

Zománchiba: tegnap és ma

Werner Weisenhaus, PEMCO
(Email-Mitteilungen, 2007.4)

(Fordította: Dr Való Magdolna)

1. Bevezetés

Nincs olyan termék, amelyen ne léphetnének fel hibák, és ez érvényes a zománciparra is. Amióta zománcoznak, zománchiba is van. A régebbi, ötven vagy még több évvel ezelőtti szakkönyvekben mindig találunk zománchibák és azok okainak leírásait, a hibák ma is fellépnek. A tegnap és a ma közötti különbség inkább a zománcozás feltételeiben rejlik, azaz korábban több kézi munka, illetve kevés automatizáció és ma modern zománcozási eljárások vannak, amelyek többnyire automatizáltak. Akinek zománchibákkal kell foglalkoznia, természetesen megkísérli a hibagyűjtemények áttekintését.

Az évek során különböző publikációk jelentek meg a zománchibákról, ezek az **1. táblázatban** vannak összefoglalva. Alapjában véve azonban meg kell mondani, hogy a hibák fotografikus megjelenítése nehéz. Egy felület hullámossága szemmel jól felismerhető, ha azt különböző szögből illetve fénybeesés mellett vizsgáljuk. Ezzel szemben mikroszkóp alatt a hullámosság, a kis vizsgált felület miatt alig látható. Fénykép számára a megvilágítási szög nagyon fontos. Egy másik példa a fekete pont a zománcozott felületen. Ennél sem a szem, sem a fénykép nem ismeri fel a hiba okot. A mikroszkópos erős felnagyítás sokat segíthet. Mindenesetre a legtöbb hiba számára szükséges és hasznos a csiszolatkészítés, hogy a zománcreteg belsejébe mehessünk, ahol a legtöbb hiba ok felismerhető.

1956/1995	Atlas of Enamel Defects (Zománchibák atlasza)	IVE
1972/1985	Emailfehler-Katalog (Zománchiba katalógus)	VDEfa
1992	Qualitätsanforderungen (Minőségi követelmények)	DEZ
2000	Emailierfehler (Zománcozási hibák)	PEMCO
2003	Darstellung und Charakterisierung von Fehlern (Hibák ábrázolása és jellemzése)	
	1. rész: Dickschichtemails (vastag zománc)	DIN 51176-1
2006	2. rész: Dünnschichtemails (vékony zománc)	DIN 51176-2

1. táblázat
Zománchibák publikációi

2. Publikációk a zománchibákról

Már 1956-ban az angol zománcegyesület IVE kiadta az „Atlas of Enameldefects” könyvet. A második kiadás követte 1982-ben, majd a ma ismert harmadik kiadás 1995-ben. Az atlasz természetesen angolul jelent meg, azonban Heinz Binder (ÖEV) elkészítette a német fordítását.

Az atlasz képein a hibák igen jól felismerhetők, a hiba okok leírása és különösen a hibák elhárítása kimerítőbb lehetne.

A VDEfa is kiadta az 1972 – 1985 években a zománchibák katalógusát, minden évben leírt egy hibát, szabad lapgyűjteményként. Összesen 13 hibalap jelent meg németül és angolul. A képek és az okok leírása illetve a hibák elhárítása jók, de nyilvánosságra hozatal hosszú ideje csak kevésbé komplett hibakatalógust tett lehetővé.

A DEZ 1992-ben adta ki a zománczás minőségi követelményeit és vizsgálati előírásait, amely 1994-ben angolul is megjelent. Ehhez a kiadványhoz egy zománchiba katalógus is tartozott, amely természetesen csak új hibákra korlátozódott.

Egy nagyon gazdag zománchiba gyűjteményt állított össze a Pemco 2000-ben, amelyben 28 képen mutatja be, és írja le, mind az acéllemez zománczás, mind az öntvény és az alumínium zománczás hibáit.

Minden eddigi publikáció a konvencionális vékony rétegű zománczással foglalkozik. A vegyipari készülékeket gyártók részéről fennáll az érdeklődés olyan hibakatalógus iránt, amely a vastag rétegű zománczás tipikus hibáival foglalkozik. Ezzel az ötlettel foglalkozott az anyagvizsgáló szabványbizottság NMP 163.1 „Prüfung von Emails und Emailierungen für Behälter und Apparatebau” albizottsága (Tartályok és készülékek zománcai és zománczása) (most: NA062-01-63 UA). A szabványosított hibák a hiba okok komplexitásánál kissé ellentmondásosan jelennek meg. A hibák szabványosításának alapgondolata azonban abban rejlik, hogy a zománczott vegyipari készülékek károsodása illetve reklamációja esetén egy szabványra lehessen utalni, amely azt a hibát leírja. A szabványnak tehát bázisként kell szolgálni a vegyipari készülékek zománchibáinak vitájában.

Az NMP 163.1 albizottság megbeszélésének eredményeként keletkezett a DIN 51176-1 szabvány 1. része: A vegyipari zománkok és készülékek hibáinak ábrázolása és jellemzése. Az ebben a szabványban előforduló hibákat foglalja össze a **2. táblázat**. A szabvány tartalma a hibák leírásából áll, nagyon jó színes képekkel alátámasztva. A továbbiakban foglalkozik a hibák keletkezésével és azok okaival, és vé-

gül tanácsokat ad a hibák kezelésére. A DIN 51176-1 szabványt eddig igen jól használták a vegyipari berendezések gyártásánál.

Az 1. rész sikere alapján természetesen elhatározták a második rész kidolgozását a vékony rétegű zománcok számára, amelyért az NMP 163 „Prüfung von Emails und Emailierungen” (most: NA 062-01-63 AA) munkabizottság volt a felelős.

Zománcozási hibák:	
	Színes vonalak
	Pontszerű túlolvad alapzománc
	Durva felület
	Beszívódott felület
	Tűszúrások
	Idegen testek
	Színeltérések
Javítási helyek:	
	Polírozási helyek
	Felülzománcozott csiszolási helyek

2. táblázat
DIN 51176-1

A zománchibák szabványosításánál nehézség mutatkozott a különböző hibáknak egyes csoportokba való besorolásánál, és azok elhárításánál is. Ezen kívül számos képanyag állt rendelkezésre, amelyből ki kellett választani a legtipikusabbakat. Így elmúlt három év, amíg a DIN 51176-2 szabvány: Vékonyrétegű zománcok, a 2006. évben kiadásra került. A szabvány felépítése megfelel az 1. résznek, tehát a hiba bemutatása számos képanyaggal. A hibák keletkezésének és okainak kimerítő leírása lehetőséget ad a hibák megszüntetésére. Természetesen nem lehetséges minden előforduló hibát leírni, így ebben a szabványban a leginkább előforduló hibákat tizen-négy hibacsoportba osztották. (**3. táblázat**)

Zománchibák	
Lepattogzás	Vöröspont és átrozsdásodás (lekopaszodás)
Vonalak	Pikkelyek
Csíkok	Tűszúrások
Kipattanás	Hullámosság
Bemélyedések	Rossz kötés
Buborékok	Repedések
Pontok és foltok	Nedvesítési hiba

3. táblázat
DIN 51167-2

3. Zománchibák: tegnap és ma

Az elején utalás történt arra, hogy amíg zománcozás van, addig zománchiba is, azaz a múlt zománchibái mai is megvannak. Ami az évek során változott, az a zománcozás körülményei a zománczó üzemekben, és a zománcozási eljárások, amelyeket alkalmaznak egy modern zománczó üzemben.

3.1 Zománcozási körülmények tegnap

Ha a 30-40 évvel ezelőtti zománcozási körülményeket vizsgáljuk, minden területen előfordulhattak hibák:

- **Konstrukció**

Már a konstrukciónál hiányzott a megfelelő együttműködés a konstruktőr és a zománczó mester között. Egy nem igazán zománcozható konstrukció lepatogzáshoz, erővonalakhoz vagy a munkadarab jelentős elhúzóadásához vezet. A ma is érvényes 414 Merkblatt: Emaillieren von Stahlblech – Stahlsorten, Konstruktionshinweise (DEV által kiadott, „Acéllemez zománcozása – acélfajták, konstrukciós utalások”) értékes javaslatokat adnak a hibák elkerülésére.

- **Acél**

Számos olyan kis zománczó üzem van, amely az acéllemezt nem közvetlenül vásárolja az acélműtől, hanem kereskedőn keresztül. Ennek az a következménye, hogy nem zománcozható acélt kap, emellett lehet, hogy nyugtatott acélt, magas szénttartalommal. Emiatt felléphetnek halpikkelyek, kötésproblémák, hengerlési vonalak, fekete pontok. Ma a zománczás követelménye a hidegen hengerelt acél, a DIN-EN 10209 szerint.

- **ZománCFrittek**

A zománCFritteknél is jelentős javulás történt az utóbbi évtizedekben, mind a fritt összetételében, mind a gyártásban. A múltban számos probléma adódott a kötés, a lepatogzás, a leégés vagy az égetési stabilitás területén, amik a zománCFrittre vezethetők vissza.

- **Előkezelés**

Jelentős különbségek voltak a passzíváló és a húzóolajok választékában, aminek következtében nehézségek jelentkeztek a zsírtalanításnál, mivel a zsírtalanító szer nem volt megfelelő. A nem megfelelően zsírtalanított felületnedvesedési hibákhoz, tűszúrásokhoz, habosodáshoz vagy fekete pontokhoz

vezetett. További hibaforrás volt a pácolás. A jelenlegivel ellentétben minden darabot alaposan lepácoltak, hogy a rozsdafoltokat eltávolítsák, és a felület feldurvított legyen a jobb mechanikus kötés kialakítása érdekében. Emellett előfordult, hogy alulpácolt vagy túlpácolt lett a felület. A következmény a rossz kötés vagy a habos felület lett. A semlegesítésnél ügyelni kellett arra, hogy a semlegesítő sók ne kristályosodjanak ki a zománcozandó felületen, ami a kiégetett felületen bemélyedésekhez vezet.

- **Alkalmazás**

A zománciszap felvitele többnyire kézzel történt mártással vagy szórással. Ezeknek a folyamatoknak az automatizálása széles körben nem terjedt el. Annak ellenére, hogy a zománcozóknak nagy tapasztalatuk volt rétegvastagságbeli különbségek léptek fel, különösen a sarkokban és a széleken, ami leégéshez vagy lepattogzáshoz vezetett. Mártásnál nem voltak elkerülhetők a lefolyási csíkok, amelyek éppen úgy hibákhoz vezethettek.

- **Égetési körülmények**

Az égetési körülmények a korábbi, falazott kemencékben sokkal rosszabbak voltak, mint egy mai modern kemencében. Az alapzománcot magasabb hőmérsékleten égették, ami a darab deformációját vonta maga után. Az égetési hőmérséklet a kemence keresztmetszetében, a felső és az alsó részen gyakran elérte a 40°C-t, emiatt a színeltérések egyértelműen láthatók voltak. A kemenceatmoszféra a nem kielégítő szellőzés miatt, habos felületet okozott.

- **A zománczó üzem tisztasága**

Mindig nagy problémát okozott az üzem szennyezettsége. Többnyire hét végén történt az üzem takarítása, így állandóan por és piszok volt (a MAK érték akkoriban ismeretlen volt). A szennyeződés lerakódott a félkész termékekre, de az iszapot is beszennyezte. Ennek lett következménye a fekete pont, a buborék és a beszívódások. De ritkán tisztították meg az égetőszerszámokat is, így a cunder a kemencében leesett, ami szintén hibát okozott a felületen.

3.2 Zománcozási eljárások ma

Az eddig leírt, tegnapi zománczó üzemi körülmények egy modern zománczó üzemben ma már nem állnak fent. Sok munkafolyamatot automatizáltak, és a legtöbb hibaforrást az állandó minőségellenőrzéssel kiküszöbölték. Ennek ellenére ma is sok

zománchiba lép fel, amelyek első sorban az új, bonyolultabb és ezáltal nehezebben uralható zománcozási eljárásokra vezethetők vissza.

- **Direktfehér zománcozás (DWA)**

Az utolsó évszázad hatvanas éveinek vége új zománcozási eljárással kezdődtek. Mindig nagy probléma volt a hagyományos alap- és fedőzománcozásnál a nagy rétegvastagság. Az első lépés a kisebb rétegvastagsághoz a direktfehér zománcozás kifejlesztése volt (DWE). Az alapzománc kötőképző feladatát átvette egy vékony nikkelfelvitel az acél felületére. Az acéllemez nagyon költséges előkezelése volt szükséges egy jól kötődő 1 – 1,3 g/m² nikkelréteghez. Ha a nikkelréteg túlságosan vékony volt kötésproblémák léptek fel a fehér zománc égetésénél. A túlságosan vastag nikkelréteg, amelynél a nikkel lerakódás egy része nem kötődik szilárdan, fekete pontokhoz vezet a zománcrétegben. Ezen kívül hiányzik itt az alapzománc réteg, amely az égetésnél a reakciótermékeket (gázfejlődés, oldott vasoxidok) fel tudja venni. Ezért gondoskodni kell arról, hogy ezek a termékek vagy időben, a még meg nem olvadt zománcrétegből eltávozhassanak, vagy az acélfelülethez kötődjenek. Más esetben buborékok, habos felület vagy fekete pontok keletkeznek.

- **Nedves elektrosztatikus zománcozás (ESTA)**

Az egyenletes rétegvastagság eléréséhez az iszapot nedves elektrosztatikus módon vitték fel. Ennél azonban figyelni kell arra, hogy az iszaprészek szállításánál, a fizika törvényei szerint, az erővonalak különbözőképpen futnak. Egy alakított munkadarabnál a mélyedésekben kevesebb zománc rakódik le, így égetésnél „kopaszodás” léphet fel. A sarkokban és az éleken nagyobb rétegvastagság keletkezik, ami a lepattogzás veszélyét jelenti. A kritikus helyeket általában kézzel előszórják, és a berendezés paramétereit úgy állítják be, hogy az említett hiba elkerülhető legyen. Az iszap paramétereinek is nagy befolyása van. A részecskék jobb szállítása érdekében alacsony fajsúllyal dolgoznak. Ennél ügyelni kell arra, hogy egy egyenletes nedves felületi film keletkezzen, másrészt az iszapnak nem szabad lecsúsznia, mert ezáltal felületi hiba keletkezik.

- **Elektrosztatikus porszórás (PUESTA)**

A felület további javulását hozta a zománczó iparba az elektrosztatikus porszórás. Az ismert előnyök mellett (sima felület, a zománcpor majdnem teljes

felhasználása, a szárítás szükségtelensége) azonban néhány hibaforrás is fel lép. A nedves elektrosztatikus zománcozásnál erősebben lép fel a Faraday-effektus problémája, amely a sarkoknál, mélyedéseknél erős „kopaszodáshoz” vezethet. Erre különösen a konstrukciónál, de a pisztolyok pozicionálásánál is ügyelni kell. A rétegvastagság a por lecsapódás mértékétől függ, ami a berendezésben a cirkulációtól függően erősen változhat. Nagy lecsapódási fokozat nagy rétegvastagságot eredményez, ami lepattogzáshoz vezethet, a túl alacsony kis rétegvastagságot okoz, ami a direktzománcozásnál „lekopaszodást”, a fedőzománcnál színeltérést eredményezhet. További kritikus pont a visszaiónizálás. A por túlságosan magas töltés a lecsapódás mértékét korlátozza, és a következő port eltaszítja. Emellett helyi megvastagodást okozhat, ami mint felületi hiba látható lesz.

- **Mártó elektrozmáncozás (ETE)**

Miután jók voltak a tapasztalatok az elektromos mezőben való szórással, az elektromos mezőt fel akarták használni a mártó zománcozásnál is. De a mártó elektrozmáncozás az előnyök mellett néhány problémát is magával hozott, amelyek hibákhoz vezethettek. Az acélfelület nem kielégítő aktiváltsága habos felületet okozott. Az iszap paramétereiket pontosan be kellett tartani, ami különösen az iszap vezetőképességére vonatkozott, ez különösen fontos az „átka-rolás” számára. Ha a beállítás nem optimális, vastagságbeli különbségek lépnek fel, ami „lekopaszodáshoz” vagy lepattogzáshoz vezethet. Természetesen ugyanez érvényes az elektródák elrendezésénél is, amelyek nem megfelelő helyzetben egyenetlen rétegvastagságot és ezzel együtt színeltéréseket okozhatnak.

- **Két réteg/egy égetés eljárása (2c/1f)**

A direkt fehér zománcozás bevezetésével sikerült a zománc rétegvastagságát jelentősen csökkenteni. Az ehhez szükséges előkezelés jelentős költséget és környezetvédelmi problémákat okozott. Ebből kifolyólag a fejlesztés ismét a két rétegű zománcozás felé irányult, de mindkét réteget egyszerre kívánták kiégetni. Kifejlesztették a két réteg/egy égetés eljárását, amelynél különböző kombinációk lehetségesek: por/por, nedves/por és nedves/nedves. Mind a három eljárásnál igen vékony (30-50 μm) alapréteget visznek fel, amelynek garantálnia kell a zománc kötését, és az égetésnél keletkező reakciós termékek

felvételét. A második réteg, mint fedőzománc, normális vastagságú, 100-130 µm. Ma ez jelenti a csúcstechnológiát. Az égetés alatti reakciók azonban sok hibalehetőséget okoznak (**4. táblázat**) Az acéllemez előkezelése alapján véve csak a zsírtalanításból áll. Ez azonban azt is jelenti, hogy az alapzománcnak a zománc kötés eléréséhez nagyon reaktívnek kell lennie. Az égetés közbeni reakciós termékeket (gázok, vasoxidok) a vékony alapzománcnak fel kell vennie, különben a felületen fekete pontok, buborékok a habosodások lépnek fel

	Por/por	Nedves/por	Nedves/nedves
Buborékok	+	+	+
Habosodás	+	+	+
Fekete pontok	+	+	+
Lepattogzás élekről	+	+	+
Visszaverődés	+	+	0
Száradási hiba	0	+	+
Rossz kötés	+	+	+

4. táblázat
Két réteg / egy égetés

Mind a három eljárásnál elektromos mezőt alkalmaznak, az éleken ügyelni kell a felvastagodás elkerülésére, különben lepattogzások keletkezhetnek. Mindhárom eljárás bevezetésénél sok tapasztalatot kell összegyűjteni, mert csak az összes paraméter optimális beállítása esetén lehet kiváló zománcozást elérni

4. Összefoglalás

A zománcozásnál sok tényező van, amelynek befolyása lehet a hibátlan zománcozásra. Az acél és a zománc komponensei, a konstrukció, az előkezelés, az iszapfelvitel, az alkalmazás és utoljára az égetés mind hibaforrás lehet. A zománcozás minden lépésénél csak az optimális körülmények hozhatnak jó eredményt. Ez érvényes volt régen is és ma is érvényes. Ami az évek során változott az az üzemi feltételek és a zománcozási eljárások. Hibák és hiba okok azonban ugyanazok maradtak. Sok tapasztalat kell – régen és most is – a tökéletes zománcozás garantálásához.