

TÜZZOMÁNCOZÁS

Összeállította:
Barta Emil
Vegyészmérnök
Lampart Vegyipari Gépgyár ZRT.

2013

Egy olyan anyaggal szeretném megismertetni önöket, mely egyike az emberiség által megalkotott legcsodálatosabb anyagoknak. Az anyaggal, mely az emberi elme szülötte, azon emberi elméjé, mely megkapta a lehetőséget arra, hogy egyszerű, természetes anyagokból az olvasztókemence fortyogó poklában egy új anyagot hozzon létre. Az anyagot, mely kiváló tulajdonságokkal rendelkező funkcionalitását akkor mutatja meg, amikor a rendelkezésünkre álló technológia segítségével, magas hőmérsékleten kialakuló kompozitot alkotva végleges kapcsolatba kerül a bevonandó fémmel.

Az üveges szerkezetű anyagot, amit a fémek bevonására szánunk, *tűzzománcnak*, az eljárást melynek segítségével az anyag a fémmre kerül, *tűzzománcozásnak* és a végeredményt *tűzzománcozottnak* nevezzük.

Technológiai okokból az így kialakult bevonat nem összekeverendő más, hasonlóságra apelláló bevonatokkal, melyek csak „az olyanok, mint a tűzzománc” kategóriát közelítik meg. Bevonatok, melyek fényesek, csillogóak, simák, mint a tűzzománc, ám anyagi tulajdonságaik, jellemzőik miatt meg sem közelítik a tűzzománc multifunkcionális tulajdonságait. Ám mit sem érnek ezek a tulajdonságok, ha a bevonat kapcsolódása a bevont felülethez csak átmeneti jellegű, gyenge és nem hőmérsékletálló.

Egy tartós, örökérvényű kapcsolat a fenti tulajdonságokkal ötvözve egy korszerű, modern, végtelenségig használható bevonatot eredményez. Ilyen bevonat a tűzzománc bevonat, mely, ha megfelelően bánunk vele megbecsülve a létrehozásába fektetett fáradozást és energiát, az örökkévalóságig tart, megőrizve eredeti állapotát akár a hétköznapi, akár az ipari alkalmazások tekintetében.

Budapest, 2013

Barta Emil
vegyésmérnök-Lampart ZRT.
titkár- Magyar Zománcipari Egyesület

1. A TÚZZOMÁNC

A *zománc* szót, elő- és utótaggal bővítve, különböző bevonatok elnevezésénél használjuk. Tesszük ezt azért, mert azok egy közös dologban mindenképpen megegyeznek, mégpedig abban, hogy a bevont tárgyakat különböző hatások ellen védik, a tárgyakat megjelenésükben széppé teszik. Bizonyára mindenki hallott már a fogzománchról, a zománclakkról, a kerékpárzománchról és a tűzzománchról. Ezek összetételüket és felhasználási módjukat tekintve lényegesen különböznek egymástól.

Mi a tűzzománccal fogunk foglalkozni az elkövetkezőkben.

1.1. A tűzzománcozás rövid története [1],[2],[3]

A tűzzománcozás több évezredes múltra tekint vissza. Kezdetben kizárólag díszítés céljából tűzzománcoztak nemesfémeket. Már az egyiptomiak és az asszírok idejéből több gyönyörű tűzzománcozott tárgy maradt ránk. Ez még nem volt igazi tűzzománc. Rájöttek, hogy a fémbe kialakított rekeszekbe az üvegdarabkák ragaszthatók. A görögök és a rómaiak is ismerték a tűzzománcozás művészetét.

Az ékszerzománcozás a XIV.-XV. századig kezdetleges szinten maradt, a bizánci időkben kezdett ismét fejlődni, amikor az arany és rézművesek alkalmazni kezdték a tűzzománccokat.

A tűzzománczó művészet a bizánci birodalomban élte virágkorát és Bizáncon keresztül érte el Európát. Kialakultak az idők során fontos központok, mint Milánó, Cologne, Tréves és Limoges.

A zománcművészet a XVI. sz.-ban vált érdekessé, amikor feltalálták a fémre jól kötő tűzzománccot. Ezzel lehetővé vált egész fémfelületek bevonása és különböző színű tűzzománccokkal való színezése. Eddig az ideig kizárólag rezeset vagy annál nemesebb fémeket tűzzománcoztak és kizárólag díszítés céljából.

Először a XVIII. sz.-ban próbálkoztak azzal, hogy vasedényt vonjanak be üveggel a rozsdásodás megakadályozása céljából. Az üzemszerű tűzzománcozást feltehetőleg 1764 körül Németországban kezdték el, ahol öntöttvas edényeket és kályhákat tűzzománcoztak.

A vaslemez tűzzománcozását csak 1810 körül sikerült megoldani. A XIX. sz. elején a zománcozható vaslemez még igen drága volt és minősége nem érte el a tűzzománcozható öntöttvasét. Nagy lépés volt annak felfedezése, hogy az agyagok alkalmasak a zománccpor vízben való diszpergálásának megoldására, és a zománccréteg lemezhez tapasztására égetés előtt. Később a *Bessemer*- és *Siemens-Martin* eljárások lehetővé tették az olcsó és jó minőségű vaslemez előállítását. Az acél és a vegyiagyagok gyártásának párhuzamos fejlődése a tűzzománccok és a tűzzománcozás folyamatos fejlődését tette lehetővé. 1870 körül megjelentek a kobaltos alapzománccok, így a lemezedények tűzzománcozásának minősége nagyban javult. Közben kifejlesztették a szórópisztolyokat, mellyel lehetővé vált nagy felületek zománcozása.

Nagy fejlődés volt egészen az I. világháború utánig, majd a II. világháború idejére ez a fejlődés a háború miatt leállt. A háborút követően azonban az üzemeket visszaállították békeidőben való tömegtermelésre, megkezdték a tűzzománcozás kérdéseinek tudományos feldolgozását és a problémák megoldását.

A XX. sz. második felétől általánossá vált az automatizálás és legfontosabb feladattá a gazdaságos megoldások bevezetése és a környezetvédelem váltak.

1.2. Elvi alapismeretek. Az anyag belső szerkezete

A tűzzománczás részletes tárgyalása előtt elengedhetetlen néhány fogalom megismerése, felelevenítése. Meg kell ismerkednünk a szilárd anyagok kristályos és üveges állapotával, majd ezek ismeretében tisztáznunk kell, hogy mi a tűzzománc.

1.2.1. A kristályos szerkezet

A kristályokat külsőleg sík lapok határolják, belső szerkezetük rendezett. Építőelemeik periodikus szabályszerűséggel térrácsot un. kristályrácsot alkotnak.

A kristályos szerkezetű anyagokra jellemző, hogy az egyes fizikai változások hirtelen, minden átmenet nélkül következnek be. A kristályos anyagoknak jól meghatározható olvadási és dermedéspontjuk van.

1.2.2. Az üveges szerkezet [4] [5] [47]

Köznapi értelemben üveg alatt átlátszó, szilárd anyagot értünk, mely lényegében alkáli- és földalkáli-szilikátokból áll. Tulajdonságait tekintve rideg, törékeny, kémiai ellenálló képessége igen jó (csak a hidrogén-fluorid és a forró lúgok támadják meg).

Tudományosan az üveg az anyagnak bizonyos megjelenési formáját, állapotát jelenti, amely az anyag belső szerkezetétől függ.

Beszélhetünk tehát üvegről, mint anyagról, és mint állapotról. A továbbiakban az üveg szót mindig az üveges állapot ill. az üveges szerkezet megjelölésére használjuk.

Az üveges szerkezet magyarázatára több elmélet ismeretes. Ezek közül kettőt, a *krisztallitos* és a *Zachariasen-Warren*-féle szabálytalan térhálós elméletet érdemes megemlíteni.

A *krisztallitos* elmélet szerint az üveget igen kis méretű kristályok, un. krisztallitok alkotják. A feltételezés szerint a szilikátolvadékok nehéz kristályosodási körülményei között (nagy belső súrlódás) a kristályosodás kezdeti szakaszban megáll, így rendkívül kis méretű kristályok, krisztallitok keletkeznek (7-25 Å^o). Az elmélettel szemben több kísérleti megfigyelés ellentétes eredményt adott, azok ezzel az elmélettel nehezen voltak magyarázhatók [4]. Ezért ez az elmélet nem vált elfogadottá.

A *Zachariasen-Warren* elmélet szerint az üvegek SiO₄-tetraéderek térbeli hálózatából állnak, amelyben minden Si⁴⁺-iont négy O²⁻-ion vesz körül tetraédesen úgy, hogy a szilíciumion a tetraéder középpontjában, a négy oxigénion annak négy csúcsán helyezkedik el (1.ábra) [4] [5].

A tetraéderek egymással csak csúcsaikon keresztül kapcsolódhatnak, tehát két tetraédernek csak egy közös oxigénje lehet (2.ábra) [5].

Mondhatnánk, hogy a kvarc kristály is ilyen felépítésű, mégsem üveg. Igen ám, de míg a kvarcban ez a hálózat teljesen szabályos, addig az üvegben a tetraéderek különféle számú tagból álló gyűrűket alkotnak, melyek teljesen szabálytalanul kapcsolódnak egymáshoz (3.ábra) [5].

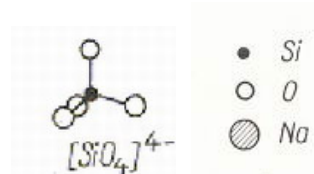
A szabálytalan hálóban üregek képződnek, melyekben különböző fémek ionjai helyezkedhetnek el (4.ábra) [5].

Ez az aprócska különbség a szerkezetben egy sor különbséget okoz az anyag viselkedésében és megjelenési formájában.

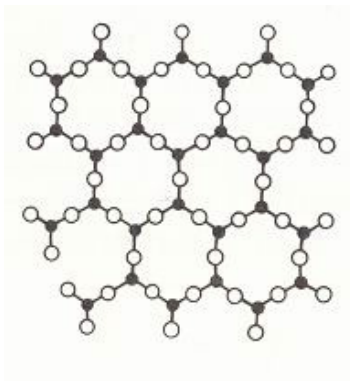
A kristályos szilikátoknak és a szilíciumnak határozott olvadási pontjuk van. Az üveg tulajdonságai a hő hatására fokozatosan változnak. Az üvegnek sem határozott olvadási pontja, sem határozott dermedési pontja nincs. Hevítve fokozatosan csökken a szilárdsága, bizonyos hőmérsékletet elérve nagy belső súrlódással rendelkező folyadékká alakul. És ez fordítva is igaz.

Összegezve:

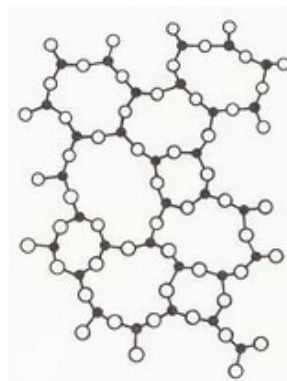
- 1) Az üvegszerkezet egy háromdimenziós, rendezetlen háló, melyben nem található szabályos távolságként ismétlődő egységek. Fő alkotója valamilyen üvegalkotó tetraédes vagy háromszögletű koordinációja az oxigénnel.
- 2) A hálózat üregei stabilizáló elemekkel vannak kitöltve, módosítva az üveg fizikai tulajdonságait.
- 3) A rendezetlen szerkezetnek köszönhetően az üveg nem jellemezhető egyetlen képlettel.



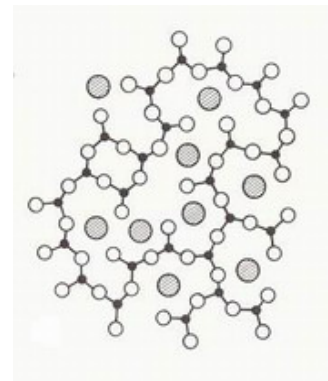
1. ábra: SiO_4 tetraéder



2. ábra: Kristályos SiO_2



3. ábra: Kvarcüveg



4. ábra: Alkáli-szilikát üveg

Az üvegalkotókat (tűzománc-alkotókat) három nagy csoportba sorolhatjuk:

I. Hálózatképző ionok

Üvegalkotók, melyek a szilíciumhoz hasonlóan részt vehetnek a térhálózat kialakításában. Ezek az ionok képesek tetraédes koordinációra az oxigénnel; a vegyérték/ionrádiusz arány (ionpotenciál) hét vagy ennél több kell, hogy legyen, mivel ez nagyon erős kation-oxigén kötést eredményez; az oxigén atomok nem több, mint két üvegeképző kationhoz kapcsolódnak, de kapcsolódhatnak az üvegeképzőkhöz más kationokon keresztül is.

Ezek az ionok: kationok: Si^{4+} , B^{3+} , P^{5+} , As^{5+}
oxidok: SiO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 , As_2O_5

II. Hálózatmódosító ionok

Ezek a kationok a hálózat üregeit töltik ki, a hálózat kialakulását módosítják. Ionpotenciáljuk kisebb, mint hét. Mivel az üregekbe épülnek be, fontos a méretük (ionrádiusz) és vegyértékük (kötéserősség). Az, hogy az ion módosítóként képes-e szerepelni egy üvegösszetételben, vagy sem, az ionrádiuszától függ. Amennyiben beépül a hálóba, az üveg (tűzománc) fizikai tulajdonságait, olvashatóságát, viszkozitását, hőtágulását, keménységét, rugalmasságát megváltoztatja.

Ezek az ionok: kationok: Li^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+}
oxidok: Li_2O , Na_2O , K_2O , MgO , CaO , BaO , PbO

III. Átmeneti ionok

Néhány ion mindkét csoportba besorolható, ezeket átmeneti ionoknak nevezzük. Ezek feltételezhetően az üveg kémiai összetételétől függően vagy hálózatképző, vagy módosító szerepet vesznek fel.

Ezek az ionok: kationok: Al^{3+} , Zr^{4+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Ti^{4+} , Sn^{4+} , Ni^{2+} , Co^{2+}
oxidok: Al_2O_3 , ZrO_2 , Fe_2O_3 , ZnO , TiO_2 , SnO_2 , NiO , CoO

	Vegyérték	Ionsugár	Ionpotenciál vegyérték/sugár	Koordinációs szám
Hálózatképzők				
B	3	0,18	16,6	4
Si	4	0,37	10,8	4
P	5	0,32	15,7	4
As	5	0,44	11,4	4
Hálózatmódosítók				
Li	1	0,78	1,3	6
Na	1	0,88	1,1	6
K	1	1,38	0,7	8
Mg	2	0,78	2,6	6
Ca	2	1,06	2,0	8
Ba	2	1,49	1,3	8
Mn	2	0,91	2,2	6
Fe	3	0,63	4,7	6
Fe	2	0,83	2,4	4
Átmeneti				
Ti	4	0,54	7,4	6
Zr	4	0,95	4,2	8
Al	3	0,57	5,2	4
Zn	2	0,78	2,5	4
V	5	0,59	8,5	6
Ni	2	0,78	2,5	5
Co	2	0,78	2,5	4
Sb	5	0,62	8,0	6
Sn	4	0,71	5,6	6

1. táblázat:
Üvegalkotók ionsugara, ionpotenciálja
és lehetséges koordinációja az üvegben [46]

1.2.3. A tűzzománc

Bizonyára mindenki ismer legalább három anyagot, mely üveges szerkezettel rendelkezik: ilyen maga az üveg, a kerámiai máz és ilyen a tűzzománc is.

Mindhárom anyag többé-kevésbé azonos összetételű, azonos szerkezetű és azonos megjelenésű. Miért nevezzük őket mégis másként? Mert más a felhasználási módjuk.

Az üveget önmagában használjuk. A kerámiai mázakat kerámiák, agyagedények bevonására használjuk. Tűzzománcról pedig akkor beszélünk, amikor valamilyen fémet vonunk be az üveges anyaggal.

A tűzzománc nem teljesen kiolvasztott, szervesetlen, főleg oxidos összetételű, lényegében üvegesen megszilárdult anyag, amelyet különböző adalékokkal megőrölve egy vagy több rétegben magas hőmérsékleten égetnek rá a bevonandó fém felületére [6][7].

A tűzzománcozás tehát lényegében fémeknek üveggel való bevonása. Természetesen erre a célra nem felel meg akármilyen üveg, ennek összetételét úgy kell megválasztani, hogy hőtágulása összhangban legyen a bevonandó fém hőtágulásával, ne lágyljon túl magas hőmérsékleten és biztosítsa a fémhez való kötést.

1.2.4. Nevezéktan

A zománc szó angolul „enamel” [i'næml], németül „email” [emai:], franciául „émaíl” [emáj], ami „nem teljesen kiolvasztott üveget” jelent.

A magyar nyelv ez idáig többnyire a „zománc” szót használta. Ez sok esetben félreértésekre adott okot. A jövőben megegyezés szerint ezután a „tűzzománc” szót használjuk.

A tűzzománc szó helyett főleg idegen nyelvről fordított szövegekben sokszor találkozhatunk a porcelánzománc és az üveg-zománc kifejezésekkel. A porcelánzománc az amerikai szakterületről származik, ahol a tűzzománcot „porcelain-enamel”-nek mondják. Az üveg-zománc kifejezés az angol szakterületről ered, ahol a tűzzománcot „glass-enamel”-nek vagy „vitreous-enamel”-nek mondják. Francia nyelvterületen a „émaíl vitrifie” szóösszetétel használatos.

Sajnos a fordítók, műszaki ismeretek hiányában, sok esetben a szó szerinti fordítást alkalmazzák, de rosszul és ez félreértésekre ad okot. Így, például a reklámszövegekben sokszor előforduló „porcelán bevonatú bojler”, valójában tűzzománc bevonatú bojler takar.

1.3. A tűzzománcozás célja

A tűzzománcozásnak napjainkban kettős célja van: a bevont fém felületét különböző hatásoktól megvédeni és a bevont felület külső megjelenését széppé tenni. A tűzzománc-bevonat tulajdonságai ezt maximálisan lehetővé teszik, mert a tűzzománc bevonat:



Tűzálló



Fagyálló és hóálló



Hősokkálló



Kémiaileg ellenálló



Karc és kopásálló



Graffitiálló



Könnyen tisztítható



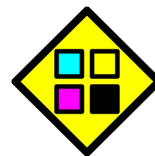
Antibakteriális hatású



Visszaforgatható



Időjárás-, UV-álló



Tetszőleges színekben színezhető

1.4. A tűzzománcozás felhasználási területei

A XX. sz. elején a tűzzománcozás alkalmazása az edény, kályha és tűzhelygyártásra, valamint egyes egészségügyi cikkek és fürdőkádak tűzzománcozására korlátozódott.

Konkurenciaként megjelentek a rozsdamentes acél, az alumínium és a műanyag termékek. Napjainkig a főzőedények piacán igazán tapadásmentes bevonatként a Teflont használták. Később megjelentek a szilikon alapú bevonatok (kívül zománcbevonat, belül teflon vagy szilikon). Napjaink bevonata a nano-kerámia bevonat, ami a tűzzománc igazi vetélytársa lehet [45].

Ma az alábbi tárgyak gyártásánál alkalmaznak tűzzománcozást: főzőedények, kályhák és tűzhelyek, fürdőkádak, zuhanytálcák, mosdók, mosogatók és falikutak, konvektorok és kandallók, bojlerok, háztartási berendezések alkatrészei, kályhacsövek, savállóan zománcozott vegyipari berendezések (tartályok, autoklávok), zománcozott silók, zománcozott hőcserélők, kipufogók, épületburkolatok, utcatáblák, kresz táblák, alagutak burkolata, belső terek burkolata, betonacél zománcozása, iparművészet stb.

Hazai, tűzzománcozással foglalkozó vállalkozások:



Alumínium háztartási edények



Tűzhelyek, kandallók



Háztartási edények



Bojlerek

TOBIZO Bt.

Zománccfrittek



Saválló vegyipari berendezések



SILIC-ART technológiák, dekorációs rendszerek, csúszásgátló dekorációk

2. A TŰZZOMÁNCOZÁS NYERSANYAGAI

A tűzzománcozás nyersanyagait két nagy csoportra oszthatjuk: a tűzzománcozni kívánt fémekre és a tűzzománc előállításához szükséges nyersanyagokra.

2.1. Tűzzománcozható fémek [8]

Valamikor csak a rezet és a nemesfémeket tudták tűzzománcozni. Ma már az acéllemezben és az öntöttvason kívül az alumíniumot is üzemszerűen tűzzománcozzák. A következőkben összefoglaljuk, hogy a tűzzománcozható fémeknek milyen követelményeknek kell eleget tenni.

2.1.1. Az acéllemez

Az acéllemez tűzzománcozását rendszerint hidegmegmunkálás (hajlítás, domborítás, sajtolás vagy mélyhúzás) előzi meg. Sok esetben hegesztésre is sor kerül. Ezért a tűzzománcozásra kerülő acéllemeznek alkalmasnak kell lenni a hidegalakításra, és jól hegeszthetőnek kell lenni.

Ezeknél fontosabb követelmények azok, melyek teljesítése a hibamentes tűzzománcozás feltételei. Ezek a követelmények az acélgyártási eljárással, az adag kikészítési módjával, a hengerlési móddal, az utókezeléssel, az acél kémiai összetételével, a lemez makro- és mikroszerkezetével, valamint a lemez hidrogénnel szembeni viselkedésével kapcsolatosak.

Jó mechanikai tulajdonságú bevonat csak vékony réteg esetén érhető el. A vékony réteg viszont nem takarja el a lemez felületén levő hibákat. Ezért a zománcozható acéllemez felülete legyen pórus-, repedés-, és revementes.

Ma már ismeretes, hogy a legjobban tűzzománcozható vékony lemezek hideghengereltek. Melegghengerelt vastag lemezeket csak a vegyipari autoklávgyártásban használnak.

További általános követelmények a tűzzománcozható acéllemezzel szemben: legyen könnyen pácolható, hevítve gyorsan és egyenletesen revésedjék. Hő hatására ne deformálódjék, a zománc jól kössön rajta.

2.1.1.1. Az acéllemez fizikai tulajdonságai

Az acéllemez és a zománc hőtágulását össze kell hangolni. Ehhez ismerni kell mind az acéllemez, mind a zománc hőtágulását. A lemez széntartalmától függően 723 és 900°C között a lemezben ún. α - γ átalakulás megy végbe, melynek hatására a lemezben feszültségek keletkeznek, és a lemez vetemedik. Célszerű 0,02% -nál nem magasabb széntartalommal rendelkező lemezt használni, mert itt az átalakulás hőmérséklete az égetési hőmérséklet fölé esik.

2.1.1.2. Az acéllemez kémiai összetétele

Fontos, hogy kevés kísérő elemet tartalmazzon. Igen fontos, hogy a lemez széntartalma 0,1% alatt legyen.

Az alábbi acéllemezeket használják tűzzománcozásra a széntartalom függvényében:

durvalemez: 0,15% alatt

széntartalmú lemez: 0,035-0,065%

széntelenített lemez: 0,004% alatt

IF (Interstitial Free) lemez: 0,0015-0,005% alatt

A lemez kéntartalma 0,05% felett hibát okoz azzal, hogy a pácolás közben elősegíti a hidrogén lemezbe hatolását. A sok szilíciumot tartalmazó lemezekben a kötés gyengül. A nagy réztartalom pácolási nehézségeket okoz. A krómtartalom meggátolja a vas-oxid keletkezését égetés közben, és kötési problémákat okoz.

Ideális összetétel esetén az értékek felső határa a 2. táblázat szerinti.

Szén	0,06
Mangán	0,40
Foszfor	0,05
Kén	0,03
Szilícium	0,06
Réz	0,30
Króm	0,04
Molibdén	0,10

2. táblázat: kémiai összetevők felső határértékei / %

2.1.1.3. Az acéllemez makroszerkezete:

A zománc égetésekor a lemez durva hibahelyein összegyűlt gázok eltávoznak és a zománcretegben *kiforrást* okoznak. A lemezben ne legyenek durva foszfor és kén-feldúsulások, gáz-, salak-, oxidzárványok, a lemez ne legyen hólyagos ill. réteges.

2.1.1.4. Az acéllemez mikroszerkezete

A fém mikroszerkezetét a kiválasztódott kristályfajták összessége alkotja. A mikroszerkezet függ a kémiai összetételtől és attól, hogy a lemezt milyen hőkezelésnek vetették alá. A lemez szövetszerkezete legyen egyenletes eloszlású, finom szemcséjű, ferrites, a szenet perlit alakban tartalmazza, és annak eloszlása egyenletes legyen, ne tartalmazzon cementitet.

2.1.1.5. A lemezgyártás hatása a tűzzománcozhatóságra

A nyersvasat légbefúvatással vagy ócskavas-adagolással frissítik acéllá. Az olvasztás után a kis széntartalmú acélok sok oxigént tartalmaznak, amelyet ferromangánnal kötnek meg (dezoxidáció). Ezután öntőüstbe csapolják, ahonnan kokillába öntik, amelyben az acél lehül és megszilárdul.

Az izzó acél sok oxigént képes magában tartani, ám lehüléskor ez az oxigén felszabadul, reakcióba lép a szénnel és CO keletkezése közben az olvadék felforr. A kokillában kialakuló áramlási folyamatoknak köszönhetően a keletkező buga felületén szénben, kénben és foszforban szegény színvas keletkezik. A kokillában a spontán lehülés során keletkező acél az ún. csillapítatlan acél. Ez kiválóan zománcozható.

A bugát több lépésben hideg- ill. meleghengerléssel alakítják lemezzé. Az előhengerléseket melegen végzik, az utolsó hengerlést melegen és hidegen is végezhetik. Ettől függően beszélhetünk melegen- ill. hideghengerelt lemezeiről.

Az adag kikészítése és hengerlése szempontjából a csillapítatlan acélból készített hidegen hengerelt lemez a legmegfelelőbb a tűzzománcozásra.

2.1.1.6. Az acéllemez hidrogénbefogadó képessége

Az acéllemez magasabb hőmérsékleten több hidrogént képes feloldani, mint alacsonyabb hőmérsékleten. Az alapzománc égetésekor mindig jelenlevő hidrogén az égetés hőmérsékletén nagy mennyiségben diffundál a lemezbe, majd lehülés után kilépve a lemezből, különböző hidrogénhibákat, pl. halpikkelyesedést okoz.

A hidrogénhibák elkerülésére olyan lemezt kell használni, mely eleve kevés hidrogént old fel, és a magas hőmérsékleten feloldott hidrogént szobahőmérsékleten is magában tartja, azaz hidrogénbefogadó képessége nagy. Az acéllemez hidrogénbefogadó képessége függ az

acél kémiai összetételétől. Sok ötvözőelem, - Ni, Co, Ti, Cr, Ta, Nb, B - , növeli a lemez hidrogénbefogadó képességét, csökkenti a pikkelyesedésre való hajlamot.

A szemcsehatárok megnehezítik a hidrogén diffúzióját, ezért az aprószemcsés szövet-szerkezet a kedvezőbb.

Az acéllemezben kialakított „hidrogéncsapdák” parányi hibahelyek, melyekben az atomos hidrogén molekulákká egyesül, így képtelen tovább vándorolni. Az acéllemezben akkor alakulnak ki „hidrogéncsapdák”, ha az acél belső szerkezete valamilyen módon deformálódik. Ez a deformáció létrejöhet a vastól eltérő méretű atomoknak az acélszerkezetbe való beépülésekor, de hidegalakítás hatására is. A hidegen hengerelt lemezek belső szerkezete a nagyfokú hidegalakításnak köszönhetően deformálódik, hibahelyek keletkeznek, melyek csapdaként szerepelnek.

2.1.2. Az öntöttvas

Az öntöttvas összetételét úgy kell megválasztani, hogy mind az öntéstechnológia, mind a zománcozás követelményeinek megfeleljen. Legyen könnyen önthető, hőtágulása legyen összhangban a zománcéval. A szürke öntöttvas hőtágulási együtthatója 380×10^{-7} . Nagyságát a kötött szén erősen csökkenti. Az öntöttvas tágulása gyors hűtés hatására nő. Az öntöttvas hőtágulása égetés előtt és égetés után más. Ez az öntöttvasban levő perlit cementitje szét-esésének eredménye.

Az öntöttvasban a szén kötött (cementit) és szabad (grafit) alakban van jelen. Fontos, hogy a szén legalább 80%-a grafit legyen. Hasonlóan az acéllemezhez, az öntöttvas szerkezete sem lehet egyenetlen, nem tartalmazhat gáz és salakzárványokat, valamint feldúsulásokat. Felületén nem lehetnek pórusok, repedések, homokbeágyazódások.

Zománcozás előtt és után az öntöttvas szerkezete nem azonos. Zománcozás előtt legyen az alapanyag perlites, a grafit legyen egyenetlenül eloszlott, ne legyenek benne grafitdúsulások. Kevés ferritet, cementitet tartalmazzon, a kén mangán-szulfid alakban legyen lekötve.

Zománcozás után az alapanyag legyen ferrites, a grafit legyen egyenetlen eloszlású, ne tartalmazzon cementitet és lehetőleg perlitet sem.

2.1.3. Az alumínium és ötvözetei

Az alumínium olvadáspontja 659°C , köbös hőtágulási együtthatója 715×10^{-7} . Alacsony olvadáspontja és nagy hőtágulása miatt zománcozását csak az 1950-es években sikerült megoldani. Fontos, hogy a zománcozandó alumínium legalább 99,5%-os tisztaságú legyen. Hasonlóan jól zománcozhatóak a tiszta alumíniummal bevont acéllemez is.

2.1.4. Egyéb fémek

Jól zománcozhatóak a vörösréz, az ezüst és ötvözetei, az arany és ötvözetei. A zománcozás alapzománc nélkül megoldható. Mindig figyelembe kell venni a fémek olvadáspontját és hőtágulási tényezőjét az alkalmazni kívánt zománcok kiválasztásánál.

2.2. A tűzzománc alapanyagai [9]

2.2.1. Hálózatképző elemeket tartalmazó anyagok

A tűzzománcgyártáshoz három hálózatképző elem jöhet számításba: a szilícium, a bór és a foszfor.

2.2.1.1. Szilícium-dioxid tartalmú anyagok

A szilícium dioxid a tűzzománcok legfontosabb alapanyaga. Mennyiségük a tűzzománcban 40-70% között változhat a tűzzománc típusától függően.

A szilícium dioxid mennyiségének növelésével emelkedik a tűzzománc lágyuláspontja. Mindig javul a kémiai ellenálló képesség.

Kvarchomok, Földpátok, Kaolin

2.2.1.2. Bór-trioxid tartalmú anyagok

A bór-trioxid igen fontos a tűzzománcban, ezért ezzel egy picit részletesebben foglalkozunk. A kvarc mellett a legfontosabb hálózatképző elem a bór. Oxidja valódi üvegeképzőnek tekinthető. Előnye, hogy a többi folyósító anyaggal szemben nem növeli a tűzzománc hőtágulását. Savas jellege miatt jól oldja a fém-oxidokat, így a vas-oxidot is. Csökkenti a tűzzománc felületi feszültségét, ezáltal elősegíti a fém nedvesítését és egyben a tűzzománc-fém kötés kialakulását.

Bórsav, Bórax

A bóraxnak három változatát ismerjük, amelyek egymástól kristályvíz tartalmukban különböznek. A pirobór (vízmentes bórax) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, a pentabór $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 5\text{H}_2\text{O}$, és a kristályos bórax $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$. Európában többnyire a kristályos bóraxot (dekahidrát) használták, mivel annak sokkal jobb az olvasztásra gyakorolt hatása. Alacsony hőmérsékleten, $62\text{ }^\circ\text{C}$ -on, megolvad és a hőmérséklet emelkedésével progresszív vízvesztésbe kezd, míg végül vízmentes bóraxá alakul.

A dekahidrát-bórax alacsony olvadáspontja elősegíti a többi komponens olvadási folyamatát. A hőmérséklet emelkedésével felszabaduló vízgőz a keletkező gázokkal (széndioxid) együtt mintegy nyitva tartja a keveréket, nagyobb homogenitást biztosítva a keletkező frittnek.

A vízmentes bórax alkalmazása esetén ezek az előnyök eltűnnek, ám más tényezők válnak fontossá, a termelékenység és a költség. Több bór vihető be, rövidebb ideig tart az olvasztás, kevesebb energiát igényel, kisebbek a tárolási költségek stb. A vízmentes bóraxot inkább a folyamatos olvasztókemencéknél használják.

A bórax szerepe a tűzzománcgyártásban kettős, felhasználásával a tűzzománcba a hálózatképző bór-trioxidot és a módosító nátrium-oxidot lehet bevinni.

2.2.1.3. Foszfor-pentaoxid tartalmú anyagok

A foszfor-pentaoxid régen fehérítésre szolgált. Napjainkban azonban más szerepe van a tűzzománcban. Az alapzománcokban elősegíti a vas-oxid oldódását a zománcban, titánzománcokban a titán-dioxid megfelelő módosulatban való kiválását.

Legújabb fejlesztések kezdődtek hidrogén-fluorid álló tűzzománcok kifejlesztésére. Ezekben a tűzzománcokban a SiO_2 szerepét a foszfor-pentaoxid venné át, mint hálózatképző.

Foszfor-pentaoxid, Trialcium-foszfát, Trinátrium-foszfát

2.2.2. Átmeneti elemeket tartalmazó anyagok

2.2.2.1. Alumínium-oxid tartalmú anyagok

Az alumínium oxid általában csökkenti a tűzzománc hőtágulását és rugalmasságát, növeli viszkozitását, hőállóságát, kopásállóságát, kémiai ellenálló képességét. Stabilizálólag hat az üveglvadéokra és megakadályozza a tűzzománc elüvegtelenedését.

Timföld

2.2.2.2. Titán-dioxid tartalmú anyagok

A titán-dioxid a tűzzománcban kétféle feladatot tölthet be. Részt vehet az üveges szerkezet kialakításában, és fehéritő anyagként is szerepelhet. Csökkenti a tűzzománc viszkozitását, növeli a savállóságot és a tűzzománc fényét.

Titán-dioxid (anatáz)

2.2.2.3. Cirkónium-dioxid tartalmú anyagok

A cirkónium-dioxid szintén részt vehet a tűzzománc szerkezetének kialakításában, vagy az olvadékból kiválva, fehériti azt.

A cirkónium-dioxid növeli a tűzzománc viszkozitását. Kedvezően hat a tűzzománc fényére, hőváltozásokkal szembeni ellenállására és ütésszilárdságára.

Cirkónium-dioxid, Cirkonhomok

2.2.2.4. Magnézium-oxid tartalmú anyagok

A magnézium-oxid növeli a tűzzománc viszkozitását és felületi feszültségét, ezáltal az égetési hőmérsékletet. A hőtágulást nagymértékben csökkenti és elősegíti a fehéritő anyagok kiválását.

Magnézium-oxid, Magnézium-karbonát, Dolomitliszt

2.2.2.5. Cink-oxid

A cink-oxid csökkenti a tűzzománc hőtágulását, növeli a nyomó és húzó szilárdságát. Elősegíti a fehéritő anyagok kiválását. Folyósító hatású és növeli a tűzzománcok kémiai ellenálló képességét.

Cink-oxid

2.2.3. Módosító elemeket tartalmazó anyagok

2.2.3.1. Nátrium-oxid tartalmú anyagok

A nátrium-oxid csökkenti a tűzzománc lágyuláspontját. Növeli a hőtágulását, de rontja ellenálló képességét a hőváltozásokkal szemben és rugalmasságát. Javítja a tűzzománc fényét és csökkenti a kémiai ellenálló képességét.

Szóda, Nátronsalétrom

2.2.3.2. Kálium-oxid tartalmú anyagok

A kálium-oxid hatása a tűzzománcban hasonló a nátrium-oxidéhoz, de kevésbé növeli a tűzzománc hőtágulását, és kisebb mértékben rontja a rugalmasságát. Nátrium-oxiddal együtt használva a tűzzománcot könnyen olvadóvá teszi.

Kálium-karbonát (hamuzsír), Kálisalétrom

2.2.3.3. Lítium-oxid tartalmú anyagok

A lítium-oxid általában növeli a tűzzománc fényét, hőtágulását és felületi feszültségét. Csökkenti a tűzzománc viszkozitását, ezért, mint kiváló folyósító anyagot ismerik.

Lítium-karbonát

2.2.3.4. Kalcium-oxid tartalmú anyagok

A kalcium-oxid növeli a tűzzománc kémiai ellenálló képességét és viszkozitását. Előnye, hogy alkalmazásakor a tűzzománc viszkozitása a hőmérséklettel csak lassan változik, vagyis az égetési intervallum nő.

Kalcium-karbonát (mészköliszt)

2.2.3.5. Bárium-oxid tartalmú anyagok

A bárium-oxid növeli a tűzzománc fényét és rugalmasságát. Hatásos folyósító anyag, tehát csökkenti a tűzzománc viszkozitását. Főleg alacsony hőmérsékleten beégethető tűzzománcokhoz használják.

Bárium-karbonát

2.2.4. Oxidáló anyagok

A tűzzománcgyártáshoz felhasznált nyersanyagok szerves szennyeződések tartalmaznak. Ha ezek az olvasztás során nem oxidálódnak teljesen, a tűzzománcot szürkére színezik. A nyersanyagok rendszerint vas-oxidot is tartalmaznak szennyezésként. Mivel a vas (II)-oxid színező hatása erősebb, mint a vas (III)-oxidé, azt vas (III)-oxiddá kell oxidálni, az oxidáló anyagok ezt a munkát is elvégzik.

Nátrium-nitrát (Nátronsalétrom), Kálium-nitrát (Kálisalétrom), Mangán-dioxid (Barnakő)

2.2.5. Kötőanyagok

A tűzzománc és a vaslemez közötti kötés kialakításához szükség van bizonyos anyagok jelenlétére, melyek rendszerint a vasnál nemesebb fémek oxidjai.

Kobalt-oxid, Nikkel-oxid, Molibdén-trioxid

2.2.6. Fehérítő anyagok

Mint már említettük, a tűzzománc lényegében üveg. Ez a megállapítás nem csak a tűzzománc szerkezeti felépítésére érvényes, hanem más tulajdonságára is. Így optikailag is üveggé viselkedik, tehát eredetileg színtelen és átlátszó. Ha ezt az eredetileg átlátszó anyagot átlátszatlanná és színessé akarjuk tenni, akkor különböző fehérítő vagy színező anyagokat kell hozzáadnunk.

A fehérítés lényege, hogy olyan anyagokat keverünk a tűzzománcához, melyek a fényt szinte teljes egészben visszaverik. Nagy törésmutatójú, finom szemcseméretű (0,1 - 1 µm) anyagról lehet csak szó.

2.2.6.1. Előfehérítők

Rendszerint fluor tartalmú vegyületek, melyek hatása azon alapszik, hogy a tűzzománc olvadátkban finom fluorid-kristálykák válnak ki.

Kriolit, Nátrium-sziliko-fluorid, Folypát

2.2.6.2. Főfehérítők

Az átlátszó, vagy a már előfehérített tűzzománcokat teljesen megfehérítő anyagok. Az anyagok egy része az olvasztás alatt megfehéríti a tűzzománcot. Másik részük az olvasztás alatt teljesen feloldódik, és átlátszó tűzzománcot ad, majd az égetés alatt, újabb felmelegítés hatására a tűzzománcban a fehérítő anyag kristálykái kiválnak. Ezek a rekrisztallizációs tűzzománcok.

Ón-oxid - rendszerint malmon adagolják

Antimon-trioxid - beolvasztva

Titán-dioxid - beolvasztva -rekrisztallizációs

Cirkónium-dioxid - beolvasztva -rekrisztallizációs

Cérium-oxid - beolvasztva - rekrisztallizációs

2.2.7. Színtestek

A tűzzománcokat beolvasztva vagy malmon adagolt színtestekkel lehet színezn. A színtestek típus szerint lehetnek diszperz, spinell, rutil, kadmium, oxid, arany, pink típusú színtestek. Színhatásuk szerint lehetnek piros, rózsaszín, sárga, zöld, kék, barna és krém, fekete és szürke színtestek.

Fritt alkotó	Kémiai képlet	Nyersanyag
Alumínium-oxid	Al ₂ O ₃	tímföld, földpát
Antimon-oxid	Sb ₂ O ₃	antimon oxid, nátrium antimonát
Bárium-oxid	BaO	bárium karbonát
Bór-oxid	B ₂ O ₃	bórax, bórsav
Kalcium-oxid	CaO	mészköliszt
Kobalt-oxid	CoO	kobalt oxid
Fluorid	F ₂	folypát, nátrium-szilikofluorid
Magnézium-oxid	MgO	magnézium karbonát
Mangán-dioxid	MnO ₂	barnakő
Nikkel-oxid	NiO	nikkel oxid
Kálium-oxid	K ₂ O	kálium karbonát, kálsalétrom
Szilícium-dioxid	SiO ₂	kvarchomok, földpát
Nátrium-oxid	Na ₂ O	szóda, nátronsalétrom, földpát
Titán-dioxid	TiO ₂	titán dioxid
Cink-oxid	ZnO	cink oxid (horganyfehér)
Cirkónium-dioxid	ZrO ₂	cirkonhomok

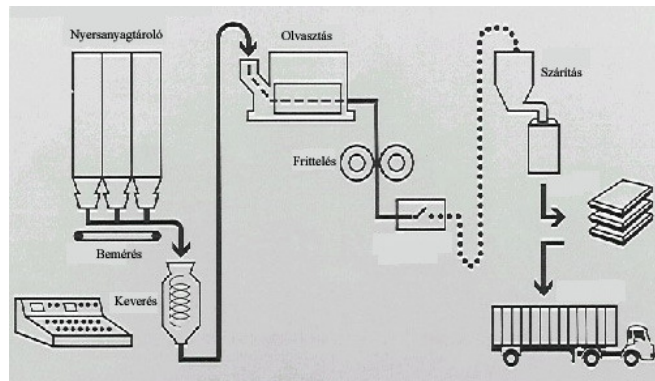
3. táblázat: Fritt-alkotók és nyersanyagok

3. A TŰZZOMÁNCOK ELŐÁLLÍTÁSA

A tűzzománcok előállítása két műveletsorozatra bontható: olvasztásra és őrlésre

3.1 A tűzzománcok olvasztása [10]

Az olvasztáshoz soroljuk mindazokat a műveleteket, amelyeket el kell végezni ahhoz, hogy a nyersanyagból őrlésre alkalmas tűzzománcot kapjunk.



5. ábra: A tűzzománcgyártás folyamatábrája

Ide tartozik a nyersanyagok receptek szerinti bemérése, a bemért anyagok keverése, az olvasztókemencébe adagolása, az olvasztás, a megolvadt tűzzománc csapolása és a fritt szárítása.

3.1.1. A nyersanyagok bemérése, keverése

A nyersanyagok bemérése igen fontos művelet. Bármilyen hiba végzetes lehet. A bemérést automata vagy kézi mérlegeken a recept szerint kell végezni.

A bemért anyagokat jól össze kell keverni. Azt mondjuk, "jó keverés, fél olvasztás". A keverés vízszintes helyzetű forgó keverődobban történik.



1. kép: keverődob [39]

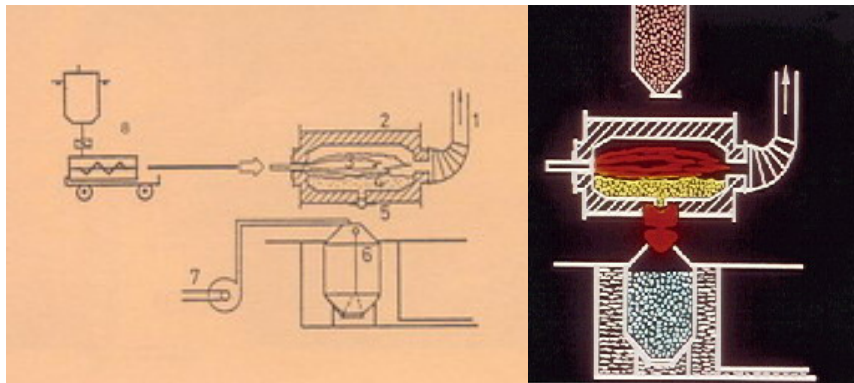
3.1.2. A nyersanyagkeverék olvasztása

3.1.2.1. Olvasztókemence-típusok

A tűzzománcok olvasztásához használt kemencék lehetnek szakaszos és folyamatos működésűek.

A szakaszos működésű kemencék ma már kizárólag gáztüzelésű, forgó dobkemencék. A forgókemencék acéllemezről készült, tűzálló anyaggal bélelt, tengelyük körül forgatható, fekvő hengerek. A fűtőláng a henger egyik végén levő nyíláson keresztül távozik. A nyers-

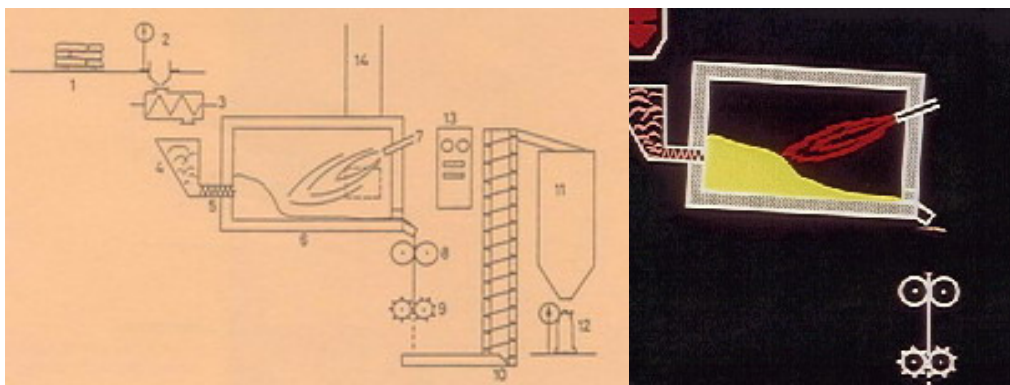
anyagok adagolása és a megolvadt tűzzománc csapolása a henger palástján elhelyezett nyíláson keresztül történik.



6. ábra: Gáztüzelésű, forgó dobkemence [11]

A szakaszos olvasztókemencék termelékenysége kicsi, de bennük különböző összetételű tűzzománcok gond nélkül leolvashatók, mivel könnyen "kimoshatók".

A folyamatos működésű kemencék lényegében enyhe lejtésű teknős kemencék, elektromos vagy gáztüzeléssel. A töltőnyíláson adagoló berendezés segítségével folyamatosan történik a nyersanyagkeverék betáplálása, a csapoló nyíláson keresztül folyamatosan távozik a megolvadt tűzzománc.



7. ábra: Gáztüzelésű teknős kemence [11]

A folyamatos olvasztókemencék termelékenysége igen nagy, a zománcváltás azonban problémákat okoz. Nehezen moshatók és lejtésszögük nem változtatható az olvasztandó tűzzománc viszkozitásának megfelelően. Csak nagy mennyiségű, azonos összetételű tűzzománcok olvasztása esetén gazdaságosak.

3.1.2.2. Az olvasztás, az olvasztáskor végbemenő fizikai és kémiai változások

Az olvasztási idő a kemencék típusától, nagyságától és az olvasztandó tűzzománc összetételétől függően 1-3 óra. Az olvasztási hőmérséklet 1100-1500 C°.

Az olvasztás folyamán a nyers keverékekben különböző fizikai és kémiai folyamatok mennek végbe. Először a levegő oxigénje és nitrogénje távozik el a nyersanyagokból; 100 °C feletti hőmérsékleten eltávozik a víz, amennyiben nincs kémiaiilag lekötve. Az egyes, könnyen olvadó anyagok megolvadnak (kristályos bórax 62°C, nátronsalétrom 311°C, kálsalétrom 336°C, szóda 852°C, vízmentes bórax 878°C), majd egymással és a nehezebben olvadó nyersanyagokkal reakcióba lépnek. A nitrátok és karbonátok gázfejlődés közben reagálnak, a kristályvíz tartalmú anyagok elvesztik kristályvizüket, az alkáli oxidok reakcióba lépnek a kvarccal (850-900°C), a nátrium-sziliko-fluorid nátrium-fluoridra és szilícium-tetrafluoridra bomlik, stb.

Közben eutektikumok képződnek, az egyes anyagok egymásban fizikailag oldódnak, a kvarc módosulátváltozást szenved.



2. kép: Nyersanyagkeverék az olvasztódobban [39]

A külső szemlélő az egészből csak annyit vesz észre, hogy a nyersanyagkeverék duzzadás közben olvadni kezd, a levegőben szűrős szagok terjengnek, majd egy idő múlva a keverék megolvad. A megolvadt anyag először szinte forr, buborékok képződnek, majd megnyugszik, felülete sima lesz.

3.1.2.2. Csapolás

A megolvadt tűzzománcot a kemencéből úgy kell leereszteni, hogy az megszilárdulva könnyen őrlhető legyen. Erre két módszer terjedt el.

A *vízbe történő frittelés*, melynek során az olvadékot hideg vízzel teli tartályba, vagy vályúba eresztik. Az olvadék érintkezve a hideg vízzel kívülről befelé haladva hirtelen lehűl és közben a feszültségek következtében szétrepedezik, granulálódik.

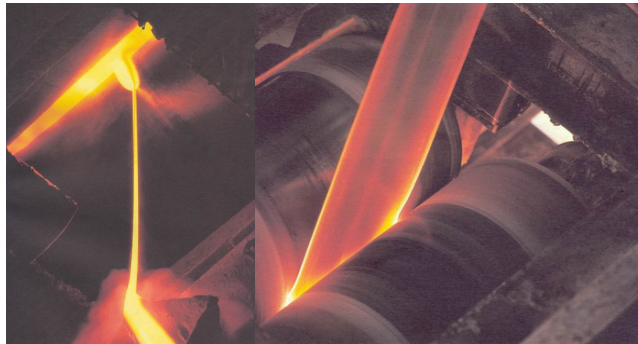


3. kép: Vízbe történő frittelés [39] [11]

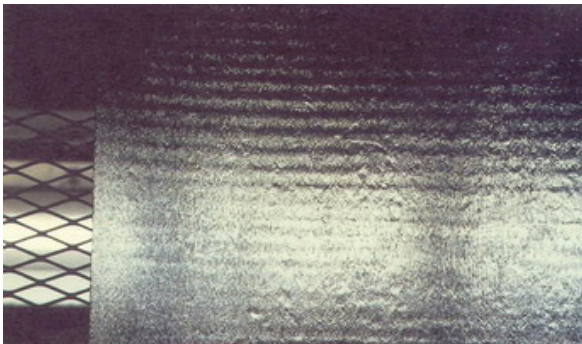


4. kép: Zománcfritt [39]

A másik módszer a *száraz frittelés*, amikor az olvadékot vízhűtéses hengerpár közé folytatják, melyek lehűlés közben az olvadékot vékony lemezzé préselik. Az így keletkező lemezt tüskés hengerekkel kis lapkákká törik.



5. kép: Száraz frittelés [11]



6. kép: Lemezzé préselt olvadék [11]



7. kép: Zománc-lapka [39]

Szakaszos olvasztásnál általában a vízbe történő frittélést alkalmazzák, de megoldott (némi minőségi problémák mellett) a száraz frittelés is. Folyamatos olvasztásnál többnyire a száraz frittélést alkalmazzák, de nincs akadálya a vízben történő frittelésnek sem.

3.1.2.3. Szárítás

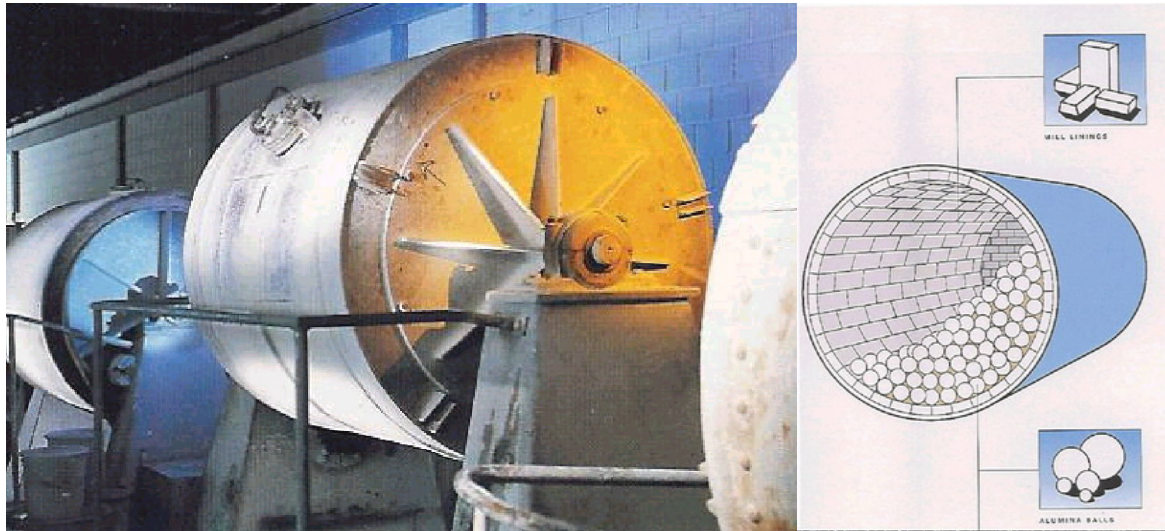
A nedves frittelés során a fritt elég nagy mennyiségű vizet tartalmaz. A víz nehézkessé teszi a fritt további kezelését, ezért szárítani kell. A szárítást célszerű a kemencéből távozó füstgáz hőjének visszanyerésével nyert meleg levegővel végezni.

3.2. A tűzománcok őrlése [12],[13]

Az olvasztással kapott zománccfritt, -lapka csak őrlés után használható fel. Az őrlést a felhasználás igényétől függően őrlőberendezésekkel szárazon vagy nedvesen lehet végezni.

3.2.1. Őrlőberendezések

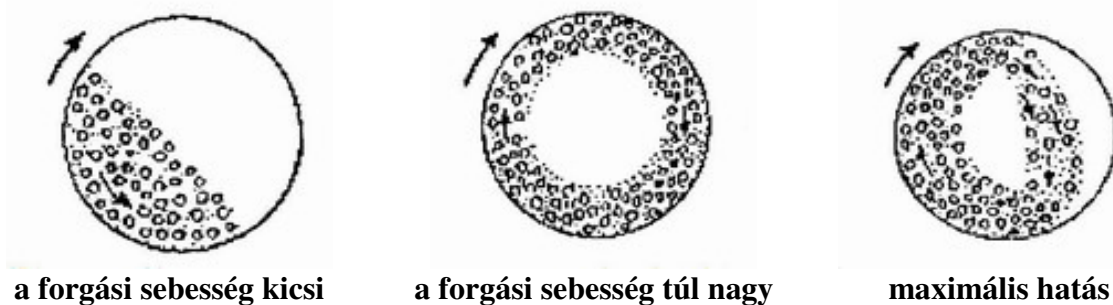
A tűzománcokat általában golyósmalomban őrlik. A golyósmalom lényegében fekvő henger, amely vízszintes tengely körül forog és belülről kopásálló anyaggal bélelt.



8. kép: Golyósmalom [14]

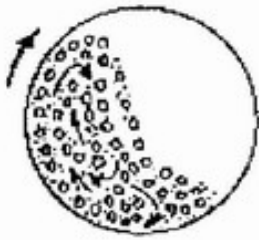
Az őrlést a bélés anyagával egyező anyagból készült hengeres őrlőtestek végzik. A bélés és az őrlőtestek anyaga lehet Steatit, Alumíniumoxid, Cirkonoxid, stb.

Az őrlés annak következtében megy végbe, hogy az őrlőtestek és az őrlendő anyag a súrlódási és a centrifugális erő következtében a malom palástjának belsején elfordul, majd a nehézségi erő hatására visszacsúszik, közben a golyók összezúzzák a köztük levő anyagot. A malmokat megfelelő fordulatszámra kell beállítani a legjobb őrlési hatások elérése céljából.



Ha a forgási sebesség kicsi, a töltet kis mértékű elfordulás után visszacsúszik, a malom teljesítménye kicsi. Túlságosan nagy fordulatszám esetén a töltet együtt forog a malommal. Maximális hatást akkor érhető el, ha a golyók fél fordulat után visszaesnek. Ilyenkor azonban nagy a törési százalék.

Ezért úgy állítják be a fordulatszámot, hogy a töltet negyed fordulat után csúszsék vissza.



Az optimális fordulatszám

$$n = \frac{27,5}{\sqrt{d}}$$

ahol n-a percenkénti fordulatszám
d-a malom átmérője

3.2.2. Nedves őrlés

A nedves őrlés során a zománcfritten és a vízen kívül különböző céllal más anyagokat is szoktak malomra adagolni. Ezeket az anyagokat *malomadalékoknak* nevezzük.

A malomadalékok egy részét azért adagolják, hogy a tűzzománc végső tulajdonságait beállítsák. Kvarclisztet - égetési hőmérséklet beállítására, cirkonhomokot - kopási tulajdonságok beállítására stb.

A legfontosabb azonban az őrlés során nyert zománciszap folyási tulajdonságainak biztosítása. Ebbe a csoportba tartoznak a *lebegtető anyagok* és az *állítóanyagok*.

3.2.2.1. Lebegtető anyagok

Ha a tűzzománcot adalék nélkül vízzel őrlőnénk, könnyen ülepedő, vízzel kevert homokhoz hasonló elegyet kapnánk. A lebegtető anyagok a vízben maguk is nehezen ülepednek, így meggátolják a frittszemcsék ülepedését. Kiváló lebegtető anyag az agyag és a bentonit.

3.2.2.2. Állítóanyagok

A lebegtető anyagok adagolásával elérhető, hogy a zománciszap ne ülepedjék. Az így nyert zománciszappal azonban még nem lehet zománcozni, mert nem tapad jól a munkadarabra, a vízszintestől eltérő felületről könnyen lefolyik. Azokat az anyagokat, melyek ezt a jelenséget megszüntetik, úgy mondjuk "megállítják a zománciszapot", állítóanyagoknak nevezzük. Ezek a bórax, szóda, hamuzsír (kálium-karbonát), magnézium-karbonát, nátrium-aluminát, nátrium-nitrit, bórsav. Ezeket az anyagokat általában egymással kombinálva alkalmazzák.

3.2.3. Száraz őrlés

A száraz őrlés elvben nem különbözik a nedves őrléstől. Malomadalékok szempontjából azonban lényeges a különbség, mivel azokat nem alkalmazunk.

3.2.4. Ready To Use és Premix

A Ready To Use és Premix zománc komplett, adalékokkal együtt, por alakban szállított zománc. A felhasználónak csak vízzel kell összekeverni. A diszpergálás kettős turbinával ellátott keverővel, 300-400 fordulat/perc sebességgel történik [15].

Az ilyen típusú zománcok napjaink leginkább elterjedt zománcai. Jelentésük szerint használatra kész (RTU) vagy előkevert (Premix) zománcokról beszélünk. A környezetvédelmi és gazdaságossági szempontok figyelembevételével úgy alakult, hogy a frittgártók magukra vállalták az őrlési feladatokat és megjelentek ezekkel a zománcokkal. Így a felhasználóknál szükségtelen volt a malmok üzemeltetése, csupán megfelelő bekeverő rendszerekre volt szükség. A felhasználók a zománciszapokat a felhasználás helyén a felhasználási igényeknek megfelelően készíthetik el.

3.2.4. A zománciszap őrlési paramétereinek ellenőrzése

3.2.4.1. A zománciszap őrlési finomságának meghatározása

Az őrlés befejezését az őrlési finomság alapján lehet megállapítani. Erre a legelterjedtebb módszer az ún. Pemco-Bayer- módszer. A módszer lényege, hogy meghatározott szövetű szitán meghatározott mennyiségű iszapot mosunk át, majd a szita maradékát mérjük és azt az őrlemény finomságának tekintjük.



9. kép: Pemco-Bayer szita [39]

3.2.4.2. A zománciszap fajsúlyának meghatározása

Általában a zománciszap litersúlyát határozzuk meg egy liter zománciszap súlyának mérésével.



10. kép: A litersúly mérése [39]

3.2.4.3. A zománciszap viszkozitásának meghatározása

A gyakorlatban alkalmazott összes viszkozitásmérő eljárás alkalmas lehet a zománciszapok viszkozitásának meghatározására. A gyakorlatban azonban nem szükséges ilyen pontosság, ezért egy gyorsan kivitelezhető módszert alkalmazunk. Mérjük az iszap kifolyató tölcseből történő kifolyásának idejét. A módszer összehasonlításra alkalmas.



11. kép: A viszkozitás meghatározása [39]

3.2.4.5. Kanálidő meghatározása

Ezzel az egyszerű eljárással lehet meghatározni, hogy a zománcszap milyen hamar „áll meg”. Egy merőkanalat az iszapba mártunk, és mérjük azt az időt, amíg a szemcsék pergése megáll.



12. kép: A kanálidő meghatározása [39]

3.2.4.4. A zománcszap tapadó képességének meghatározása

A zománcszapok tulajdonsága, hogy a belemártott testre bizonyos vastagságban rátapad. A tapadás mértéke, a „spontán” felvitel, megadja a felvihető réteg vastagságát. Szórásnál az un. „becsillanás”-kor elérhető vastagságot jelenti.



13. kép: A spontán felvitel [39]

Meghatározása úgy történik, hogy egy zománcozott hengert az iszapba mártunk, majd azt állandó sebességgel kirántjuk. A rátapadt zománcréteg vastagságát szárítás után mérjük.

4. A TŰZZOMÁNCOK TULAJDONSÁGAI [16]

4.1. A tűzzománcok mechanikai tulajdonságai

4.1.1. Sűrűség

A tömör tűzzománc sűrűsége: 2,5-2,6 g/cm³

A ráolvasztott tűzzománc sűrűsége: 2,2-2,3 g/cm³

4.1.2. Nyomószilárdság, szakítószilárdság

A tűzzománcok nyomószilárdsága 600-1200 N/mm², szakítószilárdsága 30-90 N/mm². Összehasonlítva a tűzzománcok nyomószilárdságát és szakítószilárdságát, megállapítható, hogy a nyomószilárdság értékei kb. tízszer nagyobbak a szakítószilárdság értékeinél. Ezért a tűzzománc összetételét úgy kell megválasztani, hogy a fém felületére olvasztva mindig nyomófeszültség alatt legyen. Ez úgy érhető el, hogy a tűzzománc hőtágulási tényezőjét a hordozó fém hőtágulási tényezőjénél mindig kisebbre állítjuk be.

A vékonyan felvitt tűzzománc-réteg szakítószilárdsága nagyobb.

4.1.3. Rugalmasság

A tűzzománcok rugalmassági modulusa 50000-80000 N/mm². Lehülés után a különböző hőtágulás következtében a fém és a tűzzománc nem egyformán húzódik össze, ezért feszültségek keletkeznek, melyeket a rugalmasságnak kell kiegyenlítenie.

A rugalmasság nem csak a kémiai összetételtől függ. A tűzzománc rétegvastagságának növelésével a rugalmasság csökken, az égetési idő növelésével viszont nő. A rugalmasságot növelni lehet: az alumínium-oxid, kalcium-oxid, nátrium-oxid tartalom csökkentésével. Csökkenteni lehet: a kálium-oxid, bárium-oxid tartalom növelésével.

4.1.4. Keménység

A tűzzománcok keménysége: 5-7 Mohs. A korundé 9 Mohs. Gyakorlatilag ez azt jelenti, hogy a tűzzománcok közepes keménységűek, nehezen karcolható.

A keménységet a cirkónium-dioxid, a kvarc és az agyag növeli.

4.1.5. Kopásállóság

A kopásállóság a dörzsöléssel szembeni ellenálló képesség. A kopásállóság a keménységnél megadott kémiai összetétel-változtatásokon kívül malomadalékokkal (cirkonszilikátok) növelhető.

4.1.6. Ütőszilárdság

Az ütőszilárdság elsősorban a rugalmasság, keménység, nyomószilárdság és kötőszilárdság hatásából tevődik össze. A tűzzománcozott tárgyak ütőszilárdságát úgy vizsgáljuk, hogy azokra meghatározott magasságból ismert súlyú golyót ejtünk és megfigyeljük, hogy az ütés hatására milyen változás következik be a felületen.

A mérésnek gyakorlati jelentősége kicsi, mivel a tűzzománc, mint minden üveg, ütés hatására törik.

4.2. A tűzzománc hőtani tulajdonságai

4.2.1. Fajlagos hőkapacitás

Gyakorlati jelentősége nincs, mivel a tűzzománcozott tárgyakon vékony tűzzománc-réteg van, így viszonylag kis mennyiségű tűzzománcot kell felmelegíteni melegítés esetén. A tűzzománcok fajlagos hőkapacitása 830 J/kgK

4.2.2. Hővezető képesség

A tűzzománcok hővezető képessége különösen a vastagon tűzzománcozott tárgyak esetében fontos. Ha a tűzzománc hővezető képessége kicsi, a vastag tűzzománc-rétegben a rossz hővezetés következtében belülről a hő csak lassan tud kiáramlani, ezért a tűzzománc külső felülete gyorsan hűl ki, húzóerők ébrednek benne és a tűzzománc megreped.

A tűzzománcok hővezető képessége több nagyságrenddel kisebb (1,2 W/mK), mint a fémeké, ezért a tűzzománc gyakorlatilag a fémekhez képest hőszigetelőnek tekinthető.

4.2.3. Hőállóság

A tűzzománcbevonatnak egyéb bevonatokkal szemben az az előnye, hogy aránylag magas hőmérsékletnek is ellenáll. Hő hatására nem ég el, bizonyos hőmérsékleten meglágyul, de még lágyult állapotban is védelmet nyújt a fémnek.

A tűzzománcot 400-500°C-ig hővel szemben ellenállónak lehet tekinteni.

4.2.4. Hősokkállóság

A tűzzománcozott tárgyakat, elsősorban a főzőedényeket és a vegyipari készülékeket, használat közben gyakran hirtelen hőmérséklet-változásnak, „hősokknak”, vetik alá. A tűzzománcozott tárgyak hirtelen hőmérséklet-változásokkal szembeni ellenálló képességét nevezzük hősokkállóságnak.

A hősokkállóságot a szakítószilárdság, a rugalmasság és a hővezetőképesség növelése javítja, a hőtágulási együttható, a sűrűség és a fajlagos hőkapacitás növelése viszont csökkenti. A hősokkállóságra hatást gyakorol a lemez és a tűzzománc-réteg vastagsága is. Annál jobb, minél vastagabb a lemez, és minél vékonyabb a tűzzománc.

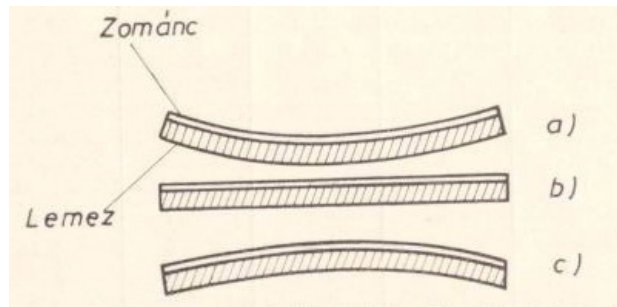
4.2.5. Hőtágulás

Minden anyagnak, így a tűzzománcnak is, jellemző fizikai tulajdonsága a hőtágulása. Lineáris hőtágulási együtthatónak az 1°C hőmérséklet-emelés hatására hosszegységenként létrejövő megnyúlást nevezzük.

A testek hő hatására nem csak egy irányba terjednek ki, hanem három irányba. Ezt a térfogatos hőtágulást a köbös hőtágulási együtthatóval jellemezzük. A köbös hőtágulási együttható a lineárisnak a háromszorososa.

Nagy hőmérséklet-változások esetén, ha a tűzzománc és a tűzzománcozott fém hőtágulása nincs megfelelően összehangolva, nagy feszültségek léphetnek fel, melyek hatására a tűzzománc megrepedhet vagy lepereghet. Mivel a tűzzománc nyomószilárdsága nagyobb, arra kell ügyelni, hogy a tűzzománcozott tárgyak lehülése után a rajtuk levő tűzzománc nyomás alatt legyen. Ez akkor érhető el, ha a tűzzománc tágulási együtthatója valamivel kisebb, mint az alatta levő fémé. Ebben az esetben a nagyobb hőtágulási együtthatóval rendelkező fém lehüléskor jobban összehúzódik, mint a rajta levő kisebb hőtágulási együtthatójú tűzzománc, így a fém a tűzzománcra nyomást gyakorol.

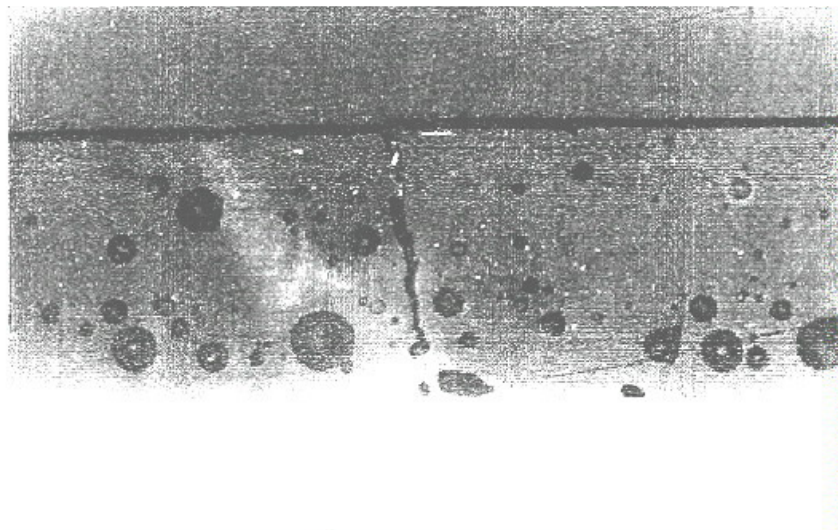
Ha a tűzzománc hőtágulási együtthatója túl nagy, akkor a lehülés alkalmával jobban összehúzódik, mint az alatta levő fém, és a fém húzó hatással van rá.



8. ábra: A zománc és fém hőtáguláskülönbségének hatása [17]

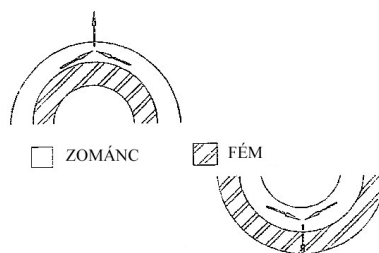
- (a) a zománc hőtágulása lényegesen nagyobb, mint a fémé
- (b) a zománc és fém hőtágulása között nincs különbség
- (c) a zománc hőtágulása lényegesen kisebb, mint a fémé

Ez a húzó hatás bizonyos határon túl nagyobb lehet, mint a tűzzománc szakítószilárdsága, ezért a tűzzománc megreped, hajszáltrepedések keletkeznek.

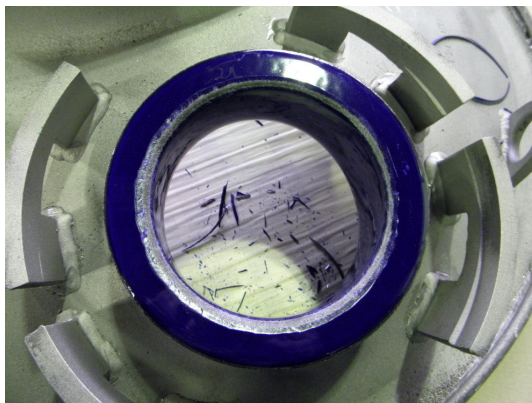


14. kép: Hajszáltrepedések a zománcban

Sík és homorú felületek esetében a tűzzománc kibírja azt a túlnyomást, ami a kicsi hőtágulási együtthatója következtében ránehezedik. Domború felületekről azonban a túlnyomás hatására a tűzzománc lepattogzik.



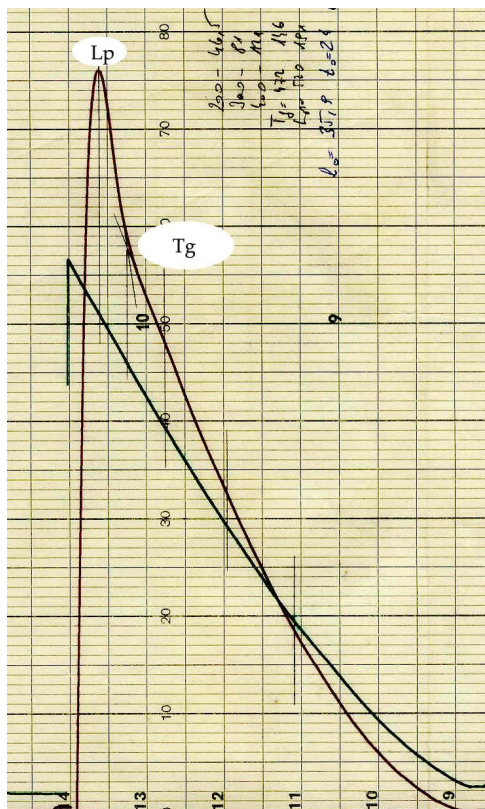
9. ábra: nyomóerők alakulása homorú és domború felületen



10. ábra: Lepattogzás [39]

Az acéllemez tűzzománcozására használt zománcok hőtágulási együtthatója $270\text{-}340 \cdot 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ közötti értéknek felel meg.

Ha a tűzzománc hőtágulásának változását a hőmérséklet függvényében vizsgáljuk, azt tapasztaljuk, hogy előbb egyenletes, majd egy bizonyos hőmérséklet elérése után rohamosan nő. Azt a hőmérsékletet, amelyen ez a hirtelen változás bekövetkezik, transzformációs hőmérsékletnek nevezzük. Ez minden tűzzománcra jellemző érték (T_g $480\text{-}530^{\circ}\text{C}$). A hőmérsékletet tovább növelve a hőtágulás növekedése egy bizonyos hőmérsékleten megszűnik, majd a dilatometerrel mért hőtágulás csökken. A csökkenés a tűzzománc lágyulásának következménye. Azt a hőmérsékletet, ahol ez bekövetkezik, a tűzzománc dilatometrikus lágyulási hőmérsékletének nevezzük. Ez a hőmérséklet is minden tűzzománcra jellemző (L_p $500\text{-}600^{\circ}\text{C}$).



11. ábra: A tűzzománc dilatometrikus görbéje [39]

4.3. A tűzzománc kémiai tulajdonságai

A tűzzománcozott tárgyak a mindennapi használatban különböző szerves és szervetlen anyagokkal, savakkal, sókkal, lúgokkal, továbbá a levegő szennyeződéseivel érintkeznek. Fontos, hogy a tűzzománc ezeknek a kémiai igénybevételeknek jól ellenálljon.

A különböző termékek más-más igénybevételnek vannak kitéve. Olyan tűzzománc, ami minden igénybevételnek egyformán jól ellenáll nincs. Ezért a tűzzománc kiválasztásánál mindig figyelembe kell venni az alkalmazási körülményeket. Mások a követelmények főző-edényekkel szemben, fürdőkádakkal szemben, építészeti burkolóelemekkel szemben, és mások a magas nyomáson, agresszív kémiai közegben üzemelő tűzzománcozott autoklávokkal szemben.

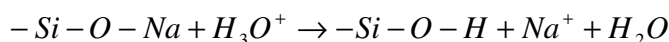
4.3.1. A tűzzománc felületi bomlásának folyamata

A tűzzománc a vízben és savakban, lúgokban másként oldódik, mint a vegyületek. A folyadékok megtámadják a tűzzománc felületét, de onnan csak egyes alkotókat oldanak ki. Ezt a folyamatot nevezzük „kilúgozásnak”.

4.3.2. Savállóság

A forró foszforsav és a folyosav (HF, hidrogén-fluorid) a szilíciumhálót rombolják, szétroncsolják a tűzzománc szerkezetét és feloldják azt.

Más savak esetén a savak elsősorban az alkáliákat oldják ki, miközben az oldhatatlan szilícium-dioxid hidratálódik és a tűzzománc felületén feldúsulva a további hatásokkal szemben védőréteget (10-30 µm) alkot.

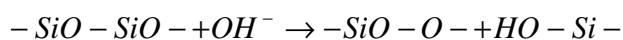


A folyamat sebességét kezdetben az ioncsere sebessége, majd a védőrétegen keresztüli diffúzió sebessége határozza meg.

A magas alkálitartalmú tűzzománcok savakkal szembeni ellenállóképessége rossz. Javítható a savállóság, ha az összetételben növeljük a SiO₂, TiO₂, ZrO₂, CaO, Al₂O₃ mennyiségét, csökkentjük a Na₂O, B₂O₃ mennyiségét, ill. a K₂O és Li₂O kedvező arányát beállítjuk.

4.3.3. Lúgállóság

A lúgok esetében nem képződik védőréteg, mivel a lúgok a szilícium-dioxidot is feloldják, vízben oldódó alkáli-szilikátok keletkezése közben.



A lúg frissítésével a teljes tűzzománc feloldódik (kémiai zománctalanítás).

A kémiai összetétel befolyásolja a folyamatot, de kifejezetten lúgálló tűzzománccról nem beszélhetünk. Az Al₂O₃, TiO₂, ZrO₂, CaO, BaO kedvezően befolyásolják a lúgállóságot.

4.3.4. Vízállóság

A víz esetében először a felületről alkáliák oldódnak ki, oldható és oldhatatlan hidroxidok keletkezése közben. Majd a vízben vissza maradó OH⁻ ionok reakcióba lépnek a szilikátráccsal, oldják azt. Ám a vizes korrózió sokkal lassúbb folyamat, mint a savas és a lúgos korrózió és sebességét jelentősen a diffúzió határozza meg. A hideg víz, a meleg víz és a vízgőz hatása is különböző.

Az, hogy a savas vagy a lúgos korrózió hatása közül melyik lesz a meghatározó, az a tűzzománc típusától és a körülményektől függ.

4.3.5. Időjárásállóság

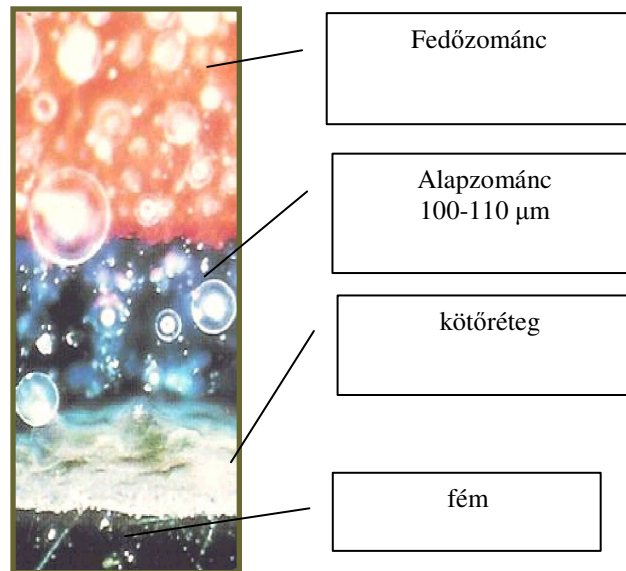
Ez komplex folyamat, amelyik a különböző gázok, füstök, porok, az esővíz, a levegő páratartalma, hőmérséklete, a napsugárzás hatásából tevődik össze. A gázok közül a széndioxid és a kén-trioxid hatásával kell számolni, melyek a levegő páratartalmával szénsavat ill. kénessavat és kénsavat alkotva kémiaiilag támadják a tűzzománcot.

Általában elmondhatjuk, hogy a jó savállóságú tűzzománcok az időjárás hatásainak is ellenállnak.

5. ZOMÁNCTÍPUSOK ÉS AZOK JELLEMZŐ TULAJDONSÁGAI [18]

5.1. Lemezzománcok

A tűzzománcozásra kerülő tárgyak többsége acéllemezből készül. Hagyományos technológia szerint az acéllemez tűzzománcozásakor a tűzzománcot több rétegben viszik fel a fém felületére. Ezek közül az első az alappománc, melyre egy vagy több fedőréteg kerül.



12. ábra: A zománcbevonat keresztmetszeti felvétele [19]

5.1.1. Lemez alappománcok

Az acéllemezekre első réteggé felvitt tűzzománcot alappománcnak nevezzük. Feladata, hogy a fém és a fedőzománcok között átmeneti rugalmas réteget képezzen, és a fém és a tűzzománc közti kötést biztosítsa.

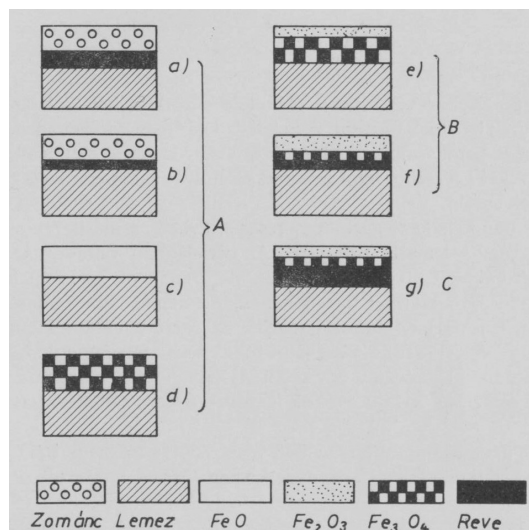
Kötés csak abban az esetben alakulhat ki, ha az alappománc a beégetés hőmérsékletén kis viszkozitást ér el, ha a fém felületét nedvesíti, azaz kellően kicsi a felületi feszültsége. Az előbb említett feltételek teljesülése esetén a „kötő oxidok” jelenlétében megindulnak azok a kötési reakciók, melyeknek eredményeként a fém és az alappománc között létre jön a kötés.

5.1.1.1. A kötés

A fémfelület és a tűzzománc közötti tartós kapcsolat egyike azoknak a jelenségeknek, amelyek a gyakorlatban ismertek, de amelyeknek magyarázata még nem sikerült teljesen. Valószínű a mechanikai és kémiai kötőerők együttes hatása.

Az biztos, hogy a kötés kialakulásának fontos feltétele az oxigén jelenléte. A munkadarabok felületén a tűzzománc beégetés előtt nem képez összefüggő réteget. A fém felülete a jelenlévő oxigénnel kapcsolatba kerül, megkezdődik a felület oxidációja, mely a kötés elengedhetlen feltétele.

Dietzel és Meures kötőoxid nélküli alappománcban vizsgálta az égetés folyamán végbemenő oxidációt. Megállapította, hogy az oxidáció három fokozatban megy végbe (13.ábra) [20].



13. ábra: Kötőoxid nélküli zománcégetés fokozatai Dietzel és Meures szerint [20]

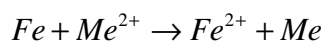
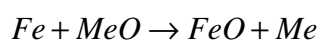
Az első fokozatban (A) a levegő oxigénje akadálytalanul hozzáfér a lemez felületéhez és azt vasrevévé oxidálja (a), ez a folyamat addig tart, míg a megolvadt tűzzománc gátló hatást nem fejt ki (b). Ezután a fém vas a revét lassan FeO-vá redukálja, miközben a megolvadt tűzzománc a vasoxidokat feloldja. A redukció az oldás után sem áll meg, hanem addig folytatódik, míg a feloldott vas egésze át nem alakul kétértékű vasoxiddá (c), ez az állapot a tűzzománc zöldeskék színéről ismerhető meg.

Eközben a megolvadt felületen keresztül lassan oxigén diffundál a megolvadt zománcrétegbe, és a felső rétegben levő FeO-ot Fe₃O₄-dá oxidálja, miközben a tűzzománc színe olajzöldre változik (d). Az oxigén a lemez szomszédságában levő FeO-ot is Fe₃O₄-dá oxidálja, de ez a fém vas hatására újból redukálódik és a tűzzománcban feloldott vas koncentrációja növekszik.

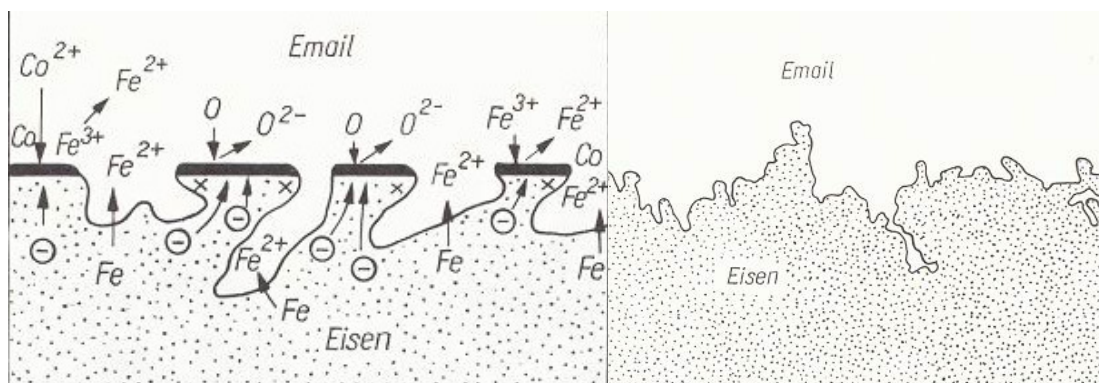
A második fokozatban (B) az oxidáció és egyben a feloldott vas koncentrációjának növekedése folytatódik, és az olvadék telítődik vasoxiddal. Megkezdődik a magnetitkiválás (Fe₃O₄), amitől a tűzzománc színe fekete lesz. Ugyanakkor a felületen keresztül további oxigén diffundál, ami a felületi rétegben az oldott vasat Fe₂O₃-dá oxidálja (e). Az FeO az oxidáció hatására teljesen eltűnik az olvadékból, az Fe₂O₃-réteg a felületről egyre jobban behatol, és egyidejűleg a lemezen jól tapadó és a tűzzománcsal egybeolvadt Fe₃O₄ réteg keletkezik (f).

A harmadik fokozatban (C) a további égetés hatására a fém-tűzzománc határretegben vastagodó vasreveréteg alakul ki. A Fe₃O₄ a bediffundáló oxigén hatására teljes mennyiségben Fe₂O₃-dá alakul, miközben túltelítődés következtében hematitkristályok válnak ki. A tűzzománc túlégetetté válik. Az oxidáció a kötőoxidok jelenlétében is hasonlóan játszódik le.

A kötés kialakulásának magyarázatára a kutatók több elméletet dolgoztak ki. A Dietzel-féle elektrokémiai elmélet szerint [21], a kötés úgy jön létre, hogy az égetési folyamat első szakaszában oxidálódik a fém felülete. Ez a vékony oxidfilm teszi lehetővé, hogy a tűzzománc nedvesítse a felületet. A megolvadt tűzzománcból a vas és a kötőoxid közötti reakció által a kötőoxid fémje (kation) a lemez felületére galvanikusan kiválik, miközben azzal egyenértékű vas-oxid keletkezik.



A lemez felületére kivált kötőfém a vassal rövidrezárt lokálemet képez, aminek hatására a vas a kötőfémnek átadja vegyértékelektronját, majd azt a kötőfém elektronfelvevő anyagoknak (molekuláris oxigén, vas(III)ion) továbbítja. E folyamat következtében a lemez felületéről vas(II)ion alakban vas oldódik fel, melynek eredményeként a felület korrodálódik. A tartós korróziótól a felület érdessé válik, azon mélyedések keletkeznek, melyekbe a megolvadt alapzománc befolyik és lehülés után megszilárdulva, a mélyedésekbe beágyazódva jó kötést eredményez.



14. ábra: Galvanikus korrózió acél-tűzzománc rendszerben [22]

Kötőoxidként mindig a hordozó fémnél pozitívabb fémek jöhetnek számításba.

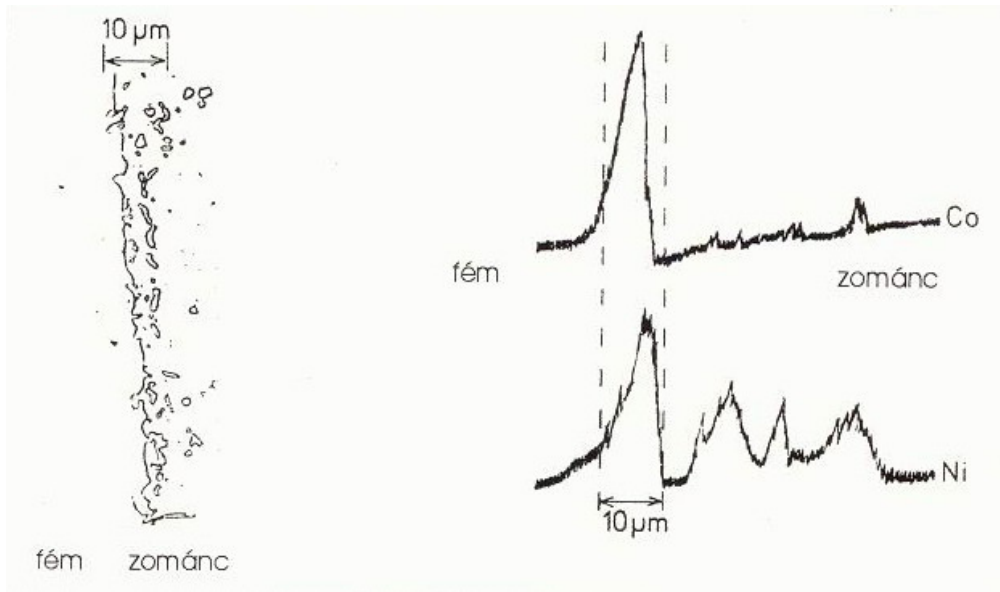
A vas esetében ez leginkább a kobalt és a nikkelt. A kobalton és a nikkelen kívül kötőanyagok lehetnek az antimon, arzén, réz, és ezüst vegyületei is. Az antimont, az arzént és a molibdént un. fehér alapok gyártásánál használják.

Az ezüst és a réz, annak ellenére, hogy pozitívabb a vasnál, nem használható kötés kialakítására. Ennek az a magyarázata, hogy ezek a nemesfém oxidok az égetés hőmérsékletén a vas(II)oxidokkal is reakcióba lépnek, így nem a fém felületén válnak ki, hanem már magában a tűzzománc-olvadékban. Így a korróziót kialakító lokálemet nem jön létre.

	Volt
$Au^{3+} + 3e \leftrightarrow Au$	+1,5
$Pt^{2+} + 2e \leftrightarrow Pt$	+1,2
KOR5	+0,82
$Ag^+ + e \leftrightarrow Ag$	+0,80
KOR4	+0,50
$Cu^{2+} + 2e \leftrightarrow Cu$	+0,34
KOR2	+0,30
$Sb^{2+} + 2e \leftrightarrow Sb$	+0,20
$Pb^{2+} + 2e \leftrightarrow Pb$	-0,12
$Sn^{2+} + 2e \leftrightarrow Sn$	-0,14
$Ni^{2+} + 2e \leftrightarrow Ni$	-0,23
$Co^{2+} + 2e \leftrightarrow Co$	-0,28
$Fe^{2+} + 2e \leftrightarrow Fe$	-0,44
Szénacél	-0,39

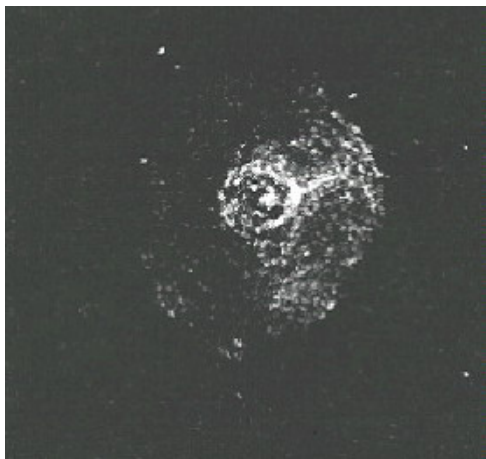
4. táblázat: Elektródreakciók standard-elektropotenciálja 25°C-on [30]

Elektronsugár mikroszondával végzett mérésekből ismert a kobalt és nikkell koncentrációjának metszete az alapzománcban (15.ábra) [19]. Általában érvényes, hogy mindkét fém az acél-zománc fázishatárán kb. 10 µm vastagságban erősen feldúsul. Az oxidált vas pedig a zománcrétegbe diffundál.

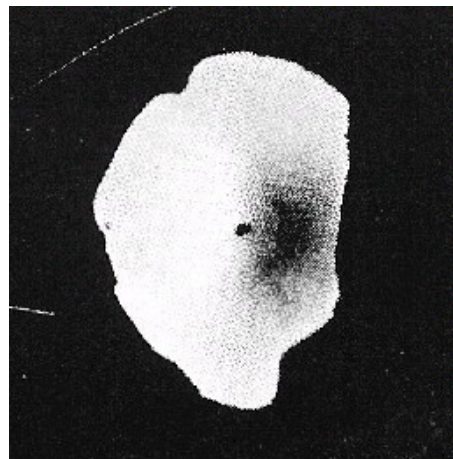


15. ábra: A Ni és Co koncentrációjának metszete az alapzománcban [19]

Az eddig vázoltakból jól látható, mennyire bonyolult folyamat eredménye a jó kötés. Az biztos, hogy a jó kötés kialakulásának feltétele az alapzománc megfelelő viszkozitása, megfelelő felületi feszültsége, kötőoxidok jelenléte, valamint az oxigén jelenléte.



15. kép: Jó kötés [39]



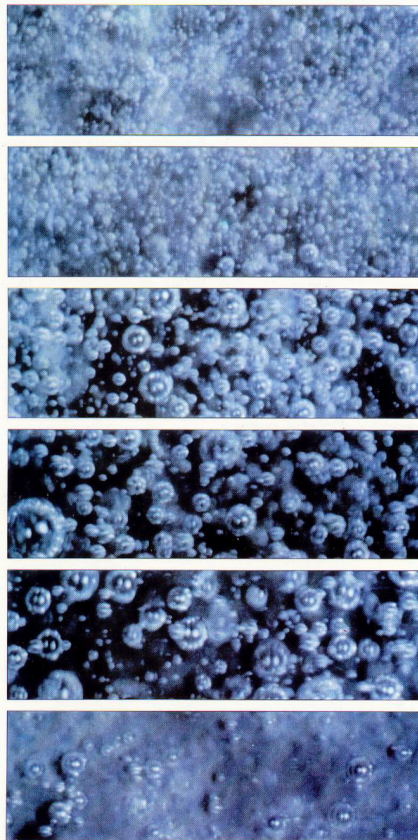
16. kép: Rossz kötés [39]

Az alapzománcnak az égetés során keletkező vas-oxidot fel kell oldania, és a feloldott vas-oxidot lehűlése után is oldatban kell tartania. A vasoxid megváltoztatja az alapzománc hőtágulását, növelve azt, ezért úgy kell beállítani a keletkező vasoxid mennyiségét, hogy az az égetés végére éppen megfelelő legyen.

Az alapzománc feladata a rugalmas átmeneti réteg kialakítása a fém és a fedőzománc között. Ezt úgy látja el, hogy kellőképpen rugalmas, ui. a rétegben maradó gázok finom eloszlású buborékszerkezetet alakítanak ki benne.

Az alapzománcoknak jól kell nedvesítenie a fémet, megolvadt állapotban jól kell elterülnie, nem szabad lefolyni a felületről, jól kell bírnia az égetés közbeni hőmérsékletingadozásokat.

A sok követelmény egyetlen fritt használatával nem teljesíthető, ezért a korszerű alapzománcok legalább két olyan frittet tartalmaznak, melyek tulajdonságaiban jelentősen eltérnek egymástól.



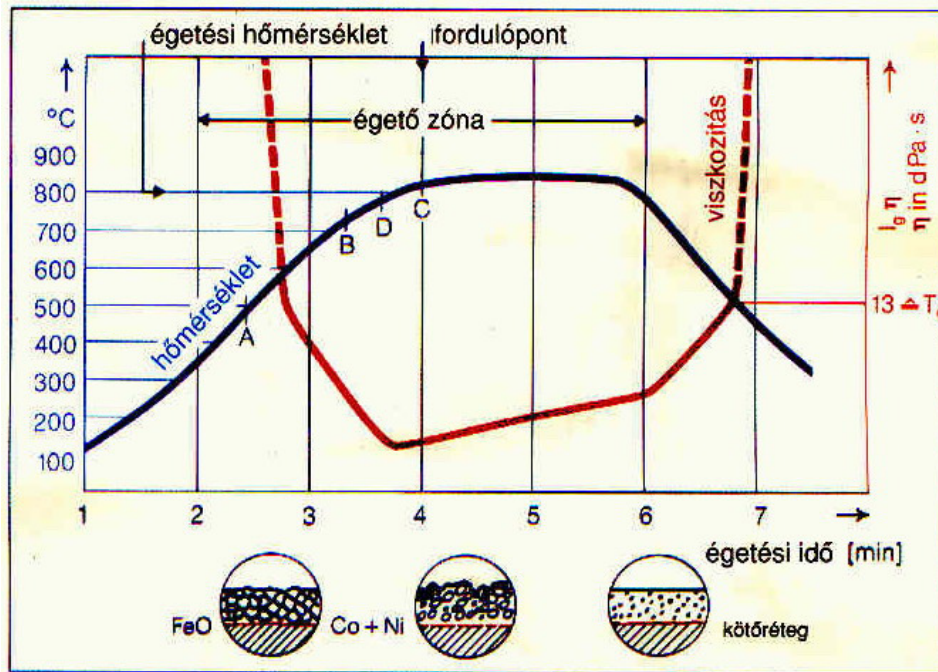
17. kép: Az alapzománc buborékszerkezete [19]

A két fritt-típusát *nedvesítő-* és *töltőfrittnek* nevezik.

A *nedvesítőfritt* jól nedvesíti a fémet, vagyis kis felületi feszültséggel rendelkezik, kötőoxid tartalmánál fogva kialakítja a fém és a tűzzománc közti kötést, kis viszkozitású, simára égethető és jól oldja a vas-oxidokat. Alacsony hőmérsékleten égethetők be. [23][24]

A *töltőfritt* funkciója az égetési intervallum növelése. A jó töltőfritt vas-oxid oldó képessége is jó, így az alapzománc még több vas oxidot képes oldani, nehezebben ég le [25].

Az alapzománcok égetési hőmérséklete az alkalmazási területtől függően elég változó, 800-920 °C.



16. ábra: Kötés kialakulásának folyamata az égetési ciklus alatt fordulós kemencében [19]

5.1.2. Lemez fedőzománcok

A külső hatások ellen megfelelő védelmet és az esztétikus megjelenést a fedőzománcok adják. A fedőzománcok hőtágulási tényezője valamivel nagyobb, mint az alappománcoké, de nem nagyobb, mint a hordozó fémé. Égetési hőmérsékletük valamivel alacsonyabb, mint az alappománcoké, 780-840°C.

A fedőzománcok alkalmazási területtől függően különbözők lehetnek.

5.1.2.1. Fehér lemezzománcok

Az acéllemez zománcozásához két típusú fehér zománcot használható. Az egyik típus az olvasztáskor erősen előfehérített, majd malmon különböző fehérítőkkel tovább növeli a fedőképességét. Ebbe a csoportba az *ónos* és *antimonos* zománcok tartoznak. A másik csoport a *rekristallizációs* zománcoké, amelyekből az olvasztáskor beoldódott titán-dioxid, cérium-dioxid vagy cirkónium-dioxid csak az égetés folyamán kristályosodik ki, fehérítve azt, és nagyszerű takaróképességet kölcsönözve a zománcnak.

5.1.2.2. Színes lemezzománcok

A színes lemezzománcokban igen nagy a választék. A telített és sötét színek, valamint a pasztellszínek legkülönbözőbb változatait tudják előállítani. A színes lemezzománcokat gyártási technológiájuk szerint célszerű két csoportba sorolni. Az egyik csoportba a telített és sötét színű, a másikba a pasztellszínű zománcokat soroljuk.

A telített színű zománcokat féltranszparens frittekből készítik, a színezőanyagokat általában malmon adagolják.

A pasztellszínű zománcokat különböző színezőanyagok adagolásával fehér frittekből készítik.

5.1.2.3. Transzparens lemezzománcok

A transzparens tűzzománcok teljesen átlátszó, csillogó fényű tűzzománcok, melyeket a már színes tűzzománccal bevont tárgyakra visznek fel, hogy azok fényét, egyes esetekben kémiai ellenálló képességét növeljék.

5.1.2.4. Lemez-majolikazománcok

A majolikazománc ragyogó fényű, színes transzparens tűzzománc, amelynek hatása akkor érvényesül, ha különböző vastagságban világos alapra viszik fel.

5.1.2.5. Peremzománcok

A tűzzománcozott tárgyak peremére viszik fel őket. Ezek a zománcok nagy mechanikai ellenálló képességgel, nagy hőtágulással, nagy vasoxidoldó képességgel rendelkeznek.

5.1.3. Különleges lemezzománcok

Az eddig ismertett zománc típusok az általános követelményeknek megfelelnek. Gyakran előfordul azonban, hogy a zománcozott tárgyakkal szemben speciális fizikai, kémiai vagy esztétikai igényeket támasztanak.

5.1.3.1. Vegyipari saválló és lúgálló(bb) zománcok

Azokat a tűzzománcokat melyeknek kémiai ellenállóképessége 20%-os forró sósavval szemben 0,1 mm/év-nél kisebb, saválló tűzzománcoknak nevezzük. Ezeket a tűzzománcokat vegyipari berendezések, tartályok, autoklávok tűzzománcozásához használják. Egy külön fejezetet foglal el a tűzzománcozás tárgyában, szerintem a szakma csúcsát jelenti.

5.1.3.2. Hőálló zománcok

A magasabb hőmérsékleten (900°C-ig) való korrózióvédelem hőálló zománcok alkalmazásával valósítható meg. Ezek a zománcok igen magas (1000-1100°C) égetési hőmérséklettel rendelkeznek. Vékony, összefüggő, pórusmentes réteget képeznek és a hőlökésekkel szembeni ellenálló képességük is jó. Általában megállapítható, hogy a hőálló zománcokból ki kell hagyni az alkáliákat, hőálló komponensként a króm-oxidot, a berillium-oxidot és a cirkónium-oxidot kell előnybe részesíteni.

5.1.3.3. Alacsony hőmérsékleten beégethető tűzzománcok

A zománcok égetési hőmérsékletének csökkentése egyrészt energiatakarékossági szempontból előnyös. Másrészt, és ez fontosabb, azért, mert az égetési hőmérséklet 721°C alá csökkentésével elkerülhető az acéllemezben az α/γ átalakulás és ezzel a munkadarabok vete-medése. Sajnos az ilyen alacsony hőmérsékleten beégethető alappománcok esetében kötési problémákkal kell számolni, mert a nikkell-oxiddal és a kobalt-oxiddal nehéz 740°C alatt jó kötést elérni.

5.1.3.4. Öntisztuló zománcok

A tűzhelyek sütőinek falára sütés közben különböző ételszennyeződések jutnak, ezek hő hatására karamellizálódnak, többé-kevésbé elszenesednek és ezért rendkívül nehezen eltávolíthatók. Olyan zománcbevonatokat fejlesztettek ki, melyek alkalmasak arra, hogy a sütők oldalaira ráégett ételmaradékok eloxidálódjanak, ill. a sütők oldalai mechanikus beavatkozás nélkül megtisztuljanak. Az eljárások két csoportra oszthatók: pirolitikus és katalitikus eljárásokra.

A pirolitikus eljárások lényege, hogy sütés után a speciális fűtőberendezéssel ellátott sütőt tovább fűtik (500°C), ezen a hőmérsékleten az ételmaradékok elégnak, a sütő megtisztul.

A katalitikus eljárás lényege, hogy a sütőket olyan zománccal vonják be, mely a sütés hőmérsékletén (200-300°C), sütés közben folyamatosan katalizálja az ételszennyeződések oxidációját.

5.1.3.5. Bojlerzománccok

A forróvíz-tárolók (bojlerek) tartós fogyasztási cikkek, melyekkel szemben elvárható, hogy 10 évig kifogástalanul működjenek. A tartósan magas hőmérsékletű (70-95°C) korróziós (vízes korrózió) igénybevétel speciálisan erre a célra kifejlesztett bojlerzománccokat igényel. Ezekkel a zománccal szemben követelmény, hogy 504 órás 95°C-os kioldási értékük ne haladja meg a 3,5 g/m²-t

5.1.3.6. Világító zománccok

Jelzőtáblák készítéséhez olyan táblákat célszerű készíteni, melyek sötétben világítanak. Az egyik változatban a zománc csupán *foszforeszkál*, a másik esetben a zománc *világít*.

A foszforeszkáló hatást nehézfémekkel szennyezett cink-szulfid adagolásával lehet elérni. A maguktól is világító zománccoknál a nehézfémekkel szennyezett cink-szulfidot radioaktív sugárzással gerjesztik, a foszforeszkáló zománccba α -sugarakat kibocsátó radioaktív anyagot kevernek, aminek hatására a zománc előzetes megvilágítás nélkül, magától is képes világítani.

5.2. Öntöttvaszománccok

Az öntöttvas kémiai összetétele, valamint az öntvények konstrukciója eltér az acéllemezről készült munkadarabokétól. A vastag falú öntvények mind a zománccok összetétele, mind a zománcozás technológiája szempontjából a lemezzománcozástól eltérő követelményeket támasztanak.

5.2.1. Öntöttvas alapzománccok

Az öntöttvas felülete durva, pórusos, ezért az alapzománc beleékelődve a mélyedésekbe, mechanikusan kötődik. Kémiai kötés csak a kis mértékű vas-oxidok oldódása révén jön létre. Mivel a kötés nagyrészt mechanikus, az öntvény alapzománccok kötőoxid tartalma kicsi vagy nulla.

Az öntöttvasban levő szén könnyen redukálhatja a fedőzománccban levő oxidokból a nehézfémeket. Az alapzománc feladata itt a fedőzománccok és az öntöttvas közvetlen érintkezésének megakadályozása. Az alapzománc, tehát mint szigetelőréteg fontos.

Az alapzománccnak rugalmasnak kell lenni, hogy a fém és a fedőzománc hőtágulási különbsége hatására keletkező feszültségeket kiegyenlítse. Rugalmas vékony réteggént alkalmazva oldja meg ezt a feladatot.

Az alapzománccok két típusa az olvasztott és zsugorított alapzománc.

5.2.2. Öntöttvas fedőzománccok

Összetételükben alig különböznek a lemezzománccoktól. Hőtágulási tényezőjüket az öntöttvas hőtágulási tényezőjéhez (ami az égetés közben is változik) igazítják.

Az öntöttvas fedőzománccok két csoportba sorolhatók: nedves zománccokra és porzománccokra (púderzománccok).

5.3. Alumíniumzománccok

Az alumíniumzománccok nagy hőtágulásukkal és alacsony lágyuláspontjukkal erősen eltérnek az eddig említett tűzzománccoktól. 530-550 °C-on beégethetőnek kell hogy legyenek

nek. Savállóságuk nem elég jó, ezért általában edények külső felületének bevonására alkalmassak csak. Az alumíniumzománcokat három típusra osztjuk: ólmos (ma már nem gyártják), ólommentes és foszfátalapú zománcokra.

A tűzománcozott alumínium jól használható ott, ahol szép színekre, fényre, jó szigetelésre, hőállóságra, könnyű anyagokra van szükség.

5.4 Új fejlesztésű zománcok

5.4.1. Fluormentes titán-fehér zománcok [26]

Annak érdekében, hogy javítsák a zománcolvasztás folyamatát (az olvasztási hőmérsékletcsökkentése, nyersanyagrészeszkék kontaktusának javítása) és a zománc beégetés közbeni folyási tulajdonságait (viszkózitás), a nyersanyagkeverékhez fluoridokat adagolnak. Ez a fluorid adalék az olvasztás és az égetés alatt fluor emisszióhoz vezet. A fluor környezetkárosítóhatása csak bonyolult szűrők alkalmazásával szüntethető meg.

A jelenleg használatos fluortartalmú titánfehér zománcokra alapozva, a zománc oxidos összetételének sokoldalú változtatásával, hasonló és részben javított optikai (fényesség, kékesárnyalat), termomechanikai (viszkózitás, feldolgozhatóság) és korróziós (savállóság) tulajdonságokkal rendelkező, fluormentes zománcokat fejlesztettek ki.

5.4.2. V_2O_5 mentes alumínium-zománcok [27]

Az ezidáig kifejlesztett alumínium zománcokban a V_2O_5 kötőoxid, olvasztást elősegítő oxid kémiai ellenállóképeséget javító oxid szerepelt. Sajnálatos módon mérgező vegyület, így a REACH szabályai érvényesek rá. Szükségessé vált olyan alumínium zománcok kifejlesztése melyekben ez az oxid csökkentett mennyiségben, vagy egyáltalán nincs jelen.

5.4.4. Habzománcok [28] [29]

A habzománc egy újfajta zománc igen nagy pórus térfogattal, egészen 90 %-ig. Kifejezetten az építőipar számára tervezték, megtalálható az építészeti burkolóelemek belső oldalán szigetelő anyagként, míg a külső oldala esztétikai okból hagyományos zománcal van bevonva. Mint minden zománcnak a szigetelő zománcnak is nem mérgezőnek kell lennie, és nagyon magas hőmérsékleten is (tűzeset) endothermnek kell lennie, úgy, hogy különösen a biztonságra érzékeny építkezésnél, mint pl. alagutak és repülőterek, is alkalmazhatók legyenek. Puffasztó anyagként a habüveg gyártásban is használt SiC szerepel.

5.4.3. Nikkelmentes alapzománcok

A REACH szabályozása a hagyományos, NiO kötőoxidot tartalmazó, alapzománcokra is érvényes. Ezért kifejlesztésre kerültek a NiO mentes alapzománcok. A nikkel hiánya csökkenti a kötéseerősséget. Ezeknél a zománcoknál a kötés létrejöttéért a CoO felelős, amire az jellemző, hogy magasabb (900-940°C) hőmérsékleten fejt ki hatását, mint a NiO. Ezért az összetételbe a kötés kialakulását elősegítő oxidokat, mint MnO_2 és Fe_2O_3 visznek be. Ezzel alacsonyabb (800-820°C) hőmérsékleten is megfelelő kötéseerősség alakítható ki.

6. A ZOMÁNCOZÁS

Ebben a fejezetben a különböző zománcozási technikákat ismertetjük. A klasszikus technikák (mártás, lefolyatás, szórás) eleinte kézi feldolgozással, majd a technika fejlődésével gépi megoldásokkal kerültek alkalmazásra. Az alaptechnikákból fejlesztések eredményeként egyre gazdaságosabb és a végtermék esztétikájára nézve jobb megoldások születtek (ETE, ESTA, PUESTA).

Az acéllemez zománcozásának folyamata több egymástól eltérő műveletsorozatra bontható. Ezek a felület előkészítése zománcozásra, a zománctelvitel, a szárítás és az égetés.

6.1 A zománcozandó felület előkészítése zománcozáshoz

Az előkészítés feladata a zománc és a fém közvetlen érintkezésének biztosítása. Zománcozás előtt a munkadarabok főleg zsiradékokkal (rozsdásodást gátló olajok, présolajok stb.) és vas-oxidokkal szennyezettek.

6.1.1 Zsírtalanítás

A lemez felületén található zsiradékok leégetéssel vagy leoldással távolíthatók el. Leégetéssel minden zsiradék maradéktalanul eltávozik, ám a felületen rege marad vissza. Az oldószeres zsírtalanítás melegen, megfelelő oldószerkeverékekkel történik. Napjainkban a felhasználók igyekeznek ezeket a műveleteket a lemezszállítókra hárítani, még akkor is, ha így alapanyagköltségeik emelkednek. A pácolást és/vagy zsírtalanítást a hengerműben végzik el. Az un. Liberty coat lemezek csak zsírtalanítást igényelnek. A zsírtalanítás kémiai úton történik, mártó vagy fröcskölő eljárásokkal.

6.1.2. Vas-oxidok eltávolítása

A zsírtalanítás után az acéllemez felületén levő vas-oxidokat kell eltávolítani. Ez történhet mechanikus úton, szemcseszórással, és kémiai úton, savas pácolással. A mechanikus oxidmentesítést csak vastag lemezeknél (silólemezek, vegyipari autoklávok lemezei) ill. öntöttvas daraboknál alkalmazzák.

A vékony lemezek oxidmentesítése kémiai úton történik, mártó vagy fröcskölő eljárásokkal.



18. kép: Mártó eljárás berendezése [44]



19. kép: Fröcskölő eljárás berendezése [44]

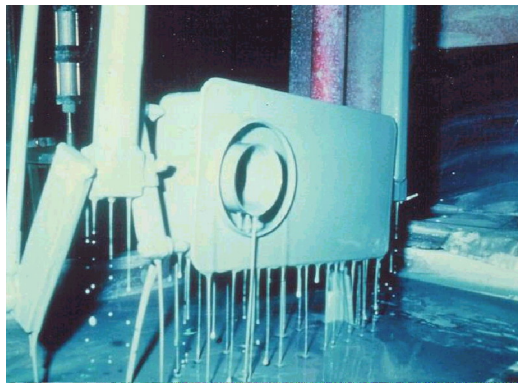
6.2. ZománCFelvitel

A zománCFelvitelt csoportosíthatjuk a felvitel módja szerint (kézi és gépi) és a felvitt zománC típusa szerint (nedves és száraz). További bontás lehetséges az alkalmazott rétegek száma és égetése szerint (két réteg–két égetés; két réteg–egy égetés; három réteg–két égetés; stb.).

6.2.1. Klasszikus eljárások

6.2.1.1. TűzzománCozás mártással

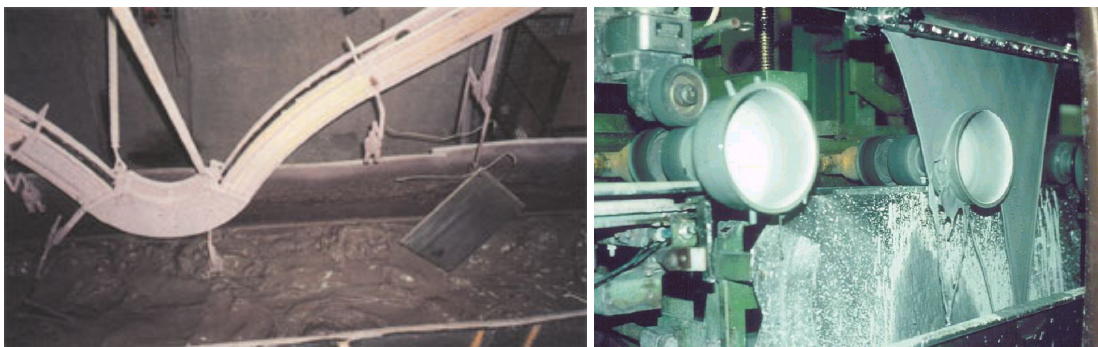
Az eljárás lényege, hogy a munkadarabot az erre a célra beállított konzisztenciájú zománCiszapba mártják, majd onnan kiemelve, lágy mozdulatokkal a zománCot a munkadarab felületén egyenletesen eloszlatják. Az eljárás különösen öblös munkadarabok zománCozására alkalmas. Az eljárás kézi és automatizált formában is megvalósítható. Tömeges termelés esetén az utóbbi előnyös.



20. kép: Automatizált mártásos zománCozás [34]

6.2.1.2. TűzzománCozás lefolyatással

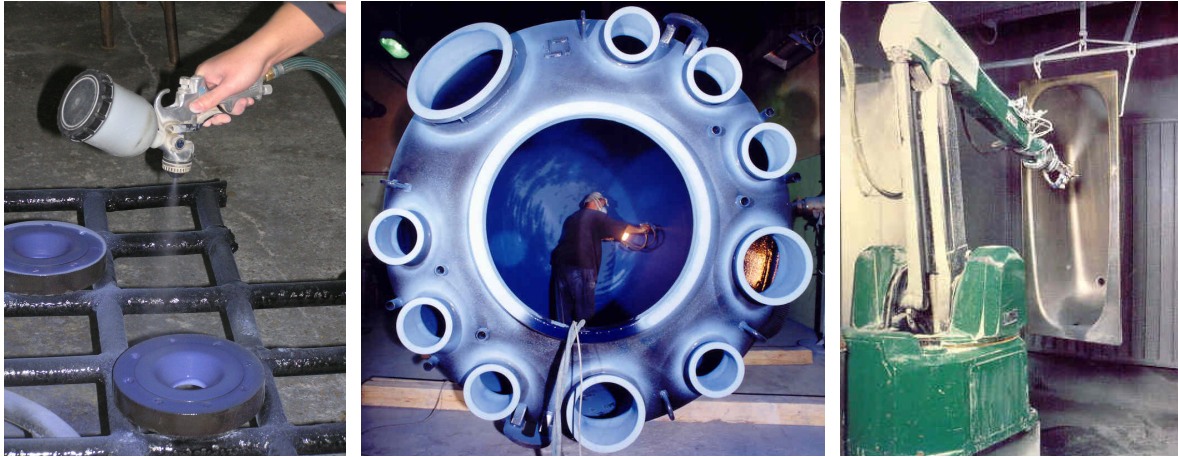
A lefolyatásos módszer során a munkadarabot bemártják a zománC iszapba és utána mozdítás nélkül alakjától függő, megfelelő helyzetben leteszik, hogy a felesleges zománC lefolyjon róla. Ez az eljárás főleg síkfelületű és egyszerűbb kiképzésű munkadarabok zománCozásához megfelelő.



21. kép: Automatizált lefolyatásos eljárás [34]

6.2.1.3. Tűzzománcozás szórással

Ha nagyobb felületet kell zománcozni, vagy a munkadarab súlya és alakja a mártással való zománcozást lehetetlenné teszi, akkor szórással zománcoznak. A munkadarab felületére speciális anyagok felhasználásával készült szórópisztoly segítségével sűrített levegővel finomra őrölt zománciszapot fújnak. A szórás történhet kézzel, vagy automata szóró robot alkalmazásával.

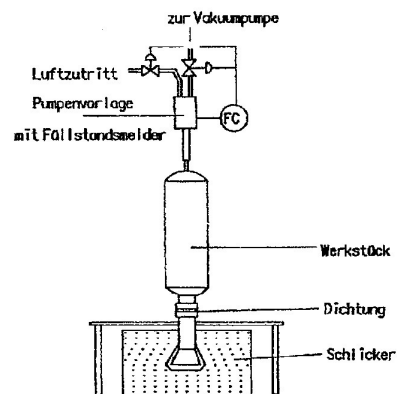


22. kép: Tűzzománcozás szórással [39][43]

6.2.2. Gépi tűzzománcozás

6.2.2.1. Vákuumos zománcfelvitel

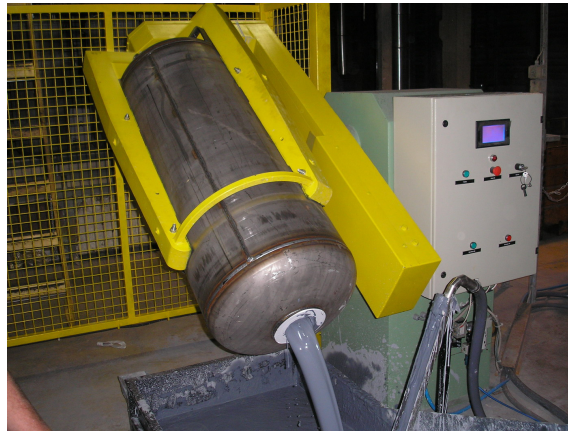
Az eljárást kis nyílású, nagy méretű edények (bojlerek) zománcozásához célszerű alkalmazni. Az eljárás lényege, hogy a zománciszapot keverővel ellátott tartályból vákuummal felszívják a zománcozandó edényen keresztül a felette levő szabályozótartályba, majd sűrített levegővel visszanyomatják a zománciszapot a zománcozandó edényből a keverős tartályba. A művelet mintegy 30 mp-ig tart. Gyakorlatilag nincs zománcvesztés.



17. ábra: Vákuumzománcozás sematikus rajza

6.2.2.2. Tűzzománcfelvitel kipörgetéssel

Az eljárást bojlerok zománcozásánál használják. A tartályba megfelelő mennyiségű zománciszapot töltenek, amit egy speciálisan erre a célra kifejlesztett pörgető berendezéssel oszlatnak el egyenletesen a felületen. A felesleges zománciszap a megfelelő nyíláson távozik.



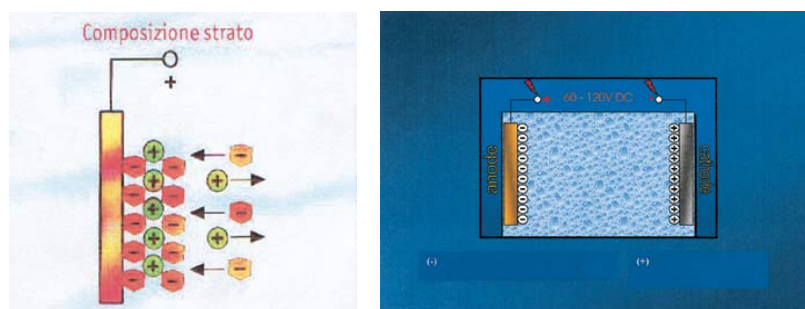
23. kép: Zománcozás kipörgetéssel [48]

6.2.2.3. Tűzzománcfelvitel elektromos mezőben

6.2.2.3.1. *Elektroforetikus tűzzománcfelvitel, mártó elektrotűzzománcozás - ETE (ElektroTauchEmailerung)*

Az elektroforetikus tűzzománcozás a tűzzománcszemcsék elektroforézisén alapul. Ha a tűzzománciszapba két elektródon keresztül egyenáramot vezetünk, akkor az anódon tűzzománcbevonat képződik. Az elektroforézissel egyidejűleg az elektrooszmózis folyamata is lezajlik, ami azt jelenti, hogy a víz a szilárd részecskékkel ellentétes irányba vándorol. A zománcozáskor a már lerakódott tűzzománc-szemcsék közül a víz elvándorol, ezáltal a réteg elvíztelenedik.

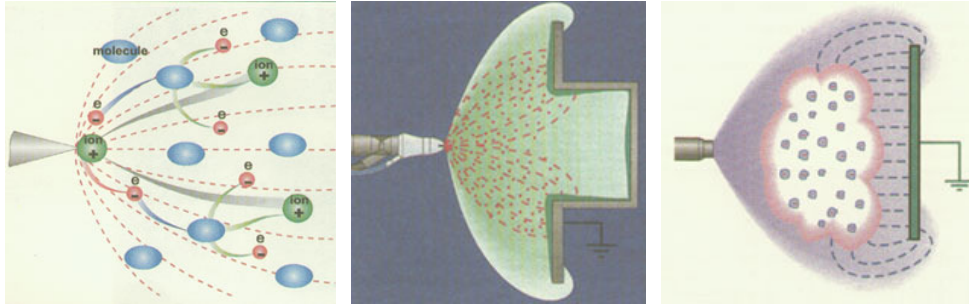
Az elektroforetikus tűzzománcozás lényegében egy mártásos eljárás, amikor a munkadarabot anódként a tűzzománciszapba helyezik, a tűzzománcot a felületre az elektromos erőter hordja fel, és egyben rögzíti az elektrooszmózis következtében.



18. ábra: Az elektroforézis elvi vázlata [37]

6.2.2.3.2. *Elektrosztatikus tűzzománcfelvitel*

Az elektrosztatikus tűzzománcozás azon alapszik, hogy az elektromos tér az elektromos töltésű részecskékre olyan erővel hat, hogy azok az erővonalak mentén haladjanak és az ellenkező töltésű póluson lerakódjanak.

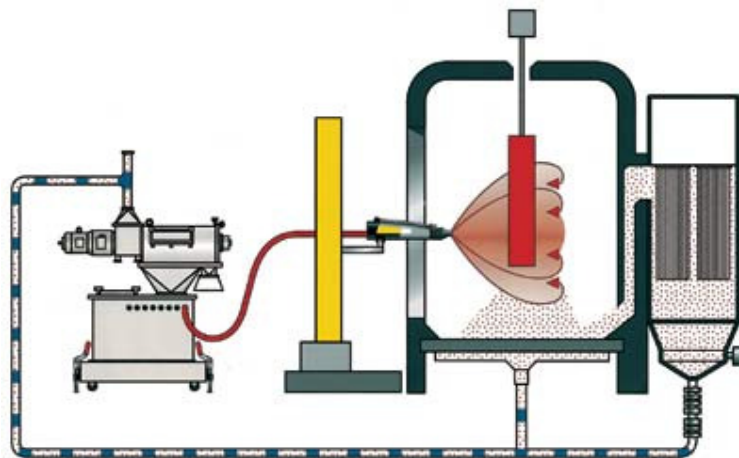


19. ábra: Az elektrosztatikus zománcszórás elvi vázlatja [35]

Az elektrosztatikus berendezések elektromos töltését nagyfeszültségű egyenáram generátorok biztosítják. Ezek pozitív pólusa földelt, negatív pólusa a szórópisztolyokkal van összekötve. A sűrített levegővel porlasztott tűzzománc szemcsék a pisztolyon keresztülhaladva negatív töltésűek lesznek és a munkadarab felé irányuló elektrosztatikus erő hatásának vannak kitéve. A munkadarab a szállítóláncon keresztül földelt.



24. kép: Elektrosztatikus zománcpor felvitel [49]



20. ábra: Elektrosztatikus porfelvitel [36]

Attól függően, hogy tűzzománcszapot vagy száraz tűzzománcport alkalmaznak, megkülönböztetjük az eljárást:

ESTA- Nedves elektrosztatikus felvitel (ElektroSTAatisher Auftrag von Emailschlicker)

PUESTA- Elektrosztatikus zománcpor felvitel (Elektrostatischer Emailpulverauftrag)

6.2.3. Új fejlesztések

Napjainkban újabb ötletek és fejlesztések láttak napvilágot, melyeknek célja a már eddig alkalmazott technológiák tovább korszerűsítése. Még gazdaságosabb, még tökéletesebb bevonatok létrehozása, új eljárások kifejlesztése.

6.2.3.1. Zománcfelvitel nagysebességű forgó tárcsával [31]

A nagy sebességgel forgó tárcsára juttatott zománcszap a centripetális erő hatására apró cseppekre oszlik, „porlasztódik”, és a tárcsa függőleges irányú mozgásával a célfelületen terítődik.

6.2.3.2. Plazmazománcozás [32] [33]

Egy egészen új, és abszurd ötlet a plazmazománcozás. Elve a plazmaszórás technikájával egyezik. A zománc az ún. plazmapisztolyban olvad meg és nagy sebességgel a zománcozandó felületre lövell ahol megszilárdul. Alkalmazásának feltétele pórusmentes, esztétikus felület kialakítása igen rövid idő alatt. Másik probléma a kötés kialakulása a fém és a zománc között. Mint említettük ehhez időre van szükség (megfelelő hőmérsékleten min 2 perc).

6.3 Szárítás

A nedves eljárással zománczott munkadarabokat égetés előtt szárítani kell. A zománcozáshoz felhasznált iszapok 30-50% vizet tartalmaznak. A nem megfelelően szárított darabokon bevonati hibák keletkeznek. A zománczott munkadarabokat ezért sem lehet közvetlenül az égetőkemencébe küldeni, mivel a kemence magas hőmérsékletén az iszap víztartalma vízgőzzé alakul, majd elbomlik és hidrogén keletkezik. Ha ez a hidrogén az acélba hatol (az acél az égetés hőmérsékletén jól oldja a hidrogént), a jól ismert halpikkelyesedés jelensége léphet fel a munkadarabokon. Ezért égetés előtt a zománczott munkadarabokat szárítóberendezésekben szárítani kell.

A szárítást úgy végzik, hogy a munkadarabokat konveyorra akasztják, mely a szárítókemencén halad keresztül. A zománcrétegből hő segítségével párologtatják el a vizet. Napjainkban a *kamrás szárítók* már nem használatosak. A tömeggyártás *alagút-szárítóberendezések* alkalmazását teszi szükségessé. A szárítókemencék fűtésére többnyire az égetőkemencék füstgázából visszanyert hőt használják. A szárítás elősegítésére a kemencén levegőt áramoltatnak keresztül. A legjobb szárítási eredmény az *infraszárítókkal* érhető el, ahol a szárítás a zománcréteg belsejéből kifelé haladva történik az infrasugárzás hatására.

6.4 Égetés

A tűzzománcozás egyik legfontosabb művelete az égetés. Az égetés folyamán alakul ki a kötés a fém és a zománc között, a hő hatására olvadnak össze a zománcrétegek, fényesedik ki a zománc.

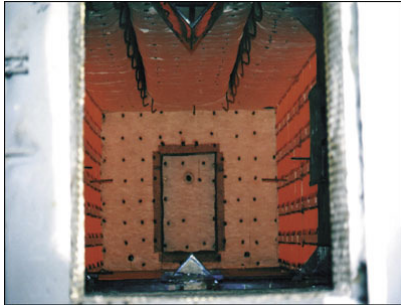
6.4.1. Zománcégető kemencék

A zománciparban használt kemencék fűtési módjuk szerint lehetnek gáztüzelésű és elektromos kemencék. Működésük szerint megkülönböztetünk szakaszos és folyamatos kemencéket.

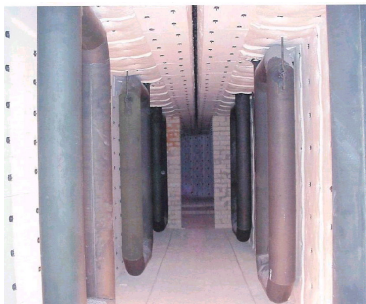
A szakaszos működésű kemencék többnyire bokszkemencék, a folyamatos működésűek pedig alagútkemencék.

Jól bevált megoldás, és szinte kizárólag ezeket használják az alagútkemencéknél, a sugárzócsöves gáztüzelés alkalmazása. A füstgáz nem jut a kemencetérbe, mert az égés a kemencében elhelyezett fémcsövekben, ún. sugárzó-csővekben, megy végbe.

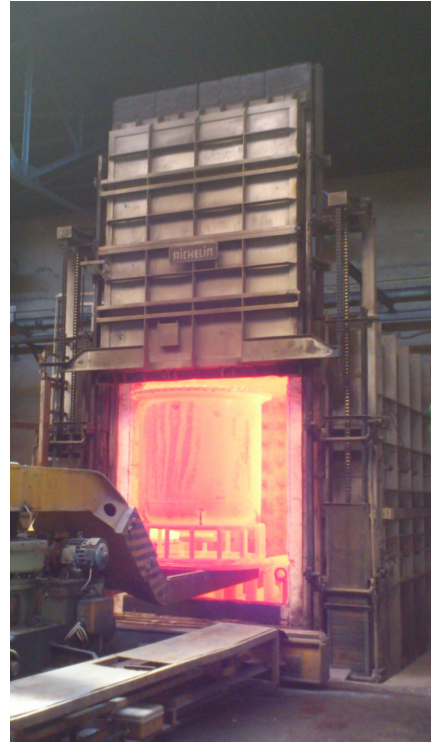
Az alagútkemencék lehetnek egyenes és fordulós kemencék. Az egyenes kemencékben az egyenes alagút közepén van az égető zóna, és a két végén a felmelegedési ill. lehűlési zóna. A fordulós alagútkemencéknél a munkadarabok U alakú utat tesznek meg. Az égetési zóna a fordulóban van.



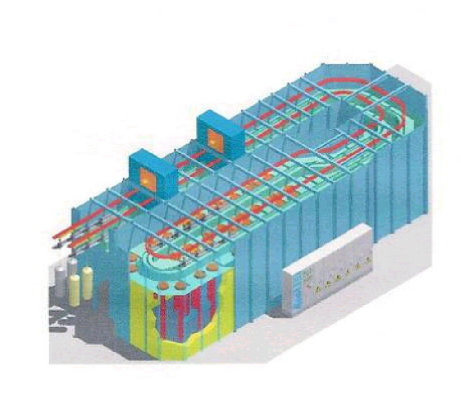
25. kép:
Elektromos box-kemence [38]



26. kép:
Sugárzócsöves alagútkemence [38]



27. kép:
Sugárzócsöves bokszkemence [39]



21.ábra: *U-típusú alagútkemence [38]*

7. A ZOMÁNCOZÁSSAL KAPCSOLATOS SZABVÁNYOK, VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

(EN [40], DIN [41], ISO [42] szabványok)

EN 15282: 2008	Vitreous and porcelain enamels - Design of vitreous enamel coated bolted steel tanks for the storage or treatment of water or municipal or industrial effluents and sludges
EN 15206: 2007	Vitreous and porcelain enamels - Production of specimens for testing enamel on sheet steel, sheet aluminium and cast
EN 13834: 2007	Cookware - Ovenware for use in traditional domestic ovens
EN 15159 Part 1: 2006	Vitreous and porcelain enamels - Glass lined apparatus for process plant - Part 1: Quality requirements for apparatus, components, appliances and accessories
EN 15159 Part 2: 2006	Vitreous and porcelain enamels - Glass lined apparatus for process plant - Part 2: Designation and specification of resistance to chemical attack and thermal shock
EN 15159 Part 3: 2006	Vitreous and porcelain enamels - Glass lined apparatus for process plant - Part 3: Guidance on thermal shock resistance
EN 14863: 2005	Vitreous and porcelain enamels - Determination of the edge covering on enamelled steel plate to be used in heat exchangers.
EN 14864: 2005	Vitreous and porcelain enamels - Enamel coatings applied to steel for writing surfaces - Specification
EN 14866: 2005	Vitreous and porcelain enamels - Regenerative, enamelled and packed panels for air-gas and gas-gas heat exchangers - Specifications
EN 14430: 2004	Vitreous and porcelain enamels - High voltage test
EN 14431: 2004	Vitreous and porcelain enamels - Characteristics of the enamel coating s applied to steel panels intended for architecture
EN 14483: Parts 1: 2004	Vitreous and porcelain enamel - Resistance to chemical corrosion - Determination of resistance to chemical corrosion by acids at room temperature
EN 14483: Parts 2: 2004	Vitreous and porcelain enamel - Resistance to chemical corrosion - Determination of resistance to chemical corrosion by boiling acids, neutral liquids and/or their vapours
EN 14483: Parts 3: 2004	Vitreous and porcelain enamel - Resistance to chemical corrosion - Determination of resistance to chemical corrosion by alkaline liquids using a hexagonal vessel
EN 14483: Parts 4: 2004	Vitreous and porcelain enamel - Resistance to chemical corrosion - Determination of resistance to chemical corrosion by alkaline liquids using a cylindrical vessel
EN 14483: Parts 5: 2004	Vitreous and porcelain enamel - Resistance to chemical corrosion - Determination of resistance to chemical corrosion in closed systems
EN 12391-1: 2003	Chimneys - Execution standard for metal chimneys - Part 1: Chimneys for non-roomsealed heating appliances
EN 12873-1: 2003	Influence of materials on water intended for human consumption - Influence due to migration - Part 1: Test method for non-metallic and non-cementitious factory made products
EN 573-3: 2003	Aluminium and aluminium alloys - Chemical composition and form of wrought products - Part 3: Chemical composition
EN ISO 15695: 2001	Vitreous and porcelain enamels - Determination of scratch resistance of enamel finishes
EN ISO 8289: 2001	Vitreous and porcelain enamels - Low voltage test for detecting and locating defects
EN ISO 4535: 2000	Vitreous and porcelain enamels - Apparatus for determination of resistance to hot detergent solutions used for washing textiles

EN 12983-1: 2000	Cookware - Domestic cookware for use on top of a stove, cooker or hob - Part 1: General requirements
EN 10130: 1999	Cold-rolled low carbon steel flat products for cold forming - Technical delivery conditions
EN 1706: 1998	Aluminium and aluminium alloys - Castings - Chemical composition and mechanical properties
EN ISO 8290: 1998	Vitreous and porcelain enamels - Determination of resistance to sulphuric acid at room temperatures
EN 10111 DD ENV 12874-1: 1998	Mechanical dishwashing resistance of domestic utensils - Part 1: Reference test method
EN 1561: 1997	Founding - Grey cast iron
EN 1563: 1997	Founding - Spheroidal cast iron
EN 851: 1996	Aluminium and aluminium alloys - Circle and circle stock for the production of culinary utensils - Specifications
EN 10209: 1996	Cold-rolled low carbon steel products for vitreous enamelling - Technical delivery conditions
EN 1388-2: 1996	Materials and articles in contact with foodstuffs - Silicate surfaces - Part 2: Determination of the release of lead and cadmium from silicate surfaces other than ceramic ware
EN ISO 1463: 1995	Metallic and oxide coatings - Measurement of coating thickness - Microscopical method
EN ISO 2360: 1995	Non-conductive coatings on non-magnetic basis metals - measurement of coating thickness - Eddy current method
EN 101: 1991	Ceramic tiles: - Determination of scratch hardness of surface according to Mohs.
EN ISO 2178: 1982	Metallic and related coatings - Measurement of coating thickness of non-magnetic metallic and vitreous or porcelain enamel coatings on magnetic basis metals: magnetic method
EN 10111	Continuously hot-rolled low carbon steel sheet and strip for cold forming - Technical delivery conditions
EN 10149: Part 1	Hot-rolled flat products made of high yield strength steels for cold forming - general delivery conditions
DIN EN 14863: 2006	Emails und Emailierungen - Bestimmung der Kantenabdeckung von emailierten Stahlblechen für Wärmeaustauscher; Deutsche Fassung EN 14863:2005
DIN EN 14866: 2006	Emails und Emailierungen - Regenerative, emailierte und gepackte Bleche für Luft-Gas- und Gas-Gas-Wärmeaustauscher - Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14866:2005
DIN EN 15159-1: 2006	Emails und Emailierungen - Emailierte Apparate für verfahrenstechnische Anlagen - Teil 1: Qualitätsanforderungen für Apparate, Apparateile, Einbau- und Zubehörteile; Deutsche Fassung EN 15159-1:2006
DIN EN 15159-2: 2006	Emails und Emailierungen - Emailierte Apparate für verfahrenstechnische Anlagen - Teil 2: Bezeichnung und Festlegung der chemischen und Temperaturschockbeständigkeit; Deutsche Fassung EN 15159-2:2006
DIN EN 15159-3: 2006	Emails und Emailierungen - Emailierte Apparate für verfahrenstechnische Anlagen - Teil 3: Temperaturschockbeständigkeit; Deutsche Fassung EN 15159-3:2006
DIN 28138-2: 2006	Gleitringdichtungen für Rührwellen - Teil 2: Aus Stahl, emailiert - Betriebsdaten, Einbaumaße
DIN 28136-3: 2005	Rührbehälter - Teil 3: Anordnung und Größe der Stützen für Rührbehälter aus Stahl, emailiert
DIN 28137-2: 2005	Rührwerkflansche - Teil 2: Form E für Rührbehälter aus Stahl, emailiert
DIN EN 12875-1: 2005	Spülmaschinenbeständigkeit von Gegenständen - Teil 1: Referenz-Prüfverfahren für Haushaltswaren; Deutsche Fassung EN 12875-1:2005

DIN EN 14864: 2005	Emails und Emaillierungen - Email-Schichten auf Stahl für Schreibtafeln - Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14864:2005
DIN EN 14430: 2004	Emails und Emaillierungen - Hochspannungsprüfung; Deutsche Fassung EN 14430:2004
DIN EN 14431: 2004	Emails und Emaillierungen - Merkmale von Email-Überzügen auf Architektur-Stahlpaneelen; Deutsche Fassung EN 14431:2004
DIN EN 14483-1: 2004	Emails und Emaillierungen - Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion - Teil 1: Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion durch Säuren bei Raumtemperatur; Deutsche Fassung EN 14483-1:2004
DIN EN 14483-2: 2004	Emails und Emaillierungen - Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion - Teil 2: Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion durch kochende Säuren, neutrale Flüssigkeiten und/oder deren Dämpfe; Deutsche Fassung EN 14483-2:2004
DIN EN 14483-3: 2004	Emails und Emaillierungen - Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion - Teil 3: Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion durch alkalische Flüssigkeiten unter Verwendung eines Gerätes mit hexagonalem Gefäß; Deutsche Fassung EN 14483-3:2004
DIN EN 14483-4: 2004	Emails und Emaillierungen - Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion - Teil 4: Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion durch alkalische Flüssigkeiten unter Verwendung eines Gerätes mit zylindrischem Gefäß; Deutsche Fassung EN 14483-4:2004
DIN EN 14483-5: 2004	Emails und Emaillierungen - Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion - Teil 5: Bestimmung der Beständigkeit gegen chemische Korrosion in geschlossenen Systemen; Deutsche Fassung EN 14483-5:2004
DIN 51086-2: 2004	Prüfung von oxidischen Roh- und Werkstoffen für Keramik, Glas und Glasuren - Teil 2: Bestimmung von Ag, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, Er, Eu, Fe, La, Mg, Mn, Mo, Nd, Ni, P, Pb, Pr, S, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, V, W, Y, Yb, Zn, Zr durch optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP OES)
DIN EN ISO 1463: 2004	Metall- und Oxidschichten - Schichtdickenmessung - Mikroskopisches Verfahren (ISO 1463:2003); Deutsche Fassung EN ISO 1463:2004
DIN 51176-1: 2003	Emails und Emaillierungen - Darstellung und Charakterisierung von Fehlern - Teil 1: Chemie- und Apparate-Emails
DIN 2873 : 2002	Flansch-Rohre aus Stahl und Flansch-Formstücke aus Stahl mit Emaillierung - PN 10 und PN 25
DIN 2876: 2002	Flansch-Rohre aus Stahl und Flansch-Formstücke aus Stahl mit Emaillierung - Technische Lieferbedingungen
DIN EN ISO 8289: 2001	Emails und Emaillierungen - Niedrigspannungsprüfung zum Nachweis und Lokalisieren von Fehlstellen (ISO 8289:2000); Deutsche Fassung EN ISO 8289:2001
DIN EN ISO 15695: 2001	Emails und Emaillierungen - Bestimmung der Ritzbeständigkeit von emaillierten Gegenständen (ISO 15695:2000, einschließlich Technisches Corrigendum 1:2000); Deutsche Fassung EN ISO 15695:200
DIN 28007-2: 2001	Allgemeintoleranzen für Kolonnen - Teil 2: Kolonnen aus Stahl, emailliert
DIN ISO 13804: 2000	Aluminium-Emails - Herstellung von Proben (ISO 13804:1999)
DIN ISO 4528: 2001	Emails und Emaillierungen - Auswahl und Prüfverfahren für emaillierte Flächen von Erzeugnissen (ISO 4528:2000)
DIN ISO 13807 : 2001	Emails und Emaillierungen - Bestimmung der Rissbildungstemperatur von Chemie-Emails beim Abschreckversuch (ISO 13807:1999); Technische Korrektur 1:2000
DIN ISO 4531-1: 2000	Emails - Abgabe von Blei und Cadmium emaillierter Gegenstände in Kontakt mit Lebensmitteln - Teil 1: Prüfverfahren (ISO 4531-1:1998)
DIN ISO 13805: 2000	Aluminium-Emails - Bestimmung der Haftung von Aluminium-Emails unter Einwirkung von Elektrolytlösungen (ISO 13805:1999)

DIN 51175: 2000	Emails und Emaillierungen - Bestimmung von thermomechanischen Eigenschaften mittels Schnellprüfverfahren
DIN 28136-14: 1999	Rührbehälter - Teil 14: Stutzenanordnung H für Rührbehälter aus Stahl, emailliert, Form BE d 1 = 2400 mm bis 3600 mm und Stutzenanordnung K für Rührbehälter aus Stahl, emailliert, Form CE d 1 = 2400 mm bis 3600 mm; Nicht für Neuanlagen
DIN ISO 2747:1999	Emails - Emaillierte Kochgeschirre - Bestimmung der Temperaturwechselbeständigkeit (ISO 2747:1998)
DIN 51086-1:1998	Prüfung von oxidischen Roh- und Werkstoffen für Keramik, Glas und Glasuren - Teil 1: Bestimmung von Bortrioxid (B ₂ O ₃)
DIN 3236-2: 1996	Durchflußschauglasarmaturen mit Dichtung im Kraftnebenschluß - Teil 2: Mit Emailauskleidung
DIN EN 10209: 1996	Kaltgewalzte Flacherzeugnisse aus weichen Stählen zum Emaillieren - Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10209:1996
DIN ISO 2723: 1996	Stahlblech-Emails - Herstellung von Proben (ISO 2723:1995)
DIN ISO 6370-: 1995	Emails und Emaillierungen - Bestimmung des Widerstandes gegen Verschleiß - Teil 1: Verschleißprüfgerät; Identisch mit ISO 6370-1:1991
DIN ISO 6370-2: 1995	Emails und Emaillierungen - Bestimmung des Widerstandes gegen Verschleiß - Teil 2: Massenverlust nach Tiefenverschleiß; Identisch mit ISO 6370-2:1991
DIN EN ISO 2178: 1995	Nichtmagnetische Überzüge auf magnetischen Grundmetallen - Messen der Schichtdicke - Magnetverfahren (ISO 2178:1982); Deutsche Fassung EN ISO 2178:1995
DIN ISO 4532: 1995	Emails und Emaillierungen - Bestimmung des Widerstandes emaillierter Gegenstände gegen Schlag - Schlagbolzen-Schlagversuch; Identisch mit ISO 4532:1991
DIN 4753-3: 1993	Wassererwärmer und Wassererwärmungsanlagen für Trink- und Betriebswasser; Wasserseitiger Korrosionsschutz durch Emaillierung; Anforderungen und Prüfung
DIN 51084: 1990	Prüfung von oxidischen Roh- und Werkstoffen für Keramik, Glas und Glasuren; Bestimmung des Gehaltes an Fluorid
DIN 28136-11: 1989	Rührbehälter; Anordnung und Größe der Deckelstutzen für Rührbehälter aus Stahl, emailliert Form CE mit 4000 l Nennvolumen; Nicht für Neukonstruktionen
DIN ISO 8291: 1987	Emaillierungen; Prüfung des Selbstreinigungsvermögens; Identisch mit ISO 8291, Ausgabe 1986
DIN 4753-6: 1986	Wassererwärmungsanlagen für Trink- und Betriebswasser; Kathodischer Korrosionsschutz für emaillierte Stahlbehälter; Anforderungen und Prüfung
DIN 51032: 1986	Keramik, Glas, Glaskeramik, Email; Grenzwerte für die Abgabe von Blei und Cadmium aus Bedarfsgegenständen
DIN 28130-2: 1986	Rührbehälter mit Rührwerk; Rührbehälter aus Stahl, emailliert; Benennungen, Bauteilkombination, Übersicht
DIN 28139-1: 1985	Vorschweißbunde für emaillierte Apparate; Form H Hauptflansche für Klammerschrauben; Maße
DIN 28139-2: 1985	Vorschweißbunde für emaillierte Apparate; Form M Mannloch-, Handlochstutzen, Montageöffnung mit Klammerschrauben; Anschlußmaße
DIN 28139-3: 1985	Vorschweißbunde für emaillierte Apparate; Form S Stutzen mit geteiltem Losflansch; Anschlußmaße
DIN ISO 4534: 1985	Emails; Prüfung des Fließverhaltens; Ablaufversuch
DIN ISO 4530: 1984	Emaillierte Gegenstände; Prüfung der Wärmebeständigkeit
DIN ISO 4794:1983	Laborgeräte aus Glas; Verfahren zur Prüfung der chemischen Beständigkeit von Farben zur Farbkennzeichnung
DIN ISO 2724:1978	Gußeisen-Emails; Herstellung von Proben

Metallic Substrates	
ISO 5001: 2007	Cold-rolled steel sheet for vitreous enamelling <i>[ISO 5001: 2007 does not call for tests to determine fish-scale resistance, pickle rate or enamel-steel adhesion, unlike BS EN 10209: 1996]</i>
ISO 28764: 2008	Vitreous and porcelain enamels – Production of specimens for testing enamel on sheet steel, sheet aluminium and cast iron <i>[This standard may provide further advice on selection of metallic substrates]</i>
Surface preparation prior to coating	
ISO 27831-1: 2008	Metallic and other inorganic coatings - Cleaning and preparation of metal surfaces – Part 1 - Ferrous metals and alloys
ISO 27831-2: 2008	Metallic and other inorganic coatings - Cleaning and preparation of metal surfaces – Part 2 - Non-ferrous metals and alloys
ISO 2080: 2008	Metallic and other inorganic coatings -- Surface treatment, metallic and other inorganic coatings - Vocabulary Edition: 3 TC 107
Product standards	
ISO 28721-1: 2008	Vitreous and porcelain enamels – Glass lined apparatus for process plants – Part 1: Quality requirements for apparatus, components, appliances and accessories
ISO 28721-2: 2008	Vitreous and porcelain enamels – Glass lined apparatus for process plants – Part 2: Designation and specification of resistance to chemical attack and thermal shock
ISO 28721-3: 2008	Vitreous and porcelain enamels – Glass lined apparatus for process plants – Part 3: Thermal shock resistance
ISO 28721-4: 2010	Vitreous and porcelain enamels – Glass lined apparatus for process plants – Part 4: Quality requirements for glass-lined flanged steel pipes and flanged steel fittings
ISO 28722: 2008	Vitreous and porcelain enamels – Characteristics of the enamel coatings applied to steel panels intended for architecture
ISO 28762: 2010	Vitreous and porcelain enamels – Characteristics of the enamel coatings applied to steel for writing surfaces – Specifications
ISO 28763: 2008	Vitreous and porcelain enamels – Regenerative, enamelled and packed panels for air-gas and gas-gas heat exchangers – Specifications
ISO 28764: 2008	Vitreous and porcelain Enamels Production of specimens for testing enamels on sheet steel, sheet, aluminium and cast iron
ISO 28765: 2008	Vitreous and porcelain enamels – Design of bolted steel tanks for the storage or treatment of water or municipal or industrial effluents and sludges
Test methods	
ISO 105-J03: 2009	Textiles – Tests for colour fastness – Part J03: Calculation of colour differences (including Technical Corrigendum 1: 1996 and Technical Corrigendum 2: 2006)
ISO 1463: 2004	Metallic and oxide coatings - Measurement of coating thickness - Microscopical method
ISO 2178: 1995	Metallic and related coatings – Measurement of coating thickness of non-magnetic metallic and vitreous enamel coatings on magnetic basis metals – magnetic method
ISO 2360: 2003	Metallic and related coatings – Measurement of coating thickness of non conductive coatings on non- magnetic basis metals – Eddy current method
ISO 2722: 1997	Vitreous and porcelain enamels - Determination of resistance to citric acid at room Temperature
ISO 2723: 1995	Vitreous and porcelain enamels for sheet steel - Production of specimens for testing
ISO 2733: 1983	Vitreous and porcelain enamels - Apparatus for testing with acid and neutral liquids and their vapours

ISO 2734: 1997	Vitreous and porcelain enamels - Apparatus for testing with alkaline liquids
ISO 2742: 1983	Vitreous and porcelain enamels - Determination of resistance to boiling citric acid
ISO 2743: 1986	Vitreous and porcelain enamels - Determination of resistance to condensing hydrochloric acid vapour
ISO 2744: 1998	Vitreous and porcelain enamels - Determination of resistance to boiling water and water vapour
ISO 2745: 1998	Vitreous and porcelain enamels - Determination of resistance to hot sodium hydroxide
ISO 2746: 1998	Method of testing – Vitreous enamel finishes – High voltage test for enamelled articles for service under highly corrosive conditions <i>[under revision]</i>
ISO 2747: 1998	Method of testing – Vitreous enamel finishes – Resistance to thermal shock of coatings on cooking utensils
ISO 2813: 2000	Paints and varnishes – Determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20°, 60° and 85°
ISO 3668: 2001	Paints and varnishes. Visual comparison of the colour of paints <i>[Corrisoning to BS 3900- D1: 1998]</i>
ISO 4528: 2009	Vitreous and porcelain enamels finishes – Selection of test methods for vitreous and porcelain enamelled areas of articles <i>[under revision]</i>
ISO 4530: 1983	Method of testing – Vitreous enamel finishes – Determination of resistance to heat
ISO 4531-1: 1998	Vitreous and porcelain enamels - Release of lead and cadmium from enamelled ware in contact with food - Part 1: Method of test <i>[not applicable to EU – see BS EN 1388-2: 1996 - EU member states are required to meet EU Directive 84/500/EEC]</i>
ISO 4531-2: 1998	Vitreous and porcelain enamels - Release of lead and cadmium from enamelled ware in contact with food - Part 2: Permissible limits test <i>[not applicable to EN – see BS EN 1388-2: 1996 - EU member states are required to meet EU Directive 84/500/EEC]</i>
ISO 4532: 1991	Method of testing – Vitreous enamel finishes – Determination of the resistance of vitreous enamelled articles to impact: Pistol tes
ISO 4533: 1983	Vitreous and porcelain enamels - Determination of resistance to hot detergent solutions used for washing textiles
ISO 4534: 2010	Vitreous and porcelain enamels – Determination of fluidity behaviour – Fusion flow test
EN ISO 4535: 2000	Vitreous and porcelain enamels - Apparatus for determination of resistance to hot detergent solutions used for washing textiles
ISO 4628-1: 2003, BS 3900-H1: 2003	Paints and varnishes. Evaluation of degradation of coatings. Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance. General introduction and designation system
ISO 4628-3: 2003, BS 3900-H3: 2003	Paints and varnishes. Evaluation of degradation of coatings. Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance. Assessment of degree of rusting
ISO 4794 : 1982	Laboratory glassware - Methods for assessing the chemical resistance of enamels used for colour coding and colour marking
ISO 6370-1: 1991	Vitreous and porcelain enamels – Determination of the resistance to abrasion – Abrasion testing apparatus
ISO 6370-2: 1991	Vitreous and porcelain enamels – Determination of the resistance to abrasion – Loss in mass after sub-surface abrasion <i>[under revision]</i>
ISO 7724-1: 1984	Paints and varnishes – Colorimetry – Part 1: Principals
ISO 7724-2: 1984	Paints and varnishes – Colorimetry – Part 2: Colour measurement
ISO 7724-3: 1984	Paints and varnishes – Colorimetry – Calculation of colour differences
ISO 9227: 2006	Corrosion tests in artificial atmospheres. Salt spray tests

ISO 7884-6 :1987	Viscosity and viscometric fixed points of glass - Part 6: Method for the determination of softening point
ISO 7884-8 :1987	Viscosity and viscometric fixed points of glass - Part 8: Method for the determination of(dilatometric) transformation temperature
ISO 7991 :1987	Determination of the coefficient of mean linear thermal expansion of glass
ISO 8289: 2001	Vitreous and porcelain enamels – Low voltage test for detecting and locating defects
ISO 8290: 1998	Vitreous and porcelain enamels - Determination of resistance to sulphuric acid at room temperature
ISO 8291: 1986	Vitreous and porcelain enamels – Method of testing of self-cleaning properties <i>[not adopted by BSI- STI/36 to recommend adoption]</i>
ISO 13805: 2009	Vitreous and porcelain enamels for aluminium – Determination of the adhesion of enamels on aluminium under the action of electrolytic solution (spall test)
ISO 13806: 1999	Vitreous & porcelain enamels - Corrosion tests in closed systems
ISO 13807: 2009	Vitreous and porcelain enamels – Determination of crack formation temperature in the thermal shock testing of enamels for the chemical industry
ISO 10308: 2006	Metallic coatings – Review of porosity tests
ISO 15695: 2001	Vitreous and porcelain enamels – Determination of scratch resistance of enamel finishes
ISO 28706-1: 2008	Vitreous and porcelain enamels – Determination of resistance to chemical corrosion – Determination of resistance to chemical corrosion by acids at room temperature
ISO 28706-2: 2008	Vitreous and porcelain enamels – Determination of resistance to chemical corrosion – Determination of resistance to chemical corrosion by boiling acids, neutral liquids and/or their vapours
ISO 28706-3: 2008	Vitreous and porcelain enamels – Determination of resistance to chemical corrosion – Determination of resistance to chemical corrosion by alkaline liquids using a hexagonal vessel
ISO 28706-4: 2011	Vitreous and porcelain enamels – Determination of resistance to chemical corrosion – Determination of resistance to chemical corrosion by alkaline liquids using cylindrical vessel
ISO 28706-5: 2011	Vitreous and porcelain enamels – Determination of resistance to chemical corrosion – Determination of resistance to chemical corrosion in a closed system
ISO 28723: 2008	Vitreous and porcelain enamels – Determination of the edge covering on enamelled steel plate to be used in heat exchangers
ISO 28764: 2008	Vitreous and porcelain enamels – Production of specimens for testing enamel on sheet steel, sheet aluminium and cast iron
Miscellaneous standards	
ISO 3310-1: 2000	Test sieves. Technical requirements and testing. Test sieves of metal wire cloth
ISO 4791: 1985	Laboratory apparatus – Vocabulary relating to apparatus made essentially from glass, porcelain or vitreous silica – Part 1: Names for items of apparatus
ISO 6507-1: 2005	Metallic materials. Vickers hardness test. Test method
ISO 7991: 1987	Determination of the coefficient of mean linear thermal expansion of glass
ISO 7884-6: 1987	Viscosity and viscometric fixed points of glass – Method for the determination of softening point
ISO 7884-8: 1987	Viscosity and viscometric fixed points of glass – Method for the determination of (dilatometric) transformation temperature
ISO 13317-1: 2001	Determination of particle size distribution by gravitational liquid sedimentation methods. General principles and guidelines

8. AJÁNLOTT SZAKIRODALOM

- (1) Albert P.P.: Tüzzománcozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975
- (2) Knapp O., Korányi Gy.: Üvegipari Kézikönyv, Műszaki Kiadó, Budapest, 1964
- (3) Andrews A.I.: Porcelain Enamels, Chanpaign Illionis, 1961
- (4) Dietzel A.: Emaillierung, Springer Technik, Berlin, 1981
- (5) Petzold A, Pöschmann H.: Email und Emailliertechnik, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, Stuttgart, 1992
- (6) Pagliuca S., Faust W.D.: Porcelain Enamels and Industrial Enamelling Processes, Tipografia Commerciale srl, Mantova, 2011

9. HIVATKOZÁSOK

- [1] Pagliuca S., Faust W.D.: Porcelain Enamels and Industrial Enamelling Processes, Tipografia Commerciale srl, Mantova, (2011) 2-12
- [2] Albert P.P.: Tüzzománcozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, (1975) 13-15
- [3] Petzold, A., Pöschmann H.: Email und Emailliertechnik, DVG Leipzig, (1986) 13-14
- [4] Albert P.P.: Tüzzománcozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, (1975) 17
- [5] Petzold, A., Pöschmann H.: Email und Emailliertechnik, DVG Leipzig, (1986) 23-24
- [6] Dietzel, A.: Sprechsaal. 73 (1940) 63
- [7] Kühn W., Geu D.: Emailtechnik, VEB Verlag Technik, Berlin, (1970) 13
- [8] Albert P.P.: Tüzzománcozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, (1975) 22-42
- [9] Albert P.P.: Tüzzománcozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, (1975) 42-74
- [10] Albert P.P.: Tüzzománcozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, (1975) 75-84
- [11] Smalto Porcellanato, Informazione Technica, 3 (1996) 23-30
- [12] Albert P.P.: Tüzzománcozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, (1975) 85-90
- [13] Pagliuca S., Faust W.D.: Porcelain Enamels and Industrial Enamelling Processes, Tipografia Commerciale srl, Mantova, (2011) 390-391
- [14] Gyármányismertető, Eggerding Ceramics GmbH,
- [15] Ehrencron R., Galle W., Tóth L., FERRO Europ: Ready-To-Use zománcok, előnyök és lehetőségek, 17. MZE konferencia előadása, Kőszeg, (2005)
- [16] Albert P.P.: Tüzzománcozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, (1975) 91-141
- [17] Albert P.P.: Tüzzománcozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, (1975) 103
- [18] Albert P.P.: Tüzzománcozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, (1975) 142-181
- [19] Bayer Gyűrűskönyv, Literátor kiadó, Budapest, (1990)
- [20] Albert P.P.: Tüzzománcozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, (1975) 266-267
- [21] Albert P.P.: Tüzzománcozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, (1975) 268
- [22] Petzold A., Pöschmann H.: Email und Emailliertechnik, DVG Leipzig, (1986) 59-60
- [23] Petzold A.: Email, VEB Verlag Technik, Berlin, (1955) 338-348
- [24] Albert P.P.: Tüzzománcozás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, (1975) 143
- [25] Való M.: Kísérletek alapzománc vasoxid-oldó képességének növelésére, GTE konferencia Előadásai, Budapest, (1965) 215-223
- [26] Hellmold P., Rödicker B., Hartmann K.: Új, fluórmentes fehér zománcok kifejlesztése, Zománcszakemberek XIX. Nemzetközi Konferenciája, Velence, (2001)
- [27] Schlegel C.: Alacsony V₂O₅ tartalmú és V₂O₅ mentes alumínium zománcok, Email-Mitteilungen VDEFa, 5 (2012)
- [28] Kanzler K., Frischat G.H., Hellmold P.: Habzománcok előállításának és alkalmazásának lehetőségei, Email Mitteilungen VDEFa, 03 (2006)
- [29] Kanzler K., Hellmold P.: Habosított zománc előállítása és alkalmazása, Email Mitteilungen VDEFa (2009); XXI. Nemzetközi Zománckonferencia, Sanghaj, (2008)
- [30] Kiss L., Láng Gy.: Elektrokémia, Semmelweis Kiadó, Budapest, (2011) 84-85

- [31] Smith R.: Zománccfelvitel nagyfordulatú koronggal
XVI. Nemzetközi Zománckonferencia, Stratford-upon-Avon, Anglia, (1992)
- [32] Gawne D.T., Bao Y., Zhang T.: Plazmazománcozás,- új eljárás,
XIX. Nemzetközi Zománckonferencia, Velence, (2001)
- [33] Pagliuca S., Faust W.D.: Porcelain Enamels and Industrial Enamelling Processes,
Tipografia Commerciale srl, Mantova, (2011) 542-343
- [34] Smalto Porcellanato, Informazione Technica, 1 (2000) 135-142
- [35] Smalto Porcellanato, Informazione Technica, 2 (2000) 147-158
- [36] Smalto Porcellanato, Informazione Technica, 3 (2000) 159-170
- [37] Smalto Porcellanato, Informazione Technica, 1 (2001) 171-182
- [38] Smalto Porcellanato, Informazione Technica, 3 (2001) 191-198
- [39] A szerző felvételei, Budapest, (2009-2012)
- [40] IEL, International Enamellers Institute, EN standards
http://www.iei-world.org/pagine/standards_en.asp
- [41] IEL, International Enamellers Institute, DIN standards
http://www.iei-world.org/pagine/standards_din.asp
- [42] IEL, International Enamellers Institute, ISO standards
http://www.iei-world.org/pagine/standards_iso.asp
- [43] Prospektus, Schmitz Apelt LOI GmbH, (1998)
- [44] Prospektus, Eisenmann GmbH, (2000)
- [45] Barta E.: Nano-kerámia bevonatok háztartási edényeken,
MZE konferencia előadása, Salgótarján, Wamsler SE, (2012)
- [46] Knapp O., Korányi Gy.: Üvegipari Kézikönyv, Műszaki Kiadó, Budapest, (1964) 44-45
- [47] Singler F., German W.L.: Ceramic Glazes, Borax Consolidated Limited, London, (1960) 1-5
- [48] Hajdu Zrt, Téglás, www.hajdurt.hu
- [49] E.I.C. Group GmbH, www.eic-group.com