

Quo vadis EMAIL?

Prof. Dr. Peter Hellmold, *DEV*
(Email-Mitteilungen, 2009/2)

(Fordította: Dr Való Magdolna)

A zománcnak feltett kérdést *honnan jössz* (unde vadis), *mi vagy* (quid potes) és *hova mész* (quo vadis) ma az archeológiai kutatások kitűnő lehetőségeit, a modern karakterizáló eljárások és a messzemenően megbízható prognózisok ellenére, nem mindig lehet megnyugtatóan megválaszolni. Mivel egyrészt a zománc definíciójánál, egészen a mai időkig, mindig ismételt precizírozás szükséges, mivel az összetételben és a fázisállapotban eltérő -különösen a komplex kötőanyag komponensű - zománcot és annak kölcsönhatásait nagyon különböző és modifikált szubsztrátummal, rendszerint csak nagyon hiányosan vizsgálják. Másrésztől látni kell a zománcfejlesztést, konzensusban alternatív anyagokkal, amelyeknek jövője sem becsülhető meg pontosan (különösen a csak pontatlanul értékelhető környezetvédelem alapján).

A korlátozott idő miatt ezért a három feltett kérdéssel kapcsolatban, csak kevés adattal és példával, csak kevés kiválasztott szempontot ismertethetek.

1. Unde vadis EMAIL

A zománc, mint nem önhordó anyag, mindig egy alátéttel való kapcsolatban (egy szubsztráton). De ezzel már megkezdődik a bizonytalanság, tekintettel a zománc eredet időbeli rögzítésére. Egy eredetileg meglévő szubsztrátot, amely mint egy ráolvasztott üveg alátéte szerepelt, - mint az antik ablak-zománcnál - ismét lehetett csiszolni, így a fémlemezen rögzített üveg teljesen önhordó funkciót töltött be. A Sit-Hator hercegnő



1. ábra:
Skarabeusz karpánt (Tut-anch-Amun)

nagyon idős egyiptomi mellédísz Kr.e. 1850 körül már a mai zománc elődje volt. A modern zománc eredetét gyakran a Kr. e. 1600-as évek görög Mykene-jében látják, ahol a nemesfém ötvözetet, mint maradandó szubsztrátot, zománcozással színes dekorációval látták el, amit a Kr. e. 1470-től az óegyiptomi térség is igazol. Itt már a korai időben kifejlődött a zománcozás magas művészete, mint pl. a Tutanch-Amun faraó halotti ékszerének másodlata (**1. ábra**) a Kr. e. 1335-ből.

Egyiptomból és Görögországból a következő évezredben a művészi zománcozás, a kézi kivitel nagyhatású sokféleségében, a legmagasabb művészi igénnyel készítve, világszerte elterjedt. A Rómán keresztül bevezetett művészi zománcozást Kr. e. 200-as évek után Germániában állították elő, amit a rómaiak, mint „barbár zománcot” említettek.

A művészi zománcozás a 18. század közepétől tömegárú lett, Angliában alapították mint BATTERSEA-t az első ipari ékszerzománc üzemet, amit Európa szerte számos további alapítás követett.

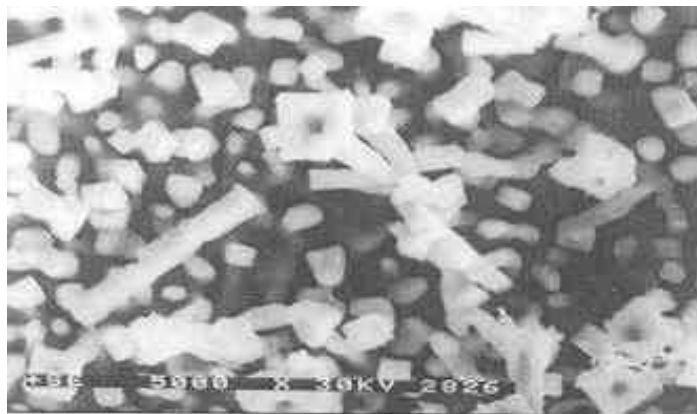
A svéd S. RINMANN 1782-ben véletlen felfedezést csinált, CoO tartalmú mésszel jó zománckötést ért el vaslemezen, ez a Fe fémszubsztrát zománcozáshoz való felhasználásához vezetett. Csak egy évszázaddal később (1870) alkalmazták tudatosan a CoO és NiO kötőoxidokat a zománcozáshoz. De eltelt 60 év, amíg A. Dietzel az okot vizsgálni kezdte és meg is találta. Ezt a zománcipar felfejlődésében sokoldalú és sikeres kísérletek követték, - tekintettel a korrózióvédelemre és a dekorációhoz alkalmas zománcok összetételére - a titkos receptek nagy ideje, ami ma is a zománckomponensek és a különböző technikai variánsok sokfélesége miatt csak fáradtsággal és nagy ráfordítással megy végbe. GRÜNWARD ezt 100 évvel ezelőtt kevés, pregnáns szavakkal fejezte ki:

A receptek különbözősége számos, egészen csekély, de igen fontos eltéréseken nyugszik.

A felismerés, hogy csak rendszeres kutatások és felfedezések által tudják tartósan érvényre juttatni az egymástól erősen eltérő zománcüzemek (titkos receptek) a zománcozott termékek előnyeit más anyagokéval szemben, ez vezette L.VIELHABER-t a Német Zománcipari Egyesület (VDEfa) megalapításához 1931-ben, Lipcsében. Már akkor felismerték a szoros együttműködés szükségességét az ipar és a felsőfokú iskolák között. A zománcozás területén az első szakképzést Németországban a VDEfa alapította. Hogy mennyire fontos a tudományos munka a zománc számára, az alapzománc kötőrétegével kapcsolatos idézettel mutatjuk be az 1925/26 évi zománc-technikai havilapból:

„Ismét egy más kijelentés, hogy a zománcban egy kobalt és nikkeltartalmú fém kiválás keletkezik, ami nem igaz. Az említett oxidok csekély mennyisége nem elegendő ahhoz, hogy a zománcozott lemezen egy látható, fekete csapadék keletkezzék, ... azt is megállapították, hogy a kobaltozott és nikkelezett vaslemez egyáltalán nem zománcozható”.

Ilyen otromba tévedést, amely a vaslemez/zománc kötőanyagának komplexitásából keletkezik, csak tudományos munkával lehet tisztázni. Számos, évtizedekig tartó úttörő munkája A. Dietzel-nek hozott döntő fordulatot a zománc komponenseinek fejlesztésében, amely a mai napig szisztematikusan pontosítva lett. Így pl. FABER a Dietzel-féle elektrokémiai korrózió alapján bizonyította az alapzománc égetése alatt a Co és Ni tartalmú Fe-kristályok képződését, növekedését és differenciált összetételét, mint lényeges feltételét a zománc intenzív fogazódásának az acél szubsztráttal. A **2. ábra** mutatja e kristályok kioldódását a kötőrétegből.



2. ábra

Fe-Co-Ni kristályelegy az acél/zománc kötőrétegből

2. Quid potes EMAIL

A zománc modern definíciója A, Dietzel-hez nyúlik vissza.

A zománc egy olvasztás vagy frittelés által keletkezett, kiváltképpen üvegesen megdermedt massa, szervesetlen, főként oxidos összetétel, amelyet egy vagy több rétegben, részben adalékkal fém vagy üveg tárgyra olvasztanak rá vagy olvasztottak rá.

Ennek a definíciónak van kivétele. Így pl. a zománczott hőmérséklet-mérő jóval 50 % feletti kristályosodási fokozattal, miáltal különösen nagy lesz a hőmérsékletváltozással szembeni ellenállása és a dörzsölésállósága. Fontos a zománc szervesetlen összetételének hangsúlyozása, különösen az alternatív anyagok miatt. A szerves komponensű és a felületén modifikált szervesetlen anyag nem zománc többé, mivel a szerves rész által, különösen a nagy mechanikai és termikus tulajdonságokat, amelyek jellemzőek a zománcra, nem érik el.

Az említett definíció számításba veszi az új RAL fogalom-meghatározást is, amelyet a következőkben közlünk:

Email vagy Emaile

Email vagy Emaile szóval jelöljük az üveges anyagot, amely teljesen vagy részben megolvasztott, lényegében oxidos nyersanyagokból áll. Az így előállított szervesetlen készítményt adalékokkal, egy vagy több rétegben, fém vagy üveg tárgyra visznek fel, és 480°C feletti hőmérsékleten olvasztanak rá.

Emaillieren (zománcozás)

Zománcozásnak nevezzük a zománcozott tárgy előállítási folyamatát.

Emaillierung (zománc)

Zománcnak nevezzük a hordozóanyagra olvasztott, fogazódott, üvegszerű, szervesetlen bevonatot.

A zománcot ma gyakran elavult anyagnak tartják, amely az „alapról lepattog”. Biztos, hogy ezt a véleményt a zománcozott háztartási eszközök nagyon széles elterjedésének virágkora eredményezi. De ez idő óta a zománc minden mechanikus, kémiai, termikus, optikai és biológiai tulajdonságai tekintetében igen jelentős fejlődésen ment keresztül, amely sok alkalmazási területen kimondott hightech terméké alakult (ütésszilárdság tekintetében is). Itt kell kiemelni a tartályok, készülékek és armatúrák műszaki zománcát, amely a következők szerint definiálható. **(lásd 1. táblázat)**

A műszaki zománc az acél/öntöttvas – zománc kötőanyagának egy különlegesen nagy értékű, üvegszerű ill. üvegkristályos komponense, amely a legjobb mechanikai, kémiai, termikus, higiénikus és változó elektromos tulajdonságával, valamint extrém sima felületével tűnik ki, és tartályok, készülékek és armatúrák valamint műszaki berendezések bevonataként sokoldalúan alkalmazható.

Különösen a nagy teljesítményre képes vegyi és gyógyszeripari tartályok **(lásd 3. ábra)** kifejlesztéséből a műszaki zománcnak a **2. táblázatban** szereplő tulajdonsági, paraméterei keltenek kedvező benyomást. A készülékszománc kémiai ellenállásának fejlesztése az utóbbi 50 évben a teljesítmény paraméter igen jelentős javulását mutatja, sósav ellenállása 8-as faktorra, nátronlúg ellenállása 14-es faktorra növekedett.

1. táblázat
A műszaki zománcok tulajdonságai

kopásálló	fényálló
pattogzás biztos	könnyen tisztítható
megmunkálható	fiziológiailag inert
nyomásálló	recyclingre alkalmas
bevonható	saválló
kémiaileg ellenálló	szennytaszító
elektromosan semleges	ütésálló
színálló	strapabíró
sokféle színű	hősokkálló
alaktartó	hőálló
üvegkemény	környezetbarát
graffitibiztos	éghetetlen
higiénikus	nem igényel sok karbantartást
korróziálló	időjárásálló
hosszú életű	gazdaságos

3. ábra
Zománcozott keverős tartály



2. táblázat
A műszaki zománc korrózióállóságának fejlődése

Korróziós körülmények	Fejlődés	Súlyveszteség g/m ³ /24 óra
20%-os sósav 108°C-on	1955 öntöttvas	3,1
	1957 acél	1,1
	1964 acél	0,7
	1972 acél	0,3
	2005 acél	0,14
	faktor	7,9
1 n nátronlúg 80 °C-on	1955 öntöttvas	5,5
	1957 acél	9,5
	1964 acél	2,6
	1972 acél	0,9
	2005 acél	0,7
	faktor	13,6

Természetesen a zománcozott termékek helyett más anyag is alkalmazható. A rozsdamentes acél készülék vagy a szegmentált nagytartály betonból alternatívája a zománcozott készüléknek.

Az alternatív anyag teljesítmény paramétereit és gazdaságosságát mindig össze kell mérni a zománcéval, egy vagy több főfunkciót vizsgálva:

- korrózióvédő hatás,
- mechanikai ellenállás (keménység, szilárdság)
- termikus magatartás (hőállóság, hőátadás)
- optikai tulajdonság (fény, szín, zavarosodás) és
- tisztíthatóság.

Ha egy anyagot, mint alternatívát, a zománchoz és a zománcot, mint alternatívát más anyaghoz képest kell megítélni, a legfontosabb alkalmazási tulajdonságokat és annak fejlesztési lehetőségeit kell összehasonlítani, amelyek kivonatosan a **3. táblázatban** szerepelnek.

3. táblázat

Fontos tulajdonságok a zománc-alternatív anyagok értékeléséhez.

<p>1. Mechanikai tulajdonságok</p> <ul style="list-style-type: none"> - keménység - nyomószilárdság - húzószilárdság - kopásállóság - ütésszilárdság - hajlítószilárdság - hajszáltrepedés-ellenállás <p>2. Kémiai tulajdonságok</p> <ul style="list-style-type: none"> - víz-/vízgőzállóság - lúgállóság - savállóság(szervetlen/szervessavak) - ellenállás sóoldatokkal szemben 	<p>3. Termikus tulajdonságok</p> <ul style="list-style-type: none"> - hőállóság - hőátadás <p>4. Optikai tulajdonságok</p> <ul style="list-style-type: none"> - szín - fényesség - opacitás <p>5. Biológiai tulajdonságok</p> <ul style="list-style-type: none"> - toxicitás - tisztíthatóság <p>6. Elektromos tulajdonságok</p> <ul style="list-style-type: none"> - vezetőképesség - szigetelő hatás
--	---

A gazdaságosság és különösen a környezetre való hatás megítélésére (pl. CO₂ emisszió) a zománcozott termékek előállításának, szemben az alternatív anyagokéval, a relatív alacsony energiafelhasználást (az anyag és a folyamat energiaigénye), mint lényeges előnyt kell figyelembe venni, amint azt a **4. táblázat** mutatja be. (a zománc az üvegnek felel meg)

4. táblázat

A kiválasztott anyagfajták energiaszükséglete

Anyag	Energiaszükséglet E (GJ/t)	Sűrűség ζ (t/m ³)	Volumenfaktor E · ζ
Üveg	8	2,5	20
Acél	20	7,8	156
Műanyag	70...100	0,9...1,1	85
Alumínium	120	2,7	324

A szerves műanyagokkal szemben, a zománc lényegesen nagyobb sűrűsége ellenére is, kifejeződik a zománc kedvező volumenfaktora. F tartalmú műanyagok már eléri a zománchoz hasonló $\zeta \sim 2 \text{ t/m}^3$ sűrűséget és az energiaszükségletük a 160 GJ/t értékig növekszik.

A teljesítőképesség fejlődésének lényeges szempontja és a modern zománcok biztosabb alkalmazási paramétere a zománczott termékek biológiai tulajdonságain nyugszik.

Különösen ki kell emelni a toxikus komponensek szisztematikus kizárását a zománc anyagai közül. A klasszikus (korábbi) zománckomponensek közül (lásd 5. táblázat) a pirossal írt toxikus alkotókat folyamatosan helyettesítették, így ma a sárgított háttérű betűkkel írt oxidok a jelentős zománckomponensek.

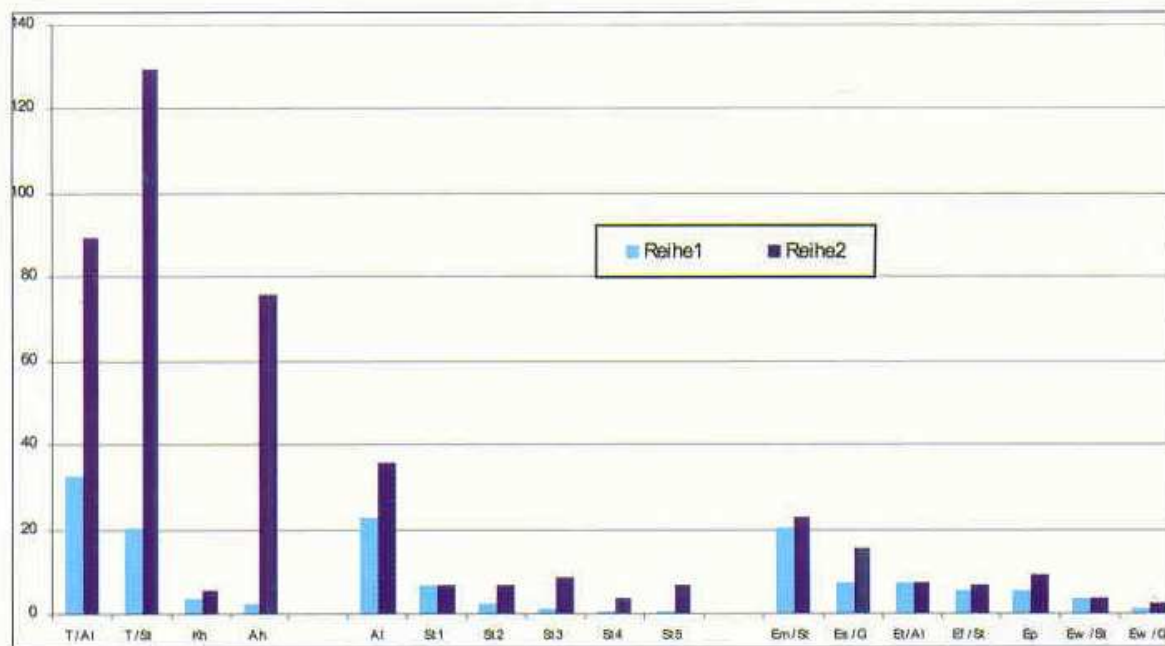
5. táblázat
Zománckomponensek

Li_2O		B_2O_3				F	
Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_4O_{10}	(S)		
K_2O	CaO			AsO_3	(Se)		
	SrO		SnO_2	Sb_2O_3			
	BaO		PbO	Bi_2O_3			
CuO	ZnO		TiO_2	V_4O_{10}	Cr_2O_3	MnO	FeO
Ag_2O	CdO		ZrO_2		MoO ₃		CoO
		La_2O_3			WO ₃		NiO
		CeO ₂					

Csak a még általános nem pótolható kötőoxidok (ill. megfelelő fémek) CoO és NiO vannak kis mennyiségben az alap- és a direktzománcokban, azonban méregmentes fedőzománcsal lesznek bevonva, illetve nagyon szilárdan kötöttek a szilikátos rács-szerkezetben. A nagy korróziós terhelésű termékeket (pl. melegvíztárolók) Ni-mentes zománcokkal fejlesztették ki. A fedőzománc a benne előfordulható, a rák kialakulására kedvezőtlen hatású Ni nyomok ellenére messze jobb tulajdonságú, mint a jelentős Ni-tartalmú rozsdamentes acél (a főzőedényekben is.)

A kitűnő biológiai zománctulajdonságra, a zománczott termékek higiéniai viselkedésére további példa más anyagokkal szemben a baktériumkultúrák vizsgálata a használt felületeken. (4. ábra)

4. ábra
A megmaradt spórák száma tisztítás után különböző anyagfelületeken



T/Al	Teflon alumíniumon
T/St	Teflon acélon
Kh	Üvegszál erősítésű műgyanta
Ah	Akrilgyanta
Al	Alumínium
St 1	Rozsdamentes acél
St 2	Rozsdamentes acél
St 3	Rozsdamentes acél
St 4	Rozsdamentes acél
Em/St	Fekete matt zománc acéllemezen
Es/G	Fekete fényes zománc öntvényen
Et/Al	Transzparens fényes zománc alumíniumon
Ef/St	Színes fényes zománc acéllemezen
Ep	Fényes pirolitikus zománc
Ew/St	Fehér fényes zománc acéllemezen
Ew/G	Fehér fényes zománc öntvényen

Itt világosan látszik, hogy a legjobb higiéniai tulajdonságokat (tisztíthatósági effekt), különösen használat után, a zománccal lehet elérni, (fényes fehér zománc példája) ami sem a rozsdamentes acélnál, sem a műanyagnál nem érhető el.

A zománc antibakteriális hatásának további fejlesztése – mint az üvegnél – Ag részecskék adagolásával érhető el.

3. Quo vadis EMAIL

Egy viszonylag szélesen kiterjesztett tanulmány foglalkozott a zománc ismeretségi fokával (pozitív és negatív), az értékelés 1 (nagyon jól ismert) és 5 (ismeretlen) számmal jelölte a kiválasztott zománcozott termékek ismertségét.

Eredmény a **6. táblázaton** szerepel.

6. táblázat
A zománcozott termékek helyezése

Termék	Helyiérték
Főzőedény	1,55
Fürdőkád	1,60
Kályha	1,62
Háztábla	1,65
Fűtőberendezés	2,12
Mosdótál	2,20
Grillező	2,25
Kép/poszter	2,30
Épületburkolat	2,55
Bútor	2,64

A táblázatból kitűnik, hogy a zománcot a ma még csak nagyon korlátozott zománcozott főzőedényekkel hozták kapcsolatba, míg pl. a zománcozott épületburkolatról keveseknek volt ismeretük. Az új zománcfejlesztésekkel és a zománcozott anyagok mai teljesítőképességével kapcsolatban létezik egy terhelő image-probléma, nem utolsósorban a háztartási eszközök területén, még pedig az, hogy a zománc számára különböző pótneveket hoztak divatba. A zománcipar nyilatkozata, a termék, az anyag ZOMÁNC megnevezése által, bizonyosan pozitív imaget szolgáltat, éppen úgy, mint ahogyan a nemesacél gyártmányoknál visszavezethető az acél alapanyag megnevezésére.

Valamennyi területre vonatkozó innovációk, amelyek a zománc anyagát és technológiáját érintik, minden részterület teljesítményére vonatkoznak (**lásd 7. táblázat**) amelyek az elért tulajdonság paraméterek tekintetében a legmagasabb anyagértéket mutatnak és nem kell visszariadnia más anyaggal való összehasonlítástól.

A **8. táblázat** néhány példát mutat be az új fejlesztésekből és fejlesztési lehetőségekből, amelyekből az első 3 helyen már beváltott technikai eredmények, az utolsó 2 helyen tudományos és labortechnikai, már lényegében sikeres előmunkák szerepelnek.

7. táblázat
Zománcfejlesztési területek

- acél
- alakítási technika
- illesztési technika
- előkezelés
- előkészítés
- zománcozás
- zománc
- berendezés technika

8. táblázat
Példák innovációs területekre

- alumínium alkatrészek
- fluoridmentes fehér zománc
- rozsdamentes acélra fehér zománc
- zománcok második bevonata
- habosított zománcok

A zománcfelület meghatározott tulajdonság paramétereinek javítására, a zománcösszetétel eddig még korlátozott lehetséges variációin felül, vigyünk fel a zománkra egy másodlagos bevonatot, pl.

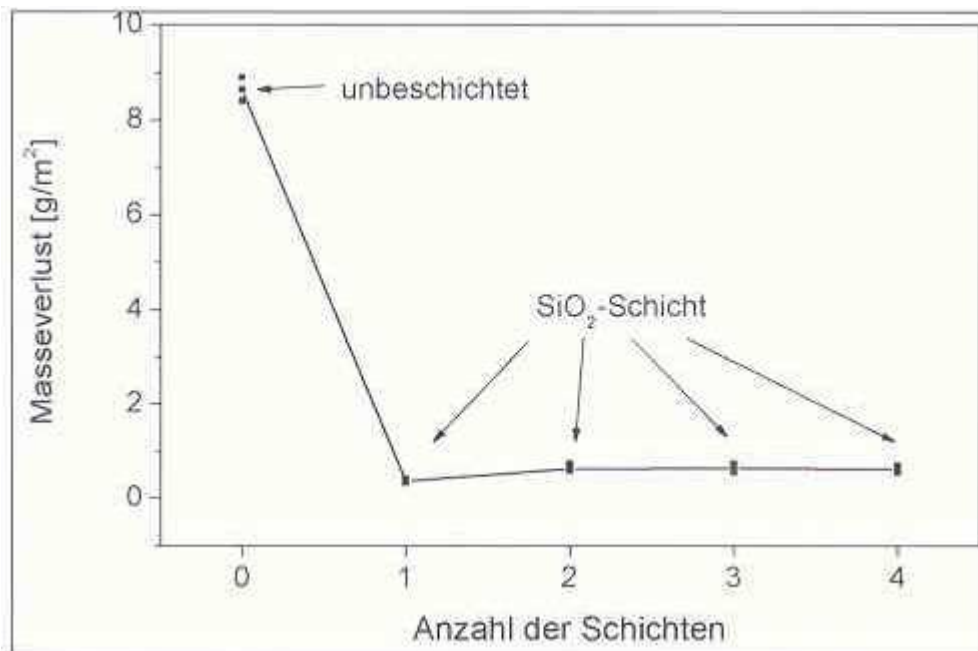
- szerves réteget,
- tűzi politúrt (SiO_2)
- szól-gél réteget.

amelyek a tapadásmentes tulajdonság és a tisztíthatóság lényeges javulását, szerves bevonat által (teflon), már évtizedek óta megoldják. Ezek a bevonatok azonban nem hasonlók a zománchoz, és ezzel nem állnak ellen a mechanikus és a termikus terhelésnek (egészen a túlmelegedés általi toxikus veszélyig). A zománcfelület kémiai ellenállásának növelési lehetősége a célzott tűzi politúr (a zománcfelület részleges kilúgozódása és termikus dehidratáció) által, még szisztematikusan nincs megvizsgálva. Ezzel szemben a zománc szól-gél bevonata (**5. ábra**), pl. a TEOS (tetraethoxysilan) réteggel, amely az ezt követő 500°C -on történő temperálás következtében SiO_2 -ig bomlik, a korrózióállóságot egy nagyságrenddel javítja (**6. + 7. ábra**). Más lehetőség a zománc kémiai ellenálló-képességének javítására a zománcfelület hősokkolása, a felületi tartomány homogenizálására, illetve a zománcfelület kezelése elgőzöltetett Al sóval.

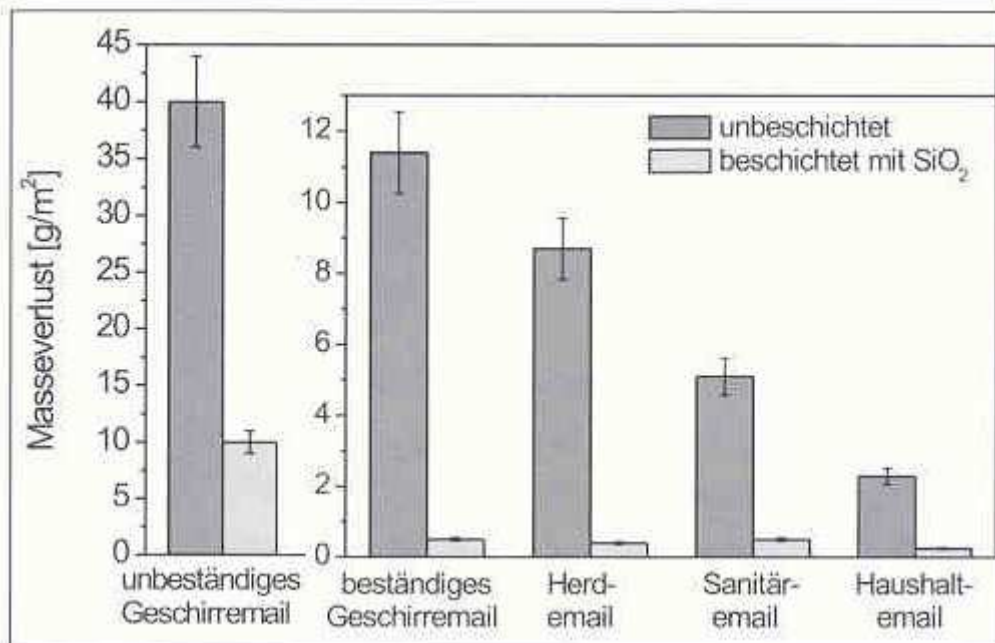
5. ábra
Zománcozott acéllemez szól-gél bevonatának sémája



6. ábra
Oxálsavval szembeni ellenállás javítása SiO₂ bevonattal

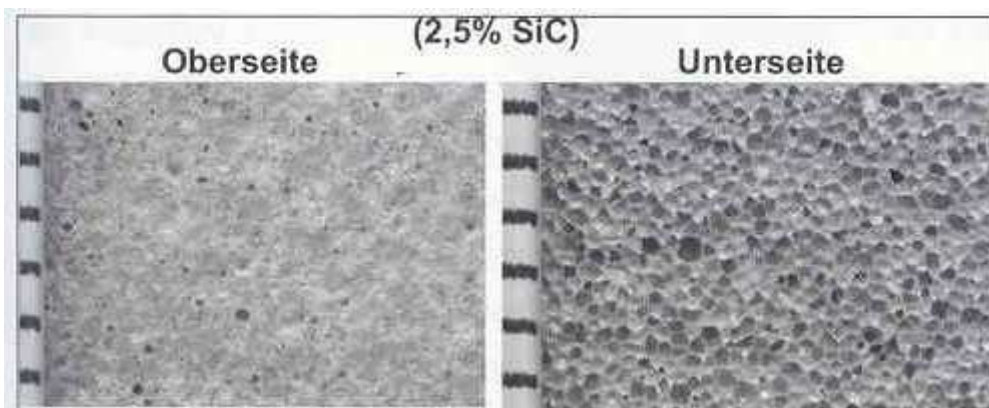


7. ábra
Különböző zománcok oxálsav ellenállása



Hasonlóan a habüveg, mint önhordó anyag előállításához, a habzománcot - szilárd fémszubsztráttal összekötve, szigetelő tulajdonságainak (hő- hang- és vibrációszi- getelés) növelésére alkalmazzák. A **8. ábra** egy SiC-vel habosított zománc pórus- szerkezetét mutatja be.

8. ábra
Habosított fedőzománcok felülete és pórus szerkezete



Az innovációs lehetőségek – részben technikailag realizált – kis választékát a példák nagy száma követheti, aminek érdekében a **9. táblázatban** összeállított feltételeket kell megvalósítani.

9. táblázat
A termékideák megvalósításának feltételei

- konkrét cél- és feladat meghatározás
- biztos finanszírozás
- körültekintő irodalmazás
- a projekt szisztematikus feldolgozása
- intenzív tudományos-műszaki tevékenység
- szoros kooperáció az érdekelt intézetekkel
- üzemi berendezések használatának lehetősége

Nemcsak a kutatásban és a fejlesztésben, hanem különösen az ipar területén szükséges a nagy értékű termékek gyártásához a szakemberek kiképzése és továbbképzése (zománcozók, forgalmazók, marketing és logisztikai személyzet), valamint a kapcsolódó berendezések fejlesztése, amit a DEV megfelelő szakirodalma nyújt. **(10. + 11. táblázat)**

10. táblázat
Szakemberek képzése és továbbképzése.

- Alapgyakorlat
- Zománctechnikai tanfolyam (I-III rész)
- Szerkesztői tanfolyam
- Docensképzés
- DEV-napok
- Regionális zománctalálkozók

11. táblázat
Zománcirodalom (DEV)

- Qualitäts-Handbuch EEA
- Werkstoffkundepaket Email
- Broschüren (TE, Schilder/Plakate)
- Fachwörterbuch Emails
- Kompendien
- Mitteilungen des DEV
- Normen

A zománcozott termékek jövőbeni fejlődése érdekében kiváltképpen meg kell tartani a klasszikus piaci kört, és újakat kell kiépíteni. Új technológiai út, pl. a hőcserélő csövek (**lásd 9. ábra**) folyamatos zománcozása és pl. a szegmentált nagytartályok zománcozott lapjai termelésének konzekvens stabilizálása és biztos alkalmazása (**10. ábra**) a műszaki zománc minőségi igényével (jelenleg évi 10-15 %-os növekedési

rátájú piac) példák arra, hogy a zománcozott termékek versenyképes anyagok és a legmagasabb alkalmazási igényeket elégítik ki.

A zománc legfontosabb célját a jövőben a következőkben lehet összefoglalni:

- a jelenlegi piac további leépülésének meggátlása,
- a piac visszanyerése, amelyet az alternatív anyagok foglaltak el,
- új zománcozott termékek alkalmazásának feltárása.



9. ábra
Hőcserélő csőkötege



10. ábra
Szegmentált, csavarozott, zománcozott nagytartály