



MISKOLCI EGYETEM
MŰSZAKI ANYAGTUDOMÁNYI KAR
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT
3515 MISKOLC Egyetemváros



Ideális karbon/szulfát arány meghatározása a float üveg gyártásban

Készítette:

Nagy Árpád

Konzulensek:

Dr. Simon Andrea

Egyetemi adjunktus

Paróczai Csilla

Melegvégi technológus

Kerámia és Polimermérnöki Intézet
2012

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	3
1 A float üveg gyártás	4
1.1 Float üveg gyártás.....	4
1.2 Guardian Orosháza Kft.	5
2. Buborékok eltávolítására használt módszerek	6
2.1 Fizikai módszerek.....	6
2.2 Kémiai módszerek	6
3. Ideális karbon/szulfát arány meghatározása.....	8
3.1 Elméleti számítások.....	8
3.1 Alapanyagok szulfát tartalma	10
3.2 Nyersanyagok szerves anyag tartalma.....	15
3.3 keverés vizsgálata	16
3.4 Számítások.....	18
3.5 Gyakorlati értékek vizsgálata	19
Összefoglaló	21
Irodalomjegyzék.....	22
Köszönetnyilvánítás	23

Bevezetés

Az olvadék és a folyadék közötti egyik, fő különbség a gázoldó képességük változása a hőmérséklet hatására. A folyadékok gázoldó képessége a hőmérséklet növelésekor csökken, míg az olvadékoké növekszik, e jelenség több olvadékból kiinduló, vagy olvadékot képző gyártási technológiára károsan hat. Az olvadék lehűlve veszít gázoldó képességéből és a gázok buborékokat alkotva kiválnak. Amennyiben e buborékok kihajtása az olvadékból nem sikerül, úgy az a szilárd állapotban lévő anyagokban is megmarad jelentős hibát okozva ezzel [1], [2]. A float üveggyártás során ez a probléma rendkívül fontos, mivel az üvegekbe szemben pl. a fémekkel „belelátunk”, ezért az igen kicsi buborékok is egyből szabad szemmel észrevehetőek és selejtet okoznak. Ezek a buborékok nem csak esztétikailag rontják az üveg minőségét, de a körülöttük megváltozott feszültségi viszonyok is komoly károkat okozhatnak [3]. A probléma megoldásához, vagy el kell érni, hogy ezek a gázok oldott állapotban maradjanak a kész üvegben is, vagy gondoskodni kell az eltávolításukról még olvadék állapotban. Dolgozatomban nagy vonalakban bemutatom a buborékok képződésének és eltávolításuknak lehetőségeit. Az egyik ilyen lehetőség a karbon és a szulfát adagolásával végbemenő reakció az olvadékban [2]. A Guardian Orosháza Kft. gyártási adatait felhasználva konkrét számításokat végeztem a karbon és a szulfát ideális arányának meghatározásához, az adott gyártási technológiában. A gyakorlatban használható képleteket próbáltam felírni a keverékbe szükséges karbon, ill. szulfát mennyiségének meghatározásához. Ehhez felhasználok a 2012. január 01. és 2012. július 1. közötti gyártási adatokat, valamint a nyersanyagok kémiai elemzésének eredményeit.

1 A float üveg gyártás

1.1 Float üveg gyártás

A float üveg kifejezés magyarul úsztatott üveget jelent, ez jól kifejezi a gyártási technológiát. Az eljárást 1950-es évek végén dolgozták ki a Pilkington testvérek. A float üveg gyártás túlnyomó többségében mész-alkáli üveget állít elő, egy ilyen mész alkáli üveg általános receptje látható az 1. táblázatban.

1. táblázat Általános mész-alkáli üveg receptje

Alapanyag	Bemérés /kg/
Homok (száraz)	2000
Dolomit	500
Mészkő	180
Szóda	560
Szulfát	26.0
Petrol koks	1.70
Nátronlúg	80
Víz	táblázat szerint
Cserép	630

A gyártási folyamat elején a különböző nyersanyagokat a recept szerint bemérik, majd homogenizálják. Keverés közben adagolják a keverékhez a vizet és a lúgot, pontosan beállítva, annak nedvesség tartalmát. A kész keverék megolvasztása a mai modern gyárakban regeneratív üvegolvasztó kádkemencében történik. A kemence a szimmetrikus felépítésű, a tüzelés felváltva történik a két oldalon elhelyezett égőkön. A beadagolt keverék kb. 72 órát tölt a kemencében mely 3 fő részre osztható. Az olvasztótérben történik az olvadék olvasztása gázégők segítségével, illetve mennek végbe a különböző kémiai reakciók. A pihentető térben már nem történik tüzelés, itt történik az üveg fizikai tisztulása, a buborékok egy része is távozik, valamint a természetes áramlások miatt az üvegolvadék homogenizálódik. A pihentető tér végén általában keverők vannak telepítve, ezzel is elősegítve a tisztulást és a homogenizálódást. A kemence végén található a pihentető-tisztuló tér itt történik az olvadék kémiai tisztulása. Az olvadékban lévő buborékok, oldott gázok itt távoznak, illetve befejeződik az üveg homogenizálódása. Az olvadékot ezután folyékony ón felszínére vezetik, így az üveg úszva az ónon teljesen sík lesz. Az olvadék továbbítását illetve a szalag Széllességének beállítását ún. szélfogó gépekkel végzik, melyek az üvegszalag szélébe kapaszkodva húzzák szét vagy tolják össze a képlékeny olvadékot. A szélfogók végén lévő fogaskerekek vízhűtésűek állítható a szalaggal bezárt szögük, helyzetük, illetve fordulatszámuk Az ón olvadás pontja kisebb, mint az üvegé, ezért az üveg itt már teljesen megszilárdul, a két oldala egymással párhuzamos lesz. A folyamatos üvegtáblát hengerekkel

továbbítják, és irányított hűtéssel hűtik szobahőmérsékletűre. Nagyon fontos a megfelelő feszültségi viszonyok beállítása, mely biztosítja az üveg vághatóságát, de túl nagy értékek esetén a termék spontán törését okozhatja. A hűtő szalag ezután általában átfogó minőségellenőrzésen esik át, ahol az üveg fizikai tulajdonságait mérik, valamint a keletkezett üveghibákat keresik és jelölik meg. A megfelelő minőségi osztályba sorolják az üveget. Automatizált üvegágók segítségével vágják szabványos méretekre az üveget, és távolítják el a megjelölt hibákat. A hibás részek a cseréptárolóba kerülnek, innen adagolják újra a keverőbe újraolvasztásra. A kész táblák ezután a raktárba kerülnek majd innen kiszállításra a megrendelőköz [4].

1.2 Guardian Orosháza Kft.

A Guardian a világ egyik vezető síküveg gyártó vállalata. 1991 óta folytat termelő tevékenységet Magyarországon. Először Guardian Hunguard Kft., ma Guardian Orosháza Kft. néven készít úszatott eljárással float üveget orosházi gyárában (1. ábra). A 2004-es



1. ábra. Guardian Orosháza Kft gyár épülete

modernizációs eljárás nyomán a Guardian orosházi termelése napjainkban 165-170 ezer tonna. A Guardian Orosháza Üvegipari Kft. alapvetően a magyar, illetve a környező országok piacait szolgálja ki kiváló minőségű síküveg termékekkel, mint alapanyaggal.

Ezen túlmenően a Guardian magyarországi gyára forgalmazza, illetve értékesíti a Guardian más gyáraiban gyártott korszerű síküveg

termékeket is úgy, mint vékonyréteg-bevonatos hő és

napvédő reflexiós üvegeket. 1994-ben üvegágó és él csiszoló, 1997-ben tükörgyártó sorral, 2007-ben pedig vékonyréteg bevonó sorral bővült a társaság tevékenysége.

2. Buborékok eltávolítására használt módszerek

Az olvadék gáz tartalmának csökkentésére használt módszerek két nagy csoportba sorolhatók, lehetnek fizikai és kémiai tisztulást segítőek. E két módszer együttes alkalmazása is elterjedt [2].

2.1 Fizikai módszerek

Keverés: Egyrészt homogenizál másrészt az olvadék intenzív mozgásával elősegíti a buborékok távozását. Több típusú keverő is használatos a mai modern üveggyártásban. Általános kritérium, a keverő anyagával szemben, hogy az olvadék magas hőmérsékletén is megőrizze szilárdságát, és a magas hőmérsékletű üvegben ne oldódjon. A Guardian orosházi síküveggyárában 12 db keverő van elhelyezve a pihentető tér és a kidolgozó tér között az ún. stirrer kádban. Ezen a ponton az olvadék kb. 1150-1200 °C-os [4].

Átbuborékoltatás: Ez a módszer a buborékokra ható felhajtó erő növelésén alapszik, a felhajtó erő az (1.) egyenlet szerint írható le Stokeses törvénye szerint.

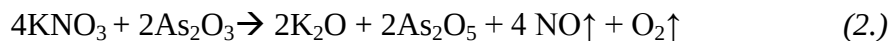
$$F_{fel} = \frac{2g\Delta\rho r^2}{9\mu} \quad (1.)$$

Látható, hogy a buborék sugarának növelésekor (r.) exponenciálisan növekszik a felhajtó erő, ezt kihasználva minél nagyobb sugarú buborékokat kell létrehozni az olvadékban, melyek „összeszedik” a kisebb buborékokat, és távoznak a rendszerből. A nagy átmérőjű stabil buborékok létrehozására több lehetőségünk van, például az olvadék aljában elhelyezett fúvókákon keresztül, valamilyen gáz áramoltathatunk az olvadékon át, ebben az esetben fizikai tisztulásról beszélünk, mivel kémiai reakció nem játszódik le.

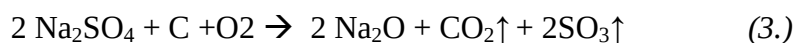
2.2 Kémiai módszerek

Nagyméretű buborékokat az olvadékban kémiai reakciók útján is létrehozhatunk. Ehhez olyan anyagokat adagolunk a keverékhez melyek reakcióba lépnek egymással, és a reakció termék, olyan gáz mely nagyméretű és stabil buborékokat képes képezni az üvegben, ilyen gázok

például az O₂, CO₂, SO₂, és NO [1], [2]. Kémiai tisztulást elősegítő reakciókból több lehetőség is kínálkozik elterjedt az arzén és az antimon oxidok alkalmazása, valamely nitrát vegyülettel például a kálium nitrát és az arzén-oxid reakciója (2. egyenlet) [1].



A reakcióból képződött kálium-oxid és Arzén-pentoxid beépül az üvegbe, míg a nitrogén-oxid és az oxigén nagyméretű buborékokat képez, melyek segítik az üveg tisztulását. Másik elterjedt reakció valamilyen szulfát vegyület és karbon reakciója a (3.) egyenlet szerint, itt nátrium-szulfát, karbon és oxigén reakciójából jönnek létre a kívánt gázok [1].



A képződött Na₂O beépül az kész üvegbe a 2. ábrán látható módon. Csökkenti a keverék olvadás pontját és az olvadék viszkozitását [5].

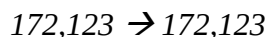
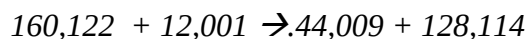
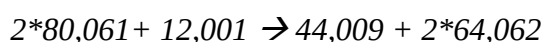
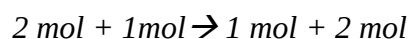
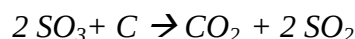
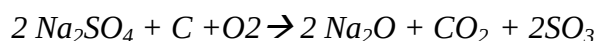


2. ábra. Nátrium beépülése az üveg szerkezetébe <http://www.pilkington.com/pilkington-information/about+pilkington/education/chemistry+of+glass.htm>

3. Ideális karbon/szulfát arány meghatározása

3.1 Elméleti számítások

A Guardian Orosháza Kft.-nél a (3.) *egyenletet* használják az üveg kémiai tisztulásának elősegítésére, ezért ezt a módszert vizsgáltam meg közelebbről. Az egyenletet először is leellenőriztem a mérlegelvnek megfelelően a kiinduló és a keletkező anyagok tömegeke szerint, majd ezen adatokból kiszámoltam a reakcióhoz szükséges elméleti karbon/szulfát arányt.

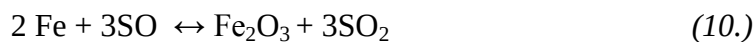
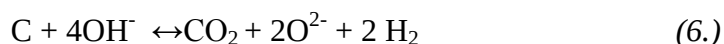


$$\text{Elméleti ideális } \frac{\text{karbon}}{\text{szulfát}} \text{ arány: } \frac{m_c}{m_{\text{SO}_3}} = \frac{12,001}{160,122} = 0,0749 \quad (4.)$$

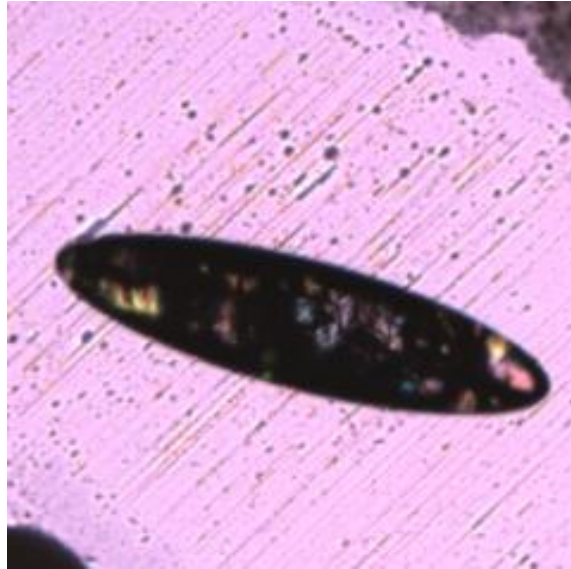
A reakcióból keletkezett CO₂ és SO₂ kellően nagy sugarú és stabil buborékokat képez [5]. Ideális esetben, e gázok az olvasztótérben abszorbeálódnak az olvadékban majd a hőmérséklet csökkenésével a kidolgozó térben kiválnak és a keletkező nagyobb buborékok segítik a kisebbek eltávolodását [1], [2], [6]. Természetesen ez a folyamat csak elméletileg játszódik így le, gyakorlatilag, már a beadagolás utáni rövidtávon is megkezdődhet a buborékok

képződése. A keletkezett buborékok eltávozása sem garantált a rendszerből, ez főleg a szén-dioxid esetében áll fent, mivel, e buborékok mérete kisebb, mint a kén-dioxid buborékoké [3].

A (3.) és (4.) egyenlet tökéletes keveredést feltételez. Tökéletes keveredésről, akkor beszélünk, ha a keverékből bármennyi mintát kivéve a minták mindig ugyan olyan arányban tartalmazzák az összetevőket, de gyakorlatilag egyik keverési eljárás sem száz százalékos A két egyenlet nem veszi figyelembe az esetleges mellék reakciókat sem, melyek közül a legfontosabbak a láthatóak az (5.)-(12.) egyenletekben.



A fenti reakció egyenletekből látható, hogy a (3.) egyenleten kívül még számos más reakció is lejátszódhat. Az entalpiaváltozásokat figyelembe véve a (3.) egyenlet játszódik le a legnagyobb valószínűséggel, de a gyakorlatban bármely reakció lejátszódására, van esély [2]. A különböző reakciók lejátszódása a valóságba maximum a füstgáz összetétel változással, vagy az üveghibák (buborékok) megjelenésével igazolhatóak. A pontos mechanizmus azonban a rendszer zártsága miatt nem vizsgálható, csupán elméleti feltételezések vannak. A karbon minden esetben oxidálódik az olvasztás hőmérsékletén, Amennyiben a mellékreakciók nagy számban játszódnak le, több CO₂ tartalmú buborék észlelhető a végtermékben. Amennyiben a szulfát redukciója elmarad, jellegzetes szulfát zárványokat okozhat az üvegben (3. ábra), illetve a késztermék oldott SO₃ tartalmát növeli [1] ,[6].



3. ábra. SO_3 zárvány az üvegben

A gyakorlati számítások elvégzéséhez az elméleti arányból kell minden esetben kiindulni. Az (5.), (6.), (7.) egyenletekből látszik, hogy a túl magas nedvesség tartalom is „elhasználhatja” a kARBONT a szulfát redukciója előtt, ugyan ez a veszély áll fent, ha a kemencében nagy oxigén többlet jut be (8.) és (9.) egyenletek játszódhatnak le. A karbonhoz hasonlóan a szulfát is képes reakcióba lépni a kemence atmoszférájának oxigén tartalmával. A (10.) és (11.) egyenletek egyéb főleg fémes szennyezők jelenlétében mehet végbe, valószínűségük sokkal kisebb. A (11.) egyenlethez nagy elektronegativitású fémnek kell a szilícium-dioxidot redukálni, hogy a szulfáttal reagálni tudjon. A megfelelő tömegű karbon és szulfát beadagolásához tisztában kell lenni a többi alapanyag karbon (szerves anyag), illetve szulfáttal való szennyezettségének mértékét is.

3.1 Alapanyagok szulfát tartalma

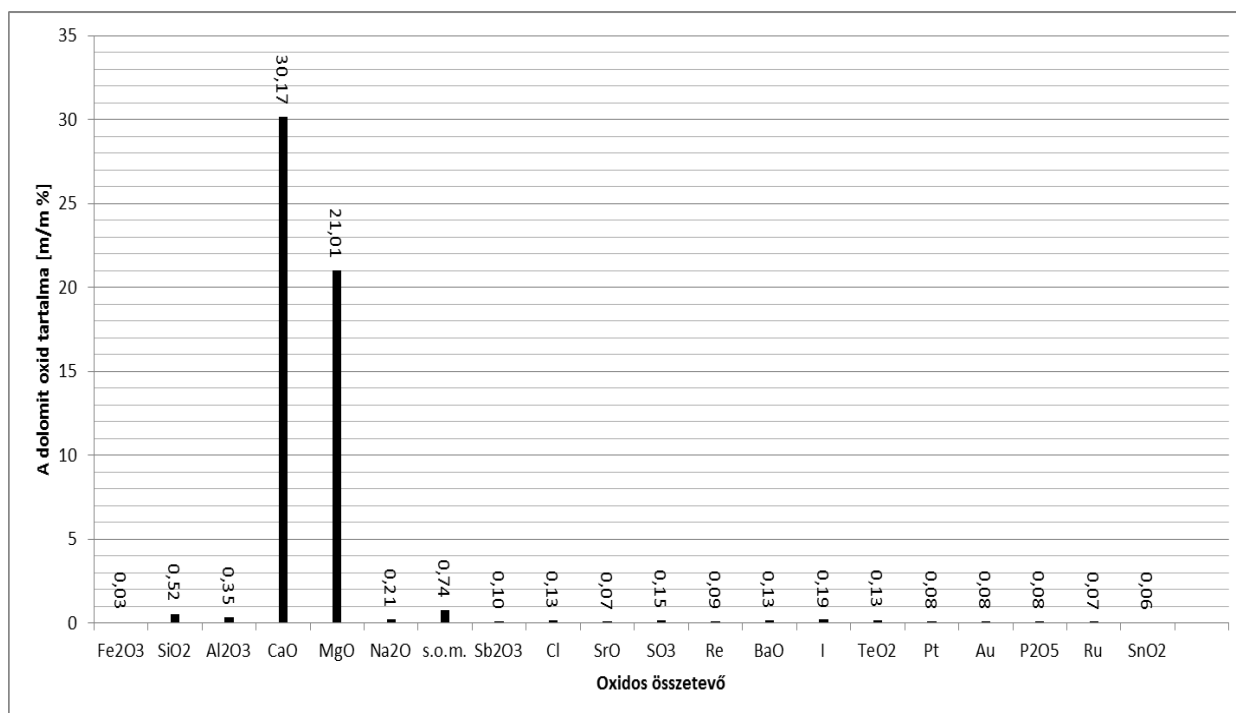
Az alapanyagok összetételének vizsgálatát a Villeroy&Boch cég végezte. A Guardian Orosháza Kft. által használt recept a 2 táblázatban látható¹.

¹ Az értékek kerekítve vannak megadva.

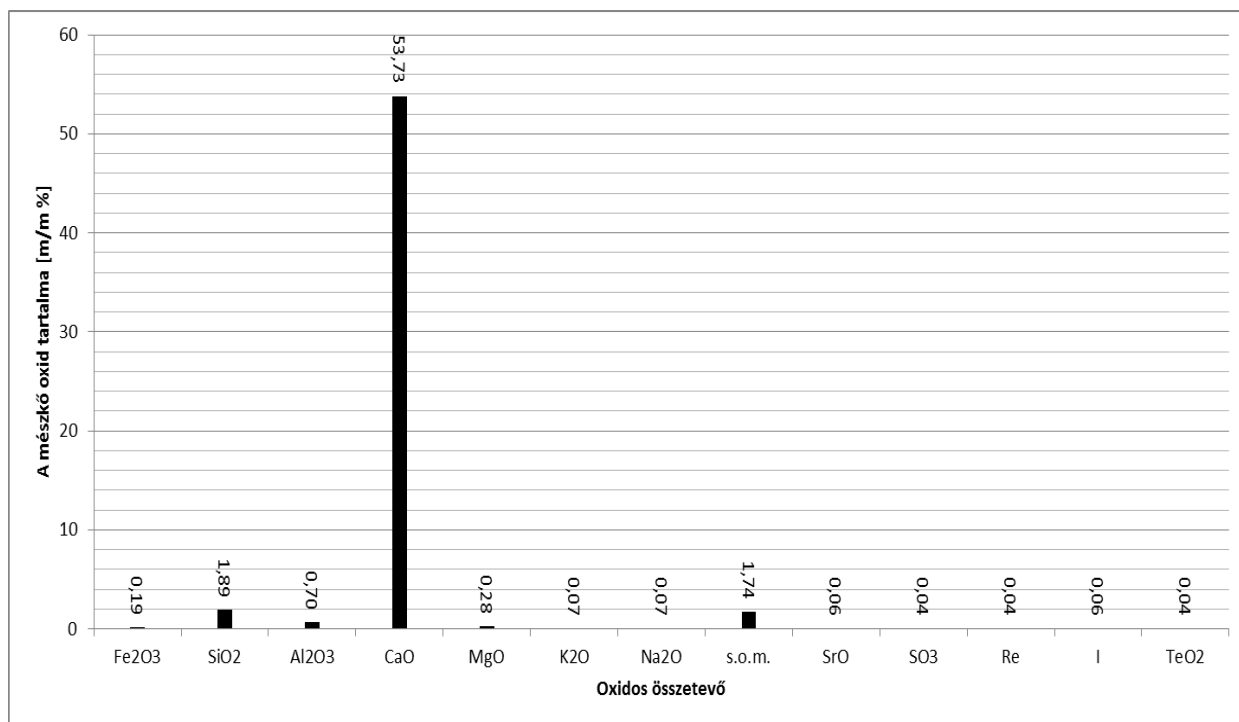
2. táblázat. float üveg nyers keverék receptje

Alapanyag	m/m % a keverékben
Homok (száraz)	50,24%
Dolomit	12,56%
Mészkő	4,52%
Szóda	14,07%
Szulfát	0,65%
Petrol koks	0,04%
Nátronlúg	2,01%
Cserép	15,82%
Ep dust	0,09%

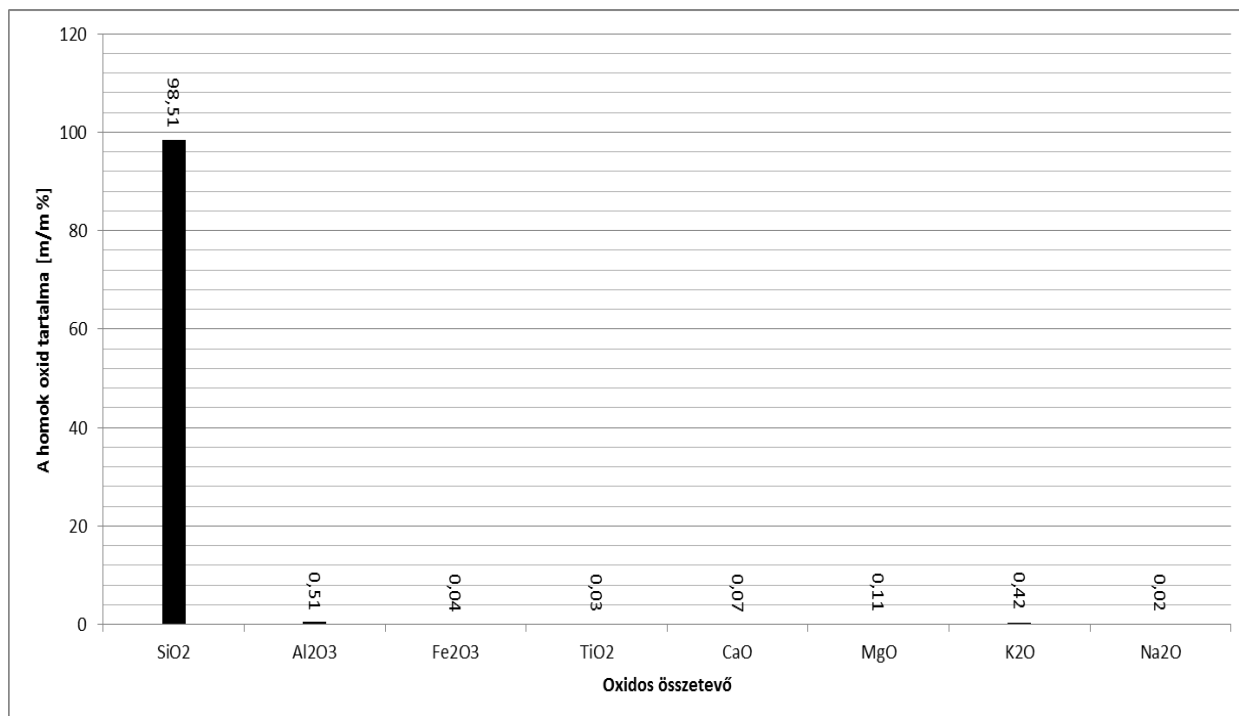
A különböző alapanyagok összetételének meghatározása XRF vizsgálattal, illetve hagyományos analitikai kémiai módszerekkel történt. Az eredményeket a 4.- 9. ábrák tartalmazzák.



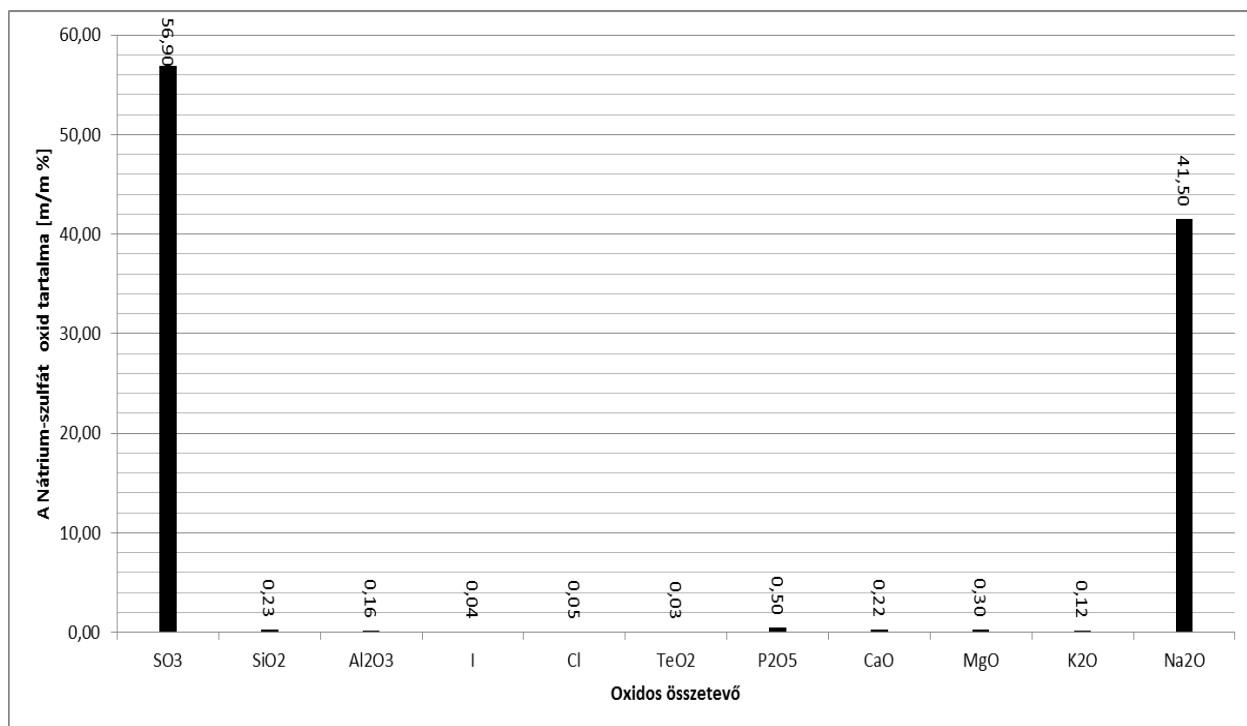
4. ábra. A gyártáshoz használt dolomit oxidos összetétele



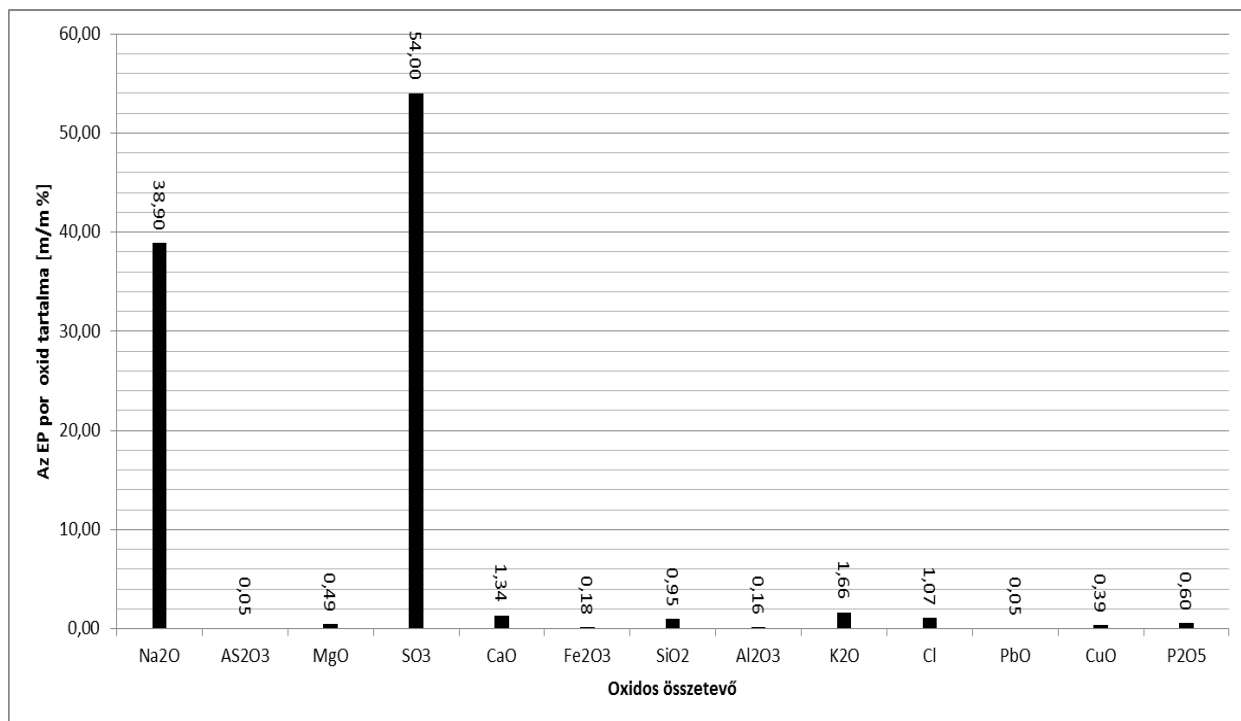
5. ábra. A gyártáshoz használt mészkő oxidos összetétele



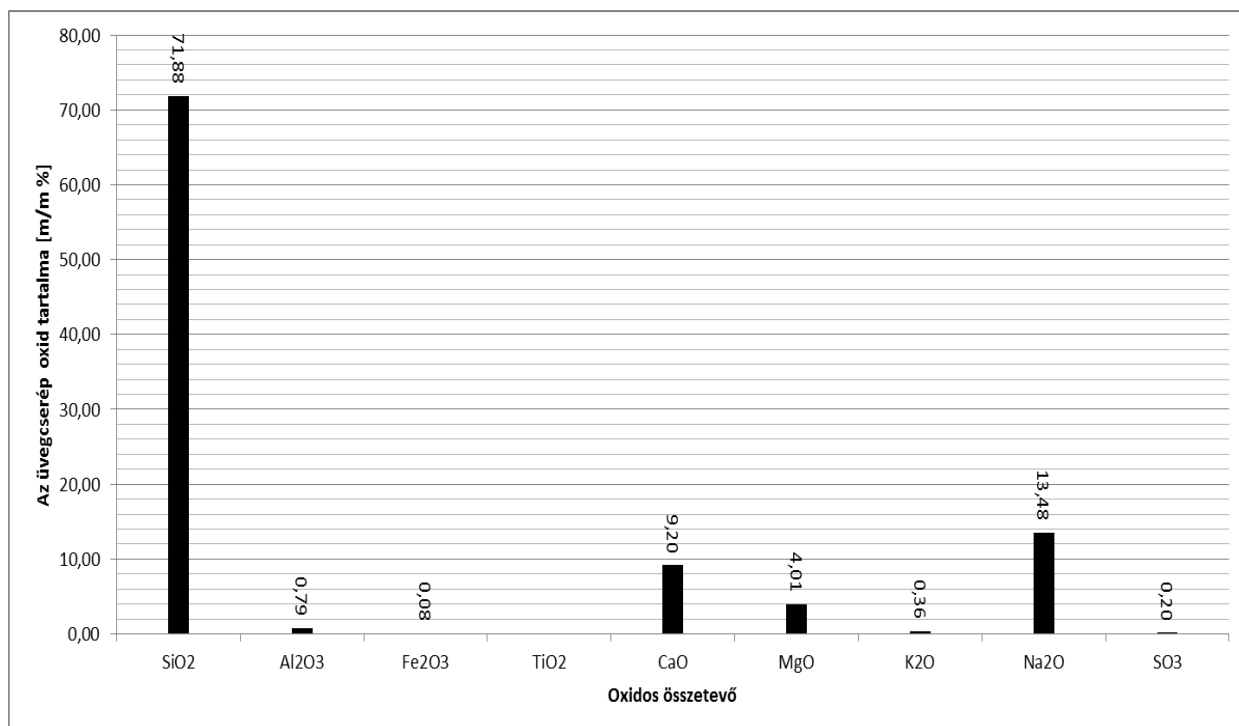
6. ábra. A gyártáshoz használt homok oxidos összetétele



7. ábra. A gyártáshoz használt nátrium-szulfát oxidos összetétele



8. ábra. A gyártáshoz használt EP por oxidos összetétele



9. ábra. A gyártáshoz használt üvegcserép oxidos összetétele

Az alapanyagok közül a dolomitban szennyezőként van jelen a szulfát valamely alkáli fém vagy alkáli földfém vegyületben. Az Ep por mely az elektrofilter szilárd anyag maradéka, fő alkotóként tartalmazza a szulfátot főként Na₂SO₄ alakban. Másik fő forrás a szulfát por, amely ugyancsak nátrium-szulfát formájában tartalmazza az SO₃-t. A késztermék szulfát tartalmának egy része a felhasznált üvegcseréppel kerül vissza a kemencébe. Az 3. táblázat tartalmazza az egyes nyersanyagok tömeg százalékos szulfát tartalmát, és az általuk bevitt szulfát mennyiségét.

3. táblázat. Nyersanyagokkal bevitt szulfát mennyisége

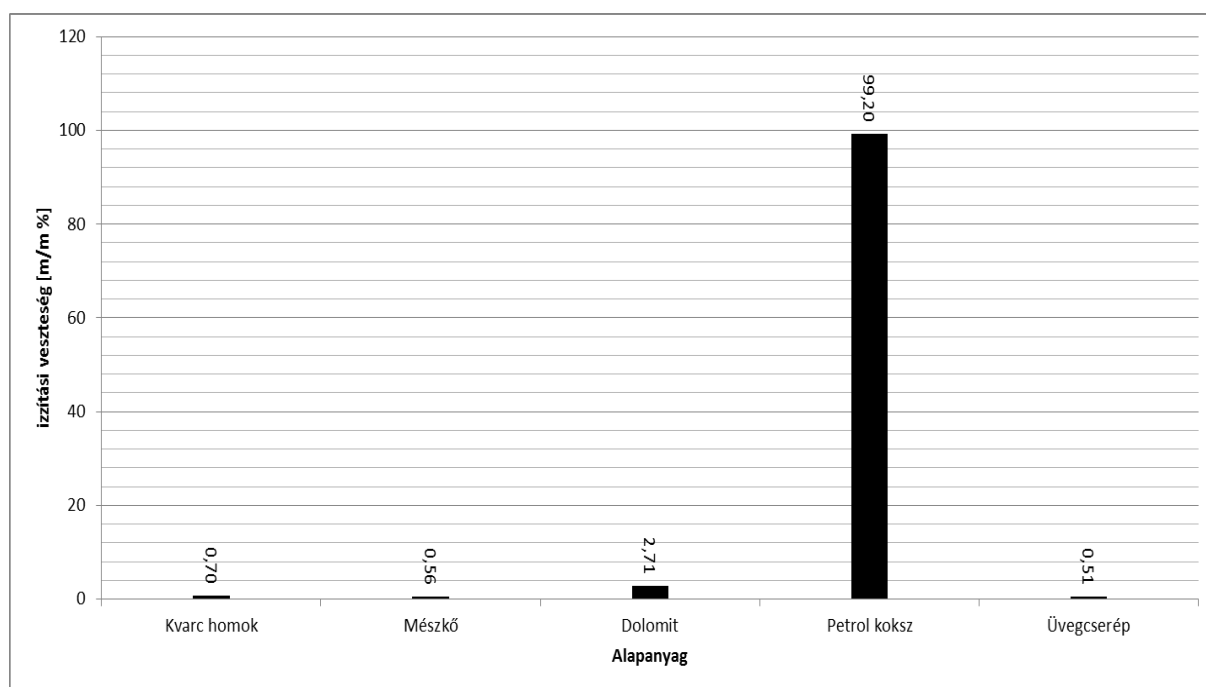
Nyersanyag	Szulfát tartalom [m/m %]	Mennyiség egy keverékben [kg]	Szulfát mennyisége egy keverékben [kg]
Dolomit	0,1455	500	0,7275
Cserép	0,18	630	1,134
Ep por	54	3,4	1,836
Szulfát	56,9	26	14,794

A 3. táblázatban lévő nyersanyagok közül csupán a dolomittal és a cseréppel viszünk be szulfátot akarattunkon kívül. Az Ep port és a szulfátot tudatosan használjuk a szulfát arányának növelésére. A nyersanyagokkal nem direkt bevitt szulfát mennyisége a (15.) egyenlet szerint 1,8615 kg, ezt a mennyiséget kell figyelembe venni a karbon/szulfát arány kiszámításánál.

$$m_{SO_3} = \frac{0,1455 \cdot m_{dolomit} + 0,18 \cdot m_{cserép}}{100} = 1,8615 \text{ kg} \quad (15.)$$

3.2 Nyersanyagok szerves anyag tartalma

A nyersanyagok szinte minden esetben tartalmaznak szerves anyagokat szennyezőként, ezek mennyisége nyersanyagonként és időben is nagy változatosságot mutat, állandó méréseket és ellenőrzést igényel. A szerves anyagok azonosítása nem megoldott, tömegszázalékuk vizsgálata izzítási veszteség mérésével történt [7], bár a méréseket különböző frakciónként végezték el én ezeket összevontan vizsgálok nyersanyagonként. A 10. ábrán látható, az egyes alapanyagok szerves anyag tartalma. A méréshez 600 °C-ra melegítették a mintákat majd súly állandóságig hűtötték. Kivétel az üvegcserép szerves anyag tartalmának mérése, ez 1000 °C-on történt. A 4. táblázat tartalmazza az általuk bevitt szerves anyag mennyiségét.



10. ábra. Nyersanyagok szerves anyag izzítási vesztesége

4. táblázat Nyersanyagokkal bevitt karbon mennyisége

Nyersanyag	Karbon tartalom [m/m %]	Mennyiség egy keverékben [kg]	Szervesanyag mennyisége egy keverékben
Kvarc homok	0,7	2000	13,95
Mészkeő	0,56	180	1,00
Dolomit	2,71	500	13,56
Petrol koksz	99,2	1,7	1,68
Üvegcserep	0,51	630	3,21

A nyersanyagok közül, egyedül a Petrol kokszot használjuk tudatosan karbon bevitelére, az összes többi karbon tartalmú szerves anyag bejutatása akaratunkon kívül történik. Az akaratunkon kívül bevitt szerves anyag mennyisége a (16.) egyenlet szerint számolva 21,68 kg. A karbon aránya a szerves vegyületekben, pontosan nem határozható meg, esetleges folyadékkromatográfiás vizsgálattal, becsülhető kellő pontossággal, vagy az izzítási veszteség mérésekor a kemence atmoszférájának folyamatos elemzésével [5]. A karbon/szulfát arány gyakorlati meghatározásakor mindenképpen figyelembe kell venni a nyersanyagok szerves anyag tartalmát, de erre pontos összefüggést nem lehet felírni, így csupán a szakmai tapasztalatra és az állandó kontroll mérések eredményeire hagyatkozhatunk.

$$m_{szerves} = \frac{m_{homok} \cdot 0,7 + m_{mészkeő} \cdot 0,56 + m_{dolomit} \cdot 2,71 + m_{cserep} \cdot 0,51}{100} = 21,68 \text{ kg} \quad (16.)$$

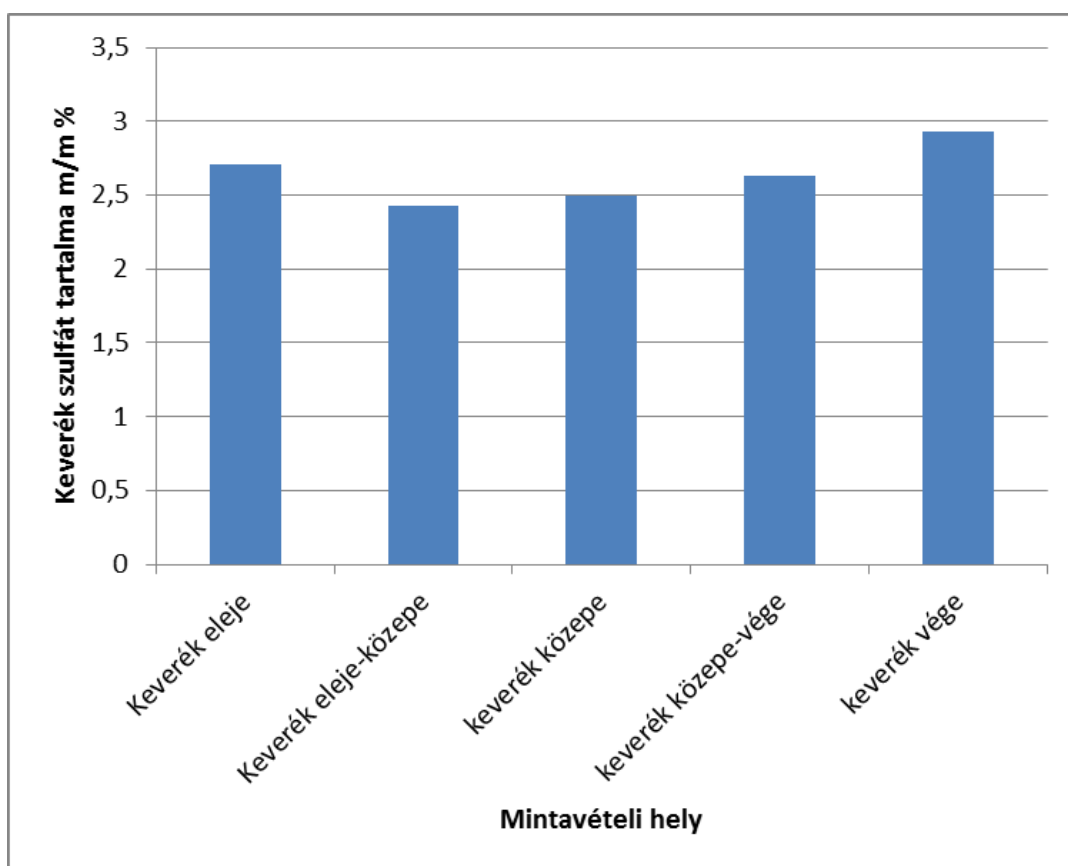
3.3 keverés vizsgálata

Az alapanyagok keverése két ütemben zajlik, először egy száraz keverés, majd a keverőben a keverékhez adagolják a kellő mennyiségű vizet és lúgot. Nedvesen a keveréket újra homogenizálják, majd szállító szalagra ürítik.

A keverés hatásfokának vizsgálatához mintát vettem a keverő alatti szalag öt pontjáról melyek sorban:

- keverék eleje
- keverék eleje-közepe
- keverék közepe
- keverék közepe-vége
- keverék vége

A minták szulfát tartalmát a Villeroy&Boch laborjában mérték XRS módszerrel. Az eredmények a 11. ábrán láthatóak. A szulfát tartalom a szalag végén a legmagasabb, vagyis a szulfát a keverőben nem egyenletesen oszlik el.



11. ábra. Szulfát eloszlása a keverékben

3.4 Számítások

A (4.) egyenletben felírtak szerint az ideális karbon/szulfát tömegarány sztöchiometrikailag 0,0749, ideális keveredést feltételezve és elhanyagolva az esetlegesen lejátszódó mellékfolyamatokat. Az (5.)-(12.) egyenletekből látszik, hogy a karbon több mellékreakcióban vehet részt, illetve több nyersanyagban fordul elő, ezért eloszlása folyamatosabb a keverékben. Gyakorlati megfontolásból az arányszámot jobb, ha kicsit emeljük 0,09-0,1 közzé, ezzel figyelembe vesszük, hogy valószínűleg a karbon sokkal gyorsabban fogy a keverékből a számos mellék reakció miatt.

Első lépésben a karbon mennyiségének számítását végeztem az Ep por és a szulfát mennyiségének függvényében. Az alapanyagok szerves anyag szennyezettségét figyelmen kívül hagytam. A számolásokhoz a $m_{\text{karbon}} / m_{\text{szulfát}} = 0,09$ arányszámot használtam. Figyelembe vettem a szulfát por és az EP por nátrium oxid tartalmát. A számítás menete a (17.) egyenletben látható. Az egyszerűsített (18) egyenletben az Ep por és a szulfát por, szulfát tartalmát is egységesen 55,5 m/m% - nak vettem, ezzel a számítás pontossága nem romlott számottevően.

$$m_{\text{koks}} = \frac{0,09 \cdot (0,54 \cdot m_{\text{Ep}} + 0,569 \cdot m_{\text{szulfát}})}{0,992} \text{ kg}; \quad (17.)$$

$$m_{\text{koks}} = 0,0504 \cdot (m_{\text{Ep}} + m_{\text{szulfát}}) \text{ kg}; \quad (18.)$$

A (19.) és (20.) egyenletekben már figyelembe vettem a nyersanyagokkal szennyezőként bevitt szulfát mennyiségét, és így határoztam meg a szükséges karbon mennyiséget. A (20.) egyenletben mind az Ep por mind a szulfát por, szulfát arányát egységesen 55,5%-nak vettem, ezzel a számítás pontossága nem romlott számottevően.

$$m_{\text{koks}} = \frac{0,09 \cdot (0,54 \cdot m_{\text{Ep}} + 0,569 \cdot m_{\text{szulfát}} + 1,8615)}{0,992} \text{ kg}; \quad (19.)$$

$$m_{\text{koks}} = 0,0504 \cdot (m_{\text{Ep}} + m_{\text{szulfát}}) + 0,1689 \text{ kg}; \quad (20.)$$

Az alapanyagok szerves anyag szennyezettségének mértékéből nem tudunk pontosan a karbon tartalomra következtetni, ezért érdemes bevezetni egy korrekciós tényezőt, ezt a K tényezőt gyakorlati úton határozzuk meg. A K tényező függ az alapanyagok szerves anyag tartalmától, illetve ide lehet még venni a keveredés tökéletlenségének befolyását, ezek alapján $f(K) = (m_{\text{szerves nyersa.}}; \mu_{\text{keverés}})$, ahol $\mu_{\text{keverés}}$ a keverés hatásfoka. K meghatározása tapasztalati úton az üveghibák illetve a kész üveg kémiai összetételének elemzése után történik. A képletek, így a (21.) és (22.) egyenlet szerint alakulnak.

$$m_{\text{koksz}} = \frac{0,09 \cdot (0,54 \cdot m_{\text{ep}} + 0,569 \cdot m_{\text{szulfát}} + 1,8615)}{0,992} \cdot K \text{ kg;} \quad (21.)$$

Egyszerűsítve:

$$m_{\text{koksz}} = [0,0504 \cdot (m_{\text{Ep}} + m_{\text{szulfát}}) + 0,1689] \cdot K \text{ kg;} \quad (22.)$$

3.5 Gyakorlati értékek vizsgálata

A K tényező jelenlegi értékének kiszámolásához az üzem aktuális receptjét használtam fel, ezek a 2012 július 25.-én érvényben lévő adatok. A Guardian orosházi üzemében az 5. táblázat szerinti mennyiségekkel dolgoznak keverékenként:

5. táblázat. Jelenleg használt
nyersanyag mennyiségek

Szulfát por:	26 kg
Ep por:	3,4 kg
Petrol koksz:	1,7 kg

Ezen értékeket behelyettesítve a (21.) egyenletbe K aktuális értéke kiszámolható. A (23.)-(25.) egyenletek szerint.

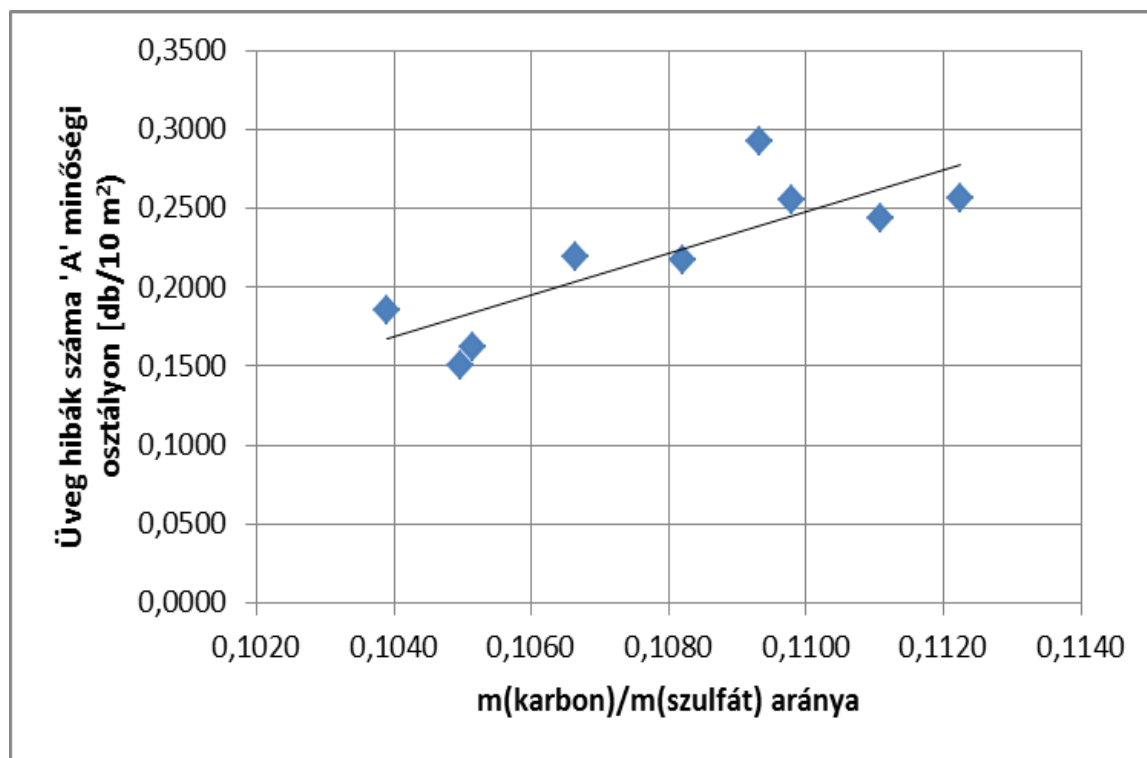
$$1,7 = \frac{0,09 \cdot (0,54 \cdot 3,4 + 0,569 \cdot 26 + 1,8615)}{0,992} \cdot K \text{ kg;} \quad (23.)$$

$$1,7 = 1,65 \cdot K \quad (24.)$$

$$K = 1,03 \quad (25.)$$

A gyakorlatban használt és az általam számított eredmény csupán kis mértékben tér el egymástól, ha K-t egynek vesszük, akkor a rendszernek igen kismértékű szulfát hiánya van a számított értékekhez képest.

A Guardian Orosháza Kft 2012. január 01 és 2012 július 01. közti gyártási adatai felhasználva kiszámoltam az ebben az időszakba. használt karbon/ szulfát arányait. A kapott eredményeket összevetettem az A osztályon rögzített hiba számokkal 12. ábra. Az arányszám növekedésével együtt nőtt az üveghibák száma, tehát az ideális arányt ezen értékek minimumánál vagy ez alatt kell keresni. Vagyis az $\frac{m_{\text{karbon}}}{m_{\text{szulfát}}} = 0,09$ érték igen közel van az ideális arányhoz.



12. ábra. Üveghibák A osztályon és karbon/szulfát arány kapcsolata

Összefoglaló

Az üveg gyártásban a kész termékben jelenlévő gáz buborékok nem kívánatosak. A megelőzésükre használt módszerek közül én a szulfát redukcióján alapuló kémiai gáztalanítást vizsgálta. A dolgozatból látszik, hogy a megfelelő karbon/szulfát arány kiszámítása sok tényezőtől függ. Figyelembe kell venni a lejátszódható mellékreakciókat, a nyersanyagok szennyezettségét és azt, hogy a keverés hatásfoka nem száz százalékos. A Guardian Orosháza Kft.-nél használt arányszám hosszúévek gyakorlati tapasztalatain alapszik. Ezzel szemben az én számításaim elméleti képleteket és a nyersanyagok elemzését használja. A két érték mégis rendkívül közel esik egymáshoz. A dolgozat végső eredménye az, hogy a float üveg gyár által használt karbon/szulfát arányszám, kissé magas a rendszer több szulfátot igényelne. A gyár mérnökei még a dolgozat elkészülése előtt emelték a szulfát mennyiségét, a 2012. július 25.-én használt mennyiséghez képest, így újabb mérésekre és ellenőrzésekre van lehetőség.

Irodalomjegyzék

[1]: Miloslav Bartuska et al. :Glass Defects, Glass service INC. 2001, ISBN 978-80-7252-217-0

[2]: Shelby J.E.:Introduction Glass Science and Technology, Royal Society of Chemistry 2005, ISBN 0-854040-639-9

[3]:Eric Le Bourhis:Glass: Mechanics and Technology, 2008 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim ISBN: 978-3-527-31549-9

[4]:Guardian Orosháza Kft. belső szabályzat

[5]: Chemistry of Glass, 2012 <http://www.pilkington.com/pilkington-information/about+pilkington/education/chemistry+of+glass.htm>

[7]:Arday András:Nyári szakmai gyakorlati beszámoló

[6]: Materials James F. Shackelford • Robert H. Doremus: Ceramic and Glass Materials, 2008 Springer Science+Business Media, LLC ISBN 978-0-387-73361-6

Köszönetnyilvánítás

A dolgozat elkészülésében nyújtott segítségükért köszönet a Guardian Orosháza Kft. dolgozóinak, valamint konzulenseimnek Dr. Simon Andreának és Paróczai Csillának.

TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0008 "A Miskolci Egyetemen működő tudományos képzési műhelyek összehangolt minőségi fejlesztése"