

MŰSZAKI ZOMÁNCOK ÉS ÜVEGEK ELLENÁLLÁSI VISELKEDÉSE IGEN KORROZÍV KÖZEGBEN

Dr. Günter Schäfer - Pfaudler Werke GmbH

(Email 2004/6)

1. ÖSSZEGRZÉS

Összehasonlító korróziós próbákat végeztünk lúgokban a Pfaudler Werke GmbH műszaki zománcain, valamint tipikus, vegyipari készülékek számára a piacon található műszaki üvegeken (boroszilikát- és nátronüvegek).

A próbák mindkét anyagféleség számára definiált DIN ISO teszt szerint történtek. A következőkben leírjuk a tesztet és értékeljük annak előnyeit és hátrányait.

A műszaki zománcok a korróziós teszteknel minden tartományban jobban vizsgáztak, mint a műszaki üvegek, maguk a nátron-mész üvegek kémiaailag lényegesen ellenállóbbak, mint a boroszilikát üvegek. A boroszilikát üvegek előnye az alacsony hőtágulási együtthatójukban van, lényegesen érzéketlenebbek a hőszökkel szemben, mint a nátron-mész üvegek. De ebből a szempontból is jobbak a műszaki zománcok az acél-üveg kapcsolat miatt.

2. BEVEZETÉS

Az acél-zománc szerkezeti anyagnak szilárd helye van a kémiai és a gyógyszergyártó iparban a korrozív közegben lejátszódó folyamatoknál, vagy a steril, nagytisztaságú alkalmazásoknál. Mindig, amikor különösen nagytisztaságú termékről van szó, ha a lerakódást el kell kerülni, vagy ha higiénikus eljárások szükségessé teszik a csírátlanságot, a vegyipari zománc különösen sima, stabil és kémiaailag inert felülete optimális feltételeket nyújt.

A zománc egy üvegesen megdermedt szilikát olvadék, amelyet fém hordozóanyagra olvasztanak rá. A zománc rétegvastagsága 1,5 mm körül van, de a vevő igényének és az alkalmazásnak megfelelően lehet 0,6 vagy 3 mm is.

Hordozóanyagként szóba jöhet a kazánlemez (P275NH, P235GH), de ausztenites króm-nikkel acélok is, mint a V4A acélok (pl. 1.4541), valamint más, erősen ötvözött acélok és különleges acélok, mint az Inconel és a Hastelloy-nikkelbázisú ötvözet. A hordozóanyaggal szemben igen magasak a követelmények az alkalmazott lemez felületi minősége, a szövetszerkezet, valamint a kémiai összetétel tekintetében.

A zománcozáshoz alkalmazott üvegek hőtágulási együtthatója (A_k) $8,3-11 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ között van. Ezáltal, az alapanyaghoz illeszkedő A_k miatt, a műszaki zománcok különösen érzéketlenek lesznek a hősökkel szemben és egyidejűleg ütésállóak is.

A műszaki üvegeket hasonlóképpen, mint szerkezeti anyagokat alkalmazzák a vegyipari készülékek gyártásában. Itt a szerkezeti elemek masszívak és teljes egészében boroszilikát üvegből készülnek. A boroszilikát üvegek a relatív alacsony tágulási együtthatójuk miatt alkalmazhatók, ami kb. $3,3 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, az a berendezésben viszonylag nagy hőmérsékletváltozást enged meg anyagtörés vagy hősökkrepedés nélkül.

A nátron-mész üvegeket főként mint kémlelőablakot alkalmazzák. Ezeknek az üvegeknek a tágulási együtthatója hasonló a vegyipari zománcéhoz, $8,5-9,5 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$, ezért érzékenyek a hősökre, és berendezés-technikailag biztosítani kell a lepattogzás és repedésképződés ellen, mivel a zománccal ellentétben hiányzik az acéllal való kapcsolat. Beépített állapotban és a radiálszimmetrikus nyomó-előfeszítésnél a nátrium-mész üvegek, mint ahogy a zománc is, a nyomásingadozásnak állnak ellen.

3. A ZOMÁNCBEVONAT ELŐÁLLÍTÁSA ÉS TULAJDONSÁGAI

A műszaki zománcbevonatot több zománcozási lépésben állítják elő. Először egy alapzománc réteget visznek fel, amely kötőanyagként szolgál az acél és a fedőzománc között. Az alapzománcnak, szemben a fedőzománccal, összehasonlíthatóan alacsonyabb kémiai ellenállóképessége van, és csak vékony rétegben alkalmazzák. Ezt követi a fedőzománc felvitele, amely a tulajdonképpeni hordozója a kémiai tulajdonságoknak. A többszöri szórással és égetéssel elért rétegvastagság 1 és 2 mm között van. A műszaki zománc nagy kémiai ellenállóképességét a fedőzománc kémiai összetétele határozza meg, és a zománc további mechanikai és termofizikai tulajdonságai a fém és a zománcréteg kapcsolatán alapulnak.

A fedőzománc réteg, szilikátos összetétele által, 100°C felett is teljesen érzéketlen az erősen oxidáló vagy erősen redukáló hatásokkal szemben, savas vagy lúgos közegbe.

A zománc alacsony húzószilárdsága miatt (kb. 70 N/mm^2) kerülni kell a húzófeszültségeket a zománcrétegben. Ezt maga a zománcozási folyamat garantálja: a zománc ($20-400^\circ\text{C}$ -nál kb. $9 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$) és az acél (kb. $13,9 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$) különböző hőtágulási együtthatója miatt a zománcozott tárgy lehűlésekor a zománcrétegben kb. 140 N/mm^2 nyomófeszültség keletkezik. Egy készülék vagy egy alkatrész konstrukci-

ós kialakításánál figyelembe kell venni, hogy az üzemeltetési tartományon belül a zománcban ne keletkezzen a megengedettnél nagyobb vagy kisebb nyomófeszültség.

A zománcban elérendő nyomófeszültség megtervezése és a két szerkezeti anyag, az acél és a zománc konstrukciós sajátosságának megfelelően a homogén feszültség kialakítása teszi csak lehetővé a zománcozott készülékek mai formájának forgalmazását. A műszaki zománcok ezért olyan anyagok, amelyek a lehető legnagyobb kémiai és mechanikai ellenállást mutatnak a kémiai és gyógyszeripari berendezésekben mindenféle kedvezőtlen üzemi feltételekkel szemben (hőmérséklet, nyomás, vákuum, sav, lúg, szerves oldószer, abrazív közeg).

4. MŰSZAKI ÜVEGEK GYÁRTÁSA ÉS TULAJDONSÁGAI

A műszaki üvegeket, mint ahogyan a zománcokat is, ásványi anyagokból nyerik olvasztással, és végül a mindenkori végtermékké dolgozzák fel. A szerkezeti anyagok rideg természete miatt a szerkezeti elemeket megfelelően túlméretezik, hogy bizonyos mechanikai biztonságot érjenek el. Ennek ellenére a tiszta üvegekészülékeket csak alacsony túlnyomással szabad üzemeltetni, ami a készülék átmérője szerint különböző nagyságú lehet, és sok felhasználónál megfelelő biztonsági berendezéssel (védőkosár) kell ellátni. A reakciós tartályok általában biztonsági okokból nem lehetnek nagyobbak, mint 1 m^3 .

A műszaki üvegek tulajdonságai

Mivel a műszaki üvegeknek nincs stabilizáló acél alépítménye, konstrukciós felépítésük az alkalmazott üvegfajta adott termofizikai és mechanikai tulajdonságain alapszik. Itt a boroszilikát üvegek, mint egyetlen üvegfajta, jöhetnek számításba, mint nagyüzemi szerkezeti anyagok. Ezeknek alacsony hőtágulása (kb. $3,3 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$) az alapja annak, hogy a berendezéseket a tipikus üzemi feltételek között, -40 és 200 °C között, a kifáradási törés és a hősokk ellen megvédjék. Ez a sokkellenállás mindenestre bizonyos engedményeket követel meg a boroszilikát üvegek korróziós viselkedésében.

5. A KORRÓZIÓS VIZSGÁLATOK SZABVÁNYAI

Mindkét szerkezeti anyag (zománc és üveg) típusára egyedi szabványokat fejlesztettek ki, melyek meghatározott minimális követelményeket rögzítenek és melyeknek meg kell felelni ahhoz, hogy a vegyiparban készülékengedélyt kapjon. A következőkben csak a kémiai korróziós vizsgálatok szabványait ismertetjük, és végül összehasonlítjuk a két szerkezeti anyag tulajdonságait. Az **1 sz. táblázatban** a két anyag korróziós vizsgálatának DIN szabványait soroljuk fel.

Zománc	DIN 2743	ISO	Ellenállás forrásban levő 20%-os HCl oldattal szemben
Zománc	DIN 2744	ISO	Ellenállás forrásban levő vízzel szemben
Zománc	DIN 2745	ISO	Ellenállás 80 °C-os, 0,1n NaOH-val szemben
Zománc	DIN 51 174		Ellenállás 140 °C-os, 20%-os HCl oldattal szemben
Üveg	DIN ISO 719		Hidrolitikus ellenállás 98 °C-os vízzel szemben
Üveg	DIN ISO 720		Hidrolitikus ellenállás 121 °C-os vízzel szemben
Üveg	DIN 12 116		Ellenállás forrásban levő 20%-os HCl oldattal szemben
Üveg	DIN 695		Ellenállás 1n NaOH/Na ₂ CO ₃ lúggal szemben 102 °C-on

1 sz. táblázat

5.1 Zománcvizsgálatok

5.1.1. DIN ISO 2743 (1)

A szabvány a vegyipari zománcok savállósági vizsgálatának kritériumait írja le. Az alkalmazott sav 20%-os HCl oldat. A vizsgálati hőmérséklet 108 °C, a vizsgálati idő 168 óra. A vizsgálatot 105 mm átmérőjű zománcozott lapokon végzik. Ezek egy henger alsó és felső lezárására szolgálnak. A hengert 2/3-ig töltik meg savval, és 168 órán keresztül tart a vizsgálat. A hőmérsékletet úgy szabályozzák, hogy a sav elegendő visszakondenzációhoz jusson a vizsgálati idő alatt. A felső zománcozott lap felületének gőz fázisban történő kioldódását értékelik ki, hogy az idegen anyagok, fluorid, vagy a szilikátok, általi gátlást a folyékonyfázisban elkerüljük. A vizsgálatot könnyű végrehajtani, és jól reprodukálható. A hibahányad viszonylag alacsony. A vizsgáló készüléket a DIN ISO 2733 szabvány írja le. A kioldást mm/év-ben adják meg.

5.1.2. DIN ISO 2744 (2)

A vizsgáló készülék ugyanaz, mint a DIN ISO 2743-nál. Itt a vizsgálati idő 48 óra, vagy 336 óra a kioldódás mértékének megfelelően. A víz vezetőképessége kisebb kell, hogy legyen 5 mS-nél. Itt is a felső, gőzfázisnak kitett, lapot vizsgálják. A kioldódás számítása tömegmérés alapján történik. A víz minősége fontos szerepet játszik. A vízminőség szerint lehet a szórást megállapítani. Minél jobb a víz minősége, annál nagyobb a zománclehordás. A kioldódási rátát mm/év-ben adják meg.

5.1.3. DIN 51 174 (3)

Ennél a sósavat 20%-os koncentrációban alkalmazzák, mint a DIN 2743-nál, a hőmérséklet 140 °C. A vizsgálati idő 24 óra. Egy inert, teljes mértékben tantállal bélelt autoklávot kell alkalmazni meghatározott töltési térfogattal. Nincs speciális készülék előírva, de a vizsgáló oldat térfogata és a vizsgálandó zománcfelület között konstans viszonynak kell lenni, ez $V/O=20$, azaz térfogat/felület=20. Vizsgálati testként minden oldalról zománczott testet alkalmaznak. A lehordási rátát mm/év-ben adják meg. A vizsgálat jól reprodukálható és csak csekély szórást mutat.

5.1.4. DIN ISO 2745 (4)

Ez a szabvány 0,4%-os nátronlúgot alkalmaz 80 °C-on. A próbát a DIN ISO 2734-ben leírt készülékkel végzik. Az oldat térfogata a zománcfelülethez viszonyítva konstans, $V/O=20$. A vizsgálati idő 24 óra. A lehordási rátát mm/év-ben adják meg. Ezen vizsgálati módszer értéke nagy szórást mutat, egészen 300%-ig, mivel a mai vegyipari zománcok ehhez a vizsgálathoz túlságosan ellenállóak, és csak nagyon kevés lehordódást mutatnak. (ez a megállapítás nem teljesen igaz. Fordító) Ezért a szabvány átdolgozás alatt van.

5.2 Üvegvizsgálatok

5.2.1. DIN ISO 719 (5)

Ez a szabvány a boroszilikát üvegdera hidrolitikus ellenállóképességének meghatározását írja le 98 °C-os forró vízben. A vizsgálat a boroszilikát üvegek Na_2O kilúgozódását jellemzi, azzal a feltevéssel, hogy a B_2O_3 és a SiO_2 , mint üvegszerkezet hálózatképzői, nem mennek oldatba. A szabvány előírja, hogyan kell az üvegdarát egy üvegalkatrészből előállítani, és melyik szemcsefrakciót kell alkalmazni. A vizsgálat időtartama 1 óra, ezt követően lesz az üvegdera leszűrve, és a visszama-

radt oldat sósavval visszatitrálva. A használt sósavban levő anyagot Na_2O egyenértékre kell átszámolni. Ezt az értéket ezután a rögzített üveg-ellenállási táblázatban a hidrolitikus osztály 5 hidrolitikus osztályába sorolják. Ennek a vizsgálatnak az egysége a sósav felhasználás ml/g üvegdarában. Ha olyan üveget, amelyek más bázikus oxidokat is tartalmaznak, mint az egyértékű kationok (CaO , MgO , SrO , Al_2O_3) vetnek alá ennek a vizsgálatnak, a hidrolitikus osztályt, a titrálás közbeni nagyobb sósavfelhasználás miatt, szükségszerűen lerontja.

5.2.2. DIN ISO 720 (6)

Ez a szabvány a boroszilikát üvegpara hidrolitikus ellenállóképességének meghatározását írja le 121 °C-os forró vízben. A vizsgálat az 5.2.1.-ben leírtak szerint történik. A szabvány előírja, hogyan kell az üvegdarát előállítani, és melyik szemcsefrakciót kell alkalmazni. A vizsgálati idő 0,5 óra. A visszamaradt oldatot sósavval kell visszatitrálni. A felhasznált sósavban levő anyagmennyiséget Na_2O egyenértékre kell átszámolni. A kiértékelés hasonlóan történik, mint az előző vizsgálatnál. A hidrolitikai ellenállási osztályt nem kell meghatározni.

5.2.3. DIN 12 116 (7)

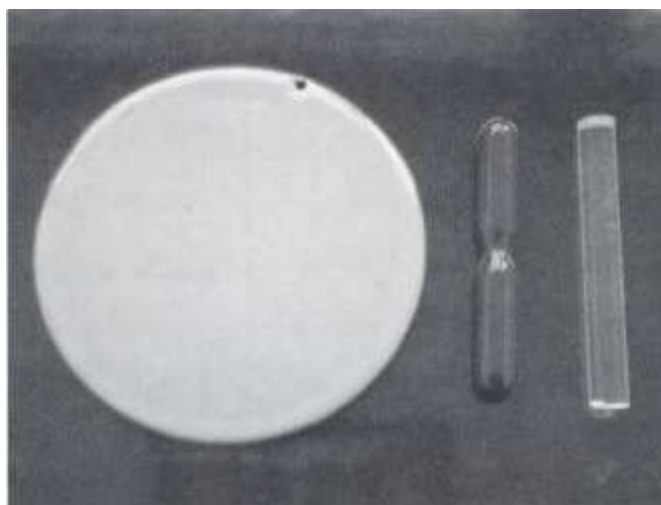
Ez a szabvány a forrásban levő, 20%-os sósavval szembeni ellenállás vizsgálatát írja le 108 °C-on. A vizsgálati idő 6 óra. Az anyagvesztést mg/dm^2 -ben adják meg. A kioldás szerint két ellenállási osztályba sorolják. A vizsgálat jól reprodukálható.

5.2.4. DIN 695 (8)

Ebben a szabványban egy forrásban levő lúgkeverékben határozzák meg az ellenállóképességet. A lúg 1n NaOH és 0,5n Na_2O_3 oldat 1:1 arányú keveréke. A vizsgálat 102 °C-on történik, a vizsgálati idő 3 óra. A kioldást mg/dm^2 súlyvesztésben adják meg. Az üvegeket 3 ellenállási osztályba sorolják, ami csak erre a szabványra érvényes.

6. A PRÓBATESTEK GYÁRTÁSA ÉS KEZELÉSE A KORRÓZIÓS VIZSGÁLATOKHOZ

A vizsgálatokhoz a Pfaudler cég üzemi előírásaiban szabványosított próbatesteket alkalmazták. Az **1 sz. ábra** bemutatja a vizsgálati testeket. A DIN próbatestek vizsgálati felülete 50 cm^2 , a hosszúkás próbatest felülete 25 cm^2 . Mindkét próbatestet ugyanazzal a Pfaudler zománccal vonták be.



1 sz. ábra:

Az alkalmazott próbatestek ballról jobbra

DIN korróziós próbatest; PWG szerinti mini próbatest; Üvegpálca köranyagból kicsiszolva

Az üvegtestek korróziós vizsgálatához 10 mm átmérőjű pálcákat alkalmaznak, és azokat úgy vágják le, hogy felületük 25 cm^2 legyen. Minden próbát a korróziós vizsgálat előtt és után a kereskedelemben kapható tisztítófolyadékkal és szivaccsal megtisztítanak, majd vízzel és alkohollal leöblítenek, 110°C -on megszáritanak, exsziátorban lehűtenek és súlyát analitikai mérlegen $0,01\text{ mg}$ pontossággal meghatározzák. A kioldódást a súlyvesztéséből és a fajlagos felületből kiszámítják, a zománc sűrűségét $2,5\text{ g/cm}^3$ -nek tekintik. Az egyes üvegek fajsúlyához a mindenkori műszaki adatlapokat veszik figyelembe.

Ahhoz, hogy a zománc hidrolitikus ellenállását az üvegszabványoknak megfelelően állapítsák meg, a frittgranulátumot megőrlik, és a szabványnak megfelelő szitával szeparálják a megfelelő szemcsefrakciót. Ezt ezután egy certifikált laborban a szabványnak megfelelően vizsgálják. A sósavas titrálás mellett az oldott zománccalkotókra a reakciós oldat teljes kémiai elemzését elvégzik.

7. A KORRÓZIÓS VIZSGÁLATOK EREDMÉNYE

A zománc- és az üvegvizsgálatok adatainak összehasonlítása

Ahhoz, hogy a műszaki zománcok és a műszaki üvegek adatait összehasonlíthassuk, mind a zománc DIN vizsgálatait, mind az üveg DIN vizsgálatait mindkét anyagra elvégzik. A zománcpróbákhoz mini próbatesteket alkalmaznak.

A kiválasztott műszaki zománcoknak és üvegeknek a zománc DIN vizsgálati eljárása szerinti korróziós vizsgálatainak eredményei a **2. sz táblázatban** találhatóak.

Zománc / Üveg fajtája	Savállóság DIN ISO 2743	Savállóság DIN 51 147	Lúgállóság DIN ISO 2745 (1999 után)	Lúgállóság DIN ISO 2745 (1999 előtt)
	20% HCl, 108 °C, 168 óra	20% HCl, 140 °C, 24 óra	0,1n (0,4%) NaOH, 80 °C, 24 óra	1n (4%) NaOH, 80 °C, 48 óra
	mm/év	mm/év	mm/év	mm/év
WWG 911	0,038-0,043	0,20-0,24	0,27-0,30	0,48
PPG	0,046-0,050	0,22	0,13-0,20	0,32-0,35
Duran 8330	0,245	0,385	0,848-1,615	1,23-4,13
AR-üveg (nátron-mész üveg)	0,056(1nap)/0,06(5nap)	0,313	1,18	1,57

2. sz táblázat

A zománcok és üvegek zománc DIN szabványai szerint végzett korróziós vizsgálati eredményei

A vegyipari zománcok mindkét lúgvizsgálat szerint igen jó ellenállást mutatnak, sekély lehordási rátával. A nátron-mész üveg kb. 4-szer rosszabb kémiai ellenállást mutat lúggal szemben (DIN 2745 szerint), mint a WWG jelű vegyipari zománc. A PPG zománccal szemben a Duran-üvegen a lúg támadása kb. 10-szer nagyobb.

A boroszilikát DURAN 8330 üveg a méréseknél erős ingadozást mutat. A két lúgtesztnél ismételt méréseknél is fellép a szórás és nem lehetett kiküszöbölni. Ez a már szisztematikusan fellépő szórás valószínűleg a „bórsav anomáliával” magyarázható, amely beleszól a korróziós viselkedésbe. A „bórsav anomália” azt jelenti, hogy a B₂O₃ geometriailag különböző konfigurációban (tetraéderesen koordinált, mint a BO₄ egység és triangulárisan, mint a BO₃ egység) fordul elő az üvegszerkezetben és ezek különböző erősséggel kötődnek az üveghálóban.

A műszaki üvegek kémiai ellenállóképessége tehát, szemben a WWG és PPG vegyipari zománcokkal, 4-10-szeresen rosszabb.

A **3 sz. táblázat** bemutatja, hogyan viselkednek a műszaki zománcok és üvegek az üveg DIN vizsgálatai szerint. A kísérleti eredmények jobb összehasonlíthatósága érdekében a kioldódásnak a zománcre vonatkozó mm/év egységnek megfelelő értékeit az üveg DIN tesztlistájára is felvettük.

Zománc / Üveg fajtája	Hidr. Ellenállás vízzel szemben DIN ISO 719		Hidr. El- lenállás vízzel szemben DIN ISO 720	Savállóság DIN 12 116			Lúgállóság DIN 695		
	0,01 n HCl ml / üvegdara gr		0,01 n HCl ml / üvegdara gr	Oldódás	Osztály mg/dm ²		Oldódás	osztály mg/dm ²	
	ml/g	K1:<0,1 K2:>0,1- 0,20 K3:>0,20- 0,85 K4:>0,85- 2,0 K5:>2,0- 3,5	ml/g	mm/év	K1:<0,7 K2: 0,7-1,5		mm/év	A1:<75 A2:>75-175 A3:>175	
WWG	0,49	3	0,38	0,038- 0,043	0,651	Kl.1	2,68	22,95	A1
PPG	0,60	3	0,54	0,046- 0,050	0,822	Kl.2	2,76	23,64	A1
Duran 8330	0,03	1	0,027	0,262	0,4	Kl.1	20,40	136,0	A2
AR-üveg	nincs adat	3	nincs adat	nincs adat		Kl.1	10,83	92,75	A2

3. sz táblázat

A zománcok és üvegek üveg DIN szabványai szerint végzett korróziós vizsgálati eredményei

A vízállósági teszteknel a boroszilikát üvegek viselkedtek a legjobban, itt tisztán látszik a szabvány direkt alakítása a boroszilikát üvegek kémiai összetételéhez. Az irodalomban azért az AR-üvegre ennél a két vizsgálatnál nem adnak meg adatot. A 3. táblázatban a vízre vonatkozó ellenállási osztályok a műszaki zománcok és a nátron-mész üvegek esetében ezért speciálisan erre a szabványra átszámított oldódási értékek. A nagy értékű kationok oxidjainak vonatkozásában (MgO, CaO, SrO,

Al₂O₃, ZrO₂ stb.) a tesztelt műszaki zománcok erősen különböző kémiai összetételük ellenére, mindkét esetben eléri a majdnem legmagasabb 1. hidrolitikus ellenállási osztályt. Az összehasonlításban a titráló oldat többletfogyása a titrálásnál azt mutatja, hogy a műszaki zománcok és üvegek, kémiai összetételük miatt, más komponenseket adnak le az oldódásnál, mint Na₂O illetve NaOH, ami ennél a tesztnél visszatitrálásra kerül. A 719 sz. szabvány határértékei a két első ellenállási osztályra oly szorosak, hogy a próbák lefolytatása szerint az üveg ellenállási osztálya könnyen felcserélhető. Az 1. és 2. osztály között a titráló oldat fogyása kb. 3-4 csepp 0,01 n sósav oldat. (K1:<0,1; K2:>0,1-0,2 ml HCl oldat). A 3. osztálytól a titráló oldat mennyisége ezzel szemben nagy. (K3:>0,2-0,85)

A 8330 jelű Duran üveg savállósági tesztje szerint különböző kioldódás mutatkozik a vizsgálati eljárások (DIN 12 116 üvegteszt, DIN ISO 2743) függvényében, jóllehet a körülmények egészen a vizsgálati időig hasonlóak. A savállósági próbánál minden anyag az üvegszabvány szerinti legmagasabb ellenállási osztályba esik. Az ellenállási osztályok itt 100-szor erősebbek, mint a következőkben tárgyalt lúgállósági tesztnél (K1:<0,7; K2: 0,7-1,5 ; egység: mg/dm² tömegveszteség)

A lúgkeverékkel végzett lúgállósági tesztnél az erősen különböző kémiai ellenállású boroszilikát üvegek, a műszaki zománcokkal szemben egyértelműen felismerhetők. A zománcok, tekintettel a korróziós viselkedésükre, itt is 6-szor jobbak, mint a boroszilikát üvegek. A zománc lúgállósági DIN tesztjénél az értékek szórása figyelhető meg a bórsav anomália miatt. Az egyes határértékek közti távolságok, amelyeket az ellenállási osztályok állapítanak meg, igen nagyok, összehasonlítva a fent említett szabványok nagyon szűk toleranciájával (A1:<75; A2:>75-175; A3:>175; egység: mg/dm² tömegveszteség).

A nátron-mész üvegek ellenállási táblázata csak a nátron-mész üveg ellenállási osztályra vonatkozik. A próbatest mérése és kiértékelése megfelel a zománc DIN szabványának, a nátron-mész üvegre 10 mm/év kioldási rátát ad, mindamellet 2-szer jobb, mint a boroszilikát üveg 20 mm/év kioldási rátája, azonos feltételek mellett.

8. A SZABVÁNYOK KIÉRTÉKELÉSE ÉS ÖSSZEFOGLALÁS

A műszaki üvegek és a műszaki zománcok vizsgálati kritériumaiból megmutatkozik, hogy a vizsgálati szabványok koncepciója, felépítésükből, szerkezetükből és kifejező erejükből eredően elvileg igen különbözik.

A zománcvizsgálati szabványok úgy vannak felépítve, hogy a kapott tömegvesztéseket egyetlen, minden teszt alapjául szolgáló egységben, a rétegvastagság időbeli csökkenésére (mm/év) számítják át. Ez lehetővé teszi egy általánosan érvényes kioldódási számítást az egyes kritikus eljárástechnikai folyamatra, lehetővé teszi a zománcozott készülék élettartamának becslését minden lehetséges üzemi körülmény között, amit a vegyipar is használ.

A műszaki üvegek esetében ez nincs így. Itt minden szabvány egyedül magáért van. Minden szabvány külön vizsgálati előíráson és a mindenkor ellenállási osztályok számára külön adatokon alapszik. Ezek az egyes ellenállási osztályok felosztásának csak azért van értelme, hogy megkönnyítsék a különböző gyártók anyagainak értékelését.

Problematikus az ellenállási osztályok nagy száma, valamint a nagyon változatos határértékek. A különböző üvegfajta tulajdonságok táblázatának áttekintésénél a különböző besorolások gyakran egymásból nem következethetők, ami könnyen vezethet egy üvegfajta kémiai tulajdonságainak hibás megítéléséhez.

A két anyag korróziós viselkedésének összehasonlítása összességében azt mutatja, hogy a műszaki zománcok ellenállásuk tekintetében jóval felülmúlják a boroszilikát üvegeket és mindenekelőtt a lúgállóság területén elégít ki lényegesen nagyobb követelményeket, mint a műszaki üveg.