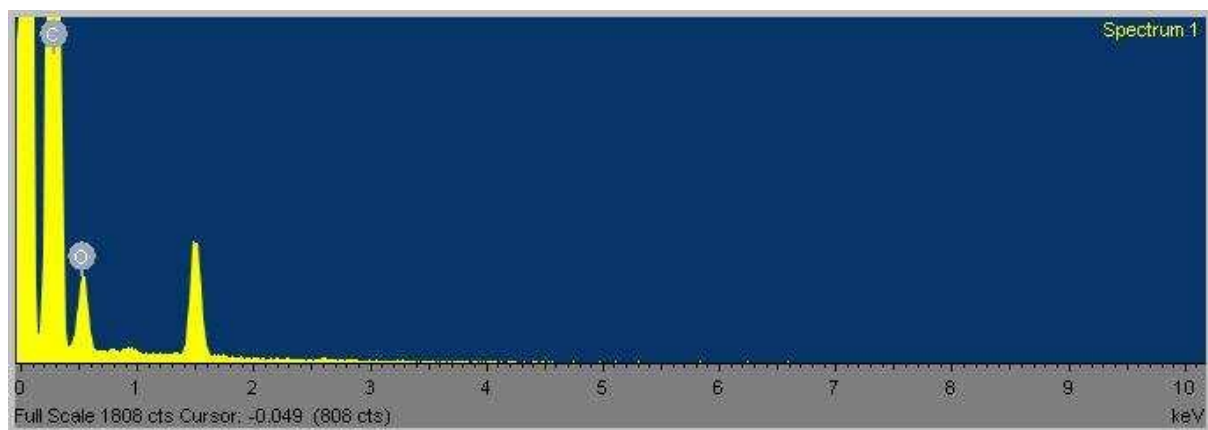
3B.sp Az „3B” képhez tartozó elemspektrum.



3C. kép: A mintáról készült morfológiai kép.

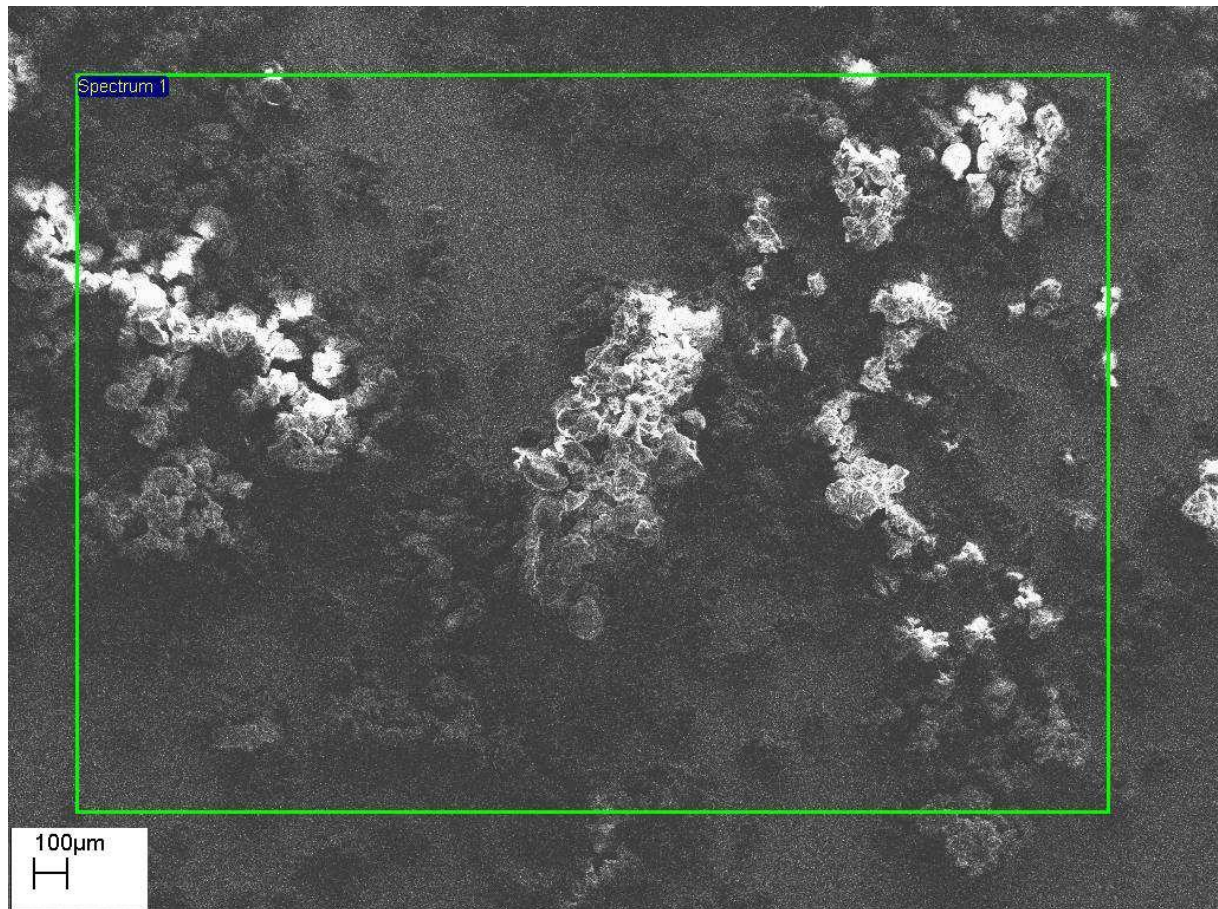


3C.sp Az „3C” képhez tartozó elemspektrum.

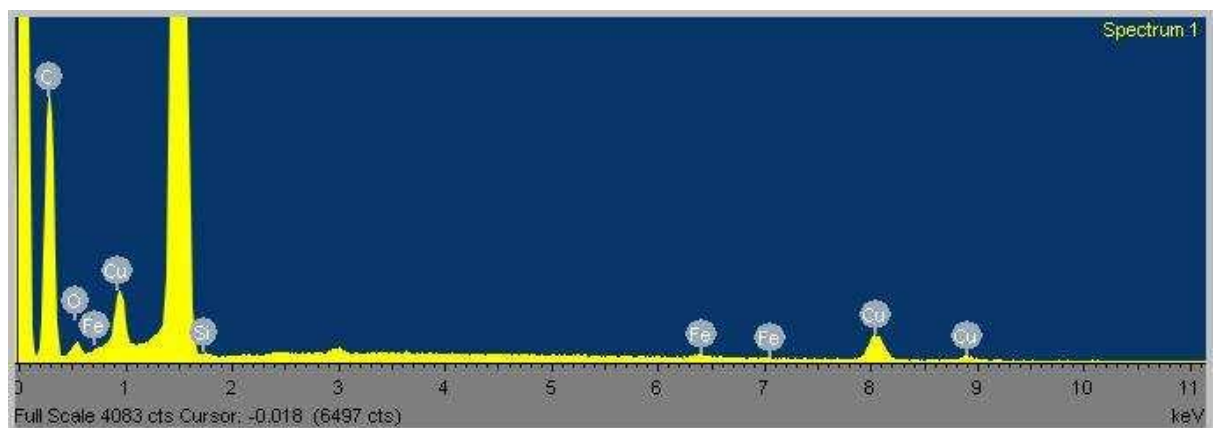


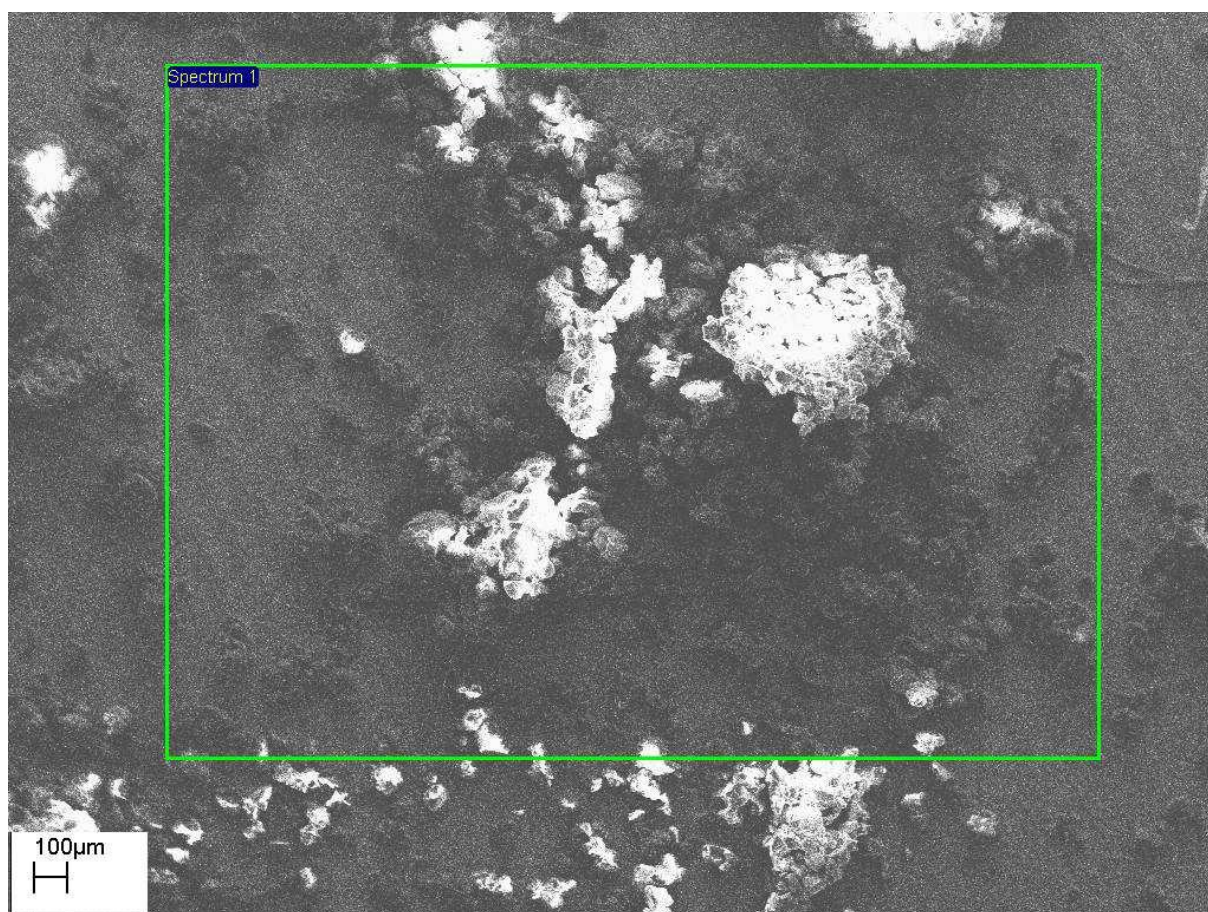
„KIOLVASZTÁS UTÁN HÉJBAN MARADT” minta

4A. kép: A mintáról készült morfológiai kép.

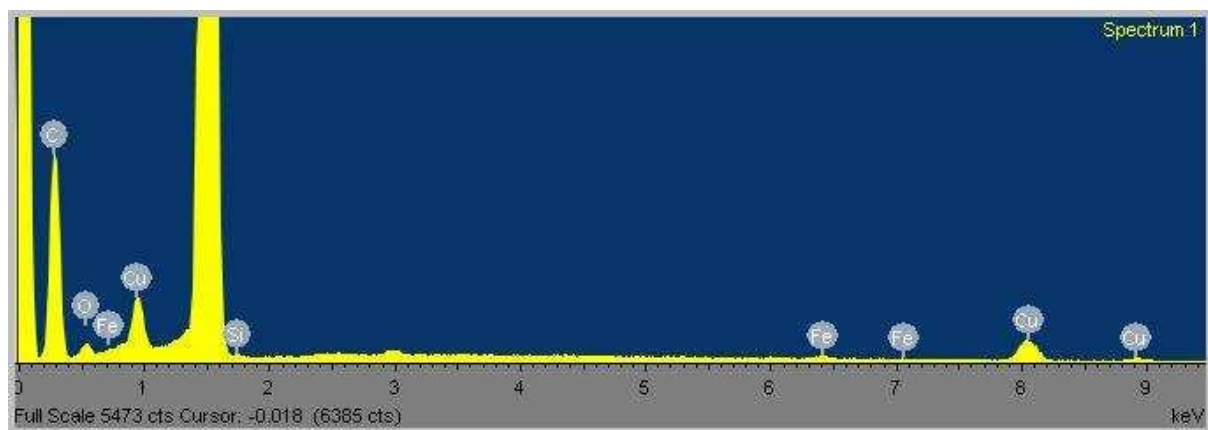


4A.sp Az „4A” képhez tartozó elemspektrum.

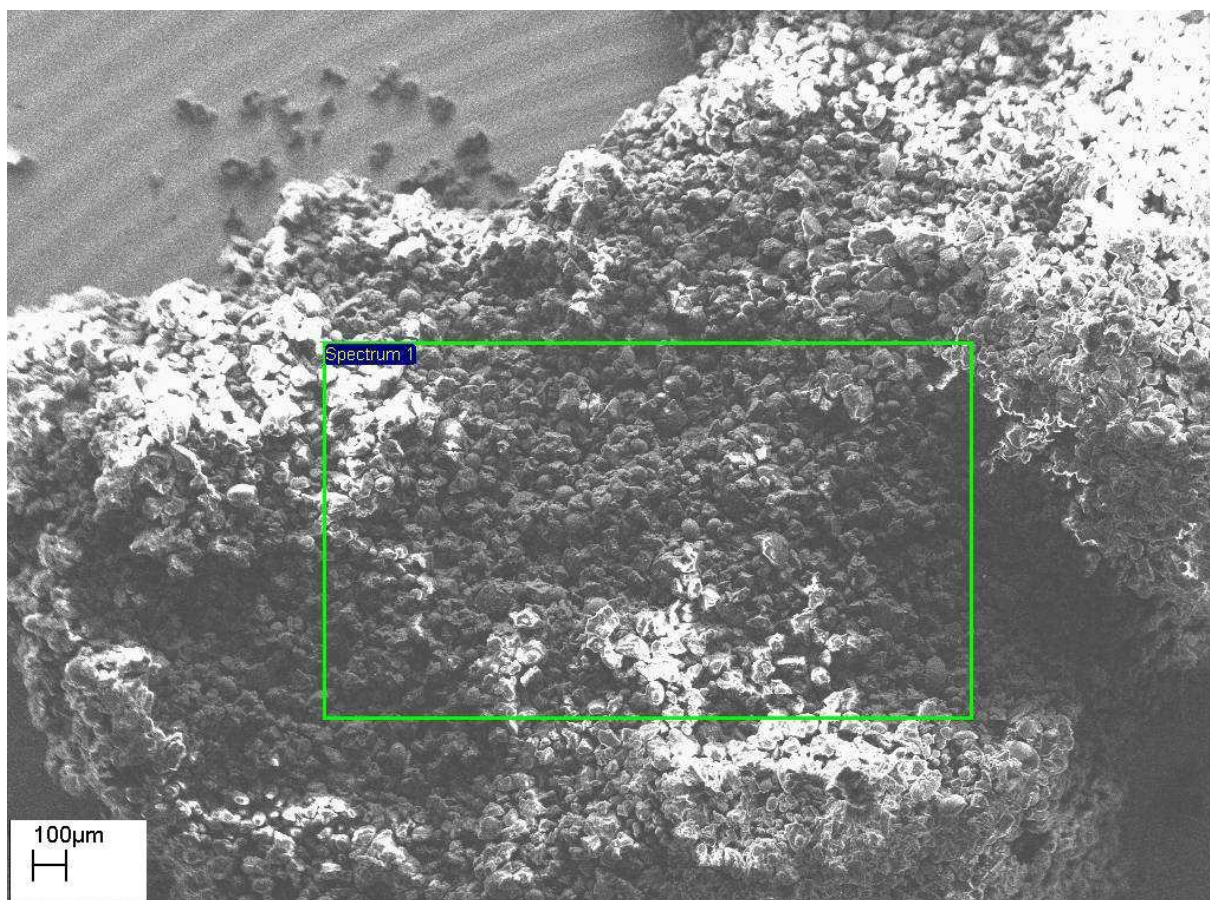




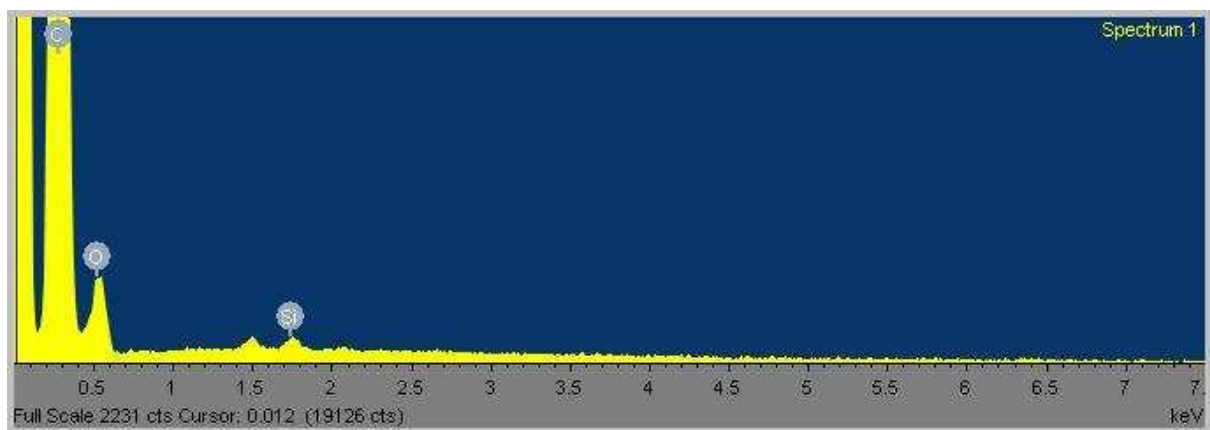
4B.sp Az „4B” képhez tartozó elemspektrum.



4C. kép: A mintáról készült morfológiai kép.



4C.sp Az „4C” képhez tartozó elemspektrum.



8.4 Táblázatok:

1. Táblázat („REG” minta): Vizsgált mintán mért kémiai összetétel atomszázalékban.

	Atom%		
Elemek	1A	1B	1C
C	90,3	91,5	87,9
O	9,5	8,5	11,8
Si	0,2	0,1	0,3

2. Táblázat („REMET” minta): Vizsgált mintán mért kémiai összetétel atomszázalékban.

	Atom%		
Elemek	2A	2B	2C
C	89,4	91,0	89,2
O	10,6	8,3	10,9
Si	0,1	0,2	
Cu		0,6	

3. Táblázat („PQ” minta): Vizsgált mintán mért kémiai összetétel atomszázalékban.

	Atom%		
Elemek	3A	3B	3C
C	88,2	92,9	90,2
O	11,5	7,1	9,9
Cu	0,3		

4. Táblázat („KIOLVASZTÁS UTÁN HÉJBAN MARADT” minta): Vizsgált mintán mért kémiai összetétel atomszázalékban.

	Atom%		
Elemek	4A	4B	4C
C	90,2	89,0	91,7
O	6,0	7,0	8,3
Si	0,4	0,4	0,1
Fe	0,2	0,2	
Cu	3,3	3,4	

8.5 Összegzés:

1. A „REG”, „REMET”, „PQ” minták nem rendelkeznek kimutatható kálium-tartalommal.
2. A „KIOLVASZTÁS UTÁN HÉJBAN MARADT” minta nem rendelkezik kimutatható mértékű kálium-tartalommal.

9. Selejtalakulás

A végellenőrzésen a jelölt darabokat külön kezeltem és folyamatosan feljegyeztem minden adatot. A héjképzéshez tartozó zárványokat külön típusokba foglaltam és a következők szerint rendszereztem a hibákat: [5]

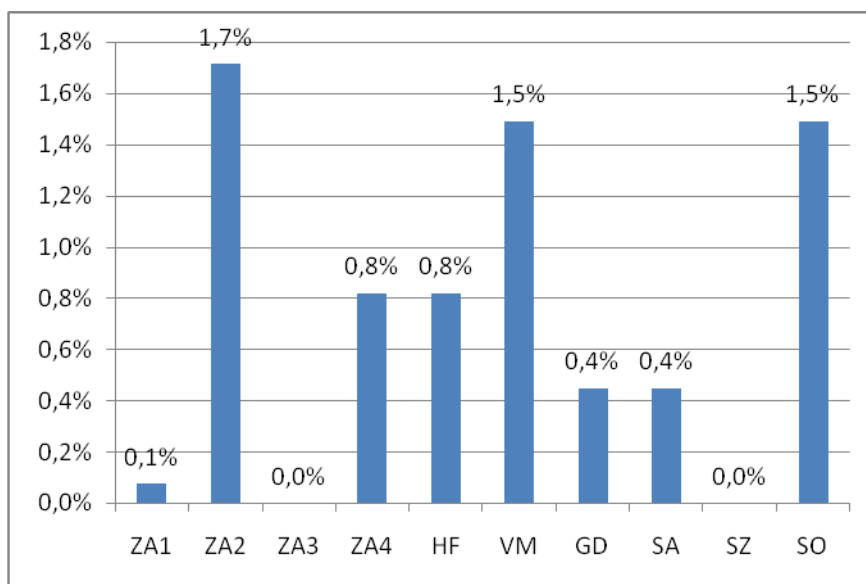
Zárvány típusok	
ZA1.	Apró szemcsés
ZA2.	Héjleválás nagy felületű, pozitív nélkül
ZA3.	Héjleválás nagy felületű, pozitívvel
ZA4.	Héjrepedés pozitív beszakadás
ZA5.	Primer leválás
HF.	Hidegfolyás
VM.	Viaszminta
GD.	Darabolás
SZ.	Szívódás
SA.	Salak
SO.	Egyéb

A következő eredmények születtek:

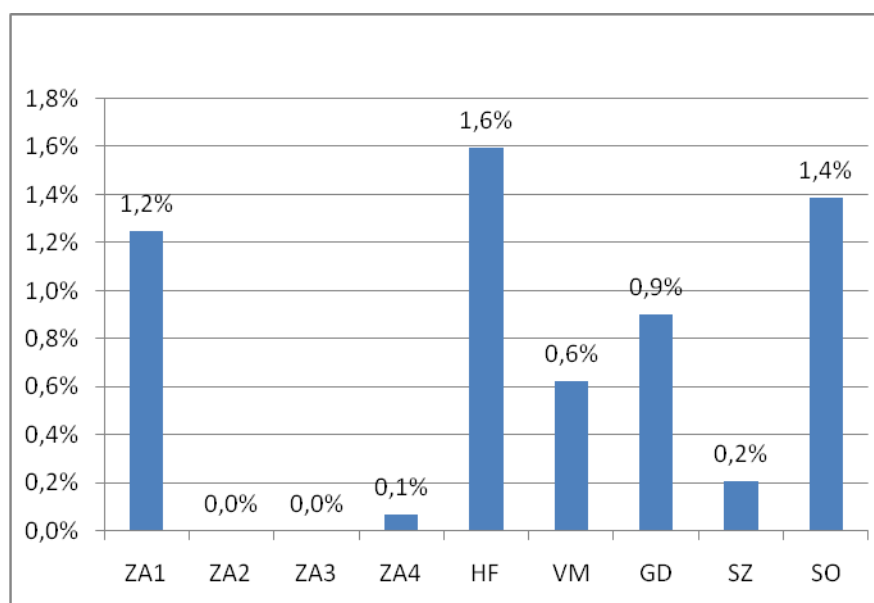
Összesen öntött db:

„PC”:1342 db

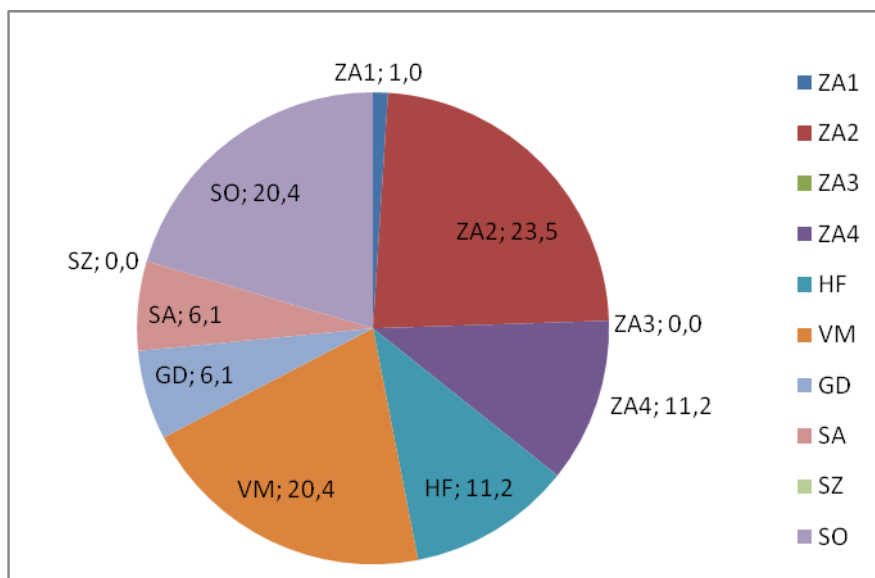
„MC”:1442 db



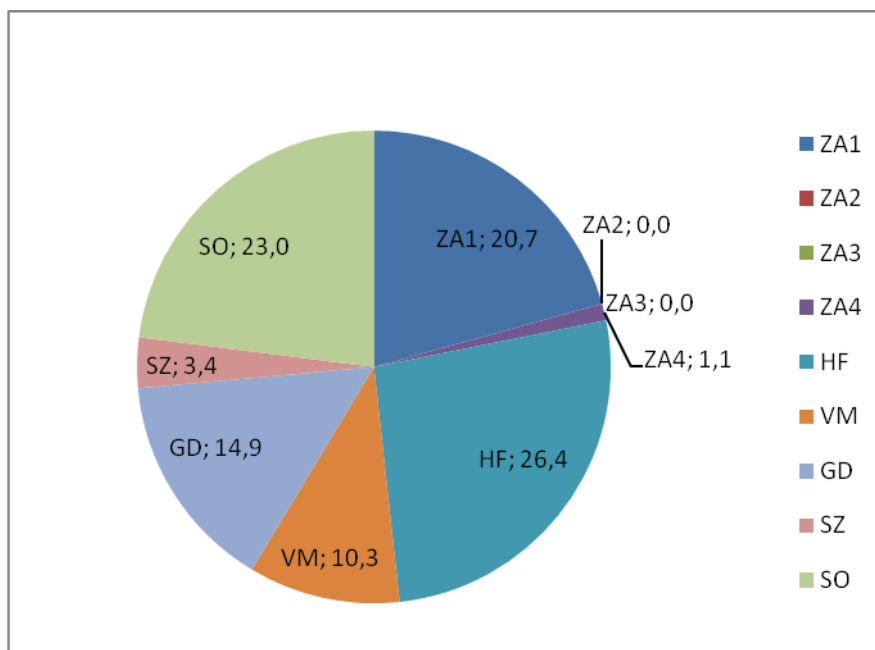
„PC”-„CT”-vel készült öntvények selejtalakulása



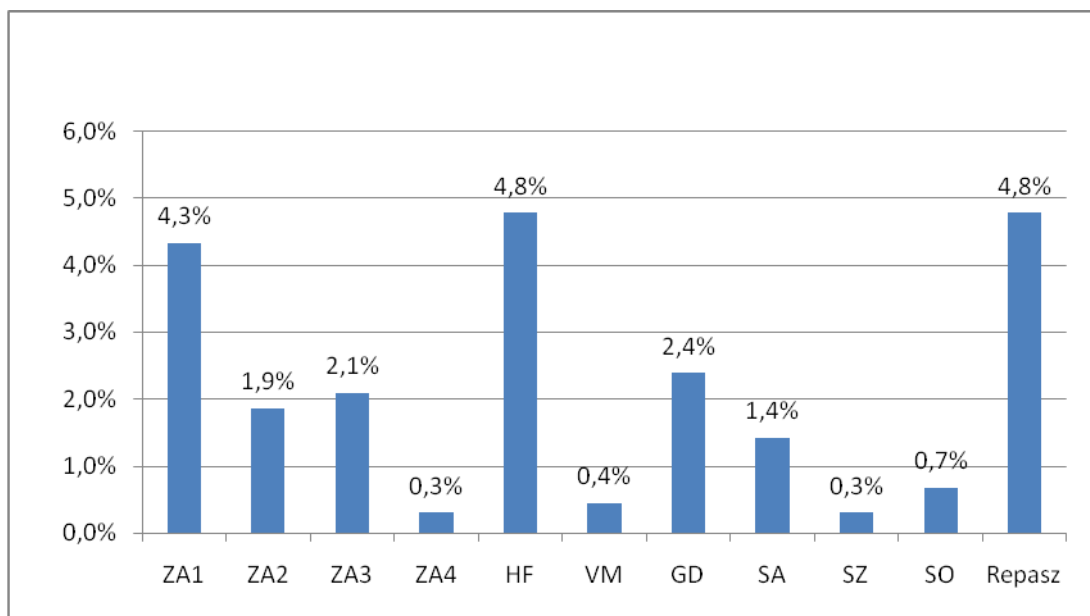
„MC”-„MCv”-vel készült öntvények selejtalakulása



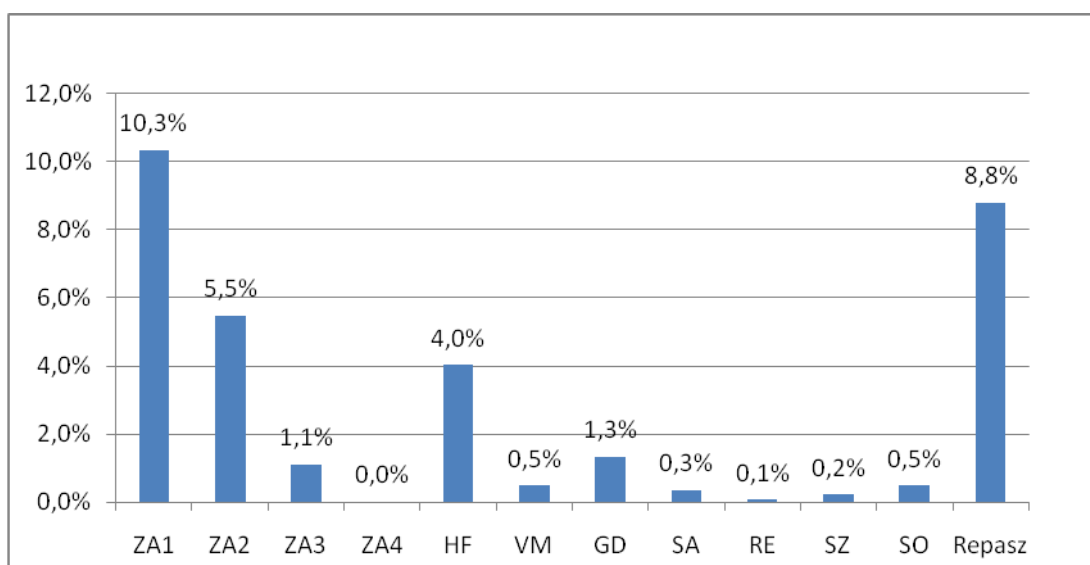
„PC”-„CT”-vel készült selejt öntvények hibaok szerinti százalékos eloszlása



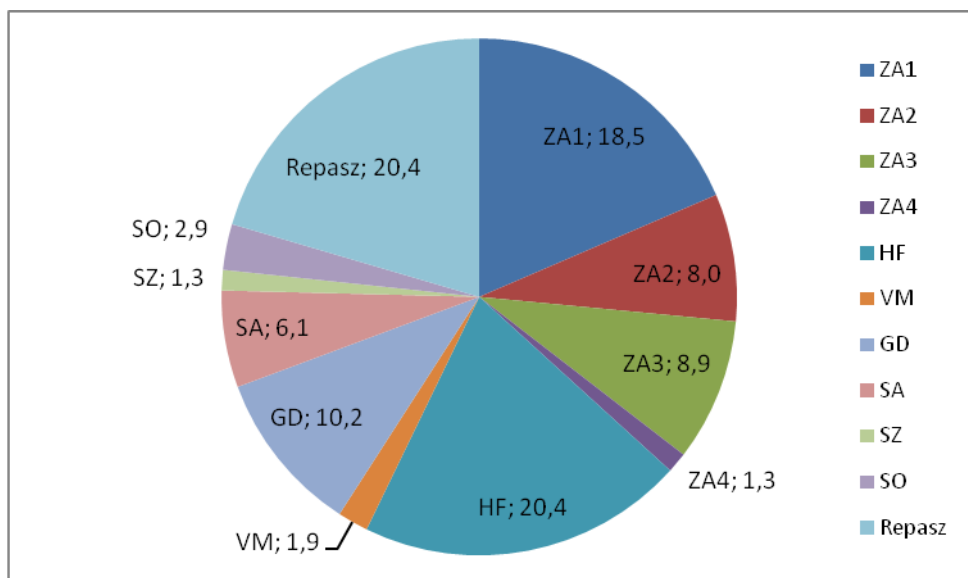
„MC”-„MCv”-vel készült selejt öntvények hibaok szerinti százalékos eloszlása



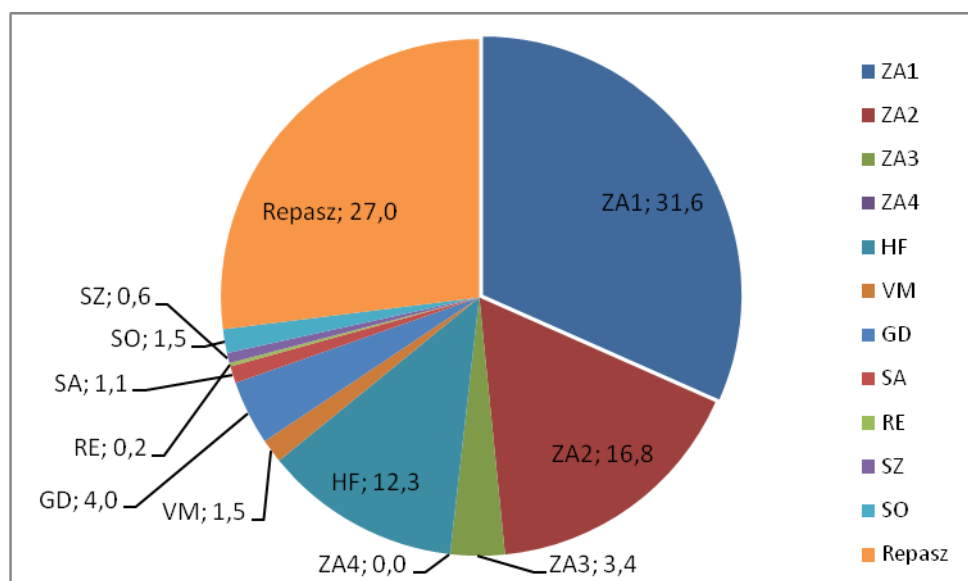
„PC”-vel készül javított ötvények



„MC”-vel készült javított ötvények



„PC”-vel készült javított öntvények hibaok szerinti százalékos eloszlása



„MC”-vel készült javított öntvények hibaok szerinti százalékos eloszlása

A „PC”-„CT” mázzal gyártott öntvények 7,3 % lett selejt, ebből 2,6% a héjképzéshez vezethető vissza. A „PC”-„CT” mázzal gyártott öntvényselejteket 35,7%-át a héjképzéshez köthető zárványok adták. A „PC”-„CT” mázzal gyártott öntvények 23,3 %-án javítható hiba volt, melyből 8,6 százalék héjképzési hiba. Ez azt jelenti, hogy az összesen javított öntvényeknek a 36,74%-a héjképzési hiba.

A „MC” mázzal gyártott öntvényeknek a 6%-a lett selejt. Ezeknek a selejteknek az 1,3 %-a a héjképzéshez köthető, ami az összes selejt 21,83 %-a. Az összes legyártott kísérleti termékeknek 32,7%-a volt javított öntvény, melynek 16,9%-a héjképzési hibából történt. Ez a javított öntvények 51,8%-a.

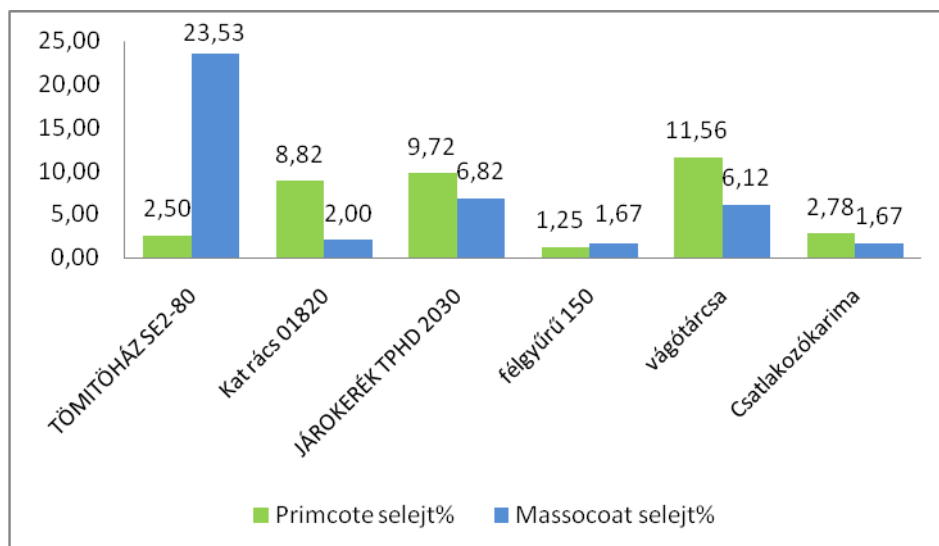
Ezek alapján a „PC” mázzal készült termékeknél nagyobb selejtszázalék volt tapasztalható, és ezek nagyobb része a héjképzéshez köthető. A javított öntvények száma a „MC” máznál volt magasabb, és ennek nagyobb része volt a héjképzéshez köthető, mint a „PC”-nél.

10.Termékspecifikus selejtalakulás

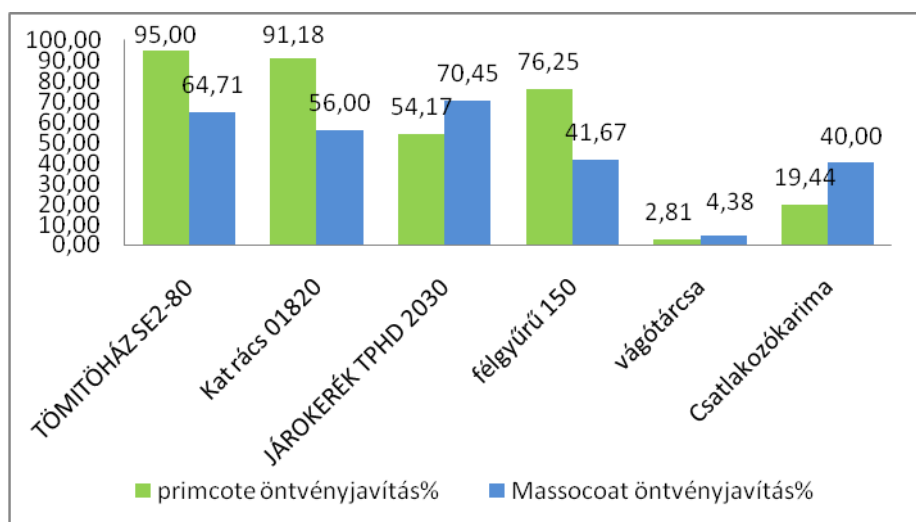
A kísérlet folyamán kijelölt termékekből nem mindegyik futott párhuzamosan mindkét mázzal. Amennyiben csak azokra az öntvényekre koncentráltam, amelyek párhuzamosan futottak; a következőket tapasztaltam.

PRIMCOTE																											
Megnevezés	Öntött	Selejt											Öntvényjavítás														Jav.%
		ZA1	ZA2	ZA3	ZA4	HF	VM	GD	SA	SZ	SO	Σ	selejt%	ZA1	ZA2	ZA3	ZA4	HF	VM	GD	SA	SZ	SO	Repasz	Σ		
TÖMITŐHÁZ SE2-80	40										1	1	2,50	1				29	4	1				3		38	95,00
Kat rács 01820	34						1				2	3	8,82	9	4	4		5	2			4		3	31	91,18	
JÁROKERÉK TPHD 2030	72				2						5	7	9,72	9	5			17					5	3	39	54,17	
félgyűrű 150	80										1	1	1,25	1	5	24	4			20				1	6	61	76,25
vágótárcsa	320		21			4	12					37	11,56											9	9	2,81	
Csatlakozókarima	72										2	2	2,78	3	2			1		1	5			2	14	19,44	
MASSOCOAT																											
Megnevezés	Öntött	Selejt											Öntvényjavítás														Jav.%
		ZA1	ZA2	ZA3	ZA4	HF	VM	GD	SA	SZ	SO	Σ	Selejt%	ZA1	ZA2	ZA3	ZA4	HF	VM	GD	SA	SZ	SO	Repasz	Σ		
TÖMITŐHÁZ SE2-80	34										8	8	23,53	2		3		9					6	2	22	64,71	
Kat rács 01820	50	1										1	2,00	9		7			5			3		4	28	56,00	
JÁROKERÉK TPHD 2030	88				1	1		2			2	6	6,82	28	7			19		5	1			2	62	70,45	
félgyűrű 150	180							2			1	3	1,67	30	17	6				4	2		1	15	75	41,67	
vágótárcsa	800	14				19	9	6			1	49	6,13	21	1			1	2	4				6	35	4,38	
Csatlakozókarima	60					1						1	1,67	3	4			10		1	2			4	24	40,00	

Mindkettő mázzal készült termékek



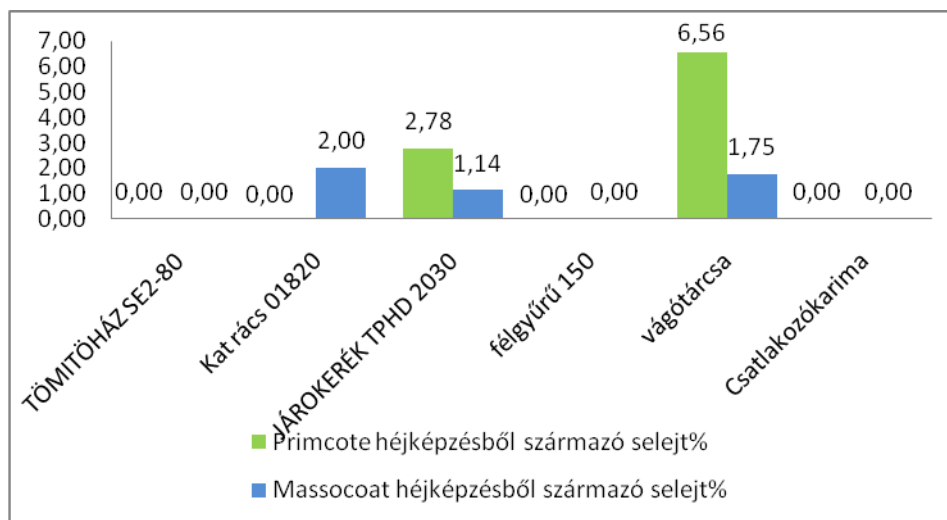
Mindkét mázzal készült termékek selejtalakulása



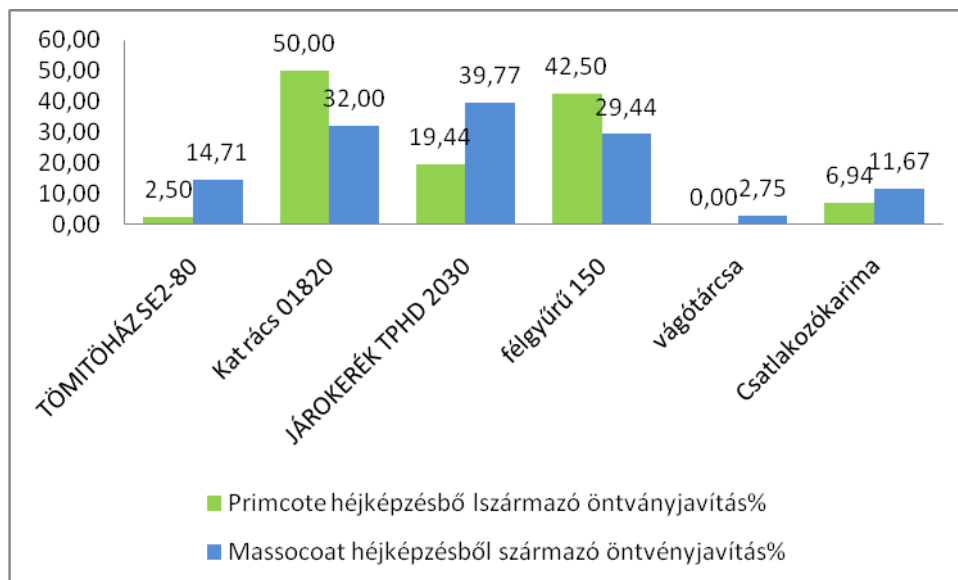
Mindkét mázzal készült javított öntvények százalékos eloszlása

A termékenkénti selejtek alakulásából következtethetünk arra, hogy a termék geometriája nagymértékben meghatározza, hogy melyik máz a megfelelőbb rá. Míg a tömitőháznál azt tapasztaltam, hogy a „PC” mázzal készült öntvények csupán 2,5%-a lett selejt a „MC” 23,53%-ával szemben, addig a többi öntvény a „MC”-t igazolja. Ehhez hasonlóan a javított öntvények eloszlása sem mutat egyértelmű eredményt, az is termékenként változó.

További kérdésként pedig felvetődhet az, hogy a selejtekből adódó százalékos alakulásoknak milyen költségvonzatuk van. Biztosan kimondható-e az, hogy jobban megéri költség szempontjából a gyártott öntvények 70%-át javítanunk („MC”), mint esetleg magasabb selejtarány után („PC”) új terméket gyártanunk?



Héjképzésből származó selejtek alakulása



Héjképzésből származó öntvényjavítások megoszlása

A selejteknél azt tapasztalhatjuk, hogy a tömítőháznál, félgyűrűnél és a csatlakozókarimánál héjképzésből adódó selejt nem volt. A legmagasabb héjképzési selejtarányt a „PC”-vel készült vágótárcsa mutatta.

A héjképzésből adódó öntvényjavítások sajnos már nem mutatnak ilyen kedvező értékeket. Termékenként változó melyik mázzal készült öntvény az, amelyet kisebb mértékben kellett javítani a héjképzésből származó hibák miatt. A „PC” mázzal készült katalizátorrács, illetve a félgyűrű magasabb arányú öntvényjavítást mutattak héjképzési hibákból adódóan, míg a többi öntvénynél a „MC”-vel készültek mutattak magasabb arányt.

11. Egyéni tapasztalatok:

A héjképző dolgozói számára összeállítottam egy kérdőívet, amelyen az egyéni benyomásokat rögzítettem. Továbbá megkérdeztem a dolgozókat néhány a kísérletben szereplő termékről is.

		KÉRDŐÍV								ÖSSZESÍTETT
		MÁZAK								Aláírás:
Kézi mártás:										
BEKEVERŐ TARTÁLY			MÁRTÓ TARTÁLY							
	Máz bekeverés nehézsége	Máz paraméterek betartásának nehézsége	Máz paraméterek betartásának nehézsége	Habzás, buborék képződés mértéke	Máz elterülésének mértéke	Fedés minőségének mértéke	Cirkon feltapadás mértéke (éleken)	Máz stabilitás (kötés kialakulás)		
Massocoat	////	///	////	///	/	///	////	///		
Primcote	////	////	////	////	////	////	////	////		
Robot mártás:										
BEKEVERŐ TARTÁLY			MÁRTÓ TARTÁLY							
	Máz bekeverés nehézsége	Máz paraméterek betartásának nehézsége	Máz paraméterek betartásának nehézsége	Habzás, buborék képződés mértéke	Máz elterülésének mértéke	Fedés minőségének mértéke	Homok feltapadás mértéke (éleken)	Egyenletesség		
Massocoat	////	///	///	////	///	////	////	///		
Customcote	////	////	////	///	///	////	////	////		
X- el jelölni a jobbat(pozitívabbat), egyenlőség esetén mindkettőt x-el kell jelölni!										

A héjképző dolgozóinak összesített kérdőíve

Ezeket összesítettem, mely alapján a következő eredmények születtek.

Ugyan voltak ellentétes vélemények, de a többség egyetértett abban, hogy a primer mázak tekintetében a „PC”-vel könnyebb dolgozni. Kevésbé habzik a máz, könnyebben eloszlik a nagyobb felületeken, nem gyűrődik meg az „MC”-hez hasonlóan. Az élekre is jobban tapad.

További előnye volt, melyet szinte minden héjképzői dolgozó megemlített, hogy a Wippe bokrokat nem kellett előnedvesíteniük.

A szekunder mázagnál, már nem igazán tudtak különbséget tenni, bár ennek inkább az lehetett az oka, hogy ott nehezebb megfigyelni a paramétereket. A „MCv”-nél úgy érezték a bekeverésre alapozva, hogy az kevésbé habzik, de ennek ellenére a „CT”-vel egyenletesebben fedte be a bokrokat.

12.Összesítés, konklúzió

A mázak bekeverése szempontjából nem volt semmilyen különbség. A mártás nehézsége szempontjából a héjképző dolgozói szívesebben dolgoznának a „PC” – „CT” termékekkel. Azonban ezt sem a mázparaméterek betarthatósága sem a héjak minősége nem tükrözte és a későbbi selejtarányok sem. Pontos következtetést nem sikerült levonni, hogy melyik máz optimálisabb a rendszer számára. Az értékek a kísérletek során sokszor változtak és billentek át az egyik oldalról a másikra. Ez arra enged következtetni, hogy nem alapanyag problémával állunk szemben, hanem sajnos magában a rendszerben van a hiba okozója, melyet előbb fel kell tární, majd ezek után kísérletezhet a cég új anyagokkal. [9]

A kísérlet folyamán a héjképző folyamatos figyelmet kapott. Ennek eredményeként és a folyamatos fejlesztések hatására a héjképzéshez köthető összes selejtarány az év eleji értékekhez képest pozitívan változott (25-27. ábra).

Magyarmet Bt.			Hibaokkonkénti selejtlista, öntőde						Lap: 1/1	
Időszak: 2011.05.01 - 2011.05.31			CNA-00669-01 nélkül			Jelentés forrása: MEO				
Hibaok	Darab	Vizsg. %	Selejt %	Tömeg,kg	Vizsg. %	Selejt %	Elsz.ár, eFt	Vizsg. %	Selejt %	
Hidegfolyás	212	1,0	17,6	86,4	0,4	8,1	390	0,5	9,3	
Darabolás	152	0,7	12,6	120,9	0,6	11,3	470	0,6	11,1	
Repedés	61	0,3	5,1	182,9	0,9	17,2	670	0,9	15,8	
Viaszminta	50	0,2	4,1	28,6	0,1	2,7	120	0,2	2,9	
Salak	61	0,3	5,1	53,1	0,3	5,0	180	0,2	4,3	
Zárvány	482	2,2	39,9	358,6	1,8	33,6	1 530	2,1	36,2	
Porozitás	4	0,0	0,3	10,0	0,1	0,9	50	0,1	1,3	
Szívódás	106	0,5	8,8	91,7	0,5	8,6	370	0,5	8,6	
Egyéb öntv.h.	79	0,4	6,5	133,4	0,7	12,5	450	0,6	10,6	
Vizsgált menny.	22 188			19 863,5			72 577			
Ebből selejt	1 207	5,4	100,0	1 065,7	5,4	100,0	4 238	5,8	100,0	

1. ábra Májusi hibaokkonkénti selejtanalitika (forrás: INFOR)

Magyarmet Bt.			Hibaokkonkénti selejtlista, öntőde						Lap: 1/1	
Időszak: 2011.06.01 - 2011.06.30			CNA-00669-01 nélkül			Jelentés forrása: MEO				
Hibaok	Darab	Vizsg. %	Selejt %	Tömeg,kg	Vizsg. %	Selejt %	Elsz.ár, eFt	Vizsg. %	Selejt %	
Hidegfolyás	229	1,6	22,7	149,1	1,0	11,9	800	1,4	14,1	
Darabolás	108	0,7	10,7	79,9	0,5	6,4	440	0,8	7,7	
Repedés	2	0,0	0,2	3,2	0,0	0,3	10	0,0	0,2	
Viaszminta	17	0,1	1,7	8,7	0,1	0,7	50	0,1	0,8	
Salak	52	0,4	5,2	121,1	0,8	9,6	480	0,8	8,4	
Zárvány	475	3,2	47,1	620,2	4,0	49,4	2 870	4,9	50,4	
Porozitás	7	0,0	0,7	5,0	0,0	0,4	20	0,0	0,4	
Szívódás	70	0,5	6,9	160,3	1,0	12,8	710	1,2	12,4	
Egyéb öntv.h.	71	0,5	7,0	113,8	0,7	9,1	340	0,6	6,0	
Vizsgált menny.	14 724			15 456,1			58 003			
Ebből selejt	1 008	6,8	100,0	1 255,7	8,1	100,0	5 689	9,8	100,0	

2. ábra Júniusi hibaokkonkénti selejtanalitika (forrás: INFOR)

Magyarmet Bt.			Hibaokkonkénti selejtlista, öntőde				Lap: 1/1		
Időszak: 2011.07.01 - 2011.07.31			CNA-00669-01 nélkül				Jelentés forrása: MEO		
Hibaok	Darab	Vizsg. %	Selejt %	Tömeg,kg	Vizsg. %	Selejt %	Elsz.ár, eFt	Vizsg. %	Selejt %
Hidegfolyás	254	2,0	23,5	297,3	2,4	23,9	1 160	2,1	19,7
Darabolás	122	0,9	11,3	75,9	0,6	6,1	280	0,5	4,7
Repedés	62	0,5	5,7	64,1	0,5	5,2	630	1,2	10,8
Viaszminta	84	0,6	7,8	62,3	0,5	5,0	220	0,4	3,7
Salak	62	0,5	5,7	95,8	0,8	7,7	1 050	1,9	17,8
Zárvány	263	2,0	24,3	207,8	1,6	16,7	1 010	1,8	17,1
Szívódás	123	0,9	11,4	186,5	1,5	15,0	740	1,4	12,6
Egyéb öntv.h.	113	0,9	10,4	253,9	2,0	20,4	800	1,4	13,5
Vizsgált menny.	12 955			12 605,3			55 047		
Ebből selejt	1 083	8,4	100,0	1 243,5	9,9	100,0	5 892	10,7	100,0

3. ábra Juliusi hibaokkonkénti selejtanalitika

Az áprilist követő hónapokban a héjképzéshez köthető selejtarány értéke csökkent. A július hónapban ezt az értéket sikerült az áprilisi majdnem harmadára csökkenteni. A továbbiakban, hogy nagyobb eredményt érjenek el a héjképzés területén, folytatni kell a már elkezdett munkát. Tovább kell menni az általam megkezdett kísérletekkel a héjképzési hibák okainak feltárása illetve megszüntetése céljából.

12.1 Tapasztalatok, meglátások, felvetések:

A kísérlet során nemcsak a mázak összehasonlításánál merültek fel problémák, hanem további hiányosságok kimutathatóak, érzékelhetőek voltak. A héjképző folyamatos felügyelete által kézzel fogható javulást tapasztalhattunk a selejtarány szempontjából. Megfontolandó kérdés, hogy a héjképző jelenlegi szervezeti felépítése alkalmas e tartani a javuló tendenciát igazgatói beavatkozás nélkül.

A kísérletek elvégzésénél, illetve a folyamatok ellenőrzésénél megállapítottam, hogy a dolgozói kör a felső vezetés közvetlen beavatkozása nélkül nem tartotta be az előírt intézkedéseket, ezzel hátráltatva a héjképzést, a kísérlet hatékonyságát.

A megoldás keresése során a legelső problémával a mázellenőrző lapok kiértékelésekor találkoztam. Szembetűnő volt, hogy a mérések vezetése –SiO₂ 2/hét, Kifolyás 2/nap, Sűrűség 1/nap- teljesen eltért az előírtaktól. Így csak pontatlan következtetéseket tudtam levonni a jegyzőkönyvekből, illetve folyamatos ellentmondásokba kerültem az adatok hiányossága miatt. Tapasztalatok azt mutatták, hogy a mártók nem tartják be az előírtakat, csak ha közvetlen felügyelet alatt állnak. A takarítási rend betartásánál hasonlóak az eredmények. Az elmúlt időben lényegesen javult a tendencia, azonban szigorítani kellene az ellenőrzéseket

mind a mázjelentő lapok pontos vezetésénél, ill. a méréseknél mind pedig a takarítási rend és egyéb előírások betartásánál. Javasoltam mindezek írásba foglalását és a dolgozók azonnali tájékoztatását.

A kísérleti munkacsoport körében az információ áramlása nem volt megfelelő a tapasztalatokkal, intézkedésekkel, valamint az utasításokkal kapcsolatban. Ez alapján javaslatokat tettem, hogy minden észrevételt, értekezést, illetve intézkedést kötelező legyen írásban rögzíteni és az érintett személyeket azonnal informálni a későbbi kellemetlenségek elkerülése érdekében.

A fentiekén túl az alábbi azonnali intézkedéseket kell bevezetni:

1. szabályozni kell a viaszbokrok mosási folyamatának lépéseit, új zuhany beállítása
2. a primer máz száradási idejét az alábbiak szerint kell beállítani: egyszerűbb daraboknál 4-6 óra bonyolult daraboknál 6-10 óra,
3. a kiegészítés első periódusában nagy oxigénfelesleget kell biztosítani a tökéletes viaszelégés érdekében.
4. előnedvesítés szükséges a primer és az első szekundár máz közé
5. megfelelő belső oktatás kialakítása a dolgozók között, továbbképzés
6. a készen bekevert alapanyagú máz előnyben részesítése

Megállapításaim szerint a két mázképző anyag minősége megfelelőnek bizonyult, minden jel arra utalt, hogy technológiában kellett tovább keresni a hibát. Erre utalnak azok az üzemi jelenségek is, melyekkel a tárolási és héjképzési folyamat felülvizsgálata során találkoztam. Az alapanyag tárolására illetve a technológiai fegyelem betartására vonatkozó javaslataim figyelembe vételével a megismételt kísérletek a selejtszázalék lényeges csökkenését eredményezték.

13.Felhasznált irodalom:

- 1) Martin Hutchins: Binder Innovations for Investment Casting
- 2) David A Ford: Future Trends in Investment Casting (No.40.2010)
- 3) Andrea Salvadé, Samuel Poretti, Ricardo Monleone: Ceramic moulds production process time using innovative contactless microwave moisture measurement method (Krakow, 16-18 May, 2010)
- 4) Mr. Peter J Roach: Electrophoretic Deposition of Primary Coat onto Investment Casting Wax Patterns (2009)
- 5) MAGYARMET Finomöntöde Bt.; Papp Sándor műszaki igazgató, Dudás Béla főmetallurgus
- 6) Varga Lajos: MTA Kémiai Kutatóközpont Nanokémiai és Katalízis Intézet (2011 szeptember)
- 7) Mágnesesség és Metallurgiai Csoport: Szilárdtest Fizikai és Optikai Kutatóintézet; MTA (2011 Augusztus)
- 8) Dr. Rajesh S Ransing: Challenges in Investment Casting Process Control
- 9) Eddie Blackwell: Shell management system for today's investment caster