

20 év – Tucatnyi üveg

SZEMÁN JÓZSEF ■ jszeman@freemail.hu

Érkezett: 2015. 12. 06. ■ Received: 06. 12. 2015. ■ <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2016.3>

20 years – A dozen bottles

This paper presents an oxide composition of glass used in the manufacture of fiberglass Salgótarján, these effects typical viscosity values, manufacturing and product properties. It illustrates the practical experience, the advantages and disadvantages of each type of glass.

Kulcsszavak: üvegösszetétel, üvegszál, szálátmérő, viszkozitás, hőmérséklet

Keywords: glass composition, glassfiber, fiber diameter, viscosity, temperature

1. Bevezetés

Jelen cikkben az üvegyapot termékek elvárt tulajdonságaira alapozott módon azt mutatjuk be, hogy az üvegösszetétel milyen módon befolyásolhatja a gyártás és a késztermék paramétereit. Magyarország első és eddig egyetlen üvegyapot gyárát a Salgótarjáni Üvegyapot Rt-t, a márkanévéről ismert nevén a Therwoolint, a Paramount Glass, a Nitto Boseki, a Magyar Kereskedelmi és Hitelbank és a Salgótarjáni Síküvegyár alapította 1987-ben. A beruházás szakmai terveit a japán Paramount Glass készítette. A gyártás beüzemlése 1989 augusztusában kezdődött a japán szakemberek segítségével. Fontos szempont volt, hogy a beüzemelés során elsajátítsuk a japán minőségbiztosítás, minőségirányítás alapvető elemeit pl. 5S, PDCA, 5W1H, ISHIKAWA elemzés, kontrollkártyák és a különböző statisztikai módszerek. A gyárindítás előtt több munkatársunk Japánban tanulmányozta a gyártást, az ott alkalmazott vezetési és minőségügyi rendszereket. A sikeres gyártásindítás után rövidesen megszereztük az akkori értékesítéshez szükséges ÉMI minősítést, 1990-ben elnyertük a Kiváló Áruk Fóruma kitüntetését. A piacaink bővítéséhez ÖNORM, DIN, és a környező országok termékminősítéseit is megszereztük. Bevezettük az ISO 9001-es minőségbiztosítási rendszert, munkatársaink nagyon erős minőség tudattal dolgoztak. A termelést fokozatosan emeltük 6000 t/év kapacitásról 13000 t/év-re. A tető és padlószigetelő, táblás üvegyapot mellett épületgépezeti, csőhéj-szigetelőanyagokat is piacra vittünk, később pedig már üvegyapottól készült külső épületburkoló elemek is lekerültek a gyártósorainkról. A hazai piac mellett a gyár egy 5-800 kilométeres sugarú körében, Szlovákiában, Ukrajnában, Romániában és Ausztriában és Lengyelországban is értékesítettük a termékeinket. A japán befektetők a tízéves adókedvezményeik lejártá után kiszálltak a nyereséges üzletből, amelyet az építőanyag-kereskedelemmel és gyártással foglalkozó német Pfeiderer Ag. vásárolt meg tőlük. A spanyol URALITA-csoporthoz a Pfeiderer akvizícióját követően, 2002-ben kerültünk URSA néven. Két gyártósor üzemelt egy üveglvasztó kemencéről, a lapgyártó és a csőhéjgyártó sor. A lapsori termékskálánk változását a VS érték tartomány változásával szemléltethetjük. A VS érték a gyártott testsűrűség (S) kg/m³-ben és a termékvastagság (V) mm-ben mért értékének a szorzata. Ennek kezdeti intervallumértéke 500-2400 volt, amit fejlesztésekkel 400-3600 tartományra növeltünk. Az eredeti lapsori termékek számát jelentősen növeltük az 50-100 mm vastagságról 20-150 mm vastagságra, a 600 és 1200 mm szélességről a fenti skálát lefedő 300 mm-es közbenső lépcsőkkel, a vastagságban ket-

SZEMÁN József

1973-ban végzett a Veszprémi Vegyipari Egyetem nehézipari szakán, folyamatszabályozás ágazaton. Munkahelyei: Salgótarjáni Kohászati Üzemek, Nógrádi Szénbányák, Salgótarjáni Üvegyapot Rt, jelenleg nyugdíjas. Számos cikk szerzője az Építőanyag-JSBCM folyóiratban.

tévágot hőszigetelő filc termékekkel, különböző kasirozó anyagokkal történő termékbevonással, a lamellázott, és a dilatációs termékcsoport kialakításával. A biztonságos, egészségügyi kockázatot nem okozó termékek kialakításához megvalósítottuk az úgynevezett biológiailag oldható üvegszálakat. Többszöri tulajdonosváltás is nehezítette munkánkat. Az utolsó tulajdonos profiltisztítási döntésére 2009 áprilisában lecsapolták a kemencét és megszűnt a hazai üvegyapotgyártás. Az eltelt 20 év alatt szinte tucatnyi üvegösszetétel változtatást hajtottunk végre és jelen cikkben ezen üvegek főbb jellemzőit mutatjuk be, kiemelve az objektív, illetve szubjektív minősítési lehetőségeket.

2. Az üvegösszetétel jelentősége

Az üvegösszetétel változtatást tapasztalataink alapján a 4T és a 4K együttesen határozza meg:

- Termékszerkezet változás
- Technológiaváltoztatás
- Technika változása
- Tulajdonos váltás
- Költségek
- Kívánalmak
- Követelmények
- Környezet- és egészségvédelem

A felhasználók üvegyapottal szemben támasztott követelményei és az ezeket meghatározó tényezők az alapüvegre vetítve a jó hő- és hangszigetelés, könnyű, biztonságos felhasználás, beépíthetőség, tartósság, tárolhatóság, igényes külalak és nem utolsósorban a jó ár-érték arány, azaz a költségek fontos szempontok a vásárlók részéről az üvegyapot termékek iránt.

A hőszigetelő képesség a termék testsűrűség emelkedésével nő egy bizonyos határig, továbbá az üvegszálak átmérőjével fordítottan arányos, mint ezt már egy korábbi [8] cikkünkben is bemutattuk. Az irodalomból és a hazai gyakorlatból is ismert, fontos, hogy a szálak egyenletes kialakításúak legyenek, azaz ne tartalmazzanak göböket, összeolvadásokat, mert ez rontja a hőszigetelő képességet. A hangszigetelő képesség a testsűrűség növelésével szintén nő, de nagyon fontos mindkét jellemzőnél a termék, azaz a testsűrűség homogenitása. A beépítés során fontos szempont, hogy ne szúrjon, ne porladjon a termék. Az üvegszálak aprózódása, a porképződés a szűrősság annál kisebb, minél kisebb az üvegszál átmérője illetve minél homogénebb a szálszerkezete. A komprimált, összenyomott filc termékek a felhasználáskor nyerjék vissza névleges méretüket,

ami szintén az üvegszál vastagságával illetve a homogén szál-szerkezettel arányos.

2.1 Termékjellemzők

Hőszigetelés: A szálak hőszigetelő anyagok hővezető képességét leíró összefüggés [8]:

$$\Lambda = a + b \times s + c \times d / s \quad (1)$$

ahol Λ (W/mK) a hővezető képesség, az **a**, **b**, **c** konstansok, **s** a termék testsűrűsége (kg/m³), **d** az üvegszál átmérője (μm). Egy adott termék deklarált hővezető képességét Λ_d (W/mK) a folyamatosan mért értékekből a következő statisztikai összefüggéssel kell meghatározni és ez alatti értéken kell tartani:

$$\Lambda_d = \Lambda_{\text{átlag}} + k \times \Lambda_{\text{szórás}} \quad (2)$$

ahol **k** értéke a mérésszámtól függő, szabványban rögzített állandó. Ebből látható, hogy a hővezető képességet minél kisebb tartományban célszerű tartani, hogy a szórása $\Lambda_{\text{szórás}}$ minél kisebb legyen, ne növelje a Λ_d értékét. A szórás csökkentése a (2) összefüggés szerint a szálátmérő és a testsűrűség minél egyenletesebb, állandó értékével valósítható meg.

Hangszigetelés: Alapvetően a testsűrűség határozza meg a termék hangszigetelő képességét a korábbi méréseink szerint. Fontos, hogy a méréshez használt minta jól tükrözze a termék-típus testsűrűségét, azaz minél egyenletesebb, homogénebb legyen a testsűrűség.

Méreték: A szélességi, hosszúsági méreteket a gyártósor elektro-mechanikus, állítható mérő- és vágóberendezései határozzák meg, és nem hozható kapcsolatba az üvegösszetétellel.

Vastagság esetén meg kell különböztetni a terhelhető és a nemterhelhető típusú termékeket. A nemterhelhető termékek esetében a kis testsűrűségűeket kb. 10-20 kg/m³ testsűrűség-tartományban, kompresszióval csomagolják, azaz a névleges méret 1/6-od, 1/8-ad részére összenyomják. A terméknek olyan rugalmasnak kell lennie, hogy kicsomagolás után visszanyerje a névleges méretét. Az elemi üvegszálak annál rugalmasabbak minél kisebb az átmérőjük és szerkezetük homogén, felületük üveghibáktól például göböktől, összeolvadáستól mentesek. Az üveg szerkezete olyan legyen, hogy a tárolás során ne keletkezessen felületi üvegkorrózió, ami aprózza, elyengíti a szálakat. A terhelhető termékeknél megkülönböztetjük a terhelés nélküli d_1 és a terhelés utáni d_2 vastagságokat. A két vastagság különbsége a termékszabványban előírt mértéknél nagyobb nem lehet. A vékony rugalmas, nem korrozív, felületi hibáktól mentes üvegszálak biztosítják a tulajdonságokat, a terhelés során nem aprózódnak, túlzottan nem nyomódnak össze, így biztonsággal kielégítik az előírást.

Külsőalak: A dekoratív megjelenés, illetve egyéb szempontok miatt különböző bevonattal, kasírozással látják el a termékeket. Általában valamilyen ragasztóanyaggal rögzítik az üveggyaptra a kasírozóanyagokat. A jó tapadás érdekében a felületnek, egyenletesnek, homogénnek kell lennie. A száltöredezettség, a vastag, kis szilárdságú, esetleg korrodált üvegszál meghiúsítja a kasírozóanyag jó tapadását.

Tartósság: A termék beépítés után tartsa meg eredeti tulajdonságait, paramétereit. Esetleges nedvesség hatására ne bomoljon fel a kialakított üvegszerkezet, azaz üvegkorrózió ne alakulhasson ki.

Egészségügyi kockázat: A szigetelőanyag felhasználása, beépítése során ne porlódjon, ne porozzon, szűrő érzést ne

okozzon. Ha a termék esetleg a szervezetbe jut például belégzéssel, ne eredményezzen káros/kóros elváltozást. Célszerűen oldódjon fel a testnedvekben. Különböző irodalmi utalások a 2 μm alatti szálátmérőt tartják egészségügyileg kockázatosnak. Ez utóbbi két elvárás látszatra ellentmond egymásnak, ezért nagyon fontos a megfelelő üvegösszetétel kialakítása.

2.2 Az üvegszálakkal kapcsolatos elvárások összesítése

Az üvegszál átmérője minél kisebb, de 2 μm-nél vastagabb és kis szórású, homogén, viszonylag hosszú legyen. Üvegkorrózió ne alakulhasson ki, de a testnedvekben feloldódjon. A termék testsűrűsége a kívánt értékűre és minimális szórásúra legyen alakítható. Olyan termékfelület jöjjön létre, ami sima és melyen a kasírozó anyag jól tapad.

3. A lapsori gyártás rövid áttekintése

A folyamatosan ellenőrzött alapanyagokból a kívánt üvegösszetételhez számított keverékalkotókat a keverő üzemben egy számítógép vezérlésű mérő-adagoló rendszer juttatta a keverőegységbe, ahol a porzás mérséklése érdekében 5% víz hozzáadásával homogén keveréket készítettünk. A keveréket konténerekben szállítottuk az üvegolvasztó kemencébe. Keverék alapanyagaink voltak: síküveg-, majd boroszilikát üvegcserep, homok, mészkő, kalcinált szóda, bórax, timföld-hidrát, földpát, dolomit. Az alapanyagok oxidos összetételét, szemcseösszetételét mindig ellenőriztük és ez alapján számítottuk a kívánt üveghez szükséges beméréseket. Kezdetben regeneratív kamrás földgáztüzelésű kemencében olvasztottuk az automata adagolású keveréket, később áttértünk az oxigén tüzelésre, amely megszüntethetővé tette a regeneratív kamrát. Ezzel jelentősen csökkentettük a keverék kiporzást, a regeneratív kamra lerakódásokat, eltömődéseket, amelyet csak havonkénti leolvasztással tudtunk megszüntetni. Az üvegolvasztó kemence két gyártósort, a lap- illetve csőhéjgyártósort szolgálta ki. Az üveg földgázfűtésű feedereken át jutott el a szálazó berendezésekhez. A szálképzést a speciális összetételű szálazótárcsák végezték, melyek hengerfelületén több sorban, több ezer speciális elrendezésű furat található. A tárcsák fordulatszáma folyamatosan változtatható, hőmérséklete egyedi földgáz égőkkel szabályozható volt. A szálazótárcsa aljára lefolyt üveg a centrifugális erő hatására átréselődött a furatokon és a meglévő sebessége, a felületi feszültség és nyújtólevegő hatására megnyúlva, elvékonyodva hagyta el a szálazótárcsát. Közben speciális fúvókákon át műgyanta keveréket porlasztottunk a keletkező üvegszálakra. Az üvegszálakat egy alulról megszívott végtelenített rácsos szállítószalag juttatta el a következő technológiai részbe a polimerizáló kemencébe. Itt a hőre megszilárduló műgyanta összekötötte az elemi üvegszálakat és az állítható kemence magassággal beállítottuk a kívánt termék vastagságot. Az inhomogén széleket levágtuk, így alakítottuk ki a szélességet, és egy aprítóberendezésen át visszajuttattuk azt a szálazókamrába. Ezután következett az esetleges kasírozás, az automata hosszvágó, illetve későbbiekben még a két réteget létrehozó keresztvágó kialakította a végleges méreteket, majd a tekercselés, automata csomagolás következett.

A gyártás során alapvető kritérium az üvegolvadék megfelelő szabályozhatósága, a jó szálazhatóság, a környezet- és egészség-

védelmi kritériumok betartása és nem utolsó szempont a gazdaságos üveggösszetétel. A gyártás során kéthetente üvegmintát vettünk a szálazótárcsába csurgó üvegből és meghatároztuk az oxidos összetételét és a viszkozitását. A mért összetartozó hőmérséklet-viszkozitás értékeket az [5]-ben leírt módon dolgoztuk fel. Folyamatosan mértük a késztermék minőségi paramétereit (testsűrűség, méretek, szálátmérő, kötőanyag tartalom), és ezeket naplóztuk. A szükséges beavatkozásokról azonnal döntöttünk.

4. Az üveggösszetétel és a viszkozitás kapcsolatai

A különböző oxidos összetételű üvegeink egyik legfontosabb gyártási kritériuma a viszkozitás-hőmérséklet kapcsolat ismerete, és szükség esetén a megfelelő beavatkozás kiválasztása. Az üvegszál gyártásánál üvegeink jellemzésére a következő meghatározó viszkozitásokat alkalmazzuk:

- Olvasztási hőmérséklet: T_o a 10^2 poise hőmérséklete,
- Kidolgozás hőmérséklet: T_k a 10^3 poise hőmérséklete,
- Lágylulási (Littleton) pont: T_L a $10^{7,65}$ poise hőmérséklete, valamint az
- Üvegössz: ΔT a 10^4 és $10^{7,65}$ poise hőmérsékleteinek különbsége.

Azonos üvegtípusnál ezek a hőmérsékletek jellemezték az adott oxidos üveggösszetételt, amelyet azonban a szálazótárcsa furatokra vetített üvegerhelése (gramm üveg/óra/furat) jelentősen befolyásolt, ezért nem konkrét értékeket, hanem hőmérséklet tartományokat alkalmazzunk.

Tapasztalataink szerint az előzőekben bevezetett viszkozitási-hőmérsékleteket a Na_2O , K_2O , CaO , és a B_2O_3 m%-os emelkedése jelentősen csökkentik. A Fe_2O_3 már 0,1m% nagyságrendnél is hasonló hatású! A SiO_2 a MgO és az Al_2O_3 viszont emeli ezeket.

A viszkozitás-hőmérsékletcsökkentő oxidok hatáserősségük sorrendjében: $Na_2O > Fe_2O_3 > CaO > B_2O_3 > K_2O$. A viszkozitási-hőmérsékletnövelő oxidok hatáserősségük sorrendjében pedig: $Al_2O_3 > MgO > SiO_2$.

5. A kristályosodás

Az olvadt üveg hűtése során eljut egy olyan hőmérsékleti pontra, ahol bizonyos idő után kristályok jelennek meg benne. Ez a likvidusz hőmérséklet. Az üveg kristályosodásának lehetőségét a kristályosodási hajlama, a kristálymag képződés sebessége (db kristálymag képződés/perc) és a kristályosodás sebessége (kristálynövekedés $\mu\text{m}/\text{perc}$) határozza meg. Az idő függvényében ábrázolva mindkét görbe maximummal rendelkezik. Az üvegek kristályosodási hajlama főképpen a vegyi összetételtől függ. Általános érvényű tapasztalat, hogy a többalkotós üvegek kevésbé hajlamosak a kristályosodásra. Különböző szerzők más, más üveggösszetételnél a következő minőségi megfontolásokat adják:

- Milos Volf *Üvegipari táblázatok és számítások* [1] könyvében azt írja: Az Al_2O_3 , MgO és B_2O_3 csökkentik a devitrifikációt.
- H. J. Marwedel-Brückner *Üvegtechnológia* [2] művében arra figyelmeztet, hogy a magasabb CaO tartalom

nagyobb kristályosodási sebességet eredményez, illetve ha a CaO -t MgO -al helyettesítjük, 1% MgO növelés kb. 10% kristályosodási sebesség csökkenést okoz.

- Kitagorszkij *Üvegtechnológia* [3] művében ezt megerősíti: ha a CaO -t MgO -al helyettesítjük, akkor mind a kristályosodás sebessége, mind a kristályok olvadáspontja csökken.
- Dr. Knapp-Dr. Korányi *Üvegipari kézikönyvében* [4] a következőket állapítja meg: Minél magasabb a kavasav tartalom, annál kisebb a kristályosodási hajlam. Ha a CaO mennyisége csökken, a kristályosodási hajlam is kisebb. Azonos körülmények között a növekvő alkália tartalom csökkenti a kristályosodási hajlamot.

6. Költségek

Az üveggypot gyártás költségeinek döntő többségét az alapanyag, az olvasztandó keverék költsége és az üvegolvasztás határozza meg. Ennek bemutatására összehasonlító 2002-es ár-szinten meghatároztuk a különböző üvegtípusok keverékeinek Ft/t költségét és az átlagos költséghez viszonyított %-os értékeit, amelyet az 1. táblázatban mutatunk be. Fontos megjegyezni, hogy a szálazásnál keletkező műgyantával szennyezett gyűjtőkamra hulladékot (üvegszálát) eleinte veszélyes hulladéklerakóban helyeztük el, ami tetemes kiadást okozott. Kidolgoztuk a nedves szálhulladék víztelenítését és megoldottuk a brikettált szálhulladék keverékbe történő visszaadagolását, újrahasznosítását. Ezzel dupla költségcsökkenést értünk el: nincs hulladéklerakási díj és kisebb költségű keveréket alakítottunk ki. A keverékbe visszaadagolás lehetséges mértékét laboratóriumi próbaolvasztásokkal határoztuk meg. A túlzottan nagymértékű keverékbe adagolás az üvegolvadék sárgás, zöldes elszíneződését eredményezte és megváltoztatta, csökkentette a jelzett viszkozitási pontok hőmérsékletét.

A keverék üvegcserép tartalmát az olvadt üvegre vetítve a kezdeti 25%-ról 65%-ra növeltük. Ennek számos előnye van: fokozza a gyártás gazdaságosságát és meggyorsítja az üvegolvasztás folyamatát. Az üvegcserepet is tartalmazó nyersanyagkeverék gyorsabban olvasható meg, mert az üvegcserép megolvasztása nem jár vegyi folyamatokkal. A gyorsan olvadó üvegcserép aktív szerepet játszik a vele együtt beadagolt nyersanyagok (kvarchomok, dolomit, mészkő, földpát, timföldhidrát, szóda,) feltárásában is. A kisebb olvasztási hőmérséklet kisebb olvasztási energiaszükségletet jelent, ami egyben a kemence élettartam növekedésében is megjelenik. A kemence felújítások, átépítések ciklusidejének növekedése csökkenti az olvasztókemence beruházási és fenntartási költségeit. Az üvegcserép felhasználás egyben azt is jelenti, hogy az üvegyártási alapanyagok egy részét üvegcseréppel helyettesítjük. A természet kincseinek megóvása, a bányászattal járó energiafelhasználás és környezetszennyezés, környezetterhelés csökkenthető [6].

7. Egészségügyi kockázat

Az IARC International Agency for Research on Cancer = Nemzetközi Rákkutató Ügynökség koordinálja a rákos megbetegedések okainak kutatását, a rákkeltő anyagok és a

tumorképződés mechanizmusának felderítését, a tudományos stratégiák kidolgozását a rákbetegség ellenőrzésére. 1972 és 2005 között összesen 878 vegyületre és vegyületcsoportra határozták meg a megfelelő veszélyességi kategóriákat, a fizikai és biológiai expozíció-forrás vizsgálatának eredményeként. A rákkeltő anyagok veszélyességi csoportokba való besorolása meghatározott kritériumok alapján történik. Ezek alapján 5 csoportot különböztetnek meg:

- 1: bizonyítottan emberi rákkeltő,
- 2A: valószínűleg emberi rákkeltő,
- 2B: lehetséges emberi rákkeltő,
- 3: nem besorolható, mint rákkeltő anyag,
- 4: emberen valószínűleg nem rákkeltő.

A legújabb in vivo kísérletek nem szolgáltatnak elegendő bizonyítékot az üvegyapot karcinogenitását illetően, ezért a WHO az üvegyapot besorolását felülvizsgálta és 2002-től a 3-as csoportba sorolta.

A Salgótarjánban 2002 után gyártott üvegyapot egészségügyi kockázatát behatóan tanulmányozta Dr. Szőke Réka az „Üvegszálak egészségkárosító hatásának tanulmányozása hagyományos és nukleáris módszerekkel” doktori értekezésében. Megállapította, hogy a bioszolubilis üvegyapotszál a sejtmedvek hatására lényegesen gyorsabban oldódik, mint a hagyományos üvegyapot. Az üvegszálak az első hónap végére szinte teljesen eliminálódtak a tüdőszövetből [7]. Ezen meg-

fontolásokra az alkalmazott üvegek tárgyalásánál hivatkozni fogunk.

8. Alkalmazott üvegek Salgótarjánban

Az alkalmazott üvegeink főbb jellemzőit a kezdetben havonta, majd 1997-től kéthetente vett üvegminták kémiai elemzése, viszkozitás mérése és az üvegminta vételhez legközelebb eső időpontban mért szálátmérők alapján üvegtípusok szerint csoportosítottuk. A következőkben bemutatjuk a fontosabb technológiafejlesztéseket, változásokat is.

B üveg: 1989. augusztus – 1997. augusztus

Magas Al_2O_3 és K_2O tartalmú japán fejlesztésű üveg. Regeneratív kamrás üvegolvasztás, jellemző a regeneratív kamrákban a rácok beszűkülése, rendszeres a regeneratív kamra leolvasztása. Alacsony olvasztási és kidolgozási hőmérsékletek, vastag $6,4 \mu m$ szálátmérő. 2 százalékos, jellemző üvegvivétel $500-700 \text{ kg/h}$. Második legmagasabb költségű üveg.

A üveg: 1997. augusztus – 1998. július

Legmagasabb Al_2O_3 tartalom, Na_2O megnövelve, K_2O csökkentve, magasabb olvasztási és kidolgozási valamint ΔT hőmérsékletek. Vékonyabb $6,17 \mu m$ szálátmérő. 2 százalékos, jellemző a megnövelt üvegvivétel $680-800 \text{ kg/h}$. A jelentős, 3%-os B_2O_3 csökkentés hatására az átlagos költségszintnél kicsit drágább üveg.

Jellemző/típus	B	A	KI40	BIO	P1	T12	PZII	5/2V1
SiO₂% átlag	61,05	62,96	55,76	59,30	62,52	60,63	64,28	59,83
minimum	58,39	61,22	52,98	58,39	61,21	58,81	63,01	58,57
maximum	64,74	64,20	59,81	60,87	63,72	62,67	65,57	61,00
CaO% átlag	7,58	7,64	8,12	7,49	7,54	6,25	6,95	7,77
minimum	7,11	7,45	6,83	7,28	7,34	5,99	6,83	7,34
maximum	8,34	7,90	8,68	7,78	8,01	7,39	7,17	8,12
MgO% átlag	2,56	2,62	4,62	2,48	3,48	3,03	3,50	3,90
minimum	2,30	1,74	2,42	2,30	2,90	2,80	3,35	3,60
maximum	3,26	2,78	5,36	2,60	3,67	3,59	3,75	4,07
Al₂O₃% átlag	2,50	4,05	1,17	1,12	1,99	1,81	2,79	2,18
minimum	0,91	3,93	0,77	0,91	1,75	1,70	2,70	1,86
maximum	4,34	4,27	1,49	1,64	2,21	1,96	3,04	2,42
Na₂O% átlag	16,56	16,78	13,70	17,98	16,51	18,26	16,51	17,91
minimum	13,42	15,15	11,68	17,42	15,51	16,45	15,49	16,73
maximum	18,94	18,22	16,78	18,94	17,07	19,67	17,16	18,69
K₂O% átlag	1,00	0,22	4,22	0,25	0,24	0,30	0,27	0,45
minimum	0,03	0,04	0,19	0,03	0,02	0,24	0,22	0,04
maximum	2,54	0,52	7,55	0,37	0,93	0,43	0,38	0,93
B₂O₃% átlag	8,69	5,65	12,30	11,32	7,68	9,68	5,64	7,90
minimum	5,23	4,61	11,17	9,79	6,88	7,58	5,20	7,32
maximum	12,64	6,29	14,32	12,64	9,40	10,52	6,22	8,58
Fe₂O₃% átlag	0,067	0,066	0,10	0,05	0,045	0,045	0,051	0,066
minimum	0,025	0,047	0,06	0,03	0,024	0,037	0,038	0,033
maximum	0,117	0,099	0,28	0,07	0,066	0,051	0,078	0,104
Keverék költségszint %	111,8	104,8	116,2	103,2	89,0	99,3	83,4	92,3

1. táblázat Alkalmazott üvegtípusok és oxidos összetételük, m%
Table 1. Applied glass types and their oxide composition, m%

Jellemző/üveg	B	A	KI40	BIO	P1	T12	PZII	5/2V1
Szálátmérő μm átlag	6,40	6,17	7,28	5,64	5,69	5,36	5,65	5,90
Minimum μm	4,94	5,12	6,64	4,97	5,27	5,03	5,24	5,30
maximum μm	8,30	7,39	8,25	6,33	6,15	5,77	6,11	7,91
T_0 átlag $^{\circ}\text{C}$	1172	1260	1205	1103	1314	1210	1346	1284
minimum $^{\circ}\text{C}$	874	1207	1128	1062	1148	1121	1329	1111
maximum $^{\circ}\text{C}$	1320	1374	1266	1212	1795	1306	1369	1783
T_k átlag $^{\circ}\text{C}$	994	1037	1000	939	1003	953	1023	971
minimum $^{\circ}\text{C}$	901	1004	959	901	966	933	1007	912
maximum $^{\circ}\text{C}$	1089	1060	1040	1003	1038	979	1047	1042
T_L átlag $^{\circ}\text{C}$	700	699	716	695	780	753	773	774
minimum $^{\circ}\text{C}$	618	554	658	643	674	679	742	617
maximum $^{\circ}\text{C}$	915	891	808	724	932	814	801	892
ΔT átlag $^{\circ}\text{C}$	181	213	173	150	125	113	134	106
minimum $^{\circ}\text{C}$	16	63	83	128	22	55	113	43
maximum $^{\circ}\text{C}$	295	333	243	194	216	193	153	244
üvegterhelés gr/óra/furat								
átlag	29,4	27,3	32,2	21,6	24,6	23,8	27,5	30,1
minimum	18,5	16,5	30,0	18,5	19,7	22,0	27,2	22,4
maximum	41,6	40,5	34,1	25,6	27,6	24,5	27,7	38,5

2. táblázat Alkalmazott üvegtípusok és a szálazás jellemzői
Table 2. Applied glass types and fibre preparation properties

KI40 üveg: 1996. április – 1996. május

Az üvegszál gyártásban ekkor jellemző KI 40 típusú üveget a Veszprémi Vegyipari Egyetemen fejlesztettük ki és vezettük be a kemence átépítése előtt.

A fejlesztés során a veszélyes anyagokra vonatkozó német GMBL az üvegszál szigetelőanyagokra vonatkozó előírásból indultunk ki, mely bevezette a KI értéket a 3 mikronnál vastagabb, 5 mikronnál hosszabb olyan szálakra, amelyeknél a hosszúság-átmérő aránya > 3 .

$KI = \Sigma Na, K, B, Ca, Mg, Ba\text{-oxidok} - 2 \times Al\text{-oxid}$. Az oxidok tömeg %-ban értendők.

- Ha $KI < 30$ akkor a 2. veszélyességi kategóriába tartozik,
- Ha $KI > 30$ és < 40 akkor a 3. veszélyességi kategóriába tartozik,
- Ha $KI > 40$ akkor a 4. veszélyességi kategóriába tartozik.

A fejlesztés során a $KI > 40$ érték elérését tűztük ki célul, de a korábbi üvegeink viszkozitás-hőmérséklet lefutásához hasonlót kerestünk. A munka során 46 üvegoldvasztást végeztünk laboratóriumi körülmények között, aminek mértük a viszkozitását és az oxidos összetételét. Az eredmények egyeztetése alapján jutottunk el a bevezetett üveggösszetételhez, melynek az átlagos KI értéke 40,62. Későbbi irodalmi adatok szerint azonban a KI érték nem minden esetben tükrözi a szálak sejtnedvek hatására történő oldékonyságát. Az irodalomban beszámolnak olyan anyagokról, melyekre a KI közel 40, ennek ellenére az anyag mégis bioperszisztens [7]. A korábbi üvegekhez képest ebben az összetételben az Al_2O_3 drasztikusan csökkentve, CaO és MgO jelentősen, a B_2O_3 pedig a duplájára növelve. Az olvasztási és kidolgozási hőmérséklet $30\text{-}50\text{ }^{\circ}\text{C}$ -al csökkent a korábbi A üveghez képest. Az üveghossz ΔT is $30\text{-}40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -al rövidült. Jellemző volt a nagymértékű üvegvivétel ingadozás, az üveg gyors, drasztikus kristályosodása a szálazótárcsákban, ezért naponta, műszakonként szálazótárcsa cserére volt szükség. Rosszul szálazható üveg, $7,2\text{ }\mu\text{m}$ vastag, üvegyöngyös

szál, szabályozhatatlan szálazás. $500\text{-}650\text{ kg/h}$ üvegvivétel. Extrém korrozív, az olvasztókemencére veszélyes üveg. A késztermék gyorsan öregszik, porzik, kompresszió után nem rúgja ki magát. A legmagasabb B_2O_3 , CaO, MgO és K_2O tartalmú üveg, ezért a legdrágább is. 1996-ban volt az első kemence átépítés, és ezután visszatértünk a B üvegre.

BIO üveg: 1998. augusztus – 1999. március

A KI40 üveg hátrányos tulajdonságait figyelembe véve a Veszprémi Vegyipari Egyetemen együttműködve dolgoztunk ki az in vitro üvegoldhatóságok figyelembe vételével ezt az üveggösszetételt. Alacsony Al_2O_3 , magas Na_2O , a CaO és a MgO illetve K_2O az A üveg szintjén. Alacsony olvasztási és kidolgozási hőmérséklet. Jól szálazható vékony $5,64\text{ }\mu\text{m}$ szálátmérő, jellemző üvegvivétel $750\text{-}800\text{ kg/h}$. A magas B_2O_3 és Na_2O értékek okozzák az átlagos szint feletti költséget. Ezen üvegtípustól kezdve már minden üvegyapot termékünk megfelelt a bio-oldékonysági kritériumnak.

1999-ben megtörtént az átállás teljes oxigén-gáz tüzelésre (3 égővel) folyamatos termelés mellett (korábban hagyományos gáz-levegő tüzelés volt, regenerátoros levegő előmelegítéssel), a Messer és az XOTHERMIC cégek segítségével.

P1 üveg: 1999. április – 2000. március

Gazdaságosság miatt a B_2O_3 jelentősen csökkentve, a MgO 1%-al, az Al_2O_3 0,8%-al emelve a Na_2O 1,4%-al csökkentve. Az olvasztási és kidolgozási hőmérsékletek magasabbak, de az üveghossz rövidebb, alacsonyabb ΔT . Még elfogadhatóan szálazható, de időnként göbös, $5,69\text{ }\mu\text{m}$ szálátmérő, jellemző üvegvivétel $800\text{-}950\text{ kg/h}$. Az oxidos összetétele a költséges üvegalkotók tekintetében a középmezőnyben van, ezért a második legköltséghatékonyabb üveg.

2000-ben közbenső kemence hidegjavítás és ez alatt az oxigén-gáz tüzelési rendszer továbbfejlesztése (4 égő).

T12 üveg: 2000. április – 2000. július

Az alkália és a B_2O_3 2-2%-al emelve, a CaO az Al_2O_3 és az MgO csökkentve. Az olvasztási és a kidolgozási hőmérsékletek 100 illetve 50 °C-al alacsonyabbak, az üveghossz is 10-30 °C-al rövidült. Viszonylag jól szálazható, átlagos szálátmérő 5,36 μm az üvegvivétel 840-950 kg/h. Az átlagos költségszintnél kevesebb olcsóbb ez az üveg.

PZII üveg: 2002. február – 2002. május

Az eddig alkalmazott üvegek közül a legmagasabb SiO_2 , közepes Al_2O_3 , alacsony R_2O (Na_2O+K_2O) és a legalacsonyabb B_2O_3 tartalmú üveg. Az olvasztási és kidolgozási hőmérsékletek a korábbi üvegek felső határánál, az üveghossz, a ΔT a középmezőnyben van, jól szálazható. Jellemző szálátmérő 5,65 μm 850 – 1000 kg/h üvegvivétel mellett. Az előbb bemutatott oxidos összetétel alapján a leggazdaságosabban előállított üvegünk.

2002-ben történt meg a kemence átépítése nagyobb kapacitására, az oxigéntüzelés továbbfejlesztése (6 égő), elektromos pótfűtés (500 kW teljesítmény) kialakítása, feeder csatorna bővítése. Gyártósor kapacitás bővítése: 3. szalázó telepítése, gyűjtőkamra meghosszabbítása. Csomagolás korszerűsítése.

5/2V1 üveg: 2000. augusztus. – 2002. február és 2002. júniustól a leállításig, 2009. áprilisig

A BIO és a KI40 üveg után a legalacsonyabb SiO_2 illetve a legmagasabb R_2O és a 4. legmagasabb B_2O_3 illetve RO ($CaO+MgO$), közepes Al_2O_3 tartalmú üveg. A P1 és a PZII után a harmadik legmagasabb olvasztási és a középmezőnyben lévő kidolgozási hőmérséklettel rendelkezik. Az üveghossz, a ΔT a legkisebb terjedelmű, tehát a használt üvegeink közül a legrövidebb. Viszonylag jól szálazható jellemző szálátmérő 5,9 μm 860-1350 kg/h üvegvivétel mellett. A harmadik legolcsóbb üvegösszetétel.

9. Tulajdonos, vezetés, fejlesztés

2003-ban új tulajdonos a spanyol URALITA cég lett. Raktár épület bérlése logisztikai tevékenység korszerűsítése történt. Névváltozás: URSA Salgótarján Rt.

2007-ben környezetvédelmi beruházások történtek. Elektrofilter telepítésére került sor az olvasztás porkibocsátásának csökkentésére (az európai környezetvédelmi előírásoknak is megfelelően). Új, csendesebb hűtőtornyok telepítése történt.

2008-ban kemence átépítés történt az oxigéntüzelés újabb

korszerűsítésével. Megtörtént a kötőanyagrendszer korszerűsítése. A polimerizációs kemence hatékonyságát javítottuk. Beruházás történt a zajkibocsátás határérték alá csökkentésére és az üzemi belső légtechnika optimalizálására. A gyár fejlődését jól tükrözi, hogy kapacitása – a létszám változatlanul tartása mellett – megalakulása óta háromszorosára nőtt. A minőségre jellemző üvegszál átmérő pedig 25%-kal javult ezen időszak alatt. A csapatunk által kifejlesztett bioszolubilis üvegyapotszál nem volt egészségkárosító hatású. A piac és a termelés töretlenül fejlődött, de 2008-ban a kialakuló gazdasági válság már érezte hatását, és a vállalatvezetés 2009. áprilisában leállította a magyarországi üvegyapógyártást.

10. Összefoglalás

A cikk bemutatta a salgótarjáni üvegyapot gyártásánál használt üvegek oxidos összetételét, ezek hatásait a jellemző viszkozitás értékekre, a gyártásra és a terméktulajdonságokra. Szemléltette az egyes üvegtípusokhoz tartozó gyakorlati tapasztalatokat, előnyöket, hátrányokat.

Felhasznált irodalom

- [1] Volf, M. B. (1956): Üvegyipari táblázatok és számítások, *Műszaki Kiadó*, 328 p.
- [2] Marwedel, H. J. – Brückner, R. (2010): *Glastechnische Fabrikationsfehler*, Springer, 623 p.
- [3] Kitagorszkij, I. I. (1954): Üvegtechnológia, *Építésügyi Kiadó*, 522 p.
- [4] Knapp, O. – Korányi, Gy. (1964): Üvegyipari kézikönyv, *Műszaki Könyvkiadó*, 667 p.
- [5] Szemán, J. (2006): A viszkozitás szerepe az üvegyártásban, *Építőanyag*, Vol. 58, No. 1, pp. 15-18. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2006.4>
- [6] Tóthné Kiss, K. (2007): Üveghulladék, mint alapanyag az üvegyárak hulladékgazdálkodásában, *Építőanyag*, Vol. 59, No. 4, pp. 114-17. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2007.17>
- [7] Szóke, R. (2009): Üvegszálak egészségkárosító hatásának tanulmányozása hagyományos és nukleáris módszerekkel, *PhD értekezés*, http://teo.elte.hu/minosites/ertekezés2009/szoke_r.pdf
- [8] Szemán, J. (2006): Üvegszálás hőszigetelő anyagok, tendenciák, kapcsolatok, összefüggések, *Építőanyag*, Vol. 58, No. 3, pp. 85-91. <http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2006.14>

Ref.:

Szemán, József: 20 év – Tucatnyi üveg

Építőanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials, Vol. 68, No. 1 (2016), 14–19. p.

<http://dx.doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2016.3>



GLASSMAN
MIDDLE EAST 2016
10-11 May 2016, ADNEC, Abu Dhabi

Where the hollow glass industry meets to do business

www.glassmanevents.com/mid-east

Glassman Middle East is an international exhibition and conference for the hollow glass manufacturing industry.

This niche event brings together international experts, glass container manufacturers and businesses that use glass containers to discover the latest innovations which include energy efficiency, quality control, packaging, logistics and decorative possibilities.