

SÜTŐKAMRA ZOMÁNCOZÁSA

Dipl.Ing. Dieter Jacobs – PEMCO Brugge

(Email 2005/2)

1. Bevezetés

Ez a tanulmány azoknak, akik nem foglalkoznak sütőkamra zománcozással, ad egy áttekintést a különböző zománc típusokról, amelyeket erre a célra alkalmazni lehet. Mivel a sütőkamrához tartozik a sütőlemez (tepsi) és más zománcozott részek is, mint a belső ajtó és a ventilátor tető, ezeket is tárgyaljuk a cikk keretében. Az élelmiszerekkel való érintkezés fiziológiai szempontjaival, az itt alkalmazandó zománcokkal, nem foglalkozunk, mivel korábban ezt Mr. van Roose már publikálta. A kívánt tulajdonságoknak megfelelően a következő zománc típusok közül egyet vagy többet lehet alkalmazni:

- Alapzománc (egy réteg)
- Direktzománc
- ETC zománc (Easy To Clean – könnyen tisztítható)
- Pirolitikus zománc
- Katalitikus zománc

Ezek a zománcok elsősorban a felületük minősége és kémiai ellenálló képessége szerint, valamint tisztíthatóságuk alapján különböznek egymástól. A tisztíthatóság a zománc tulajdonsága, amelyről a vevő fog meggyőződni, és ez által ez egy fontos piaci tényező. Ezt a felhasználóknak feltett kérdések bizonyítják, akik a tisztíthatóságot a legfontosabb vásárlói döntés kritériumaként tekintik.

Ebben a tanulmányban a tulajdonságokat ismertetjük, ennek alapját képező hatásokot, vizsgálati módszereket és szabványokat. A gyártási paramétereket és az alkalmazási területeket is vázoljuk.

Az említett zománc típusoknak ismert, általános tulajdonságai az **1. táblázatban** találhatóak.

Az **1. táblázatban** ismertetett tulajdonságok alapján a **2. táblázatban** vázoljuk a lehetséges alkalmazásokat.

1. táblázat

Különböző zománc típusok tulajdonságai

Tulajdonság	Alapzománc (egy réteg)	Direktzománc	ETC	Pirolitikus	Katalitikus
Felület	normál	sima	nagyon sima	sima	nagyon durva
Savállóság EN 14483-1	nem osztályozott	A-B	A-AA	A-AA	nem meghatározható
Tisztíthatóság	rossz	jó	nagyon jó	pirociklus után nagyon jó	öntisztuló

2. táblázat Alkalmazások

Tulajdonság	Alapzománc (egy réteg)	Direktzománc	ETC	Pirolitikus	Katalitikus
Sütőkamra tartozékok	X(a)	X	X	X	X
Sütőlemez tűzhelyajtó	X(a)	X	X	X	-
Egyéb belső részek	X	(X)	(X)	(X)	-

A sütőkamrát és a hozzá tartozó részeket az igényeknek megfelelően bármelyik zománccal be lehet vonni. A tisztán alapzománc alkalmazások azonban csak Nyugat-európán kívül fordul elő. A sütőlemezre és a sütőkamra ajtóra ugyanaz vonatkozik, ám ezekhez nem lehet katalitikus zománcot alkalmazni.

Mivel az alapzománc és a direktzománc azok számára ismerős, akik nem zománcznak sütőkamrákat, ebben a tanulmányban csak a sütőkamrára jellemző specifikus zománccokkal foglalkozunk. Milyen tulajdonságokat mutatnak a különböző zománctípusok, milyen hatáselvekre alapulnak ezek a tulajdonságok és mindenekelőtt, hogyan tesztelik a tisztíthatóságot.

2. ETC zománccok

2.1. Tulajdonságok és hatáselvek

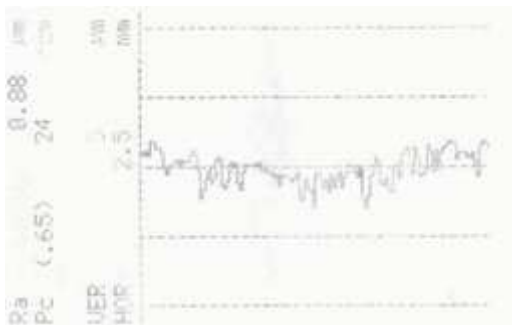
Milyen kritériumoknak kell egy egyszerű tisztítandó felületnek megfelelnie?

- Sima felület, semmi/kevés tűszűrás, csekély fajlagos felület
- Jó kémiai ellenálló képesség
- Nagy felületi feszültség

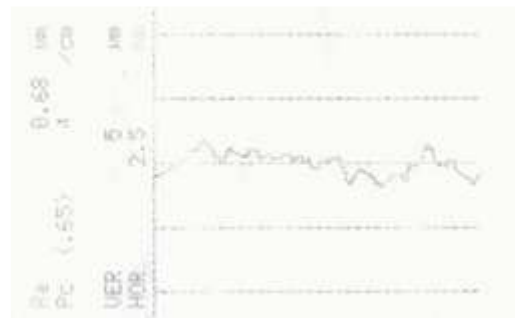
Egy sima felületnek, semmi, vagy csak nagyon kevés tűszűrással, csekély fajlagos felülete van és csak kevés olyan pontot tartalmaz, ahol az élelmiszer mechanikusan leragadhat. Ezen kívül csak kis érintkezési felület áll rendelkezésre a zománc és az élelmiszer közötti lehetséges reakciók számára. A felület jellegét a felületi durvaság profiljával lehet érzékeltetni. **(1.a/b kép)**

A „b” zománc kevesebb mechanikai pontot mutat, mint az „a” zománc, és a lehetséges érintkezési felület is egyértelműen kisebb.

Egy kémiailag ellenálló zománc csökkenti az élelmiszer kémiai támadását. Ezáltal az élelmiszerek és a zománc komponensei közötti kémiai kapcsolat keletkezése ellen hat. Mivel a kémiai támadás a felület mikrofeldurvulásához vezet ez által a kémiai kapcsolódáshoz további mechanikai pontok keletkeznek, melyek ismét növelik a leragadást. Egy kémiai támadás a kémiai elemeknek az élelmiszerből a zománcba való lehetséges diffúziója által a zománccfelületen maradandó elszíneződést okozhat.



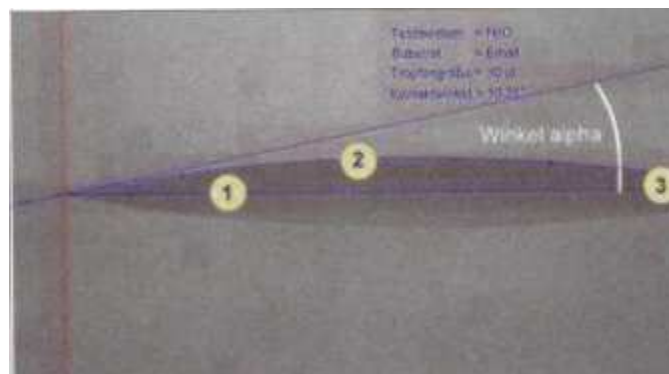
1.a. kép



1.b. kép

A zománcok nagy felületi feszültsége az élelmiszerek általi csekély nedvesítéshez vezet, azaz minél nagyobb a nedvesítési szög, annál kisebb az élelmiszer lehetséges letapadása (**2.kép**). A nedvesítési szöget az alábbi paraméterek határozzák meg:

1. Az élelmiszer és a zománcfelület közötti felületi energia
2. Az élelmiszer felületi feszültsége
3. A zománcfelület felületi energiája



2. kép

Ez azt jelenti, hogy a felsorolt három paraméter közül kettőt a zománc határoz meg. Nemcsak az a lényeges, hogy az élelmiszermaradék el legyen távolítva, hanem az is, hogy a zománcfelületen semmi, vagy csak nagyon kevés maradandó elszíneződés keletkezzék.

2.2. Tisztítási teszt

A zománcfelület tisztíthatósági tesztjének elvi problémája van. Különböző élelmiszerek illetve élelmiszer komponensek, mint a hús, gyümölcs, olaj vagy egyéb zsírok, összetételükben nem állandók és ezért nem adnak konstans, reprodukálható eredményt. A gyártott élelmiszerek, mint egy meghatározott márkájú ketchup, nemcsak a felhasznált természetes adalékok minőségében változik, hanem ugyanazon márkanév alatt a különböző vidékeken, ill. országokban, az ottani ízléshez alkalmazkodva kerül piacra, és például változhat a cukor-, só- vagy a savtartalma. Ezek az ipari készítmények nem nyújtanak megoldást a problémára. Ezért csak egyidejű direkt összehasonlító tesztet lehet az egyes zománcozott felületek között végezni, és nem lehet abszolút nyilatkozatot tenni. Ebből kifolyólag az egyik zománc, pl. jobb eredményt mutat disznósülttel, a másik zománc pedig szilvaslepénnyel szemben, úgy hogy mindig a releváns élelmiszerek sokaságával kell a vizsgálatokat elvégezni.

Logikus kezdeményezés volt ezért a természetes élelmiszerek helyett kémiai anyagok alkalmazását megpróbálni a vizsgálatokhoz, mivel ezek konstans minőség-

ben állnak rendelkezésre. Sajnos, azonban amit ez által el lehet érni, nem vihető át a zománcok viselkedésére az élelmiszerek általi reális szennyezésekre a gyakorlatban és eredményeknek ezért elméleti természetük van. Végülis ez a helyzet oda vezetett, hogy minden nagyobb tűzhelygyárnak saját házi tesztje van, a szabványosítás a reprodukálhatóság miatt eddig nem született meg.

Hogyan folynak a tesztek, amelyeket rendszerint alkalmaznak? A vizsgálandó felületre felvisznek különböző élelmiszereket egyedül vagy keverve, meghatározott mennyiségben. Ehhez egy fémgyűrűt alkalmaznak, úgy, hogy az élelmiszer meghatározott mennyisége hasonlóképpen meghatározott felülettel kerüljön érintkezésbe (3.kép).



3. kép

Az élelmiszerral szennyezett próbalapokat sütőlemezekre helyezik és a sütőben egy meghatározott sütő-ciklusnak vetik alá.

A szennyeződés rásülésének erőssége a növekvő maximális hőmérséklettel mind tovább növekedik, és a maximumot éri el 250 °C hőmérsékleten. A 250 °C csúcshőmérséklet túllépése esetén ismét csökken a szennyeződés rásülésének erőssége a zománcfelületen, mivel e hőmérséklet felett a szennyeződés már termikusan bomlani kezd. Ez a hatás a következő fejezetben leírt pirolitikus tűzhelyeknél fontos.

A próbalapok sütési ciklusának végrehajtása és annak lehűlése után megpróbáljuk az összes szennyeződést eltávolítani, olyan jól, amennyire csak lehet, majd egy kiértékelő katalógus szerint osztályozunk. Egymás után különböző tisztítási próbát hajtunk végre, amely szerint a tisztításhoz mindig erősebb igénybevételt alkalmaznak:

- Hideg víz
- Meleg víz
- Meleg víz öblítőszerral
- Puha szivacs
- Durva szivacs
- Kaparókés

Végül megítélik, hogy az egyes szennyeződés megtisztításához melyik fokozat volt szükséges és hogy esetleg maradt-e el nem távolítható szennyeződés vagy elszíneződés a zománcfelületen ill. hogy keletkezett e felületi károsodás **(4.kép)**.



4. kép

Mivel nemcsak az alkalmazott élelmiszernek és a sütési ciklusnak van befolyása, hanem a tisztítási tesztnek is, pl. az alkalmazott erőnek, amivel a szivacsot a próbaplapon mozgatják, és a mozdulatok számának is, megpróbálják legalább ezeket állandósítani.

Franciaországban létezik az AFNOR NF A92-032 szabvány, amelynél egy automatát alkalmaznak, hogy definiált számú tisztítómozgást és definiált, konstans nyomást alkalmazzanak **(5.kép)**.



5. kép

Végül le kell szögezni, hogy egy objektív, abszolút megítélése ennek a tisztítási tulajdonságnak a mai napig nincs.

3. Pirolitikus zománcok

A pirolízis fogalmát a következőképpen lehet definiálni: Pirolízis a kémiai vegyületeknek termikus hatás alatti bomlása. Ez azt jelenti, hogy konkrét esetben, szükség szerint, felmelegítik az elszennyeződött sütőkamrát a használt sütőlemezzel együtt, kb. 1 óra hosszat, kb. 500°C-os speciális pirolízis fokozat segítségével. Ennél a szennyeződések pirolitikusan bomlanak és végül könnyebben eltávolíthatók. E magas hőmérséklet számára speciális, megfelelő zománcot kell alkalmazni, hogy a pirolízis ciklusának hibamentesen ellenálljon.

3.1 Tulajdonságok és hatáselv

Mivel a pirolitikus zománcok tulajdonképpen ETC zománcok is és csak ETC tulajdonságokat segíti a pirolízis ciklus, könnyen belátható, hogy a hatáselv alapja azonos az ETC zománcokéval, azaz:

- Sima felület, semmi/kevés tűszűrás, csekély fajlagos felület
- Jó kémiai ellenálló képesség
- Nagy felületi feszültség

A lesült élelmiszermaradékok tisztítás előtti pirolitikus bomlása által még könnyebb lesz az eltávolítás, mint normális ETC zománc esetében.

Az 500 °C pirolitikus fokozat miatt a pirolitikus tűzhelyeknél még a következő dolgokat is figyelembe kell venni:

- Ehhez megfelelő tűzhelykonstrukció és melegítés (feszültségeloszlás) valamint megfelelő biztonsági berendezések. Ez magasabb előállítási költséghez vezet, összehasonlítva a közönséges tűzhelyekkel.

- Speciális pirolitikus zománc alkalmazása, megfelelő lágyulási viselkedéssel, tágu-lási együtthatóval a mindenkori sütőkamra konstrukcióhoz alkalmas nyomófe-szültség biztosítása érdekében.

A pirolitikus ciklus után várható, hogy

- Az ételmaradék könnyebben eltávolítható
- A zománcban nem lép fel hajszálrepedés
- A zománcfelületen ill. a peremeken nem lép fel vetemedés

A lehetséges hajszálrepedés és fémesedés megítélésére a komplett sütőkamrát és a kritikus sík részeket, mint pl. a mély edények vagy erősen megmunkált darabok, mint pl. a forró levegő ventilátor fedőlemeze, beépítik a kísérleti tűzhelybe és hosszú ideig tartó tesztnek vetik alá. Egészen 120 ciklusig történik a vizsgálat. Az alkatrészek vizsgálatát beépített állapotban kell végezni, mivel a próbalemezeknél a pirolízis alatt nem lép fel feszültség és így a jellemző repedés sem figyelhető meg.

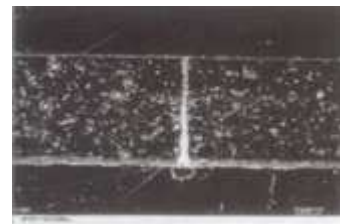
Új zománcok kifejlesztésére gyorsstesztként egy feszültségi tesztet dolgoztak ki. Ennél a feldolgozandó acélminőségből egy lemezcsíkot rögzítenek úgy, hogy abban a felmelegítés alatt az acél kitágulása által növekvő feszültségek alakulnak ki. A pró-bát kemencében 560°C-ra melegítik fel, és ezen a hőmérsékleten tartják egy órán keresztül. Lehűlés után megfigyelhető a lehetséges repedés, valamint a repedésből kiinduló esetleges fémesedés (**6.7.8. kép**)



6. kép



7.kép



8. kép

A szabványosított Klotz készülékkel (DIN 51 175) végzett feszültségmérés lénye-ges információt nyújt (**9.kép**). A lehetséges fémesedés a felületen 72 óra múlva 560°C-on mutatkozik meg.



9. kép

3.2 Tisztítási teszt

A pirolízis ciklus utáni tisztítási viselkedés megvizsgálására, a próbalapra sült-szaft és olaj keverékét viszik fel. A próbalapot sütőlemezre helyezve 250 °C hőmérsékletű sütőkamrába helyezik 3 órára. Utána egy pirolízis cikluson megy keresztül. Lehűlés után megvizsgálják, hogy az ételmaradék egy nedves ruhával eltávolítható-e. (10, 11. kép)



10. kép



11. kép

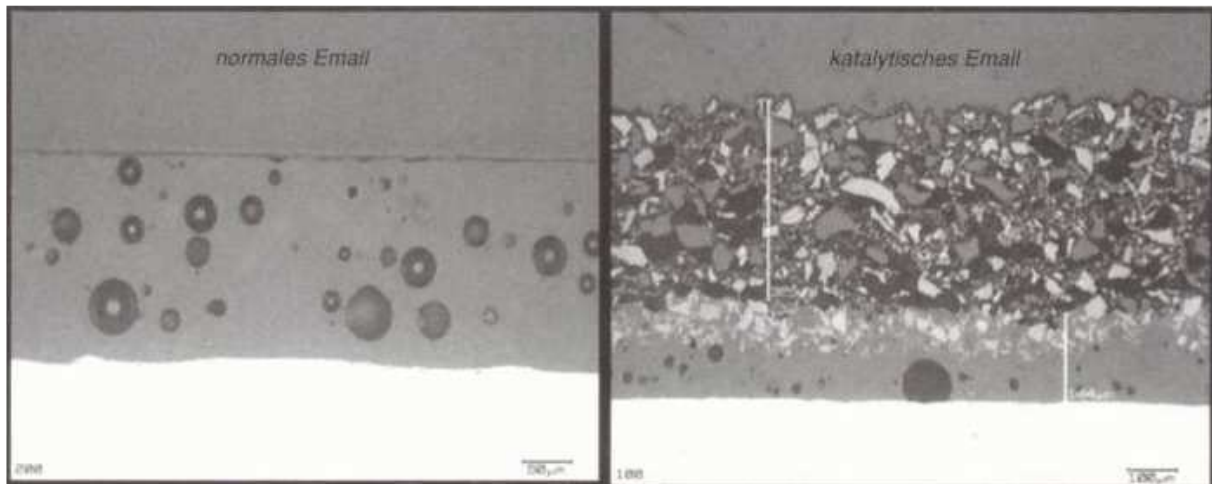
4. Katalitikus zománcok

A katalízis fogalma a következőképpen definiálható: katalízis a kémiai vegyületek képződése és bomlása, gyorsítva, lehetővé téve, irányítva olyan anyag által, amely maga ez alatt semmi észrevehető változáson nem megy át.

A katalízis előnye abban rejlik, hogy felemelt hőmérséklet nem szükséges, mint a pirolízisnél, és elkerülhető ezáltal a drágább sütőkamra konstrukció költsége. A katalízis hátránya a szükséges porózus zománcfelület. Ezáltal a katalitikusan bevont részek konvencionálisan nem tisztíthatók és dörzsállóságuk is korlátozott. Katalitikus bevonat található minden olyan részen, amely kézzel csak nehezen tisztítható, mint a tűzhelyfedő (a beépített elektromos grill felső része), a hátfal, a ventilátor részei a forró levegős tűzhelyeknél. Egyes cégek a teljes sütőkamrát, a fenék kivételével, katalitikus zománcsal látják el.

4.1 Tulajdonságok és hatáselv

Mint ahogy már említettük, a katalitikus zománcok, ellentétben más zománcfajtákkal, porózus rétegek. Ezeket a katalitikus zománcokat alapzománccra visztik fel. A 12. kép metszeteken mutatja be a normál és a katalitikus zománc felépítésének különbözőségét. Világosan látható a heterogén, durva, ásványi felépítése a katalitikus rétegnek. Ebben a rétegben vannak beépítve a kémiai elemek, amelyeknek katalitikus hatásuk van (vas, mangán, réz vegyületek). Az olaj és zsírcseppek, amelyek erre a felületre kerülnek, behatolnak a pórusokba és ott kapcsolatba kerülnek a katalizátorokkal. Sütés alatt megtörténik ezeknek a zsíroknak a katalitikus bomlása. A katalitikus zománcokat ezért öntisztuló zománcoknak is nevezik. A bomlás során mindenesetre C-tartalmú maradékok keletkeznek, amelyek az idők során mindig több pórust töltenek ki és ezzel a tisztító hatást csökkentik.

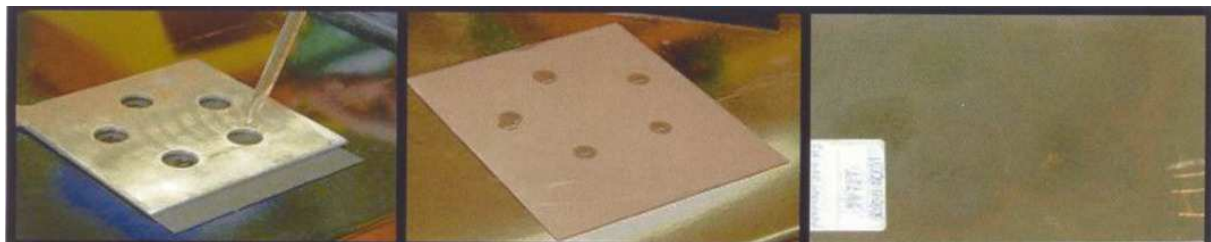


12. kép

4.2 Tisztítási teszt (ISO 8291)

Sablon segítségével szójaolaj cseppeket (20-25 mg) cseppentenek 20 mm magasságból a próbalap több pontjára. A próbalapot sütőlemezen 225°C hőmérsékletű sütőciklusra helyezik be a sütőkamrába többszörösen 1,5 órára. Minden lehűlés és az eredmény megvizsgálása után, az egyik helyre kevesebbet, mint az utolsó sütőciklusnál, ismét szójaolajat cseppentenek, mielőtt a következő sütés kezdődne.

A tesztszéria befejezése után megállapítják, hogy ugyanazon a helyen hány cseppentés után dugultak el a pórusok anyagmaradékkal és már nincs katalitikus hatás. Ez azzal állapítható meg, hogy a vizsgálati hely fényes az el nem bomlott olaj miatt. Ehhez általában 4-6 ciklus szükséges. (13. kép).



13. kép

Míg korábban a katalitikus zománcok, a részben ásványi jellegük miatt, csak nedves zománcokként álltak rendelkezésre, a 90-es években teljesen más felépítésűek lettek, ásványmentes, PUESTA katalitikus zománcokat fejlesztettek ki. Ezeknél a zománcoknál a katalitikus hatás 10-12 ciklus felett van és elvileg lehetséges a katalitikus hatást többször regenerálni. Ehhez, a pirolízis ciklus kivitelezéséhez hasonlóan, a sütőkamrát kb. 400°C-ra fel kell melegíteni. Ez a valamivel alacsonyabb hőmérséklet is természetesen megfelelő konstrukciót és fűtést igényel, hasonlóan, mint a pirolitikus tűzhelyeknél.

5. Gyártási paraméterek

Miután a tulajdonságokat, hatáselveket és vizsgálati módszereket ismertettük, és már bemutattuk, melyik részeket gyártják ezzel a zománctípussal, most röviden a zománc felhordását ismertetjük. Mint ahogyan a **3.táblázat** mutatja, a pirolitikus zománchoz DC03ED/DC06EK minőségű acélok szükségesek, míg más zománcokhoz DC01EK/DC04EK minőség is megfelelő. Minden zománchoz előkészítésként elegendő a csak zsírtalanítás. Minden zománctípus rendelkezésre áll nedves és PUESTA por alakban is. Csak a katalitikus zománcok igényelnek a kötéshez alapzománctot és az acélnak porózus réteg miatti korróziójának elkerüléséhez a két rétegű zománcozást. A megnövelt kémiai ellenállás miatt a zománcok, az alapzománctól a direktzománccig, az ETC zománcok, a pirolitikus zománcok mindig „keményebbek” és ezért magasabb beégetési hőmérsékletet igényelnek. A katalitikus zománcok a szokásos hőmérsékleten alkalmazhatók.

3.táblázat
Gyártási paraméterek

Eljárás	Alap-zománc	Direkt-zománc	ETC zománc	Pirolitikus zománc	Katalitikus zománc
Acél: DC01EK/DC04EK DC03ED/DC06EK	X	X X	X X	X	X
Előkezelés	Csak zsírtalanítás szükséges.				
Zománccelvitel:					
Nedves	X	X	X	X	X
PUESTA	X	X	X	X	X
1r/1é	X	X	X	X	
2r/1é					X
2r/2é					X
Égetési hőmérséklet (°C)		810-830	820-830	830-850	800-840

6. Összefoglalás

A **4. táblázat** a fontosabb pontokat foglalja össze. Általában le lehet szögezni:

- Ma az egyrétegű alapzománctot a sütőkamrák és a sütőlemezek számára csak ott alkalmazzák, ahol speciális minőségi követelmények nincsenek (alacsony árú piac)
- Nyugat-Európában a legalacsonyabb minőségi színvonalat a direktzománc jelenti. Nyugat-európán kívül (pl.: Kelet-Európa, Távolkelet, Afrika) az egyrétegű alapzománc még mindig standard típus, de ott is lassan növekszik a minőségi követelmény.

- A piac által követelt minőségtől és a vevő által fizetett ártól függően alkalmaznak:
 - Alapzománcot (egyrétegű)
 - Direktzománcot
 - ETC zománcot
 - Pirolitikus zománcot
- Katalitikus öntisztuló zománcokat egyértelműen megkülönböztetjük a többi zománc típustól, és meindenekelőtt a nehezen elérhető helyeken alkalmazzák
- A zománcgyártók jóvoltából folyamatosan javul a zománcok tisztíthatósága, ebből kifolyólag egyes nagyobb zománfelhasználók a zománcozott sütőlemezt nanotechnológia segítségével ETC pótbevonattal látják el, ezáltal még könnyebb a tisztántarthatóság.
- A pirolitikus zománccal bevont sütőkamránál a ráfordítást nemcsak a zománcköltség növeli, hanem a konstrukció, a fűtés és a biztonság költségei is. Az egyszerűbb tisztítás komfortját megfizeti a felhasználó, bár a megnövekedett költségen túlmenően az energiafelhasználás is növekszik a pirolízis során.

4.táblázat

	ETC zománc	Pirolitikus zománc	Katalitikus zománc
felületi minőség	nagyon sima	sima	nagyon durva
savállóság DIN EN 14483-1	A+/AA	A/AA	nincs
fajlagos felület	csekély	csekély	nagy
felületi feszültség	nagy	nagy	kicsi
a szennyeződés bomlása	nincs	termikus	katalitikus használat során
tisztíthatóság	nagyon jó	nagyon jó	öntisztuló
vizsgálati szabvány		(AFNOR)	ISO 8291