

ABSTRACT

Uædle legeringer – mekaniske og biologiske egenskaber

Kobolt-krom-legeringer anvendes hyppigt ved fremstilling af faste kroner og broer. Materialerne har gode mekaniske egenskaber, især gælder det den høje elasticitetsmodul (stivhed). Titanium eller titaniumlegeringer kan være et andet uædelt alternativ, men har lavere elasticitetsmodul. Det ser ud til, at de nyere databaserede fremstillingsteknikker, især selektiv lasersmelting, kan påvirke flere egenskaber; men der er endnu kun begrænset systematisk information herom. Kobolt-krom-legeringernes biologiske egenskaber, som de fremstår i biologiske laboratorietests, synes at være acceptable. Kobolt eller krom kan være involveret i kontaktallergi hos sensibiliserede personer.

Uædle legeringer til fast protetik

Nils Roar Gjerdet, professor, dr.odont., Institutt for klinisk odontologi, Det medisinsk-odontologiske fakultet, Universitetet i Bergen, Norge og NIOM – Nordisk institut for odontologiske materialer as, Oslo, Norge

Accepteret til publikation den 1. juni 2016

Metaller og legeringer har en lang historie som odontologiske restaureringer i form af indlæg, onlays, kroner og broer. Ædelmetallegeringer har tjent odontologien i over hundrede år, men er nu stærkt udfordrede af uædle legeringer og højstyrkekeramer (1).

Odontologiske metaller og legeringer vil efter alt at dømmes være aktuelle længe endnu i mange anvendelser. Mange af materialetyperne er gennemprøvede, og metalliske materialer har en indbygget sikkerhed for brug og kan også i et vist omfang justeres og repareres (Fig. 1).

Klassificering af legeringer

Legeringerne kan inddeles efter anvendelsesområder, som beskrevet i den gældende ISO-standard for metaller og legeringer (ISO 22674:2016) (2). Standarden inddeler legeringerne i seks typer, betegnet 0 til 5, uafhængigt af materialetype. I praksis er det aktuelt med type 3-5 i indlæg, kroner og broer. Type 5 har det højeste krav til styrke (500 megapascal flydegrænse, "proof strength") og har også krav til elasticitetsmodul (E-modul, stivhed) på mindst 150 gigapascal (GPa). I praksis vil Type 5 kun inkludere nogle uædle legeringer, såsom kobolt-krom-legeringer, men ikke titanium, som har en elasticitetsmodul, der er lavere end 150 GPa (Fig. 2). For de øvrige legeringstyper (0-4) angiver standarden ikke krav til elasticitetsmodul.

En anden, men ikke standardiseret inddeling kan foretages på grundlag af sammensætning. Groft set kan legeringerne deles i de uædle ("base metals") og dem, som indeholder ædle metaller, såsom guld, palladium og platin. Det er værd at bemærke, at sølv ikke er et ædelt metal i denne sammenhæng. Ofte anvendes udtryk som "precious", "semi-precious" og "non-precious". Disse betegnelser er ikke harmoniserede og giver ingen præcis information om sammensætning eller egenskaber;

men ofte regner man med, at "non-precious" er det samme som uædle legeringer, gerne kobolt-krom.

Kobolt-krom-legeringer består typisk af ca. 60 % kobolt og 25 % krom samt grundstoffer

EMNEORD

Chromium alloys; crowns; denture, partial,ixed; titanium



Henvendelse til forfatter:

Nils Roar Gjerdet,

E-mail: gjerdet@uib.no og nils.gjerdet@niom.no

Broskelet i lasersmeltet kobolt-krom



Fig. 1. Eksempel på et broskelet fremstillet ved selektiv lasersmeltning (SLM) af kobolt-kromlegering. (Foto: Harald Gjengedal).

Fig. 1. Example of a cobalt-chromium bridge framework produced by selective laser melting (SLM). (Photo: Harald Gjengedal).

Nedbøjning af bro – skematisk

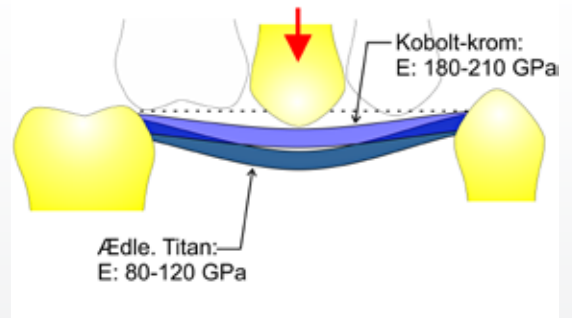


Fig. 2. Skematisk illustration af nedbøjning af en bro med kobolt-krom-legering sammenlignet med en ædelmetal-legering eller titanium.

Fig. 2. Schematic illustration of the deflection of a bridge made from cobalt-chromium compared with one from noble metals or titanium.

som molybdæn og wolfram. De er velkendte fra aftagelige partielle proteser; men der findes nu også en række forskellige versioner til faste proteser og kroner. Disse indeholder legerings-elementer, som gør, at de kan anvendes til metalkeramikteknik (Tabel 1).

Titanium er også et uædelt metal. Det kan anvendes til kroner og broer i form af næsten rent titanium ("commercially pure" – CP-titanium, grad 1-4) eller som titaniumlegeringer med typisk 6 % aluminium og 4 % vanadium (Ti6Al4V). De sidstnævnte betegnes grad 5 titanium, og er meget anvendt i orto-

pædiske implantater (3). Elasticitetsmodulen for titanium og aktuelle titaniumlegeringer er ikke væsentligt højere end for ædle legeringer, i området 80-120 GPa (Fig. 2).

De fleste uædle legeringer kan påbrændes keramik. Dette kræver, at legeringerne og de keramiske materialer har afstemte egenskaber, så man opnår god binding uden skadelige spændinger, som kan føre til brud i keramet. Det er vist, at styrken af den keramiske binding afhænger af legeringens sammensætning (4) og også i nogen grad af fremstillingsteknologien for metalskelletet (5).

Sammensætning af forskellige kobolt-krom-legeringer

	Co	Cr	Mo	W	Andre
Legering 1	60,5	28,0	<1	9,0	Si:1,5
Legering 2	63	23	7,3	4,3	Si:1,5
Legering 3 (til lasersmeltning)	63,9	24,7	5,0	5,4	
Legering 4	63,3	24,8	5,1	5,3	
Legering 5	59,0	25,5	5,5	5,0	Ga:3,2
Legering 6 (til glaskeramiske facader)	60,2	30,1	<1	<1	Ga:3,9, Nb:3,2

Tabel 1. Eksempler på grundstofsammensætning (i vægtprocent) af kobolt-krom-legeringer til kroner eller broer fra forskellige producenter. Det fremgår, at sammensætningen varierer fra producent til producent (information fra producenternes informationsmateriale). Specifikke produktnavne bør derfor angives i patientjournalerne.

Table 1. Examples of elemental composition (in mass percent) of different cobalt-chromium alloys for dental crowns or fixed partial dentures, showing that the composition varies between different products (data from manufacturers' information material). Brand names should therefore be stated in the patients' records.

Titaniumkonstruktioner kan påbrændes keram med et "low-fusing" keram (brændingstemperatur ca. 800 °C) (6); men der synes at være en tendens til keramfrakturer, hvilket kan skyldes udformningen af metalskelettet, den lavere elasticitetsmodul og også kvalitet og tykkelse på oxidlaget mellem metal og keram, som er følsomt for procesvariabler (6,7).

Kemiske og tekniske egenskaber

De uædle legeringer er anvendelige som odontologiske restaureringsmaterialer, fordi de er elektrokemisk passiverede af

Resultater ved forskellige fremstillingsmetoder

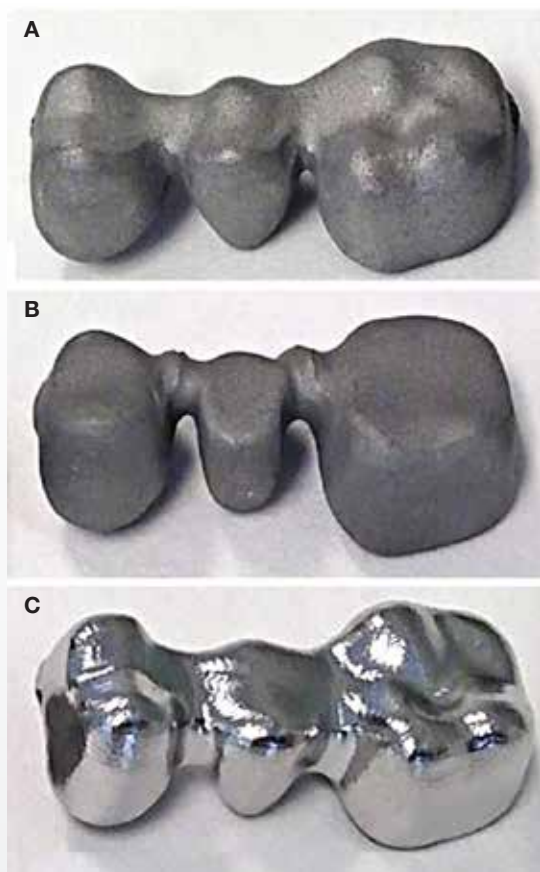


Fig. 3. Eksempler på broer på samme patientkasus fremstillet med (A) selektiv lasersmeltning, (B) traditionel opmodellering og støbning, (C) fræseteknik. Bemærk især den forskellige udformning af forbindelsesområderne (fra NIOM Newsletter, december 2015, <http://niom.no/content/materials-indirect-restorations>).

Fig. 3. Examples of bridges made from the same tooth preparations manufactured by (A) selective laser melting, (B) traditional lost wax technique, and (C) milling technology. Note the different design of the connector areas (from NIOM Newsletter, December 2015, <http://niom.no/content/materials-indirect-restorations>).

legeringselementer, som danner et beskyttende oxidlag, der hæmmer korrosion (8). Titanium har en egen evne til stærk passivering, ved at der dannes titaniumoxider i overfladen. For kobolt-krom-legeringer er det især krom (Cr), som sammen med molybdæn (Mo) gør disse legeringer modstandsdygtige mod korrosion.

De mekaniske egenskaber hos legeringerne er vigtige, naturligt nok især ved broer. Generelt har metaller og legeringer en vis sejhed (duktilitet), som beskytter mod pludselige skørhedsbrud. Stivheden i en konstruktion, især ved broer, er vigtig og er dikteret af udformningen (brospand og forbindelsesdimensioner) og materialeegenskaber. Elasticitetsmodulen hos kobolt-krom-legeringer er højere end standardens mindstekrav for type 5-legeringer på 150 gigapascal, mens titanium og de fleste ædelmetalholdige legeringer har lavere elasticitetsmodul (2) (Fig. 2).

Kombinationer af suprastrukturer af kobolt-krom og dentale implantater i titanium kan potentielt skabe en galvanisk kobling. Data tyder på, at effekten heraf ikke er alarmerende (9), selv om der kan påvises let forhøjet frigivelse af metaller fra koblede konstruktioner (10).

Effekter af fremstillingsteknologi

Den traditionelle metode til fremstilling af metal- og legeringsbaserede restaureringer er støbeteknologi – "lost wax technique". I dag har databaserede konstruktions- og fremstillingsteknikker (CAD/CAM) imidlertid vundet stor udbredelse (11).

Bearbejdningen til det færdige krone- eller broskelet kan ske ved subtraktiv teknologi, dvs. at restaureringen bliver fræset ud af et legeringsemne ("milling"), eller ved additiv teknologi (tredimensionel "printing") hvor restaureringen bygges op lagvis i et metalpulver, som selektivt smeltes, fx med laserstråle (selektiv laser smeltning, SLM) eller en elektronstråle (12,13). Udformningen, især af forbindelsesområderne på broer, kan variere afhængigt af muligheder og begrænsninger ved de forskellige teknologier (Fig. 3).

De tre fremstillingsteknologier – støbning, subtraktiv eller additiv teknik – synes at påvirke materialeegenskaberne i slutproduktet. Dette gælder i særlig grad additiv SLM-teknologi, hvor egenskaber ved metalpulveret og parametre ved laseren eller elektronstrålen påvirker bl.a. mikrostrukturen, som igen kan have indvirkning på korrosionsforhold (14). Data tyder på, at lasersmeltede konstruktioner har højere styrke end støbte (15,16); men der mangler fortsat viden og data, som kan have klinisk betydning.

Undersøgelser af tilpasningen mellem konstruktion og tandmodeller er ikke entydige. I ét studie gav lasersmeltning den bedste indre tilpasning (17), mens der i et andet studie var bedst marginal tilpasning ved fræsedede konstruktioner og dårligst ved lasersmeltning, sandsynligvis på grund af fastsiddende metalpartikler på indersiden af kronerne (18). Dette viser, at de forskellige CAD/CAM-teknikker har begrænsninger (11),



og at der er behov for mere forskning om effekten af forskellige procesparametre og – ikke mindst – tandteknikernes dygtighed og erfaring.

Biologiske egenskaber

Den gældende ISO-standard for legeringer indeholder krav om, at der ikke må findes nikkel, kadmium, beryllium eller bly i legeringerne (2). Tester *in vitro* tyder på, at de biologiske reaktioner på substanser, der afgives fra kobolt-krom, er beskedne (19). Det ser ud til, at faktorer som overfladeruhed og overfladespænding har betydning for adhærens af celler på materialerne, både kobolt-krom, rent titanium og titaniumlegeringer, også bedømt i *in vitro*-modeller (20).

Forskellige fremstillingsmetoder for kobolt-krom kan påvirke graden af frigørelse af stoffer, især kobolt (14). Der er foreløbig begrænset information om mulige biologisk aktive elementer fra uædle legeringer; men der er ikke holdepunkter for at forvente eksponering i toksiske niveauer.

Der er foreløbig kun få systematiske data om eventuelle kliniske patientbivirkninger, fx allergi. I kliniske undersøgelser af store konstruktioner med kobolt-krom-legeringer er der ikke rapporteret om tilfælde af materialerelaterede reaktioner (21). Også ædle metaller kan være involveret i allergiske reaktioner, især palladium, som forekommer i mange ædelmetallegeringer, kan give reaktioner hos nikkelallergikere (8,22). Allergiske reaktioner mod dentalt guld er også rapporteret på kasuistisk niveau (23). Incidens og prævalens af bivirkninger ved protetiske metaller er indtil videre ukendte. Allergi, irritation og lichenoid slimhindereaktioner er mest omtalt (24). Generelt er allergi mod metaller et kompliceret felt med flere ukendte årsags- og virkningsmekanismer (25).

Ved valg af legeringer, enten det er ædle eller uædle typer, til en given patient er det vigtigt at optage en grundig anamnese med henblik på eventuel allergi. Patienter med kraftig allergi har ofte været til medicinsk udredning for dette og har fået udført en epikutantest ("lappeprøve" på hud). Denne test kræver indgående vurdering af klinisk relevans (26).

Formelle forhold og "importarbejder"

Tandtekniske laboratorier er i lovens forstand producenter af medicinsk udstyr efter mål (individtilpasset medicinsk udstyr). Bl.a. skal virksomheden have et kvalitetssystem, som muliggør

KLINISK RELEVANS

Der er mange forskellige produkter af uædle legeringer på markedet. Baseret på dagens viden kan kobolt-krom-legeringer og titanium trygt anvendes til faste proteser. Fremstillings-teknologierne er i udvikling, særlig inden for additiv tekno-

logi, fx selektiv lasersmeltning, hvor effekterne af protetiske parametre ikke er fuldt klarlagt med hensyn til egenskaber, som kan have kliniske konsekvenser. Der er behov for opfølgingsstudier over lang tid for at kortlægge dette.

gennemskuelighed vedrørende materialevalg og fremstillingsprocesser.

Tandtekniske laboratorier kan anvende underleverandører uden for EU-området til hele eller dele af fremstillingen af tandtekniske arbejder. Undersøgelser i Norge af kvaliteten på indenlandsk og udenlandsk tandteknik har ikke vist alarmerende forskelle; men der kan være anvendt relativt mindre metal i nogle af de udenlandskfremstillede arbejder, og i nogle tilfælde er der diskrepans mellem den oplyste og den reelle sammensætning af legeringer (27).

I Danmark har Lægemiddelstyrelsen udgivet en vejledning for individtilpasset dentalt medicinsk udstyr ("udstyr efter mål") (28). Heri understreges bl.a. krav om dokumentation af sikkerhed og gennemskuelighed i produktionsprocessen, både for tandteknikere og tandlæger med fx "chair-side" produktion af indirekte konstruktioner.

Konklusion

Baseret på nuværende information synes uædle legeringer, kobolt-krom eller titanium, at være velfungerende materialer (29). Fremstillingsmetoderne påvirker egenskaberne i stor grad, hvilket gør det krævende for klinikere at opnå fuld kontrol med konstruktionernes egenskaber. Vi har behov for resultater fra langtidsopfølgninger fra klinisk anvendelse for at kunne bedømme funktionen af protetiske erstatninger, som er fremstillet med de mange forskellige materialer og teknikker, som er aktuelle i dag.

ABSTRACT (ENGLISH)

Base metal alloys for fixed prosthodontics

Cobalt-chromium alloys are now commonly used for fixed dentures and single crowns. The alloys are attractive because they are light and provide high stiffness due to their high elastic modulus (Young's modulus) compared with noble metal

alloys, pure titanium or titanium alloys. Recent processing techniques, such as selective laser melting (SLM), affect the properties. The biological responses in biological laboratory tests appear to be mild. Contact allergy could be a concern in susceptible patients.



Litteratur

- Ascher A, Kronström M, Örtorp A et al. Resultat av en enkät hos protetikspecialister: Klassisk metallkeramik ger vika för nya material. *Tandläkartidn* 2013;105:76-80.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 22674:2016. Dentistry – Metallic materials for fixed and removable restorations and appliances. ISO, 2016.
- Disegi JA. Titanium alloys for fracture fixation implants. *Injury* 2000;31 (Supp 4):14-7.
- Joias RM, Tango RN, Junho de Araujo JE et al. Shear bond strength of a ceramic to Co-Cr alloys. *J Prosthet Dent* 2008;99:54-9.
- Serra-Prat J, Cano-Batalla J, Cabratosa-Termes J et al. Adhesion of dental porcelain to cast, milled, and laser-sintered cobalt-chromium alloys: shear bond strength and sensitivity to thermocycling. *J Prosthet Dent* 2014;112:600-5.
- Souza JC, Henriques B, Ariza E et al. Mechanical and chemical analyses across dental porcelain fused to CP titanium or Ti6Al4V. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* 2014;37:76-83.
- Hey J, Beuer F, Bense T et al. Single crowns with CAD/CAM-fabricated copings from titanium: 6-year clinical results. *J Prosthet Dent* 2014;112:150-4.
- Geurtsen W. Biocompatibility of dental casting alloys. *Crit Rev Oral Biol Med* 2002;13:71-84.
- Oh KT, Kim KN. Electrochemical properties of suprastructures galvanically coupled to a titanium implant. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2004;70:318-31.
- Hjalmarsson L, Smedberg JI, Wennerberg A. Material degradation in implant-retained cobalt-chrome and titanium frameworks. *J Oral Rehabil* 2011;38:61-71.
- von Steyern PV, Ekstrand K, Svanborg P et al. Moderna digitala teknologier för framställning av protetiska konstruktioner. *Tandlägebladet* 2014;118:104-14.
- Murr LE, Gaytan SM, Ramirez DA et al. Metal Fabrication by Additive Manufacturing Using Laser and Electron Beam Melting Technologies. *J Mater Sci Technol* 2012;28:1-14.
- von Steyern PV, Ekstrand K, Svanborg P et al. Moderna digitala teknologier för framställning av protetiska konstruktioner. *Tandlägebladet* 2014;118:104-14.
- Hedberg YS, Qian B, Shen Z et al. In vitro biocompatibility of CoCrMo dental alloys fabricated by selective laser melting. *Dent Mater* 2014;30:525-34.
- Wu L, Zhu H, Gai X et al. Evaluation of the mechanical properties and porcelain bond strength of cobalt-chromium dental alloy fabricated by selective laser melting. *J Prosthet Dent* 2014;111:51-5.
- Qian B, Saeidi K, Kvetkova L et al. Defects-tolerant Co-Cr-Mo dental alloys prepared by selective laser melting. *Dent Mater* 2015;31:1435-44.
- Örtorp A, Jonsson D, Mouhsen A et al. The fit of cobalt-chromium three-unit fixed dental prostheses fabricated with four different techniques: a comparative in vitro study. *Dent Mater* 2011;27:356-63.
- Nesse H, Ulstein DM, Vaage MM et al. Internal and marginal fit of cobalt-chromium fixed dental prostheses fabricated with 3 different techniques. *J Prosthet Dent* 2015;114:686-92.
- Holm C, Morisbak E, Kalfoss T et al. In vitro element release and biological aspects of base-metal alloys for metal-ceramic applications. *Acta Biomater Odontol Scand* 2015;1:70-5.
- Kim YS, Shin SY, Moon SK et al. Surface properties correlated with the human gingival fibroblasts attachment on various materials for implant abutments: a multiple regression analysis. *Acta Odontol Scand* 2015;73:38-47.
- Eliasson A, Arnelund CF, Johansson A. A clinical evaluation of cobalt-chromium metal-ceramic fixed partial dentures and crowns: A three- to seven-year retrospective study. *J Prosthet Dent* 2007;98:6-16.
- Levi L, Barak S, Katz J. Allergic reactions associated with metal alloys in porcelain-fused-to-metal fixed prosthodontic devices-A systematic review. *Quintessence Int* 2012;43:871-7.
- Vamnes JS, Morken T, Helland S et al. Dental gold alloys and contact hypersensitivity. *Contact Dermatitis* 2000;42:128-33.
- SOCIALSTYRELSEN. Biverkningsrelaterade till protetiska material (inlägg, kronor, broar, proteser och implantat). Nationella riktlinjer för vuxentandvård 2011. Socialstyrelsen, 2011.
- Thyssen JP, Menne T. Metal Allergy-A Review on Exposures, Penetration, Genetics, Prevalence, and Clinical Implications. *Chem Res Toxicol* 2010;23:309-18.
- Morken T, Helland S, Austad J et al. Epikutantesting ved mistanke om bivirkninger av dentale materialer. *Tidsskr Nor Lægeforen* 2000;120:1554-6.
- Syverud M, Austrheim EK. Importerte og norskproduserte tanntekniske arbeider – får vi det vi bestiller? *Nor Tannlegeforen Tid* 2014;124:804-8.
- LÆGEMIDDELSTYRELSEN. Dentalt medicinsk utstyr efter mål. Vejledning til tandteknikere, kliniske tandteknikere, importører og tandlæger. Danmark: Lægemiddelstyrelsen, 2015.
- Hjalmarsson L. Kobolt-krom eller titan? En översikt av materialens för- och nackdelar. *Tandläkartidn* 2013;105:64-7.

Nye unikke skrue-retinerede implantatkroner hos Eidorff Dental



Eidorff Dental kan nu tilbyde **VINKLEDE** skrue-retinerede implantat kroner

Alle der laver skrue-retinerede implantat kroner kender til problemet med implantatets placering i forhold til det okklusale skruehul. I mange situationer kan en skrue-retinering ikke lade sig gøre, fordi skruehullet kommer til at ligge uhensigtsmæssigt i forhold til æstetikken på kronen.

Eidorff dental kan nu løse dette problem med **Dynamic Abutment** der tillader en vinkling på op til 30 grader.

Dynamic Abutment kan fås til alle gængse implantatsystemer:

Eidorff Dental kan tilbyde Dynamic abutment + implantat krone til en samlet pris på kun **Kr. 1995,-**

(Inkl. modeller og blødtvævs model)



EiDORFF dental