

Fogászati fémötvözetek súrlódási együtthatójának meghatározása, mint iránymutató érték az anyagok kopására vonatkozóan

Markovics Emese¹, Bocskay István²

Marosvásárhelyi Orvosi és Gyógyszerészeti Egyetem, ¹Protetika és Orális Rehabilitáció Tanszék, ²Odontológia és Parodontológia Tanszék

Determinarea coeficientului de fricțiune a diferitelor aliaje dentare, ca element de referință pentru uzura materialelor

Aliajele metalice turnate sunt foarte des folosite în stomatologie, în domeniul protezării fixe. Proprietățile lor fizice și chimice determină comportamentul acestor materiale în mediul înconjurător, în cazul nostru în cavitatea bucală. În studiul de față am încercat să examinăm diferențele anumitor proprietăți fizice: ca duritatea, coeficientul de fricțiune raportat la un aliaj standard, în funcție de compoziția materialului. Pentru aprecierea durității am folosit testul Vickers, iar în cazul raportărilor coeficienților de fricțiune, o metodă tehnică bazată pe un aparat Falex modificat. Rezultatele subliniază faptul, că diferențele structurale ale materialelor analizate determină variații în proprietățile studiate.

Cuvinte cheie: aliaje, protezare conjunctă, testul de duritate Vickers, coeficient de fricțiune

Determination of the friction coefficient of metal alloys used in dentistry as a reference to the wear of materials

Casted metal alloys are widely used for fixed prosthetic restorations in dentistry. Their physical and chemical properties determine the materials' behavior in their ambience, in our case the oral cavity. In this study we tried to examine some differences of physical properties (like hardness, friction coefficient reported to a standard alloy), depending on the materials' microstructure. We used the Vickers test method to appreciate the hardness of alloys, and the Falex type wear test machine for the measurement of friction coefficient. Our results highlight how the microstructural differences of the analyzed alloys can determine variations in deliberate properties.

Key words: FDP alloys, Vickers hardness test, friction coefficient

Orvostudományi Értesítő, 2009, 82 (4): 280-283

www.orvtudert.ro

A szájüregben használt fogpótlások fémötvözeiteinek teherbírását az a tulajdonságuk határozza meg elsődlegesen, hogy egy megfelelő technikai előkészítés után képesek-e ellenállni a rágófelszínre ható erőknek, anélkül, hogy jelentős torzulást, repedést vagy kopást szenvednének [3, 15].

Az anyagok kopása egy olyan elváltozást jelöl, ami az egymással érintkező és egymáshoz képest relatív mozgást végző szerkezeti elemek felületein megy végbe, rendszerint bizonyos mértékű anyaglevállással társulva. A súrlódás következtében lekopott anyagrészekké az illető anyag alakbeli illetve fizikai, mechanikai, vegyi elváltozásait okozzák.

A kopási elem párok deformításait több tényező is befolyásolhatja:

1. A közeg, amiben a kopási folyamat lejátsszódik: a fogpótlásokat tekintve ebben a pontban a nyál kap jelentős szerepet, ugyanis kenőanyagként kerül el a különböző kopási elem párok között: zománc-zománc, zománc-fémötvözet, zománc-kerámiafelület stb. A nyál ugyanakkor nem egy semleges közeg, lehetővé tesz számos biológiai, fizikai és kémiai reakciót, amelyek szintén visszahatnak a fémek viselkedésére.

2. Az adott felszínen ható erők nagysága, gyakorisága: a szájüregi rögzített pótlások esetében a rágómozgások dinamikájának jut ezen a téren kitüntetett szerep. Ezt az egyénre szabott funkciót a rágószervi apparátus elemei mellett a központi idegrendszer koordinálja.

3. A vizsgált elemek makro- és mikroszerkezete: jelen dolgozatban a különböző, fogászatban használt fémötvözetek szerkezeti sajátosságai, illetve ezek kopási tendenciája között szerettünk volna bizonyos párhuzamokat felfedezni. A fogászati ötvözetek többfázisú anyagként jelennek meg,

amelyekben az öntés során különböző fázisváltozások jönnek létre, megváltoztatva az anyag tulajdonságait is. Mi az anyag keménységének a változásait követtük nyomon.

4. Az elemek felszíni egyenetlenségei: a szilárd testek egymással való érintkezése esetén mikroszkópikus nagyításban felfedezhető, hogy a látszólagos érintkezési felülethez képes (apparens felület) a két anyag közötti valós érintkezés csak bizonyos pontokban jön létre (valós felület). Ha a felület mikrogeometriáját figyeljük, látható, hogy az anyagok ezen kiemelkedései a súrlódó elmozdulások folyamán egymásba kapcsolódnak, leválnak, ahhoz, hogy majd újabb részekkel kapcsolódjanak egymásba. A levált anyagrészekké a két elem között még inkább elősegítik a kopást, abráziós jellegük miatt. A súrlódás tehát maradandó nyomot hagy az érintkező testek felületi rétegeinek szerkezetében, ami az anyag alakbeli, szerkezetbeli és ezáltal minőségbeli elváltozásait okozhatja [6, 7]. A fogpótlások esetében ezt a nemkívánatos tényezőt szerettük volna megfigyelni. Látni akartuk, hogy létezik-e valamilyen különbség a ma forgalomban levő fémötvözetek között ilyen szempontból.

Anyag és módszer

A fémötvözetek kopásmértékének összehasonlítása érdekében egy olyan módszert alkalmaztunk, amely standard körülmények között, ugyanazokat a lépéseket követve reprodukálható legyen. Az általunk mért paraméter, az ötvözetek súrlódási együtthatója, egy olyan jól vizsgálható adatot jelent, ami iránymutató az anyag kopására vonatkozóan.

A súrlódási együttható független a felszínre ható erő nagyságától és ennek természetétől, a kölcsönhatásban levő felületnek felületeit jellemzi. Befolyásolhatja a felület előkészítési módja és ezek finírozása, lesimítása, fényezése stb. [2, 3].

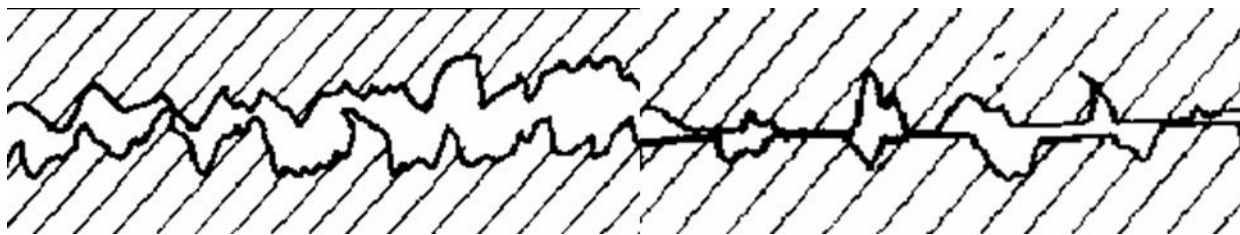
A vizsgálatban 10 különböző, Co-Cr, Ni-Cr és Cu tartalmú fémötvözetet elemeztünk.

Dr. Markovics Emese

540303 Marosvásárhely - Târgu Mureș

Aleea Carpați nr. 25A/A ap.2

e-mail: emeserita@email.ro



1. ábra. A szilárd felszín érintkezési felülete az egymáson való súrlódás előtt és után



2. ábra. A próbatetek és az ellentetek előkészítési módja

Az ötvözetekből 8 mm átmérőjű, 30 mm hosszú hengereket öntöttünk. Az elkészítés viaszvesztéses technikával történt, oxigén és butángáz keveréket használva a levegőn való égetéshez. A próbatetek felszíni egyenetlenségei és esetleges érdességeinek csökkentése érdekében ezeket nagyon precíz esztergálásnak vetettük alá, aminek eredményeképp 6 mm átmérőjű, nagyon szabályos geometriai alakzatú hengereket nyertünk, melyeket az eljárás végén azonos módon fel is fényeztünk.

A próbatetek felületének mikrogeometriai tulajdonságait egy egy síkban dolgozó, 2D Perthometerrel vizsgálva kimutathatóvá vált, hogy minden igyekezetünk ellenére a szilárd öntvények felülete nem tökéletesen sima. (A vizsgált 5 mm hosszúságú felszíneket az érdességmérő műszer gyémántfeje „végigtapogatta”, majd a gép a kapott értékeket

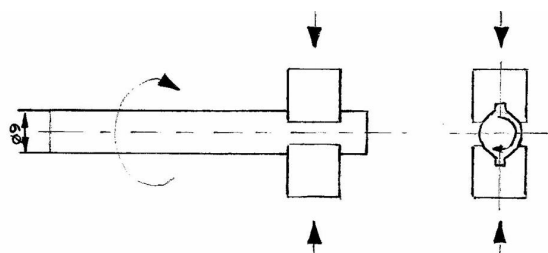
megjelenítette. A mérési sebesség 0,1 mm/s volt és $v_t = 20:1$ nagyításban történt.)

Ezt követően az ötvözetek Vickers keménységét mértük, összehasonlítva a gyártó által forgalmazott fémötvözet mintákat és az öntés után létrehozott próbatetek közötti különbségeket. A Vickers keménységmérő egy olyan négyzet alapú, szabályos gúla alakzatú gyémánt behatolótestet alkalmaz, amelynél a szemközti oldalak által bezárt lapszög egyezményes. Ezt a gyémántot bizonyos terhelőerő alatt (5 kg) a próbadarabok felszíneibe nyomtuk öt különböző helyen. A felszíneken keletkezett lenyomatok átlóit mérve (d_1 , d_2), kiszámíthattuk az adott erő esetén az ötvözet keménységi fokát.

$Hv = F/S = f/[d \cdot d / [2 \cdot \sin(136/2)]] = 1,854 \cdot [F/(d \cdot d)]$, ahol F a penetráló erő, S pedig a felszíni benyomatok felülete.

Végül az egyes próbatetek súrlódási együtthatóját vizsgáltuk egy standard ellentestet alkalmazva, átalakított Falex típusú műszer alkalmazásával. A műszer az anyagok felületi súrlódását mérve alkalmazható olyan tribológiai vizsgálatok elvégzésére, amelyek két elem elcsúszásával, vagy görbülésével történik (3. ábra).

A mérőműszert egy inga jelképezi, amelyre bizonyos erővel hatunk (N), ezáltal egy kezdeti energia potenciált kölcsönözve neki. A súrlódás következtében elveszített energiamennyiség függvényében az inga különböző magasságba emelkedik a vertikális síkhoz képest. $A_0 = 45^\circ$ az inga



3. ábra. Az átalakított Falex típusú műszer alkalmazási sémája

1. táblázat. A vizsgált fémötvözetek és ezek összetétele

Az ötvözet neve	Összetétele
1. Remanium CSE	Ni 61%, Cr 26%, Mo 11%, Si 1,5%, Fe, Co, Ce < 1%
2. Cerinox	Fe 47,8%, Ni 24%, Cr 20%, Mo 3%, Si 2,9%, Cu 1,8%, C 0,04%
3. Gaudent	Cu 82-86%, Al 8,5-10%, Ni 3-4%, Fe 2%, Mn 1-1,5%
4. Magnum CeramicS	Ni 67%, Cr 24%, Mo 10%, Si, Fe
5. Magnum H550	Co 64%, Cr 29%, Mo 6,5%, C, Si, Fe, Mn
6. Magnum Ni	Ni 67%, Cr 24%, Mo 9%, Fe
7. Dentalit C	Co 60,9%, Cr 30%, Mo 5%,
8. Keragen	Co 61%, Cr 28%, Mn 0,28%, Si 1,68%, W 8,5%, Fe < 0,5%, C < 0,1%
9. Vaskut N	Ni 63%, Cr 25%, Mo 10%, Si 1,5%, Al, Zr, Ce, La < 2%
10. Bredent Alloy	Co, Cr, Mo, Tn

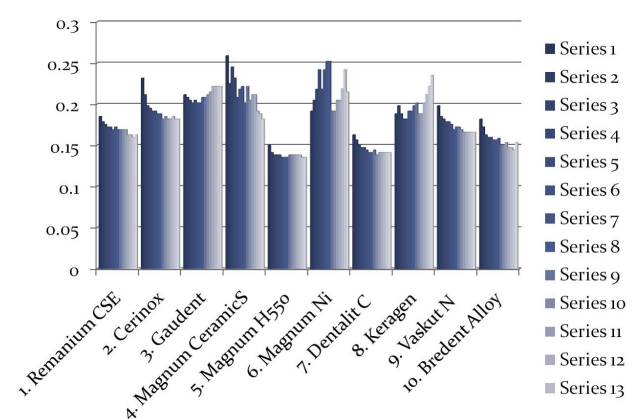
2. táblázat. A vizsgált ötvözetek keménysége öntés előtt és után

Ötvözet	Vickers keménység átlaga (HV5) öntés előtt	Vickers keménység átlaga (HV5) öntés után
1. Rermanium CSE	410,6	305,4
2. Cerinox	232,4	228
3. Gaudent	230	164
4. Magnum CeramicS	309	186,8
5. Magnum H550	598,4	471,2
6. Magnum Ni	364,2	216,8
7. Dentalit C	539,6	423,8
8. Keragen	510,2	386,4
9. Vaskut N	412	350,4
10. Bredent Alloy	477,8	360,4

kezdeti helyzete, A - a végső szögérték, ameddig a mozgó inga felemelkedik, R jelenti az inga sugarát, valamint m az inga tömegét.

A próbatestek súrlódása két ellentest között történik, amelyek meghatározott D átmérővel rendelkeznek. Az opozáns testek formája és nagysága elsődleges jelentőségű, tudniillik a próbatestek a vizsgálat lefolyása alatt végig kapcsolatban kell maradjanak 4 pontban az ellentestek oldalfalaival. A mért súrlódási erő ezeknél a kapcsolódási pontoknál megjelenő erők összegéből adódik.

A súrlódási együttható kiszámítása a következő képlet alapján történt: $\mu = m/P \cdot R/D \cdot \sqrt{2/2} \cdot (\cos A_0 - \cos A) / (A - A_0)$. Valamennyi mérésünk esetében bizonyos értékek állandóak voltak: $m=0,2826$ kg, $P=10$ daN, $R=0,2$ m, $D=0,06$ m, $N=7,07$ daN. A kiszámított súrlódási együtthatók közötti különbségek az inga végső helyzetében mért szögérték függvényei. Ezt meghatározva 0,001 pontossággal figyelhettük meg a differenciákat.

**4. ábra.** A vizsgált ötvözetek súrlódási együtthatójának változásai a mérések folyamán

Eredmények, megbeszélés

Az ötvözetek keménységének mérésekor szembeötlő, hogy a Co-Cr alapú ötvözetek rendelkeznek a legnagyobb keménységgel. Ez a tény a Co szerepére mutat rá a Ni-el szemben ami az ötvözetek ellenállását illeti, noha ez a két elem bizonyos fokig felcserélhető az ötvözetek összetételében. Ezeket a következtetéseket vonták le Erimescu és mtsi. [5], akik az ötvözetek keménységi fokát és ezek metallográfiai képét figyelték meg.

Az öntési folyamat során megváltozik az ötvözet mikrostruktúrája és mechanikai tulajdonságai. Bármilyen típusú hőkezelés megbontja az ötvözet homogenitását [11, 12, 13, 8].

Ha a fogpótlások keménysége kisebb mint a zománcé, ez a pótlások felszínének a károsodását okozhatja, ellenkező esetben, ha a pótlások keménysége túl nagy a fogak abráziójához vezet.

A súrlódási együttható vizsgálata esetén minden ötvözetnél 13 mérést alkalmaztunk. A mérések folyamán hét ötvözetnél a kezdeti csökkenés után az értékek bizonyos szintű „stagnálása” áll be. Ez a folyamat azzal magyarázható, hogy a vizsgálat folyamán a felszíni egyenetlenségek elkopnak, így nem képviselnek egy ellenállási felületet a súrlódó mozgás során. A Gaudent és a Keragen növekvő tendenciát mutatott, a Magnum Ni pedig teljesen rendezetlen viselkedést. A jelenség magyarázatát az anyagok öntés utáni inhomogénabb, porózusabb szerkezetével magyaráztuk. Az ötvözetek mikrostrukturális különbsége mint okozati tényező a fizikokémiai és mechanikai tulajdonságok eltéréseiben fellelhető más szerzők munkájában is [1, 15, 12, 13, 5, 9, 10].

Mivel a mérések száraz közegben történtek, eleget tehattunk annak a célkitűzésnek, hogy az értékek csak az anyagmilyenség függvényében változzanak, minden külső hatást mellőzve. Ugyanakkor, mivel a próbatestek és az ellentestek anyaga különbözött, ugyanolyan méretű és azonos anyagból készült ellentesteket alkalmazva minden vizsgálat esetén, a mért abszolút értékek nem azonosak az illető ötvözet súrlódási együtthatójával, de lehetővé teszi az ötvözetek összehasonlítását éppen a mérési paraméterek

3. táblázat. Az ötvözetek súrlódási együtthatójának átlaga

A vizsgált ötvözet	Súrlódási együttható	Standard deviáció
1. Rermanium CSE	0,169986667	0,006630435
2. Cerinox	0,191753	0,013717
3. Gaudent	0,2109	0,007691
4. Magnum CeramicS	0,217747	0,023225
5. Magnum H550	0,138393	0,003755
6. Magnum Ni	0,22068	0,024422
7. Dentalit C	0,145393	0,006708
8. Keragen	0,197907	0,014899
9. Vaskut N	0,174027	0,009256
10. Bredent Alloy	0,157007	0,009855

standardizálásának köszönhetően. A kapott számadatok tehát az ellentestek anyagához viszonyított referencia értékek (3.táblázat).

Szoros összefüggést kaptunk a mért Vickers keménységgel; a Pearson korrelációs faktor $r = -0,953$. Ez az adat azt igazolja, hogy minél keményebb a fémötvözet, annál alacsonyabb a súrlódási együtthatója.

Következtetések

Még a legigényesebb előkészítés után is a fémötvözetek felszíne mikroegyenetlenségeket tartalmaz. E tény ismerete segíthet a kopási folyamatok megértésében és ezek vizsgálatában.

A Co-Cr ötvözetek keménysége magasabb mint a zománcé, ez a természetes fogak kopásához vezethet. A puhább fémötvözetek (pl. a Gaudent) viszont fokozottabban ki vannak téve a kopás veszélyének és az ezzel járó káros következményeknek.

Az anyagok súrlódási együtthatóját vizsgálva észrevehető a különbség a különböző ötvözetek értékei között. A Co-Cr ötvözetek esetében ezek az értékek alacsonyabbak voltak, míg a Ni-Cr és a réztartalmúak esetében magasabbak.

A mérések folyamán az értékek fokozatos csökkenése után ezek egy adott tartományban „stagnáltak”. A jelenség alól kivételt képezett a Gaudent, a Magnum Ni és a Keragen. Az általunk feltételezett ok az anyagok öntés utáni inhomogénebb szerkezete, melyeknél a kopás során egyre több egyenetlenség kerül a felszínre, így még inkább ki lépén téve a további kopásnak.

Az általunk vizsgált, az anyag szerkezetétől függő tulajdonságok (keménység, súrlódási együttható) bizonyos meghatározott technikai munkafázisok függvénye: az öntés milyensége, a közeg amiben végbemegy, az öntési hőfok, az utólagos megmunkálás, kidolgozás, fényezés stb. mind olyan tényező, ami a mikrostrukturális tulajdonságokat befolyásolja. Ezek ismerete és pontos betartása nélkülözhetetlen a fogpótlások elkészítése során.

Köszönetnyilvánítás: a Plazmaterm SA munkatársainak és dr. Kolozsváry Zoltán igazgató úrnak a vizsgálatok kivitelezésében nyújtott segítségükért.

Irodalom

1. Baran G.R. – *The metalurgy of NiCr alloys for fixed prosthodontics*, J Prosthet Dent, St Louis, 1983, 50(5):639-650.
2. Bezzon O.L., Pedrazzi H., Zaniqelli O. – *Effect of casting technique on surface roughness and consequent mass loss after polishing of NiCr and CoCr base metal alloys: a comparative study with titanium*, 2004, J Prosthet Dent, 92(3):274-277.
3. Craig R.G. – *Materiale dentare restaurative*, ed. All Educational, 2001, 541-548.
4. Eliades G., Eliades T., Brantley W.A. – *Dental materials in vivo*, ed. Quintessence Co.Inc., 2003, 3-35.
5. Erimescu R. – *Comportamentul unor aliaje dentare nenobile utilizate în elaborarea restaurărilor protetice fixe*, doktori értekezés, Timișoara, 2007.
6. Gheorghieș C. – *Modele 2D ale stratului superficial al materialelor metalice*, buletinul AGIR, 2008, nr 1-2.
7. Gheorghieș C. – *Modificări structurale în procese de frecare, uzură și oboseală*, ed. Tehnica, București, 1994.
8. Kotian R., Swapna P.M. – *Effect of heat treatment on the microstructure and hardness of Ni-Cr base metal alloys*, J I Ps, 2008, vol(1):17-21.
9. Lewis A.J. – *Changes in the composition of nikel-baze partial denture casting alloys upon fusion and casting*, Austral Dent J, 1975, 20(1):14-18.
10. Lewis A.J. – *The effect of variation in the technique of fusion on the development of internal porositz in cast structures*, Aust Dent J, 1977, 22(5):356-359.
11. Morris H.F. – *Properties of cobalt chromium metal ceramic alloys after heat treatment*, J Prosthet Dent, 1990, 63(4):426-433.
12. Oliveira B., Loguercio A.D., Reis A. – *Microhardness of Ni-Cr alloys under different casting conditions*, Bray Oral Res, 2006, Vol 20(1).
13. Olivieri K.A., Maximiliaho P.H., Paulo C.R. – *Mechanical properties and microstructural analzsis of a Ni-Cr alloy cast under different temperature*, Bray J Oral Sci, 2004, 3(8):414-419.
14. Tajima K., Kakigawa H., Kozono Y. – *Oxygen and nitrogen uptake in dental Ni-Cr alloys castings by several melting methods*, Dent Mater J, 1984, 3(2):262-271.
15. Wataha J.C., Regina L.M. – *Casting alloys*, The dental Clinics of North America, 2004, 48:499-512.
16. William J. O'Brien – *Dental materials and their selection*, ed. Quintessence Co.Inc., 2002, 165-239.