

## Műszaki zománc – egy high-tech anyag

*Dipl. Ing. Daniel Renger, De Dietrich Process Systems  
Email Mitteilungen, 2010.03*

(Fordította: Dr Való Magdolna)

### 1. Történelem

A zománcozás egy nagyon régi és széles körben elfogadott technológia. A régi egyiptomiak az agyag és a kő tárgyaknál alkalmaztak zománcot. A régi görögök, kel-ták, oroszok és kínaiak is alkalmazták a zománcot fém tárgyakra. A római időkben üveg edények külső díszítésére használták a zománcot, és tudomásunk van erről a későbbi republikánus és a korai birodalmi periódusban Levanteben, Egyiptomban, Nagy-Britanniában és a Fekete tengernél.

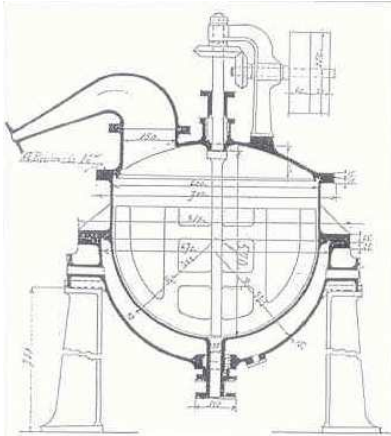
A zománcport két módon lehet alkalmazni: vagy a színes üveg felpúderezésével, vagy színtelen üveg színező anyaggal – mint a fénoxidok – való keverésével. A tárgyakat vagy szabad kézzel vagy megfelelő eszköz hegyével festették. Ezt követően a zománcozott üvegedényt megfelelően magas hőmérsékleten kell kiégetni, hogy a zománcpor megolvadjon, de elég alacsonyan ahhoz, hogy maga az edény anyaga megolvadjon. A zománcozott tárgyak gyártása a csúcspontját érte el a Claudian periódusban, és kb. 300 évig tartott, ennek a technikának archeológiai bizonyítására kb. 40 edény vagy edénytöredék ismeretes.

Az utóbbi 250 évben a kémikusok nagyon gyorsan megtalálták és megértették a zománc előnyeit, az egyedülálló zománctulajdonságok kihasználását, amely az üvegnél már megszokott volt. Mindenesetre a műszaki üvegtermékek akkori nagysága és az alkalmazható munkanyomás nagyon korlátozott volt.

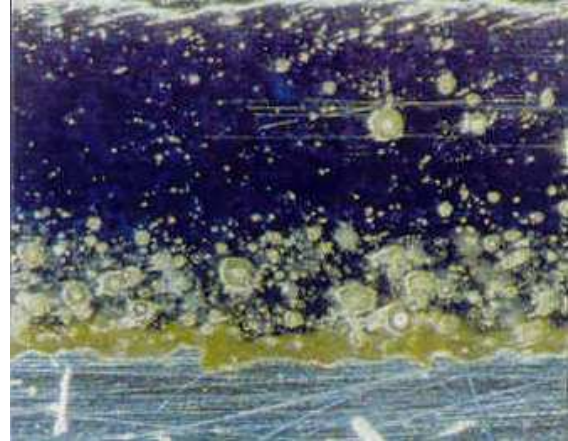
1950-ig a tartályokat öntöttvasból készítették (**1. ábra**), és a tartálynagyság korláta 6 m<sup>3</sup> volt. Akkor a zománcot az izzó tárgyra felpúdereztek.

### A műszaki zománcok fejlődése

Az utóbbi 50 évben a zománc tulajdonságai lényegesen javultak, és ez által növekedett a tartályok használati ideje. A kutatások és a fejlesztések eredménye ma elérte a műszaki zománcok magas minőségét (**2. ábra**)



**1. ábra**  
**De Dietrich tartály**  
**zománcozott öntöttvasból 1895**



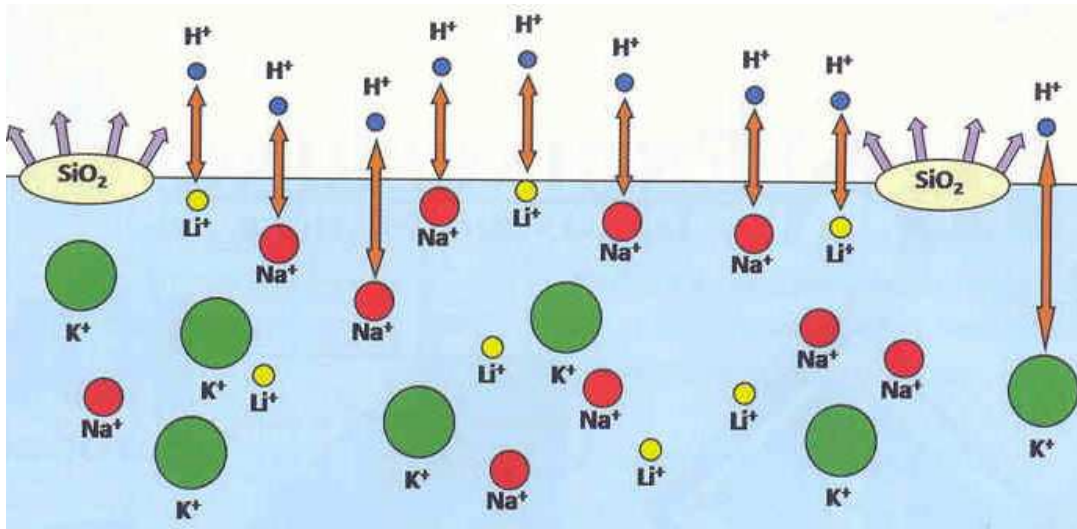
**3. ábra**  
**Zománc keresztmetszet:**  
**acélalap, alapzománc, fedőzománc**

Év	Anyag	1955	1957	1964	1972	1989	Javulás
Zománc	Zománc	öntvény	acél	acél	acél	acél	
		2272	1915	2100	3008	3009	
HCl 20% 108°C	$\Delta P$	3,1	1,1	0,7	0,3	0,14	X 7,8
NaOH 1N 80°C	$\Delta P$	5,5	9,5	2,6	0,9	0,7	X 13,6
Hősokk	$\Delta T$ (°C)	85	130	170	190	220	X 1,7
Kopás (mg/cm <sup>2</sup> .h)		-	-	-	7	2,3	X 3
$\Delta P =$ súlyvesztés/m <sup>2</sup> 24 óra							

**2. ábra**  
**A műszaki zománcok tulajdonságainak fejlődése**

## 2. A műszaki zománcok tulajdonságai

Az acélzománc (**3. ábra**) felületvédelme megfelel a modern kémia követelményeinek. A mai termelési eljárások mind keményebb körülmények között történnek. A műszaki zománc igen jó ellenálló képességet nyújt a korrózió, az abrúzió, valamint a mechanikai és termikus behatások ellen. Különlegesen jó a zománcvesztés savakban a zománckomponensek ioncseréje és kioldódása által az új zománcreceptek fejlesztésénél. (**4. ábra**)



4. ábra

*Sav általi zománckorrózió: ioncsere a zománc alkálifém ionjai ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) és a sav  $\text{H}^+$  protonjai (illetve  $\text{H}_3\text{O}^+$ ) között.*

A produktivitás további növelésére, vagy új szintézisek realizálásához a rendszer határait szakadatlanul magasabbra helyezték, magasabb vagy alacsonyabb hőmérséklettel és magasabb nyomással. Ezt a trendet csak akkor lehet számításba venni, ha a zománcozott acél készülékeket ugyanolyan módon fejlesztik.

## 2.1 Izokorróziós görbék

Az izokorróziós görbéket a vegyiparban használatos savak és lúgok számára állítják fel. A 0,1 és 0,2 mm/év korróziós ráta a hőmérséklet és a koncentráció függvényében kerül meghatározásra.

## 2.2 Savállóság

Általában a műszaki zománccok igen jó ellenállást mutatnak savakkal szemben, minden koncentrációnál, viszonylag nagy hőmérsékletig. A minimális ellenállási érték a legtöbb ásványi savakkal szemben a 20-30% koncentráció tartományban található (5. ábra) A 30%-os kénsavban 128°C-on a korrózió sebessége 0,1 mm/év. 60%-os kénsavban ezt az értéket 180°-nál éri el.

Foszforsav hatására folyamatosan nő a korrózió sebessége más savaktól eltérően: 10%-os foszforsav 163°C-nál a leoldás 0,1 mm/év. 70%-os foszforsavban ezt az értéket már 112°C-nál eléri.

A folyosav minden hőmérsékletnél megtámadja a zománccot. A koncentráció a 0,002%-ot (20 ppm) nem lépheti túl.

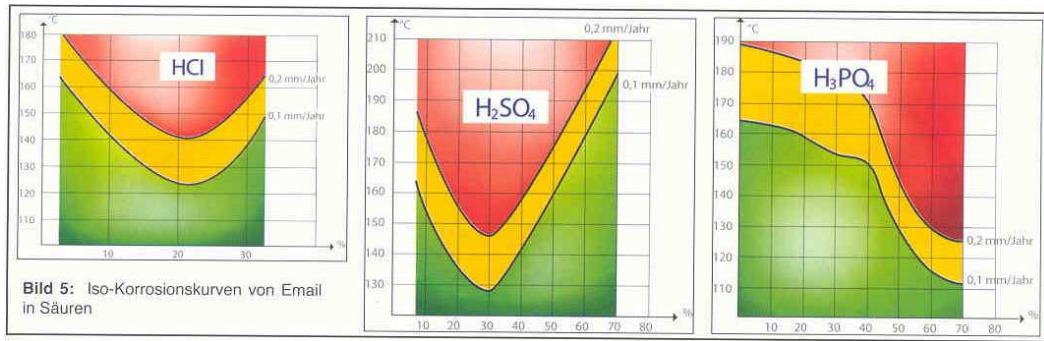


Bild 5: Iso-Korrosionskurven von Email in Säuren

### 5. ábra

A zománc izokorróziós görbéje savakban.

## 2.3 Ellenállás szerves közegben

Vízmentes, szerves közegben a zománc kémiai korróziója nagyon csekély. Ha reakció alatt víz válik szabaddá, a korrózió sebessége az oldat víztartalmától függ.

0,1 n nátriumoxid oldat esetén, vízmentes, alkoholos közegben 80°C-nál a korrózió gyakorlatilag nulla. Metanolban több mint 10 % víz szükséges, hogy a korrózió mérhető legyen, míg etanolban már 5 % vízzel a korrózió eléri a megfelelő vizes oldat értékének 50 %-át.

## 2.4 Lúgállóság

A megengedett hőmérséklet itt alacsonyabb, mint a savaknál. 13 pH-nál (0,1 n NaOH) ez 70°C-nál van (6. ábra). Ez azért fontos, mert forró lúg alkalmazásánál nagy elővigyázatosnak kell lenni. A reakciós közeg hőmérsékletét ellenőrizni kell, mivel 10 K emelkedés a zománc korróziójának sebességét megkétszerezi. Különös intézkedés kell a lúgnak a reaktorba való bevezetésénél: a lúgot nem szabad a forró reaktorfalhoz vezetni, és mindig bevezető csövet kell alkalmazni.

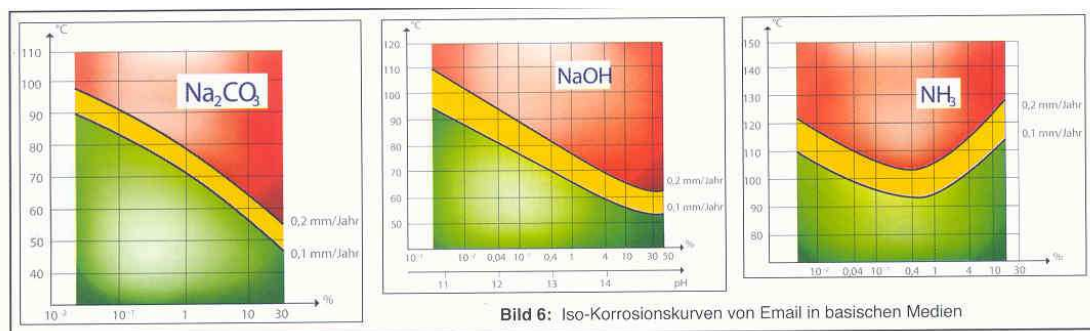


Bild 6: Iso-Korrosionskurven von Email in basischen Medien

### 6. ábra

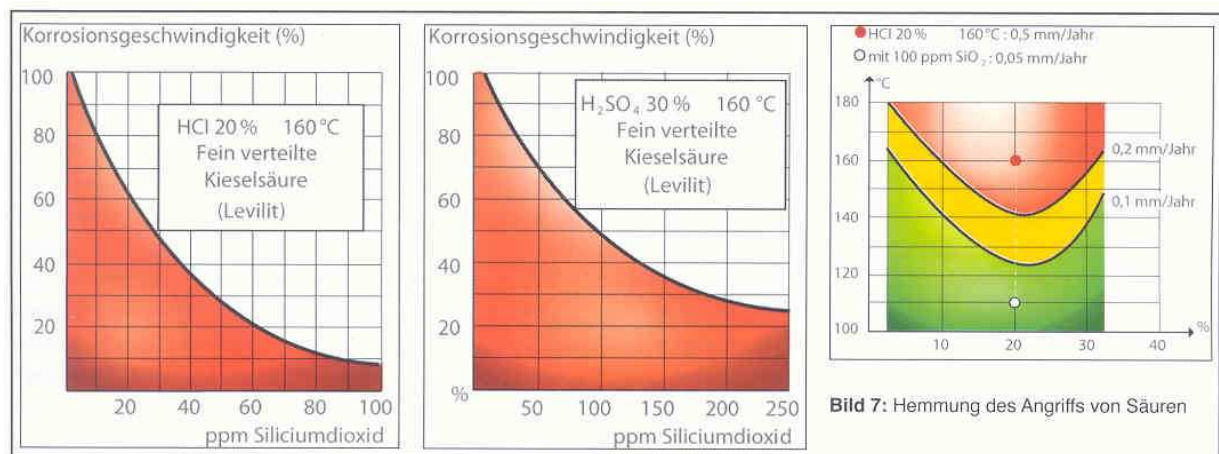
A zománc izokorróziós görbéi lúgos közegben

## 2.5 Vízgőzállóság

A műszaki zománc vízzel szembeni ellenállása kiváló. A zománc viselkedése semleges oldatokban a különleges esetektől függ, jóllehet általában ezek a közegek nagyon kritikátlanok.

## 2.6 A korrózió gátlása

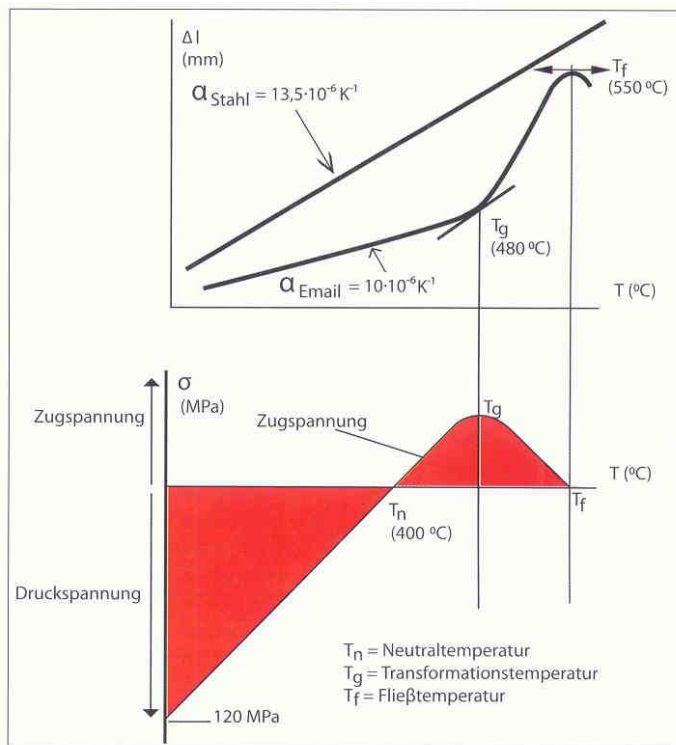
Egy kémiai reakció körülményei olyan hevesek lehetnek, hogy azok a zománcbevonat gyors károsodásához vezethetnek. Adalék alkalmazása a reakciós közeghez gátlhatja ezt a korróziót, és lehetővé teszi a zománcozott készülék használatát. Savak esetében néhány 10-néhány száz ppm szilícium-dioxid a közegben megvédheti a zománcot, (7. ábra) ebben az inhibitor jelentősen csökkenti a folyadék fázisban a korrózió sebességét. Gőz fázisban hasonló eredményt lehet elérni szilikon olaj eleggyel. Általában érvényes: minél magasabb a hőmérséklet, annál nagyobb a szükséges szilíciumdioxid mennyisége, és minél koncentráltabb a sav, annál nagyobb mennyiségű szilíciumdioxid redukálhatja. Fluorid jelenlétében a szilíciumdioxidnak hasonlóan kedvező hatása van. Lúg esetében kedvezően hat néhány száz ppm kalcium-, alumínium- vagy cinkvegyület mint adalék, még nagyobb hatással híg oldatokban. Minden esetre tanácsos előzetes vizsgálatokat végezni, mivel minden reakciónak más hatása lehet a zománcre. Egy gátló szer a kémiai korrózió ellen egyes esetben nagyon hatásos, más esetben teljesen hatástalan lehet.



**7. ábra**  
**Savak korróziós hatásának gátlása**

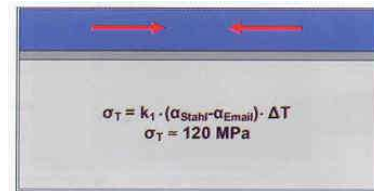
## 2.7 Mechanikai tulajdonságok

A zománc egy üveghez hasonló anyag, bizonyítja ezt a megbeszél, kiváló tulajdonságok mellett az üveg jellemzői is, a ridegség és a csekély húzószilárdság. Ezeknek a negatív tulajdonságoknak eliminálására a zománcréteget nyomás alatt tartják a fém alapon, mivel éppen úgy, mint az üvegnél, a nyomószilárdság túllépi a húzószilárdságot. Ez történik a zománczóandó darab lehűtésénél, a zománc és az acél hőtágulási együtthatójának különbözősége következtében, valamint a két anyag kiváló kötése miatt. **(8-11. ábra)** Mechanikai igénybevételnél (alakítás, ütés, hősokk) először a zománcban lévő nyomófeszültség egy meghatározott nyújtóhatás által kiegyenlítődik, mielőtt a zománc húzófeszültség alatt lenne és ezáltal károsodna.

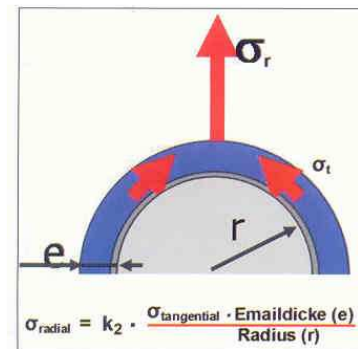


8. és 9. ábra

*Az anyagkomponensek hőtágulási együtthatói (fent) és a zománcban levő feszültségi változások függése a hőmérséklettől. (lent)*



10. ábra  
Feszültség sima felületen

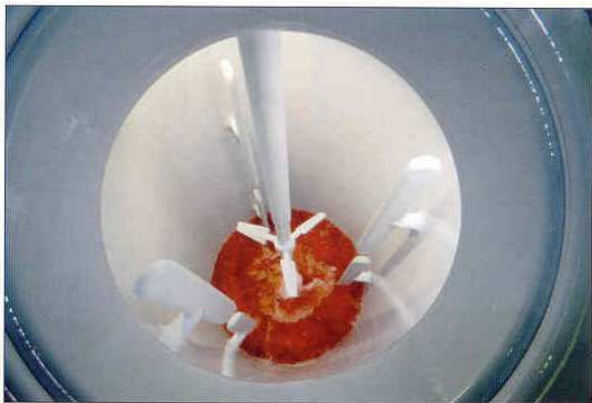


11. ábra  
Feszültség konvex ráduszon

## 3. Új fejlesztések

A zománczóandó készülékeknek sokféle felhasználása van a vegyiparban és a gyógyszeriparban. Az eljárások sokfélesége, azok specifikus problémái miatt, és a termelés növelésére és a minőségjavítás céljaira a klasszikus tartálytípusok nem voltak mindig megfelelően alkalmasak. Most ajánljuk a komplett és a különböző eljárásokra

kiosztott sorát a keverős tartályoknak. A kis 6 literes laboratóriumi edényektől a 110 m<sup>3</sup>-es keverős tartályokig választhatnak különböző nyomás és hőmérséklet tartományokra, valamint sok konstrukciós variánsokra. Új keverős tartály (Optimix<sup>®</sup> reaktor) a falra hegesztett áramtörővel (**12. ábra**) garantál nagyobb keverési hatásfokot és jobb hőcserét összehasonlítva a DIN sorral. A komplett zománcozott felület kitűnően tisztítható és minden tartálycsontot szabadon tart.

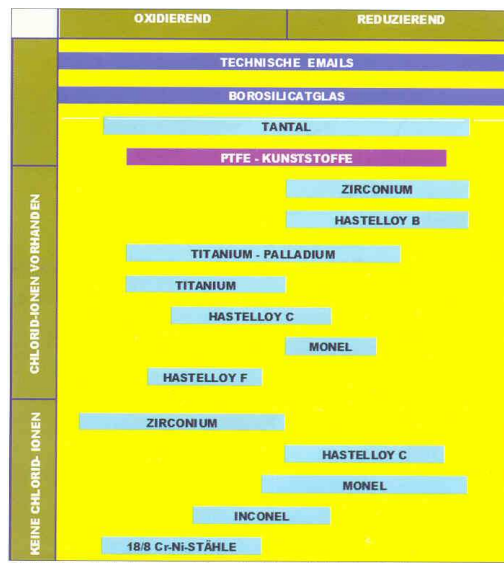


**12. ábra**  
**Optimix<sup>®</sup> reaktor**

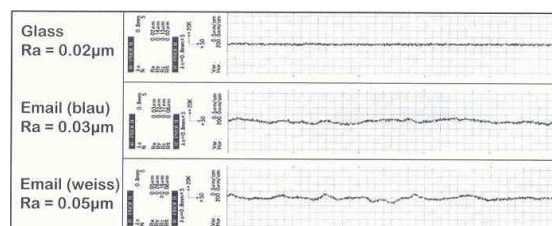
#### **4. Műszaki zománc és egyéb anyagok**

A műszaki zománc a készülégyártásban bevált, mint egy kiváló anyag, amelyet a sokoldalú üzemi és terhelési feltételek között alkalmazni lehet. Az egyetlen a tantál, amelyet a zománc alkalmazási területének vonatkozásában össze lehet hasonlítani, (**13. ábra**) ennek alkalmazása azonban lényeges hátránnyal jár, mint pl. a fém ára és a hegesztés költsége. Ezen kívül a tantál a hidrogén által rideggé válik. Más fémet

csak nagyon korlátozott körülmények között lehet alkalmazni, mint pl. a nemesacél, amelynek az utóbbi években jelentősen csökkent az ára, és amelynek komponensei nem kívánt mellékreakciókat katalizálnak. A drága titán és cirkon csak igen korlátozott alkalmazási tartományban lehet alternatív anyag a zománc számára. A zománcnak igen fontos tulajdonsága a sima felület (**14. ábra**), ami más anyagok esetében csak nagyon sok ráfordítással érhető el. A szerves műanyagok, mint a zománc alternatívája, a különösen alacsony hőállóságuk miatt, a vegyiparban és a gyógyszeriparban nagyon korlátozott jelentőséggel bírnak.



**13. ábra**  
*Példák a műszaki zománc különböző alternatíváira*



**14. ábra**  
*Az üveg és a zománc felületi durvasága*

## 5. Végkövetkeztetések

A zománcozási technológia fejlődése és a zománc tulajdonságok fejlődése az utóbbi években megengedi a műszaki zománc besorolását, mint nagy teljesítményű anyagot, amelyet igen különleges eljárásokhoz lehet alkalmazni, és amely innovatív termékekben, mint pl. Optimix<sup>®</sup> reaktor és Pharmareaktor, realizálódik.