

A zománcozott felület és a rozsdamentes acél felületének összehasonlítása

David Fedak, Charles Baldwin, FERRO
(The Vitreous Enameller, 2007.58.2)

(Fordította: Barta Emil)

Összegzés

Különböző, a berendezések zománcbevonata szempontjából fontos tulajdonságot hasonlítottunk össze a rozsdamentes acéllal. Ezek a tisztíthatóság, karcállóság, kopásállóság, hőállóság és foltállóság. Egy új rozsdamentes acél fedőzománcot is bemutattunk.

Bevezetés

A rozsdamentes acél berendezések az elmúlt években nagyon népszerűek lettek, mivel a vevők előnybe részesítették a megelégedést és luxust tükröző csillogó felületeket. Sőt a csúcstermékek eladása kimagasló értékeket ért el. A legtöbb konyha újjáalakító könyv pártolja a rozsdamentes acél készülékek használatát, azok megtalálhatók a bemutatótermekben.

Sajnos, a szinte minden iparágban fellépő, rozsdamentes acéllal szembeni növekvő igény duplán sújtotta a zománcipart. Először is, a vevők inkább rozsdamentest vettek, mint zománcozottat. A rozsdamentes acélban levő magas nikkeltartalomnak köszönhetően növelte a zománcipar költségeit. 2005-ben a nikkeltermelés mintegy kétharmada ment a rozsdamentes iparba, és a nikkel árak 1989 óta ekkor voltak a legmagasabbak.

A tűzzománc fényesen csillogó bevonati anyag, mely egy időben képes védeni a hordozó felületét és díszíteni is azt, egy kompozit anyag, mely a legkiválóbb bevonati tulajdonságokkal rendelkezik. Általában alapzománcot és fedőzománcot különböztetünk meg. Az alapzománc kötő-oxidokat tartalmaz, melyek biztosítják a jó kötést az acélhoz, és általában sütőkamrák, tűzhelyrácsok, forróvíztárolók esetében alkalmazák, kettőscélú fekete zománcok. A pirolitikus alapzománc extrém hőállósággal rendelkezik, az öntisztuló sütők bevonására alkalmas, melyekben a szennyeződés hamuvá ég el 427 °C hőmérsékleten. A fedő zománcok további védelmet nyújtanak kémiai, fizikai behatásokkal szemben, vagy kozmetikai feladatokat látnak el, és alapzománcot igényelnek első réteggént. Alkalmazzák edényfedőknél, mosogatóknál, mosdóknál, grill rácsoknál, építészeti paneleknél. Néha alacsony hőmérsékleten beégő alumínium zománcot alkalmaznak közvetlenül az alumínium bevonására. Ezt elterjedten alkalmazzák főzőedények esetében.

A rozsdamentes acél 10%-nál több krómot tartalmazó ötvözött acél. A felületen paszszív króm-oxid réteg keletkezik, ez fokozza a korrózióállóságát. Alkalmazzák kések, nyílászárók, evőeszközök, burkolóelemek, vegyipari berendezések, élelmiszeripari berendezések, konyhai berendezések gyártásánál.

A rozsdamentes acélt az ötvözetben jelenlevő vas fázis szerint osztályozzuk. A magas hőmérsékletéről történő ausztenites acél hirtelen lehűtésével kialakított, martenzit tartalmú rozsdamentes acél, a 410, 420, vagy 440C, kemény és korrózióál-

ló. Ezt evőeszközök, turbina lapátok, és más nagyhőmérsékletű alkalmazások esetében használják.

A ferrites rozsdamentes acél (409, 430, 439, 444) sokkal korrózióállóbb, mint a martenzites típus, így salétromsav szállításnál, víztartályoknál, élelmiszer előállításnál, autódíszeknél, kemencéknél és turbináknál alkalmazzák.

Az ausztenites rozsdamentes acél (304, 304L, 308, 310, 316L, 317, 321, 347) nem mágnesezhető, jó kombinációját adják a korrózióállóságnak, magas hőmérsékletű szilárdságnak és könnyen megmunkálhatók. Jól terhelhetők hideg megmunkálással. A 304-es ausztenites acélt széles körben alkalmazzák berendezéseknél, ahol a 430-ast is alkalmazzák még. A berendezéseknél a rozsdamentes acél felülete általában polírozott.

A rozsdamentes acél hajlamos az érzékenyítésre. 538-816 °C között tartva, komplex króm karbidok válnak ki a szemcsehatárokon. Ez nemkívánatos szemcseközi korrózióhoz vezet. Ez a jelenség hőkezeléssel, vagy extra alacsony széntartalmú acél (304L) használatával kiküszöbölhető. A ponthegeztés, különösen ferrites acélnál, igényel ilyen hőkezelést a probléma kiküszöbölésére.

Számos vizsgálati eljárás van, mely összehasonlítja a tűzzománc és a rozsdamentes acél tulajdonságait a vevő számára fontos kritériumok alapján. A vizsgált tulajdonságok a következők: keménység, kopásállóság, ütésállóság, szobahőmérsékletű foltállóság, tisztíthatóság.

Az **1. táblázatban** felsorolt ötféle zománcot hasonlítottuk a 304-es polírozott rozsdamentes acéllal össze. A négy acéllemez rendszer száraz elektrosztatikus zománczással készült. A 2C1F fehér fedőzománcot (Ferro PC46C, PL5-ön) és a 2C1F szivacsos fedőzománcot (FerroPC168C) kifejezetten főzőlapokon alkalmazzák. A pirolitikus alapzománcot (FerroPL62D) öntisztuló sütők belsejében alkalmazzák, mert jó hőállóságuknak köszönhetően több pirolitikus tisztítási ciklust elvisel. A fekete kétfunkciós alapzománcot (FerroPL206) a 2C1F zománcok alapzománcaként alkalmazzák, elég jó minőségű felületet ad önmagában alkalmazva is, mint fekete zománc.

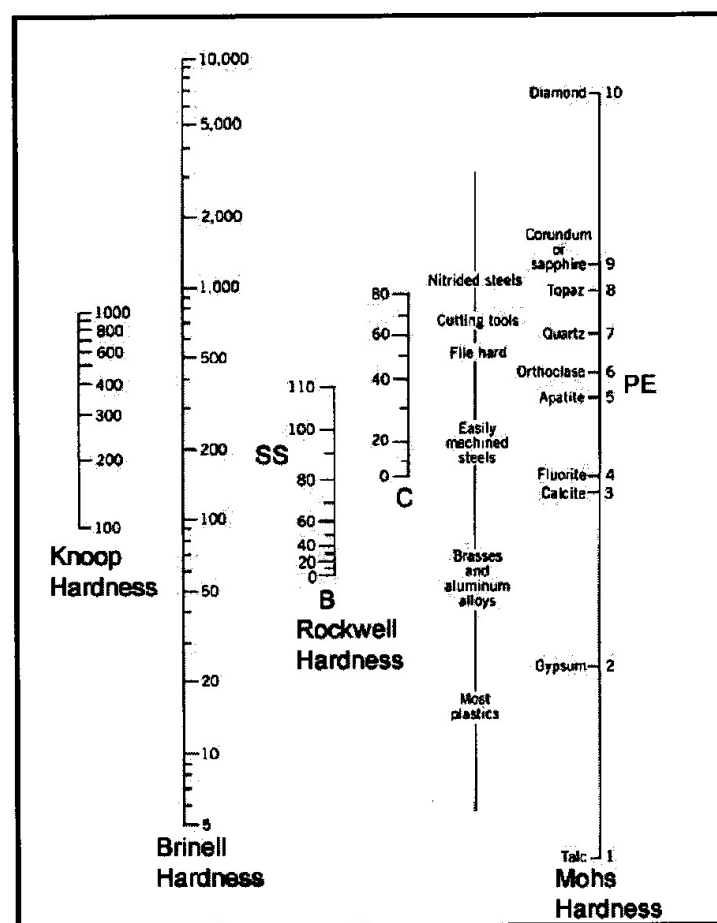
A főzőedények azonban készülhetnek rozsdamentes acélból és zománcozott alumíniumból is. Ezért a rozsdamentes acél alternatívájaként az alumínium-zománcot (Ferro GL4317) is megvizsgáltuk.

Zománc	Hordozó	Égetés
2C1F fehér fedőzománc	acéllemez	821 °C
2C1F szivacsos fedőzománc	acéllemez	821 °C
Pirolitikus alapzománc	acéllemez	838 °C
Fekete kétfunkciós alapzománc	acéllemez	821 °C
Ólommentes alumíniumzománc	3003 alumínium	560 °C

1. táblázat:
Vizsgált zománcok

A keménységet úgy határozzuk meg, hogy mérjük az anyag ellenálló képességét a helyileg kialakított plasztikus deformációval, pl. karcolással szemben. Különböző mérési eljárásokat alkalmaznak a könnyen karcolható, mint pl. a festékek, hajlékony fémek, a kemény de törékeny kerámiák, anyagok vizsgálatára. A szerves festékeket az ASTM D 33630-00 – „Film keménység mérése ceruza tesztel” szabvány szerint vizsgálják. Itt a bevonat rajzolással történő felsértéséhez szükséges erő a keménység mércéje. Fémek esetében a Knopp, Rocwell vagy Brinell keménységi teszt használatos, melynél szabványos henger okozta deformáció mérése a mérce. A kerámiákat a gyémánthoz viszonyítva a Mohs skála szerint mérjük. A Knopp, Brinell, Rockwell B, Rockwell C és a Mohs skála az **1. ábrán** látható.

Az **1. ábrán** A **SS** pont a 304-es rozsdamentes acél 88HRB-s (Rockwell B) keménysége. A **PE** pont egy hagyományos zománc 5-6- os keménysége a Mohs skálán.



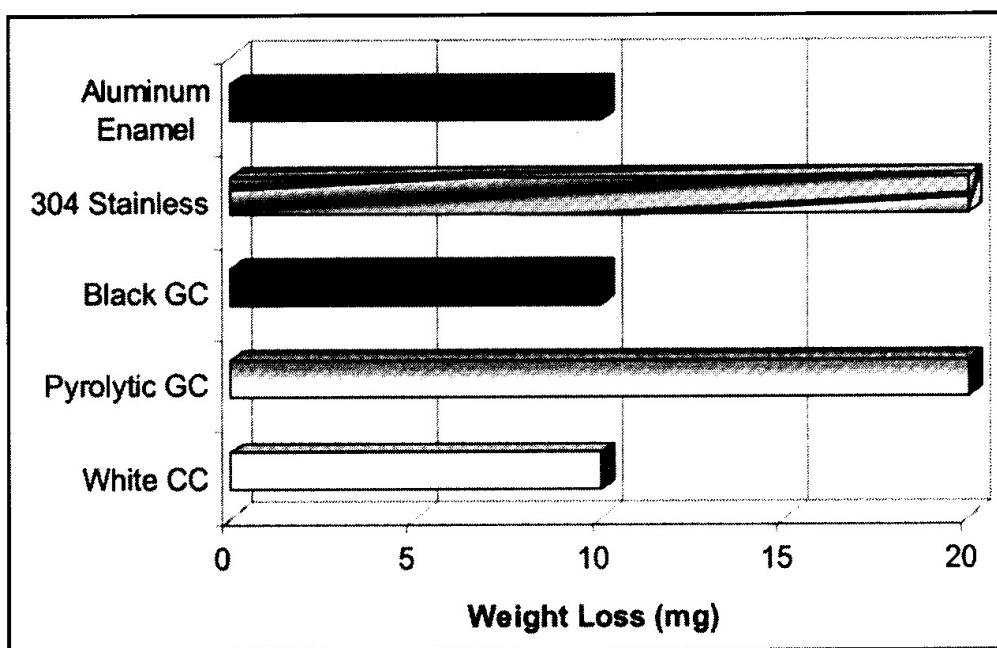
1. ábra:
Különböző keménységi skálák összehasonlítása

A tűzzománc és a rozsdamentes acél felületét ceruza tesztnek vetettük alá. Az összes zománc a skálán kívül volt, és a 9H-s ceruzával nem lehetett megkarcolni. Azonban a rozsdamentes acél a puhább 5H-s ceruzával karcolható volt. Ez meggyezi az **1. ábrán** jelzett állapottal, mely szerint felülete puhább a zománc felületénél.

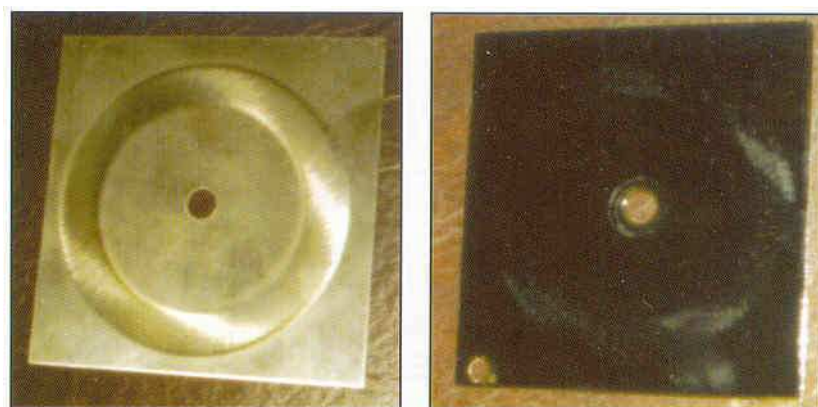
A kopásállóságot az ASTM D 4060-95 –"Taber-féle kopásvizsgáló szerves bevonatok kopásállóságának meghatározására" szabvány szerint vizsgáltuk.

A lemezeket 2000 koptatási cikluson futtattuk át CS-17 keménységű kereket alkalmazva, 1kg terhelés mellett, és mértük a súlyvesztést. Az adatok a **2. ábrán** láthatók.

A **2. ábra** szerint, a rozsdamentes acél és a zománc tömegvesztése hasonló, ám ez a különbség nem látható a karcállóság esetében. A **3. ábrán** látható, hogy a rossz karcállóságnak köszönhetően a rozsdamentes acél koptatott felülete (bal) szemmel láthatóan jobban károsodott, mint a kétfunkciós alapzománccal bevont lemez felülete (jobb), amely alig mutat dörzsölés okozta károsodást.



2. ábra:
Taber-féle kopásállósági teszt eredményei



3. ábra:
Próbalemezek koptatás után

A pattogzás súlyos esemény a zománciparban. Ütés hatására a rozsdamentes acél deformálódik, valószínűleg behorpad, de nem megy teljesen tönkre.

Azonban a rozsdamentes acél esélye arra, hogy megkarcolódjon, és vizuálisan sérüljön, nagy. A zománcoknál, a konstrukciós kialakítás és a fritt összetétele lehetővé teszi, hogy a pattogzás minimális legyen. Ráadásul a zománcfelület könnyedén elfedi a fémfelület sajtolási hibáit és karcolásait, melyek a rozsdamentes acél esetében igen költséges selejtet eredményeznek.

A foltállóságot hat élelmiszer és három tipikus háztartási tisztítószer alkalmazásával vizsgáltuk.

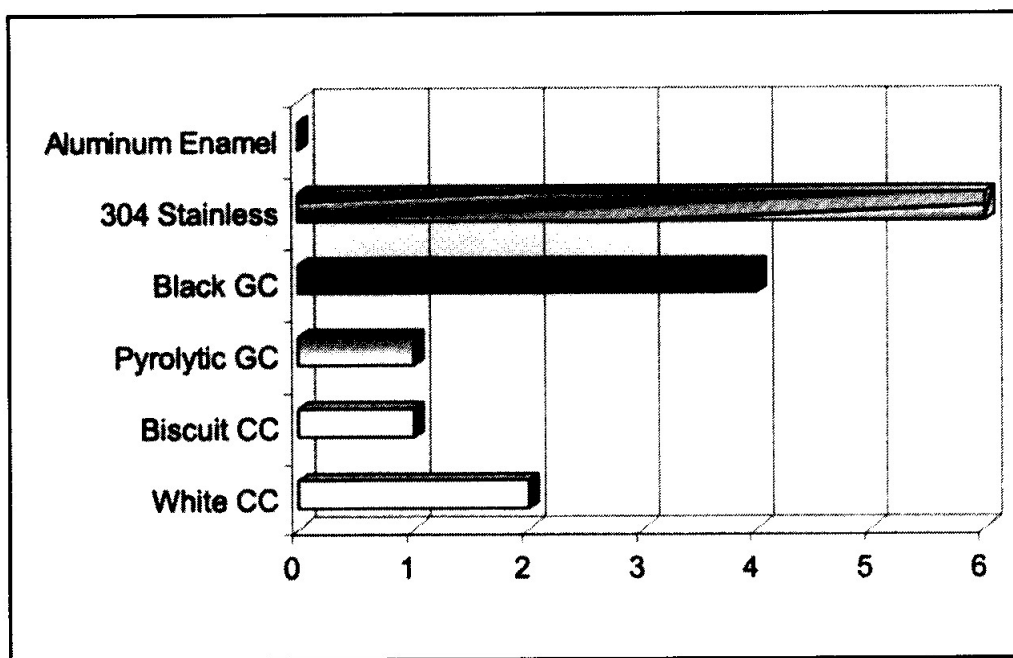
Az élelmiszerek az alábbiak voltak: barbecue szósz (Bullseye Original), Heinz ketchup, citrom juice (RealLemon), Heinz Worchestershire szósz, Twinings Earl Grey tea, és Heinz ecet.

A tisztítószer az alábbiak voltak: Easy Off, 409 és ammónia (Topco Top Crest)

Az Easy Off 5% NaOH-ot tartalmaz, magas pH-jú, erősen lúgos anyag.

A 409-es szer felületaktív anyagokat, valamint kis mennyiségű NaOH-ot tartalmaz propil-alkoholban oldva.

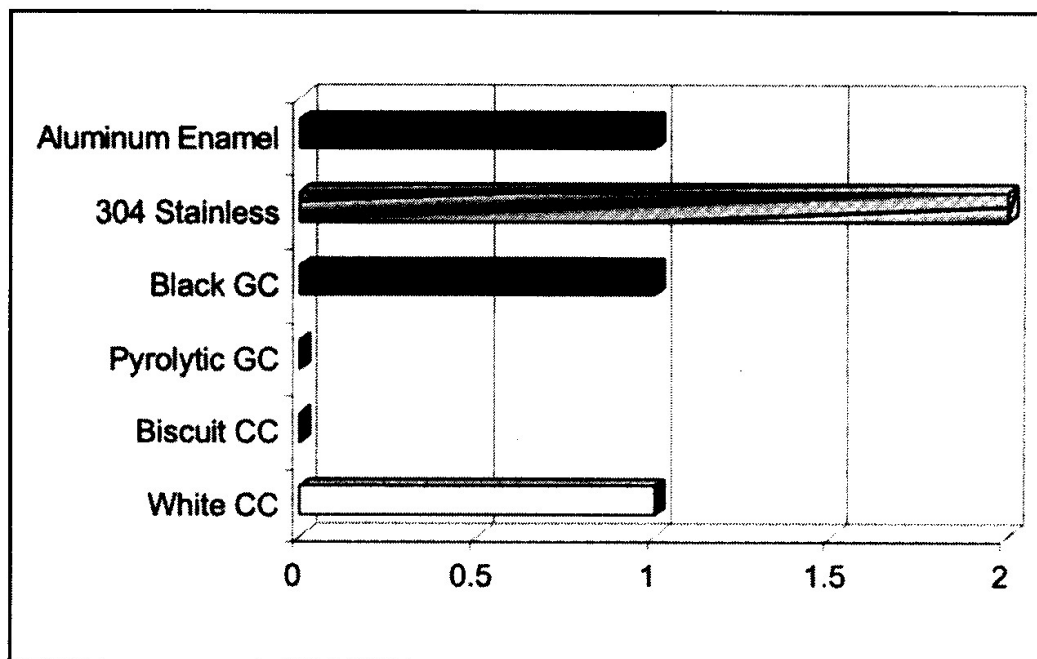
Az élelmiszereknél a szennyező foltot óraüveggel lefedve 48 órát hagyták a felületen, majd a tisztítószer a szennyezett felületen 24 órán keresztül óraüveggel lefedve hagyták hatni. A nulla jelenti azt az esetet, amikor nem keletkezett folt, míg az egyes a folyamatos foltot jelenti. A bevonat szennyeződését a foltok teljes számával adtuk meg.



4. ábra:
Élelmiszerekkel végzett foltpróba eredményei

Az ételalapú szennyeződések eredményeit a **4. ábra** mutatja. A össze tűzzománc, az alumínium zománc kivételével, foltos lett az ecettől. A fehér fedőzománc és a fekete kétfunkciós alapzománc foltos lett a citromlétől, és a ketchupról szintén foltos lett a fekete alapzománc. Összehasonlításként mind a hat szennyező enyhe nyomot hagyott a 304-es acélon.

A tisztítószer teszt eredményei az **5. ábrán** láthatók. A fehér fedőzománc és az alumínium zománc foltos lett az ammóniától. A 409-es szer folyamatos nyomot hagyott a fekete alapzománcon. A rozsdamentes acél mindkét szertől foltos lett.

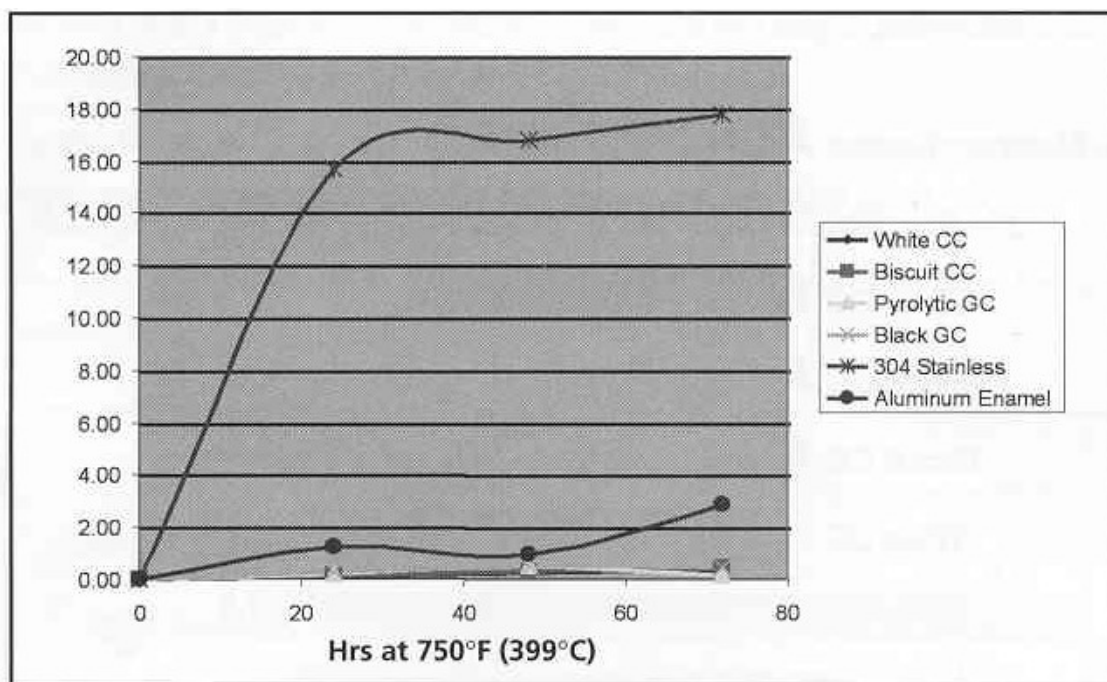


5. ábra:
Tisztítószerrel végzett foltpróba eredményei

A hőállóság meghatározásánál „Lab” színtesztet végeztünk DataColor International Specraflash SF450 színvizsgáló berendezéssel. „L” méri a fényességet, „a” méri a vörös vagy a zöld mennyiségét, „b” méri a sárga vagy kék mennyiségét. Következésképpen a rozsdamentes acélnál a csiszolatra nézve mindig ugyanabban a helyzetben mértünk. A lemezeket 399 °C-on tartottuk 72 órán át. Minden 24 órában a lemezeket kivettük a kemencéből, hűtöttük, majd megmértük a színparamétereket. A színváltozást ΔE az alábbi egyenlettel határoztuk meg:

$$\Delta E = \sqrt{(L_i - L_f)^2 + (a_i - a_f)^2 + (b_i - b_f)^2}$$

A **6. ábra** mutatja, hogy a rozsdamentes acél gyorsan változtatta színét, $\Delta E=16$ 24 óra elteltével 399 °C-on. Vizuálisan ez a sárga érték hirtelen emelkedését és a fényességi érték csökkenését jelentette. A zománcok enyhe vagy semmi színváltozást mutattak, az alumínium zománc egy picit nagyobb fényességet és több sárgát tartalmazott, valószínűleg azért, mert a vizsgálati hőmérséklet közel volt az égetési hőmérsékletéhez.



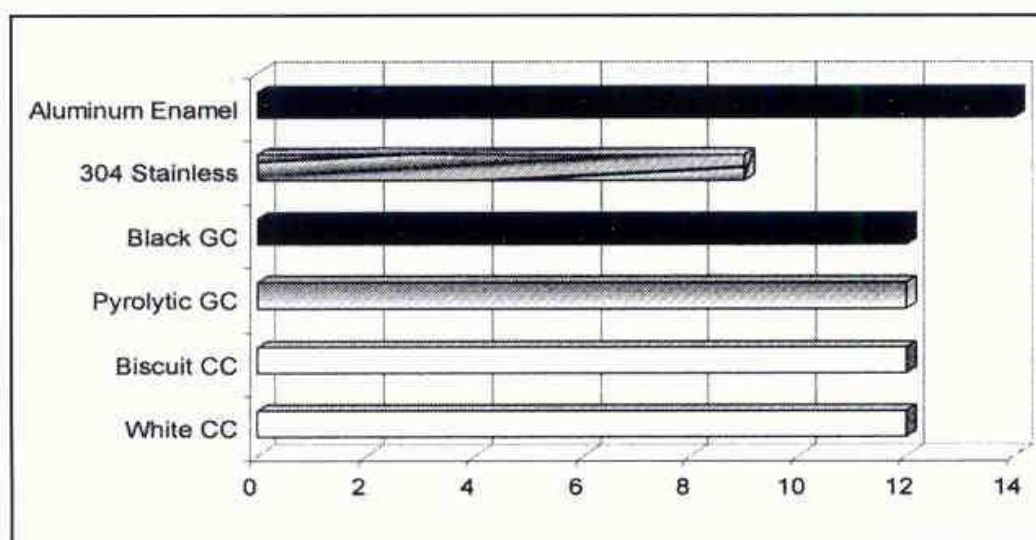
6. ábra:
Színmérés eredményei

A tisztíthatóságot az európai FAN (Easy-to-Clean) teszt szerint határoztuk meg. Először hét acélgyűrűt ragasztottunk a bevonat felületére. Majd a gyűrűket feltöltötték az alábbi anyagokkal: szőlőlekvár, tojáshab, ketchup, sózott tejporból készült tej, citromlé, olívaolaj, hússzaft. A próbalapokat 232 °C-on 1 órán keresztül sütöttük. Ez által a gyűrűk a sütés után eltávolíthatók lettek. A tisztíthatósági értékeket a **2. táblázatban** megadott kritériumrendszer alapján határoztuk meg. A maximális 42 pont a teljesen tiszta felületet jelenti, 0 pontnál az összes ráégett maradék nehezen eltávolítható.

A tisztíthatósági vizsgálat eredményei a **7. ábrán** láthatók. A szőlőlekvár nem volt eltávolítható egyik felületről sem. Rozsdamentes acélnál a ráégett tojás, olívaolaj és hússzaft hagyott foltot. Ezek a zománcokon nem hagytak foltot.

Eltávolítás	Folt	Fokozat
Erőteljes	Nem	6
Erőteljes	Igen	5
Papírtörölővel dörzsölve	Nem	4
Papírtörölővel dörzsölve	Igen	3
Fém szivacs	Nem	2
Fém szivacs	Igen	1
Nem eltávolítható	Igen	0

2. táblázat
Tisztíthatósági teszt pontozási rendszere



7. ábra:
Tisztíthatósági teszt eredményei

Az összehasonlítási vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a tűzzománc nehezebben karcolható, sokkal foltállóbb, sokkal hőállóbb, és könnyebben tisztítható, mint a rozsdamentes acél. Az eredmények azt mutatják, hogy a rozsdamentes acél használhatósági szempontból a tűzzománcnál gyengébb. Mivel a vásárlók előnybe részesítik a rozsdamentes acél színét, kifejlesztettünk egy olyan tűzzománcot, mely megjelenésében a rozsdamentes acélhoz hasonló.

Fém pigmenteket használva, alacsony hőmérsékleten (538 °C) beégő zománcot fejlesztettünk ki, melyet alumínium vagy alumíniumozott acél felületére lehet felvinni. Szintén ki lett fejlesztve egy acéllemez bevonására alkalmas, magasabb hőmérsékleten (816 °C) beégő zománc. A saválló acél kinézetű zománc látható a 8. ábrán, a hátsó védőfedélen, a főzőlapon és a sütőajtón.



8. ábra:
Rozsdamentes acél kinézetű zománc

Összegzésként elmondható, hogy a rozsdamentes acélból készült berendezések népszerűek lettek a piacon, mivel a vevőknek teszik a rozsdamentes acél színe, ami megelégedettséget és luxust tükröz. Azonban a zománc kinézete sok esetben sokkal jobb. A zománc karcállóbb, hőállóbb, könnyebb tisztítani. Ezért az újonnan kifejlesztett rozsdamentes acélra emlékeztető fémes zománc ugyanazt az érzést mutatja, mint a rozsdamentes acél, párosulva a zománc előnyös tulajdonságaival.