

# Gondolatok a DIN-ISO 6370 - Üvegrománbevonatok kopásállóságának vizsgálata - körül

Barta Emil, Lampart Vegyipari Gépgyár RT.

A XIII. Nemzetközi Zomán Konferencia előadása, 1998. április 20-23., Párizs

## Bevezetés

Az üvegrománok keménysége általában 600-700 Vickers, 6-7 Mohs közötti értékű. Ez a körülmény a bevonatoknak kedvező kopásállósági tulajdonságokat kölcsönöz.

Kopáson a felületek mechanikai igénybevétel általi elhasználódása értendő, egyidejű anyaglehordás mellett. A románbevonatok különböző részecskékkel szemben tanúsított kopásállósága főként a koptató részecskék keménységétől, alakjától, szemcsemegoszlásától és koncentrációjától függ, továbbá függvénye a befogadó folyadéknak. A kopásállósággal a román mechanikai elhasználódással szembeni ellenállóképességét akarjuk definiálni.

A vizsgálatok során nyert adatok alapján csak akkor vonhatók le következtetések a gyakorlati igénybevételre nézve, ha a mérés a gyakorlatot reprodukálja. A vizsgálatokat az eredmények használhatósága érdekében az aktuális körülmények között kellene végezni. Ezért olyan vizsgálati eljárásra lenne szükség, mely lehetővé teszi a gyakorlatban felmerülő kopás lehetőleg pontos reprodukálását. Ez a követelmény természetesen nehezen teljesíthető, ám az elvárható lenne, hogy a szabványos vizsgálat valamivel kézzelfoghatóbb eredményt szolgáltatson és korrekta mérés végrehajtására ösztönözzön.

A kopásvizsgálat lehetőséget ad különböző románbevonatok összehasonlítására, továbbá kopásállóbb termékek kifejlesztésének alapját is képezi.

A következőkben ismertetem a szabvány szerinti kopásállósági vizsgálat eszközeit, a vizsgálat módját, ismertetem a kiértékelés módjával és az eredmények összehasonlíthatóságával kapcsolatos gondolataimat. Végül néhány demonstrációs kísérleten bemutatom a kopásállósági ráta alakulását és az e téren végzett kísérleteim eredményét.

## A kopás definíciója

A DIN 50 320 szerint koptatás alatt műszaki értelemben a használati tárgyak felületének olyan nem kívánatos változását kell érteni, ami kis részecskék mechanikus hatásra történő leválása során következik be.

A tisztán mechanikus kopást a gyakorlatban vegyi vagy elektrokémiai folyamatok tetőzik.

## Üvegrománbevonatok kopásállóságának vizsgálata

Az üvegrománbevonatok kopásállóságának vizsgálatát a DIN-ISO 6370 szabvány rögzíti.

### Az eljárás rövid leírása

Három egyformán románcozott próbatestet és három üvegből készült etalont a vizsgáló készülékbe be kell fogni és egyidejűleg, ugyanakkor egymástól elválasztva korund, acélgolyó és víz mozgásban levő keveréke koptató-igénybevételének háromszor 30 perc időtartamra ki kell tenni. A koptatás nagyságának mértékéül a  $W_{Dm}$  súly szerinti kopásarány szolgál, ami a három próbatest és a három etalon súly szerinti abszolút kopásának átlagából kerül kiszámításra.

### Vizsgálókészülék

A vizsgálóberendezés az alábbi részekből áll.

- Felfogóasztal hajtóművel (1.ábra)

A mintegy 10 mm vastag könnyűfémből készült felfogóasztal horizontálisan úgy van egy excenter hajtóműre ráhelyezve, hogy a vizsgáló készülék működése közben a felfogóasztal minden pontja  $22 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$  átmérőjű vízszintes kört fut be. A felfogóasztal akkora, hogy arra egyidejűleg hat próbatest tartó fogható fel. Az excenter forgófrekvenciájának  $300 \text{ min}^{-1} \pm 3 \text{ min}^{-1}$  -nek kell lennie.

- Próbatest tartó (2.ábra)

A kopásvizsgáló készülékhez 6 db próbatest tartó tartozik. A próbatest tartó gumival bélelt könnyűfémből készült. A gumidugóval zárható felső nyílás a koptatókeverék be- és kitöltésére szolgál.

- Golyók

A golyóknak DIN 17 440 szerinti rozsdamentes acélból, pl.: X 40 Cr 13 ( anyagszám: 1.4034) kell készülni és edzett kivitelűeknek kell lenni.

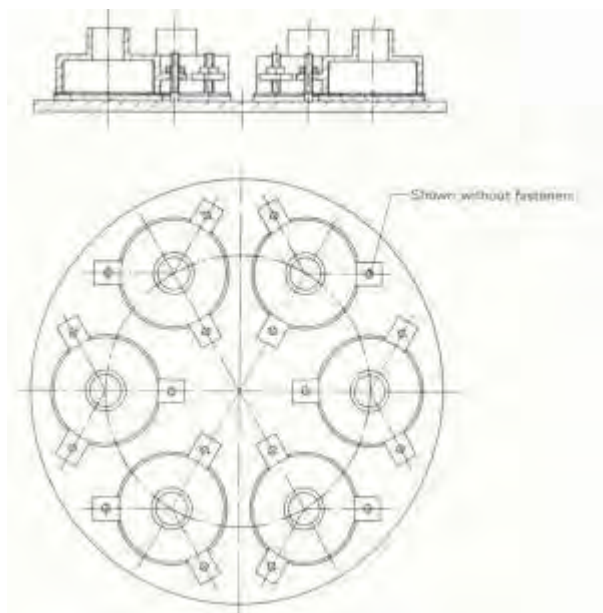
Szükséges: 500g golyó DIN 5401 - 4 mm  
400g golyó DIN 5401 - 3 mm  
250g golyó DIN 5401 - 2 mm

- Csiszolóanyag  
80-as szemcsenagyságú elektrokorundból készült csiszolószemcse.
- Egyéb szükséges eszközök
  - Mérleg, legalább 200g teherbírású , 0,1 mg pontosságú analitikai mérleg.
  - Exsikkátor, a próbatetek tömegmérés előtti kezelésére
  - Szárítószekrény, alkalmas legalább 130 °C-os hőmérséklettartására, a próbatetek tömegmérés előtti kezelésére.
  - Mérőhenger
- Próbatestek  
A próbateteket a megfelelő alapfémre a DIN-ISO 2723 ill. DIN-ISO 2724 szabványnak megfelelően kell készíteni. A próbatest anyaga 2 mm vastag zománcozható acéllemez.

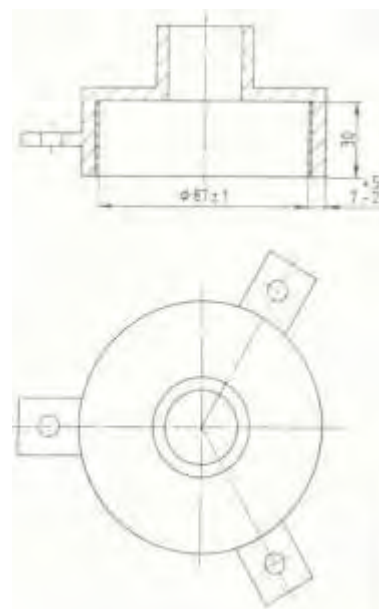
## A vizsgálat lefolytatása

A vizsgálatot 3 db próbatesten és 3 db etalonon kell egyidejűleg végezni. Minden próbatest tartót fel kell tölteni 80g 4 mm-es, 60g 3 mm-es, 35g 2 mm-es golyóból álló golyókeverékkel, valamint 20 ml  $\pm$  0,2 ml vízzel és 3g  $\pm$  0,01g csiszolóanyaggal és gumidugóval le kell zárni.

A próbatest tartó szerelvényt fogjuk fel az asztalra. Indítsuk el a készüléket és működtessük 30 percig. Az idő lejártával a próbateteket, a próbatest tartókat szedjük szét, a próbateteket vízzel gondosan öblítsük, majd szereljük össze, töltsük fel, zárjuk le. Indítsuk a készüléket és üzemeltessük további 30 percig. Az eljárást még egyszer ismétljük meg. A koptatási igénybevételnek összesen háromszor 30 percig kitett próbatetek kerülnek kiértékelésre.



1.ábra: Befogóasztal



2.ábra: Próbateestartó

## Kiértékelés

A  $D_m$  súlyvesztéséget minden próbatestre és etalonra meg kell határozni. A súly szerinti kopáshányad az (1) egyenlet szerint kerül kiszámításra:

$$W_{Dm} = \frac{D_{m_{p1}} + D_{m_{p2}} + D_{m_{p3}}}{D_{m_{v1}} + D_{m_{v2}} + D_{m_{v3}}}$$

ahol

$D_{m_{p1}}$ ,  $D_{m_{p2}}$ ,  $D_{m_{p3}}$  - a három vizsgált próbatest súlyvesztesége

$D_{m_{v1}}$ ,  $D_{m_{v2}}$ ,  $D_{m_{v3}}$  - a három vizsgált etalon súlyvesztesége

## A kiértékelés elmélete és a gyakorlat

Az előbb leírtakban láthattuk, miként működik a DIN szerinti kopásvizsgálat továbbá, hogy miként történik a mérési eredmények kiértékelése. A DIN szabvány pontos betartása mellett a gyakorlathoz közeli meghatározás sajnos nem valósul meg, így a vizsgálat csupán összehasonlító jelleggel bír. A szabvány kidolgozásánál valószínűleg ez is volt a cél. Erre utal a kiértékelésnél kapott viszonyszám ( $W_{Dm}$ ). Ha jól meggondoljuk, ez a vizsgált zománcot egy számskála valamely pontján helyezi el, megmondja hogy az adott zománc jobb vagy rosszabb a másiknál. A gyakorlati szakember számára nem ad számszerű elképzelés kialakítására támpontot a bevonat kopásállóságával kapcsolatban.

A zománcozott vegyipari gépgyártók ezért az etalonhoz való összehasonlítást nem alkalmazzák, a kiértékelés során a kopásállósági rátát az egységnyi felületen egységnyi idő alatt bekövetkező tömegveszteséggel számszerűsítik az alábbiak szerint:

$$v_a = D_m / (A \cdot t)$$

ahol: -  $D_m$  - a tömegveszteség (mg)

-  $A$  - támadási felület (cm<sup>2</sup>)

-  $t$  - a vizsgálati idő (óra)

Az így kapott értékek "kézzelfogható" számszerűsített értékek, belőlük a valósággal párhuzamosítható következtetések azonban továbbra sem vonhatók le. A koptató közegre nézve ad némi felvilágosítást a bevonat élettartamáról. Ebben az esetben is, mint az eredeti szabvány szerinti összehasonlításban, **az összehasonlítás csak azonos sűrűségű bevonatok esetében** alkalmazható.

Felmerül a kérdés, vajon a bevonat élettartama szempontjából a tömegveszteséggel lehet e a legjobban kifejezni a kopásállóságot. Kétségtelen, hogy mérés-technikai szempontból ez a módszer a legbiztonságosabban kivitelezhető megoldás, ám a mérés nem számol a koptatás során bekövetkező rétegvastagág csökkenéssel.

A bevonatok sűrűségét a zománcfritt összetételén kívül a malomadalékok valamint a bevonat buborékszerkezete is befolyásolják. A vegyipari zománcok esetében ez fokozottan jelentkezik, mivel a mechanikai tulajdonságok javítására ez az egyedüli lehetőség. Következésképpen nem tekinthető minden zománc azonos sűrűségűnek.

Általában zománcfrittek esetében 2,5-2,6 g/cm<sup>3</sup>, míg beégetett zománcréteg esetében 2,2-2,4 g/cm<sup>3</sup> sűrűségről beszélünk. Cirkon tartalmú zománcok esetében a sűrűség ennél lényegesen nagyobb is lehet. Vegyipari zománcok esetében az utóbbi időben elterjedten alkalmazzák a mechanikai és hőfizikai tulajdonságok, valamint a kémiai ellenállóképesség javítására a cirkont, malomra adalékolt vagy beolvasztott formában.

Megvizsgáltuk egy "A"-zománc sűrűségének cirkontartalomtól való függését. A cirkont malomra adalékolva adtuk a zománchoz. A zománciszapból bevonatot készítettünk és mértük a bevonat térfogatsűrűségét és sűrűségét. Az eredményeket az 1. táblázat tartalmazza:

1. táblázat

	CIRKON TARTALOM (%)		
	0	15	30
<b>Térfogatsűrűség (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2,4	2,7	3,0
<b>Sűrűség (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2,6	2,8	3,2

Láthatjuk, hogy a térfogatsűrűség és a sűrűség a cirkontartalom növelésével nő, a térfogatsűrűség kisebb mint a sűrűség.

Mivel a bevonatok sűrűsége különbözhet, így a DIN szabvány szerinti összehasonlítás során előfordulhat hogy a tömegveszteség szerint azonosnak minősített zománcok különböző rétegvastagságcsökkenési értékkel rendelkeznek.

Előfordulhat, hogy egy tömegvesztés alapján jobbnak minősített zománc a koptatás hatására nagyobb rétegvastagságcsökkenéssel rendelkezik, mint egy rosszabbnak minősített zománc.

A felhasználó számára pedig nem közömbös, mennyi idő alatt kopik le a zománcreteg a hordozófémről. Számára az a fontos hogy a koptatás során létrejövő rétegvastagság változás a lehető legkisebb legyen.

**Ha korrekt összehasonlítást szeretnénk végezni, különböző sűrűségű bevonatok esetében a koptatás alatt bekövetkező térfogatvesztéssel is számolni kell.**

Technikailag ez vagy a sűrűség mérésével és a számításnál történő figyelembevételével, vagy a vastagságváltozás közvetlen mérésével valósítható meg.

A további vizsgálatokat ez irányban végeztem.

## Kísérletek

Kísérleteimben vizsgáltam a kopásállóság időfüggését a tömegvesztésre és a rétegvastagságcsökkenésre vetítve, valamint a kopásállósági ráta alakulását az idő függvényében és az egyes mérési periódusokban. A vizsgálatokat a koptatóanyag periódusonkénti frissítésével és frissítés nélkül is elvégeztem. Vizsgáltam különböző zománcok kopásállósága és sűrűsége közötti összefüggést.

## Sűrűségmérés

Kétféle sűrűségről beszélhetünk. Egyrészt a tömör zománc sűrűségéről, mely piknométerrel mérhető és a zománcösszetételtől függ, másrészt a bevonat térfogatsűrűségéről, mely az előbbin kívül a bevonat buborékstruktúrájától is függ. Meghatározható az alapzománcmentes bevonat piknométerrel történő sűrűségmérésével, vagy hidrosztatikai mérleg segítségével.

## Rétegvastagságmérése

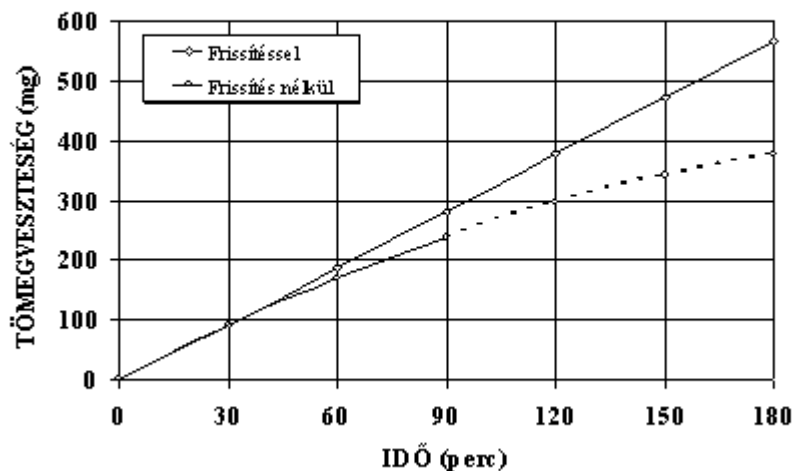
A koptatás során bekövetkező térfogatcsökkenést legkönnyebben vastagságméréssel követhetjük. A kopásállóság a vastagságváltozással a tömegmérés elhagyásával is kifejezhető a mintalapon végzett nagyszámú méréssel és az értékek statisztikus kiértékelésével. Méréseimnél FISCHER Deltascop MP3C típusú rétegvastagságmérőt és FCC100 kiértékelő szoftvert használtam.

## A kopásállóság időfüggése

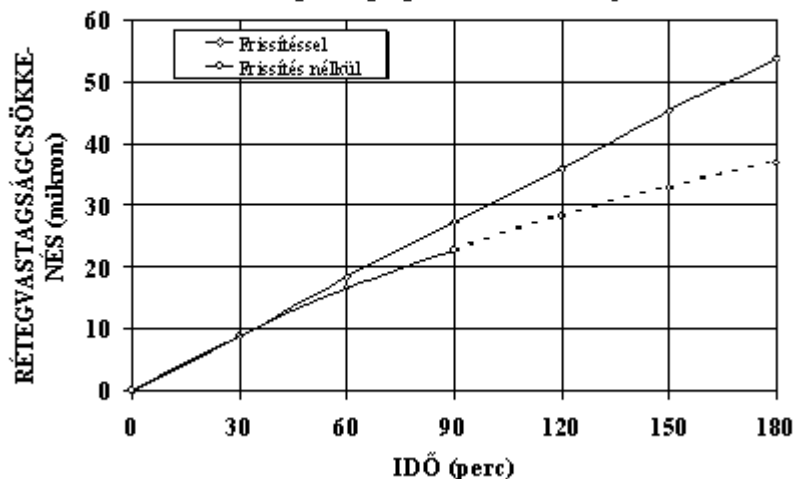
A kopásállóság időfüggését a koptatóanyag frissítése nélkül és annak frissítésével végeztem. A *koptatóanyag frissítése* alatt a szabványban rögzített 30 perces periódusokban történő mérést értek, minden periódusban kimosott és újra töltött mintatartókkal. A *koptatóanyag frissítése nélkül* végzett

mérés alatt folyamatos, egyszer feltöltött mintatartókkal történő mérést értek. A méréseket növelt vizsgálati idő mellett is elvégeztem. A mérési eredményeket az 1.-2. ábra mutatja.

**1. ábra**  
**A kopásállóság időfüggése**  
**tömegvesztésben kifejezve**



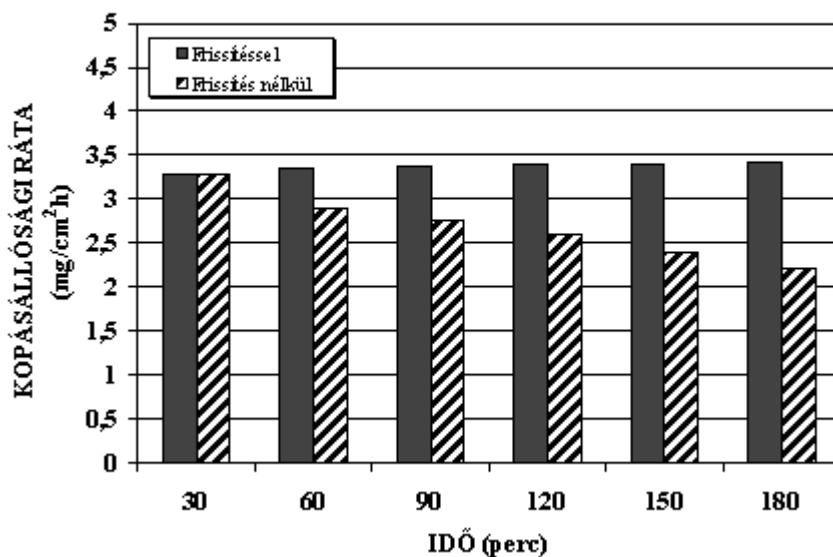
2. ábra  
A kopásállóság időfüggése  
rétegvastagságcsökkenésben kifejezve



A mérési eredményekből megállapítható, hogy a koptatás során kialakuló tömegveszteség és rétegvastagságcsökkenés gyakorlatilag lineárisan növekszik a koptatási idő előrehaladtával. A koptatóanyag frissítése nélküli esetben az összefüggés nem lineáris. Megállapítható, hogy a koptatás mértéke a koptatóanyag frissítésével erőteljesebb, mint a koptatóanyag frissítése nélkül. A koptatóanyag frissítésével a gyakorlathoz próbál közelíteni a szabvány.

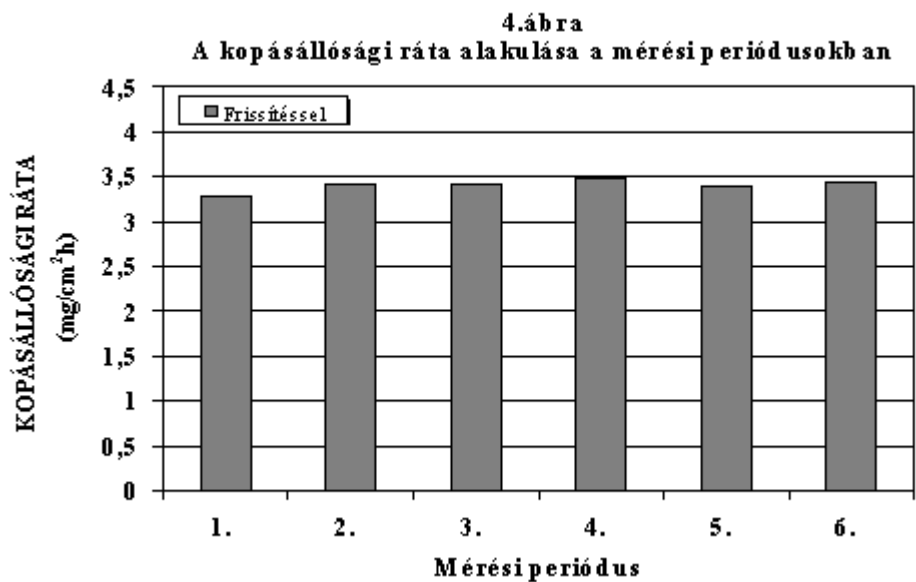
A tömegveszteség alapján számított kopásállósági ráta időfüggését a 3. ábra mutatja.

3. ábra  
A kopásállósági ráta időfüggése

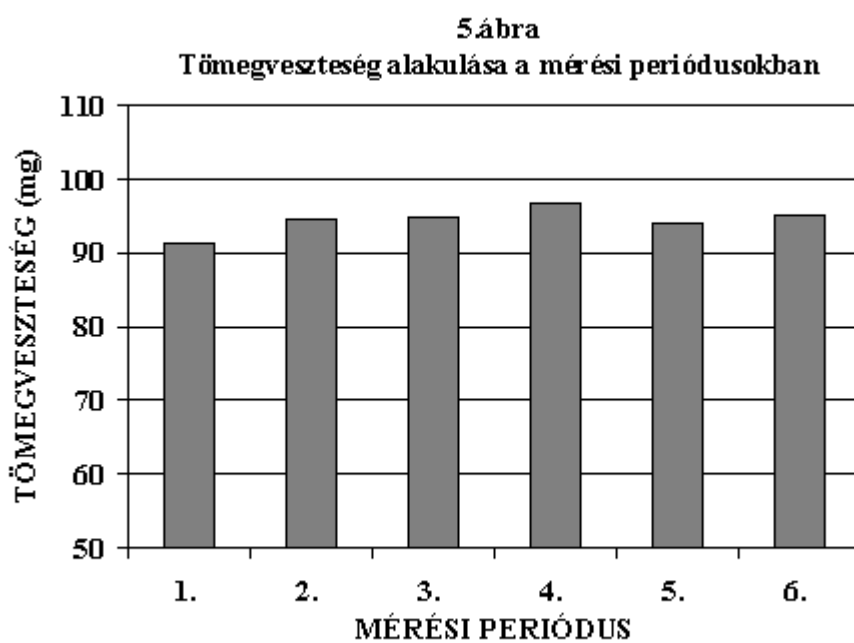


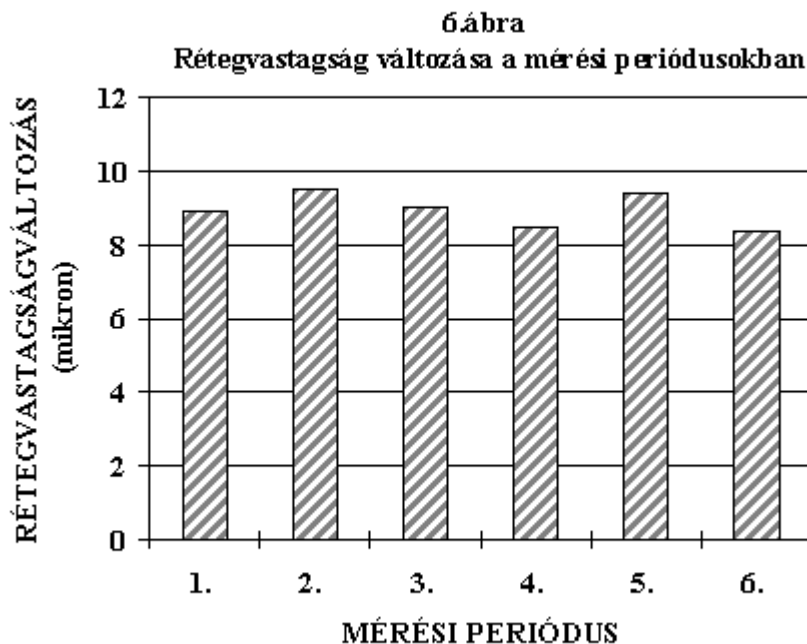
Megállapítható, hogy a koptatóanyag frissítése mellett a kopásállósági ráta gyakorlatilag konstans értéket, míg a koptatóanyag frissítése nélkül csökkenő tendenciát mutat. Ez azt jelenti, hogy összehasonlítható eredményeket ténylegesen csak akkor kapunk, ha korrektül betartjuk a szabvány előírásait. Amennyiben koptatóanyag frissítését nem végezzük el, a valóságosnál kedvezőbb eredményt kapunk.

A kopásállósági ráta a mérési periódusokban a koptatóanyag frissítése esetében gyakorlatilag konstans értéket mutat (4. ábra).



A tömegveszteség és a rétegvastagságsökkenés mérési periódusok szerinti alakulását az 5.-6.ábra mutatja.





Meghatároztuk egy zirkonnal adalékolt zománc sűrűségét, valamint a tömegvesztésben és vastagságváltozásban kifejezett kopásállóságát. A cirkont 15 és 30%-ban adagoltuk a zománchoz. Az eredményeket a 2. táblázat tartalmazza.

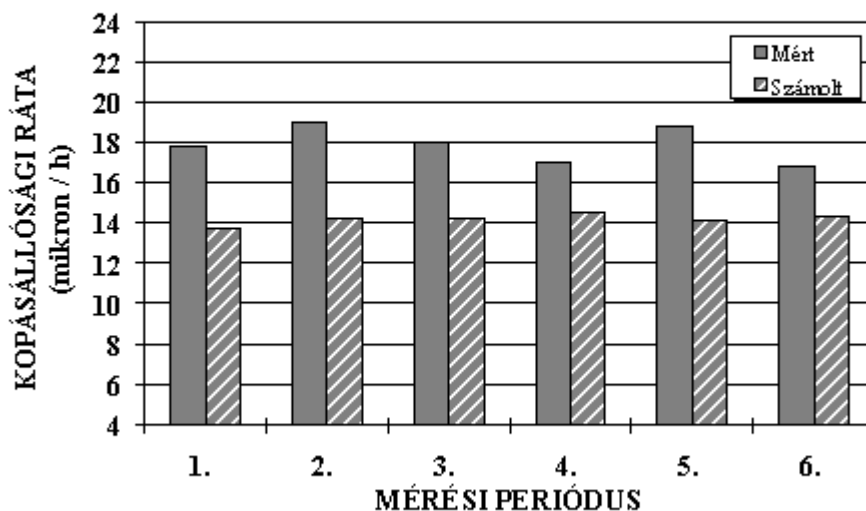
**2. táblázat**

		"A" zománc cirkon tartalma (%)		
		0	15	30
Sűrűség	(g/cm <sup>3</sup> )	2,6	2,8	3,2
Térfogatsűrűség	(g/cm <sup>3</sup> )	2,4	2,7	3,0
Tömegvesztés alapján számított kopásállóság	(mg/cm <sup>2</sup> h)	3,3	2,6	2,3
Tömegvesztés alapján a sűrűség figyelembevételével számított kopásállóság	(mm/h)	13,6	9,6	7,6
Vastagságmérésen alapuló kopásállóság	(mm/h)	17,3	12,6	10,4

Elmondhatjuk, hogy a sűrűség és a kopásállóság a zirkontartalom növelésével növekszik. Csak kis eltérés van a számított és a mért eredmények között.

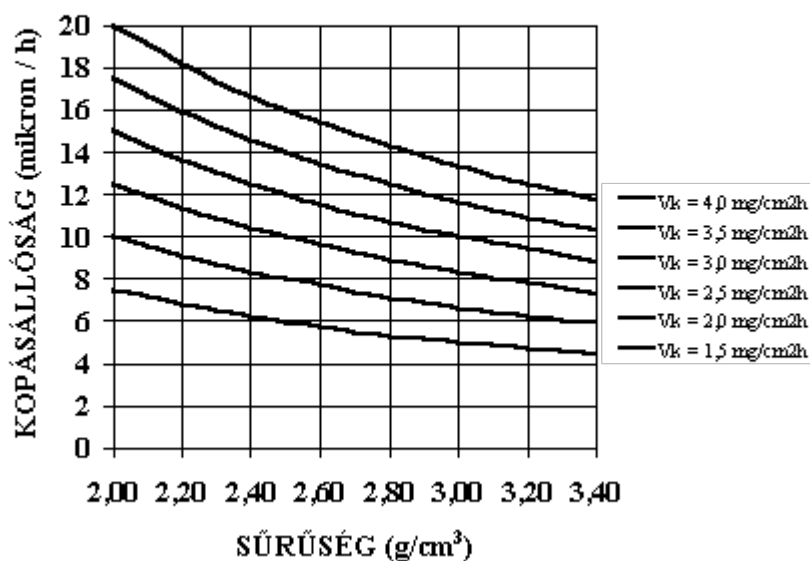
A mért és a számított eredményeket a mérési periódusokban a 7. ábra mutatja.

7. ábra  
Mért és számolt kopásállósági ráta  
periódusonkénti összehasonlítása vastagságb an kifejezve



Végül a kopásállósági ráta sűrűség figyelembevételével történő alakulását mutatja a 8. ábra.

8. ábra  
A kopásállóság alakulása  
a sűrűség figyelembevételével



Megállapítható, hogy amennyiben a sűrűség figyelmen kívül hagyásával minősítjük a különböző zománccokat, téves következtetést vonhatunk le a kopásállósággal kapcsolatosan.

## Összegzés

Az mérési eredmények az alábbiakat mutatják

- Az üvegrománccok különböző sűrűséggel rendelkeznek, ami nem csak a zománccsökkentőtől, hanem a buborékszerkezetétől és a malomadalékoktól is függ.
- A zománccok kopásállóságát csak akkor hasonlíthatjuk össze, ha figyelembe vesszük azok sűrűségét is
- A kopás során létrejövő tömegvesztés és a vastagságváltozás a vizsgálati idő függvényében lineáris
- Csak kis különbség adódik a sűrűség figyelembevételével számított kopásállóság és a közvetlen vastagságméréssel megállapított kopásállóság között



Két lehetőség van a kopásállóság sűrűséget is figyelembevevő meghatározására

- a) közvetett úton a sűrűség mérésével
- b) közvetlenül a bevonat vastagságának mérésével

Így különböző sűrűségű üvegománcbevonatok esetében is összehasonlítható mérési eredményeket kaphatunk.