

Masteroppgaven 8.-10. semester

Universitetet i Oslo

Det odontologiske fakultet, 2009

# TITAN I ODONTOLOGIEN



Odontologistudent Knut Lixvann Skarpeteig

Veileder: førsteamanuensis Hans Jacob Rønold

## INNLEDNING

Mange vil assosiere titan med klokker eller kanskje golfkøller, og innenfor odontologien vil det av mange assosieres med implantater. Titan er et metall som på grunn av sine egenskaper og beskaffenhet gjør at bruksområdene er langt flere enn som så. Denne artikkelen vil belyse flere egenskaper og bruksområder for titan. Den vil ta for seg fakta om titan, historie, egenskaper, bruksområder både generelt og også spesielt innen tannlegeyrket. Litt nyere forskning om bruken vil også bli omtalt sammen med fremtidsutsikter for bruken av titan.

## FAKTA

### FAKTA

Atom nummer 22

Tilhører metallene i periodesystemet

Atomvekt 47,867

Egenvekt 4,54 kg/dm<sup>3</sup>

Smeltepunkt 1660 °C

Titan er verdens 10. mest vanlige grunnstoff og det fjerde vanligste metallet og utgjør 0,86 % av jordskorpen. Til tross for dette er det svært lite av det i kroppen og det har ingen kjent biologisk funksjon.(1)

De mineralene som oftest blir benyttet i fremstilling av titan er ilmenitt (FeTiO<sub>3</sub>) og rutil (TiO<sub>2</sub>). Ilmenitt brukes mest til fremstilling av titanoksid, mens rutil brukes mest til fremstilling av titanmetall. Titan finnes også i en rekke andre ulike mineraler i naturen. Norge har store forekomster av ilmenitt, den desidert største finnes på Tellnes i Rogaland, dette er faktisk også verdens største ilmenittforekomst! Her finnes det 400 millioner tonn råmalt med en titanoksidgehalt på 18 %. Dette vil si

omtrent 60 millioner tonn rent TiO<sub>2</sub> eller nok til å dekke hele verdens behov i 15 år med dagens etterspørsel. Det årlige forbruket av titanoksid på verdensbasis er altså ca 4 millioner tonn per år. Det utvinnes totalt 870 000 tonn Ilmenitt i Norge hvert år, dette tilsvarer 8 % av verdens etterspørselen. Dette gjør oss til verdens fjerde største eksportør av Ilmenitt.(2)

Som sagt er det Rutil som i dag brukes til produksjon av titanmetall. Det har vært noen små gruver langs kysten fra Bamble til Arendal og på Lindviksvollen nær Kragerø som har vært i drift, men per dags dato utvinnes det ikke rutil i Norge. Det er planer om å starte utvinning av Rutil i Engebø i Sogn og Fjordane av selskapet Nordic Mining. Ukraina, Canada og Australia er det også store forekomster av Titan. Årlig verdensproduksjon av titanmetaller 90 000 tonn.(1) Som referanse bør det nevnes at stål produseres i en størrelsesorden på 113 000 000 tonn hver eneste måned.

## HISTORIE

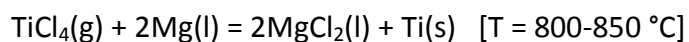
Titan ble oppdaget og beskrevet første gang i 1791 av en engelsk prest som het William Gregor. Han fant en svart sand som bestod av et magnetisk og et ikke-magnetisk metalloksid. Det viste seg at de magnetiske egenskapene kom fra jernoksidet, men han mente det ikke-magnetiske oksidet var et nytt grunnstoff han valgte å oppkalle det etter prestesognet, og kalte det menachanitt. Denne svarte sanden var Illemelitt. Man kan si at titan ble gjenoppdaget i 1795 av tyskeren Heinrich Klaproth, og det er Klaproth som har fått mest av æren for oppdagelsen av titan og også han som har gitt navnet.(1) Titan er oppkalt etter de greske gudene Titanene som var kjemper og barn av urgudene i følge gresk mytologi.(3)

Først i 1910 klarte man å fremstille metallet, på den stabile oksiderte formen. Mengdene man klarte å fremstille var også så små at det ble mest benyttet som en kuriositet i laboratorier. Det var amerikaneren Matthew Arnold Hunter som var tilknyttet Rensselaer Polytechnic Institute i samarbeid med General electric som først klarte dette.(3)

I 1947 fant man en enklere måte å fremstille titan. Denne metoden ble kalt Kroll-metoden og går ut på å tilsette klorgass og karbondioksid slik at det dannes titantetraklorid, dette er en flyktig klar væske.



Denne væsken varmes opp til 136 °C og tilsettes som gass til flytende magnesium i en Krollreaktor, og varmes ytterligere opp. Reaksjonene i krollreaktoren er;



Rent titan er svært reaktivt, derfor er det svært viktig at oksygen ikke er til stede i reaktoren. Dersom det er oksygen til stede vil raskt  $\text{TiO}_2$  gjendannes. Argon brukes oftest som inertgass.  $\text{MgCl}_2$  spaltes ved elektrolyse og resirkuleres til prosessen.(1)

I dag brukes titan på flere og flere områder og i større og større grad. Det har pågått og fremdeles pågår det kontinuerlig forskning på fremstilling og foredling som kan bidra til å øke bruken av titan, samtidig vil effektivisering av fremstillingen føre til lavere priser som igjen vil gjøre at titan kan være et mer aktuelt materiale å bruke i produksjoner.

## BRUKSOMRÅDER GENERELT

Bruksområdene for titan er mange og varierte, flyindustrien er en av de største forbrukerne av titan og bruker så mye som 2/3 av verdensproduksjonen. Det er spesielt landingsutstyr og jetmotorer som blir laget i titan. Legeringene som brukes er gjerne med aluminium og Vanadium og ca 90 % titan. På jettfly har titan en helt spesiell rolle da friksjonen fra luften gjør at temperaturen i motoren stiger til 2-300 grader celsius. Ved disse temperaturene svekkes aluminium i så stor grad at det ikke kan brukes og stål blir uhensiktsmessig tungt.(1) Det brukes cirka 50 tonn titan i et boeing 747 fly. Titan kan brukes i et temperaturområde fra 600 grader pluss til 200 grader minus uten å bli vesentlig svakere eller korrodere.(4)

Store mengder titan benyttes i skips og oljeindustri da metallet er syrefast og korroderer ikke i saltvann. Titan brukes som fargestoff i maling da TiO<sub>2</sub> ikke slipper gjennom lys men reflekterer det i svært stor grad. Halvparten av TiO<sub>2</sub> produksjonen går med til malingsproduksjon. Jotun er en av verdens ledende produsenter av maling til skip, industri og ordinær husmaling. Videre brukes omtrent



en fjerdedel som pigment i plastproduksjon. TiO<sub>2</sub> brukes også i papir, keramikk, solkrem, mat og kosmetikkproduksjon(1) De deler av prosessindustrien som behandler høykorrosive produkter bruker ofte titan i apparaturen som er i direkte kontakt med de høykorrosive elementene. Titan brukes i kjølesystemer i atomkraftverk og i rensesystemer i moderne kullkraftverk.(4)



Grunnen til den brede anvendelsen er titans beskaffenhet. Det er inert, lett og sterkt. Som en kuriositet kan det nevnes av den russiske atomubåten Kursk hadde et skrog laget i titan for at den skulle motstå ekstreme havdyp.(5) Titan brukes i et utall produkter blant annet i stekepanner, sykler, klokker, briller, golfkøller, på barberblad og i romskip listen er så lang at jeg ikke tør å prøve å nevne alle.

Titan er et relativt rimelig metall i september 2009 lå prisen på 4 usd per kilo, men den har variert mellom 3-8 dollar per kilo gjennom det siste året. Til sammenlikning koster et kilo aluminium 2 dollar på samme tid. Det titanholdige mineralet Rutil som er utgangspunktet for produksjon av titan koster omtrent en halv dollar per kilo(2008) Samtidig lå prisen på primærmettet eller såkalt titansvamp på 10-12 dollar per kilo(2008). Merk den kraftige prisstigningen fra råstoff til metall med en tjuedobling! Den observante leser vil også se at prisene falt veldig på titan fra 2008-09 i forbindelse med finanskrisen. Videre sees et tilsvarende prishopp på ferdige titankomponenter som typisk ligger på 100-800 dollar per kilo. Grunnene til det første prishoppet er at dagens metode for fremstilling av titan er avansert og dermed kostbar. Det neste prishoppet kommer som følge av at det er krevende å forme titanet. Metodene som brukes er fresing av smidde, støpte eller valsede emner. Denne metoden gjør at svært mye metall maskineres bort, typisk i størrelsesorden 70 % som fjernes. Det er ikke like lett å resirkulere titan som andre metaller, derfor blir titan et mye dyrere metall i foredlingsprosessen.(6)

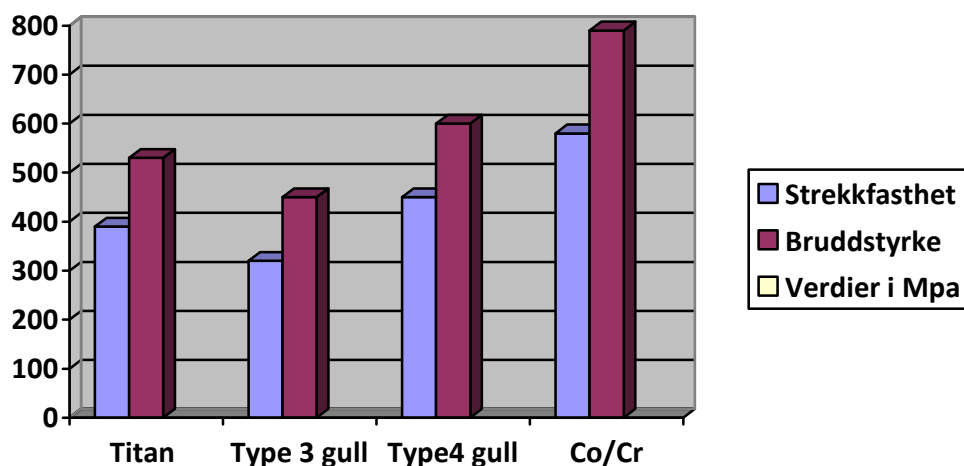
## FYSISKE OG KJEMISKE EGENSKAPER

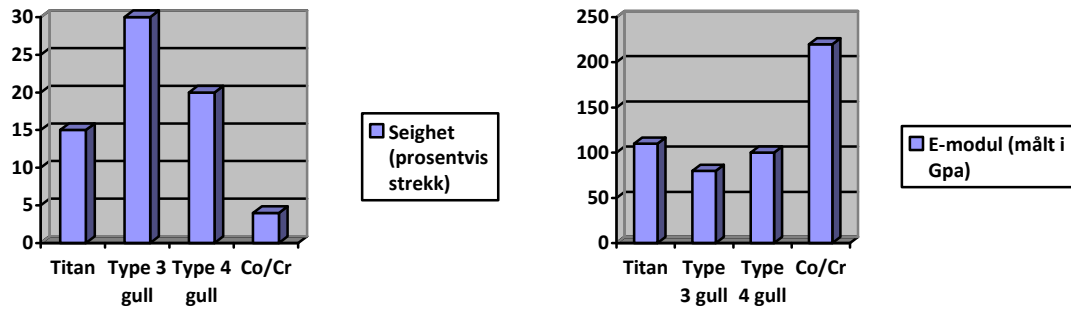
Titan er like stekt som stål men veier bare 45 % og titan veier 60 % mer enn aluminium men tåler dobbelt så mye. Dannes dessuten et titanoksidlag på overflaten av metallet som beskytter mot korrosjon.(6)

Rent titan vil straks det er utsatt for oksygen danne et lag av titanoksid, for enkelhetsskyld vil jeg heretter omtale rent titan med titanoksid i overflaten som titan. Dette 4 nm tykke laget gjør at metallet blir relativt inert, korrosjonsbestandig og vevsvennlig. Titan er like korrosjonsbestandig som 316 rustfritt stål også kalt A4 rustfritt stål som er det mest høyverdige. Det viser seg dog at stålet alltid reagerer mer i proteinløsninger. Stress og slitasje kan på sin side føre til økt korrosjon av titan.(7)

## EGENSKAPER SPESIELT

For oss har allerede titan en viktig rolle innenfor mange områder og det forskes stadig på nye bruksområder. Innenfor instrumenter har titan flere fordeler med tanke på vekt, korrosjonsmotstand og slitestyrke. Titan instrumentene er ofte noe dyrere i innkjøp, men for flere vil denne ulempen bli oppveid av fordelene med vekt, korrosjon og slitestyrke. Ulempen her er at titan foreløpig er et vanskelig materiale å bearbeide og det krever ofte spesielt utstyr og stiller høye operatørkrav til dem som foredler metallet. Støping av titan er utfordrende da smeltepunktet på titan er på hele 1670 grader celsius og at det lett reagerer med andre stoffer. Dette betyr at smelting må skje i spesielle støpemaskiner eller ved mekanisk bearbeidelse i form av fresing og elektroerosjon. Smeltingen må foregå ved induksjon eller lysbuesmelting med wolframelektrode i vakuum eller argon som inertgass. Selve smelten føres inn i spesielle former som er lite reaktive ved hjelp av en sentrifuge. Under denne prosessen kan det lett oppstå porer i smelten om materialet størkner for fort. Ved optimal teknikk reduseres denne risikoen betraktelig, men fortsatt er det betydelig større risiko for porer i forhold til edelmetaller.(8)

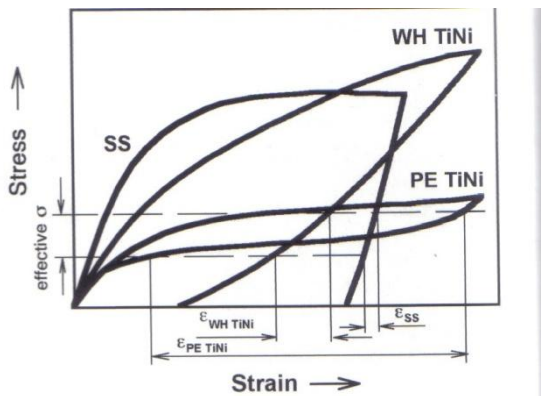




(9)

Som vi ser av diagrammet har titan relativt like fysiske egenskaper som de mest vanlige gulltypene vi bruker. Co/Cr skiller seg noe ut med høy E-modul og lave seighet.

Titan i legering med nikkell regnes for å være et metall med hukommelse, det vil si at dersom man fjerner belastningen eller varmer metallet opp vil det i stor grad gjenfinne sin opprinnelige form. Grunnen til denne hukommelsen er en faseforandring i metallet uten at atomene forandrer plassering, dette kalles martensisk faseforandring. Stål har også en liten evne til hukommelse, men den er langt mindre enn for titan, dessuten gir titan et jevnere drag under hele perioden mens buen går tilbake til sin opprinnelige form, som sees av kurven under.

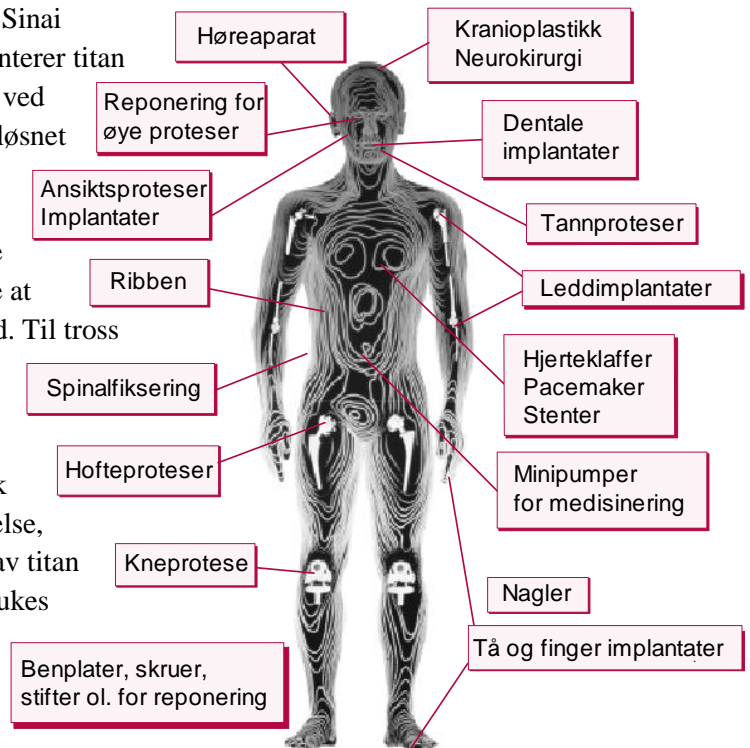


Grafen viser stål (SS), herdet nikkeltitan (WH TiNi) og pseudoelastisk (PE TiNi) (10)

Titan er et biokompatibelt metall som kroppen godtar. Man oppnår osseointegrasjon av titanimplantater som opereres inn i ben (11), dette er for mange velkjente egenskaper som benyttes i implantatbehandling, jeg velger derfor ikke å nevne mer om dette her.

## BRUKSOMRÅDER I MEDISIN

I 1951 beskrev en amerikansk forsker ved Mount Sinai Sykehuset i Philadelphia en artikkel hvor han presenterer titan som et optimalt materiale å bruke i skruer og plater ved fiksering av frakturer. Det var et problem at skruer løsnet til tross for at det ikke var noen infeksjon. Han gjennom forsøk på rotter hadde oppdaget at titan var både inert nok og samtidig sterkt nok til å bruke til fiksering etter frakturer av bein.(12) Dette gjorde at titan etter hvert ble brukt til fiksering etter benbrudd. Til tross for dette ble ikke titan brukt i en hofteleddsprotese før sent på 70-tallet(13), altså lenge etter man visste om titans egenskaper med tanke på osseointegrasjon. Dette er et eksempel på medisinsk bruk av titan som ikke påvirker oss i vår yrkesutøvelse, men innenfor medisinen er det flere bruksområder av titan som påvirker oss. Etter kompliserte benfrakturer brukes titanskinner og skruer for å sette på plass og fikserer benbiter, dette er en metode som kan brukes ved større kjevefrakturer. Pacemakere og kunstige hjerteklaffer blir ofte laget i titan på grunn av biokompatibilitet. Her må vi ta hensyn til henholdsvis elektrisk pulpatesting og antibiotika profylakse ved blodige inngrep, uten at det her er titanet i seg selv men snarere installasjonene i seg selv som krever tiltakene.



## BRUKSOMRÅDER I ODONTOLOGIEN

I tannlegeyrket er titan kanskje et av de metallene som brukes på flest områder. Det brukes i turbiner, vinkelstykker, implantater, fast apparatur i kjeveortopedien, partielle proteser, fixeringsbuer og håndinstrumenter som endodontiske filer og som metallskjellett i kroner og broer. Det forskes også på titanbelagte skjellletter for Alloplastiske grafts i regenerativ periodontal terapi.



NiTi-fil



Vinkelstykke



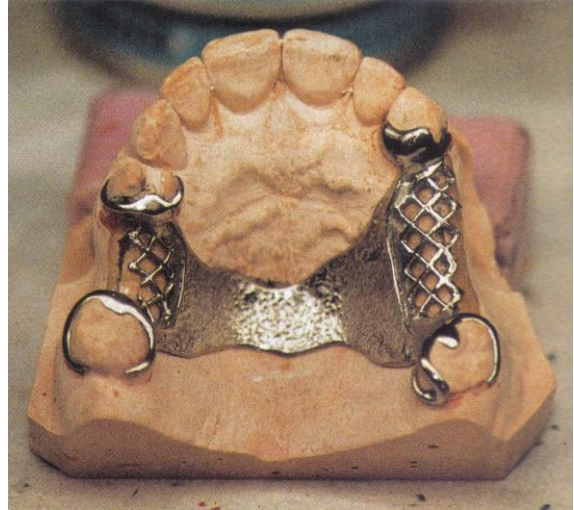
Fixtur



Graft

## AVTAKBAR PROTETIKK

I overdentures, partiell og hel løs protetikkk kan titan brukes som forbindelseelementer. Dette er spesielt aktuelt for allergikere som reagerer på CoCr rammeverk, eller bruxister som trenger forsterket løs protetikkk. Man lager forbindelseelementene ved hjelp av støpeteknikk som er en er teknikk sensitiv med problemer med porositeter i støpen samt underskudd i støpet. Fresing er et godt alternativ da man slipper porositeter, og har moderne presise maskiner som kan gjøre jobben. I 1990 kostet et støpt skjelett i titan cirka 200 dollar mens et skjelett i CoCr kostet cirka 160 dollar altså ingen stor forskjell i pris. En annen fordel i forhold til CoCr og gull er den lave vekten. Ulempene er dyrt utstyr og høye krav til prosess og operatør.(14) I dag er også CAD-CAM teknikk svært aktuelt å bruke til skjeletter.



## FAST PROTETIKK

Titan blir også brukt i metallskjelletter i MK broer og kroner. Dette er et relativt nytt bruksområde for titan. I starten var det en del problemer knyttet til dette. Først var det problemer med støp av skjellettene. Det tradisjonelle porselenet viste en tendens til å sprekke og løsne fra metallskjellettet. Dersom det kun ble sprekker og ikke løsning, ville degenerasjonsprodukter fra titanskjellettet misfarge porselenet sterkt. Dersom titan brukes som metallskjelletter i fast protetikkk er fasadematerialet er enten

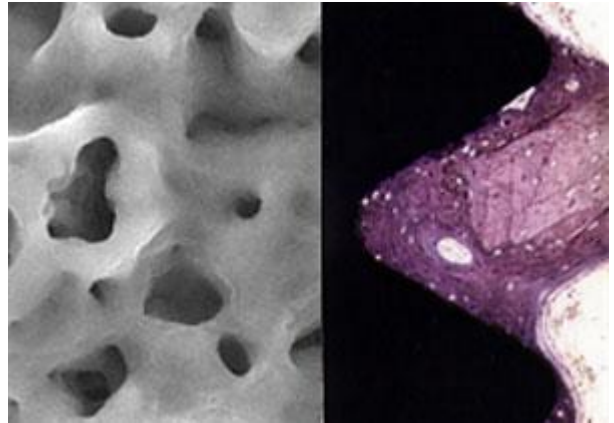


plastikk eller spesielle typer poselen. Plast retineres godt til titan, men titanet må behandles med silanisering på forhånd for at plasten skal sitte tilfredsstillende. Plaster har ofte ikke tilfredsstillende estetikk eller slitestyrke. Bruken av porselen som fasademateriale på titan forsøkes det fortsatt mye på. Et annet problem har vært at det reagerer svært lett med poselenet ved høy temperatur. Derfor må porselenet tåle å bli brent på ved lavere temperaturer. I Sverige har man tatt i bruk elektroerosjon av innvendige kroneformen, mens man bruker fresing på utsiden.

Dette er en metode som fungerer godt med tanke på tilpassning og har fungert bra klinisk. Ulempen er at det er en dyr og avansert metode som trolig få store laboratorier vil anskaffe seg. Fordelen med titan i forhold til edelmetaller er at selvmaterialprisen er langt lavere enn for edelmetallene samtidig som de fysiske egenskapene er tilfredsstillende.(8) Både i inlays og onlays er titan brukt, estetikken er som for edelmetaller, men fordelen er at det kan brukes på pasienter med allergier. Prismessig er det ingen fordel med titan inlays da den er tilsvarende prisen på tilsvarende metaller i edelmetaller. I dag bruker



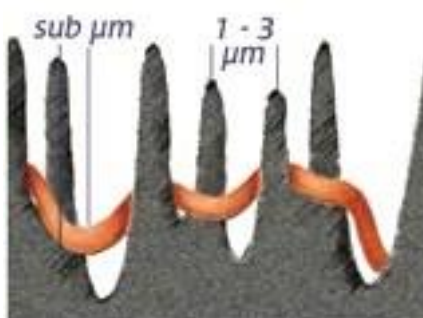
man ofte CAD-CAM titanskjelletter og en ny type porselen som er spesielt utviklet for titanskjelletter. Dette har vært brukt i noen år nå. Tanntekniker kontorene Godaker og Halto opplyser å ha brukt det nye porselenet i ca 3 år uten å få klager på løsning av porselenet. Men fremdeles brukes bare 5 % titanskjelletter i deres broarbeider da de ønsker å se at dette fungerer godt på lengere sikt også. De opplyser at det blant annet er svært store krav til jevn brenntemperatur i ovnen for at porselenet skal sitte tilfredsstillende til skjellettet, dette kan være med på å gjøre at en del ovner ikke egner seg til slike arbeider, og at noen teknikere sliter med produksjonen av disse. Et annet kjent problem med titan i metallskjellettene er at de er vanskeligere å reparere om det skulle gå av en bit porselen. Problemet har vært at porselenet "eksploderer" under påbrenningen. Dette har noe å gjøre med urenheter og fukt i metallskjellettet som har stått i munnen over flere år. Problemet løses ved å tørke skjellettet i ovn på ca 1200 grader over natten for å brenne opp proteiner og tørke ut fuktighet.



## IMPLANTATER

Tannerstatninger eller implantater har vært et behov i flere tusen år. De første funnene man har gjort av forsøk på implantat er ved hjelp av utskårne elfenbenstener, dyretenner, tenner fra andre mennesker og tenner laget av stein. Hos de gamle Egypterne har man funnet spor etter tannerstatninger. Det er gjort røntgenbilder av hodeskaller funnet av Mayaindianere hvor det viser seg at noen hadde tannformede steinimplantater som har ankylosert seg fast, noe som betyr at tennene var funksjonelle.

Mange vet at det var Per Ingar Brånemark som oppdaget osseointegrasjon av titan idet han skulle fjerne titanskruer etter forsøk på kaniner da skruene satt fast. En som færre har hørt om og som også er å regne som en pioner innenfor implantologien er André Schroeder. Han fant i 1976 ut at ved å øke overflaten på skruene ville man øke retensjonen til ben.(15)



Dersom rent titan blir utsatt for oksygen vil det raskt dannes en overflate i  $TiO_2$ , det var med en slik overflate Brånemark fikk osseointegrasjon for første gang. Man kan si at dette har blitt en gullstandard ved utviklingen av nye overflater.

Dersom ikke implantatene blir skikkelig osseointegrert i benet vil det ved belastning løsne og falle ut. For å optimalisere osseointegreringen har man altså funnet at skruenes overflate er avgjørende for implantatenes prognose. Det er to overflatebehandlinger av titan implantater som kan bedre osseointegrasjonene nemlig overflatemønster(ruhet) og kjemisk behandling av overflaten. Ved å lage overflaten ru vil man oppnå bedre osseointegrasjon i forhold til en overflate som ikke har blitt utsatt for spesiell behandling for å bli mer ru. Man trodde rundt årtusenskiftet at mønster i størrelsen 100-500 micrometer var den optimale som god osseointegrasjon, det later dog til at nyere forskning mener som ovennevnt at størrelser på 1-3 micrometer er det optimale.(10) I denne artikkelen har det blitt forsøkt å trekke frem

noen av de nyeste overflatebehandlingene fra de største produsentene. Ospanol implantater er overflatebehandlet ved oksidasjon av kalsium ioner. Oksideringen fører til at overflaten øker og at det blir bedre mekanisk feste for ben. Nobel biocare TiUnite har en overflate med en mikrostrukturert krystallisk struktur av fosfatanrikt titanoksid. Astra Tech Dentals nyeste overflate heter Osseospeed og er i følge dem selv den eneste overflaten som er kjemisk modifisert ved at de har fluorbehandlet den mikro-ru overflaten. Straumann hevder at de er de første med en kjemisk aktiv overflate med sin SLActive-overflate. Denne er mer hydrofil som igjen skal gi raskere benteilheling rundt implantatet. Overflaten fra 3i Implant Innovations Inc heter Osseotite og er behandlet med termisk dual syreetsing med svovelsyre og saltsyre gjør at overflaten får et likt mønster av små topper og daler.

Alle produsentene lager forskjellige skruer med ulik form, gjenger, kanter og så videre for å øke brukervennligheten, bruksområder og ikke minst bedre prognosen for overlevelse av implantatene og få ned tiden før man kan belaste implantatene

## INSTRUMENTER

Titan brukes i vinkelstykker og turbiner. Umiddelbart kan man tenke seg at vekten er det viktigste argumentet for å kjøpe disse, selv om prisen er i størrelsesorden 2000 kroner mer enn for tradisjonelle stål vinkelstykker og turbiner. Eller er det kanskje overflaten som for mange vil fremstå som mer eksklusiv i finishen. Sannheten er at svært mange stålinstrumenter har en overflate som er behandlet slik at de likner en titanoverflate. Vekten er et argument, men det er vanskelig å kjenne forskjellen når man holder et moderne stålinstrument i hånden og sammenlikner det med et i titan. Selgerne jeg har vært i kontakt med sier det er slitestyrken som er det viktigste argumentet for å kjøpe titan.

Innenfor kjeveortopedien og til filer i endodontien har Titan i legering med nikkel gitt en ny gullstandard. Dette er fordi titan som sagt har en egen evne til å "huske" sin opprinnelige form. Metallet gjenvinner sin opprinnelige form ved å fjerne belastning eller varme det opp.

Dette fører i praksis til at man ikke trenger å bytte buer så ofte som man ellers ville om man hadde brukt stålbuer i kjeveortopedien, dette igjen betyr tid og penger spart selv om TiNi buer er dyrere i innkjøp. Innenfor endodontien betyr det at man i stor grad unngår permanent bøyning av filene under rotfylningen. Dersom det er vanskelig å plassere buen i brakettene som kan være plassert i forskjellige nivåer i forhold til hverandre kan man ise ned buen. Da vil metallet oppføre seg som et uelastisk materiale og bli lettere å plassere. Når metallet oppnår høyere temperatur igjen vil den gamle erindrede formen gjenopprettes.(10)

I fikseringsbuer er også titan brukt i legeringer med nikkel på grunn av hukommelses egenskapene sine. Fordelen er at buene gir tilnærmet samme fleksibilitet som tennenes fysiologiske mobilitet og reduserer dermed risikoen for ankylose etter traumer.

## FREMTID

Med dagens økte krav til energieffektivitet kan titan få en viktig nøkkelrolle innenfor transport og energiproduksjon. Det forskes på bruk av titan kombinert med ulike komposittmaterialer. Fordelen her er at temperaturkoeffisienten er tilnærmet lik i forhold til titan i motsetning til aluminium som kunne være et alternativ. I disse komponentene som typisk vil være akslinger vil man bruke det harde korrosjonsbestandige titanet som kappe over den lette kompositten med lite slitestyrke. Vindkraft synes å være et satsningsfelt for morgendagens energikilder, spesielt store marine vindmølleparker. I denne forbindelsen kan titan med sin lette vekt, styrke og korrosjonsbestandighet spille en avgjørende rolle. Biler fremstilt i titan kan bli fremtiden hvor karosseriet og motor vil være lettere, og dermed spares energi.(6)



Det som synes å være de viktigste grunnene til at titan ikke brukes i betydelig større skala enn i dag er at det finnes for mange tilfredsstillende materialer som er billigere eller at titan er for vanskelig å bearbeide.

Titanindustrien selv har stor tro på at titan er det nye store metallet. Selskapet norsk titanium utvikler en ny metode for framstilling av titan som benytter seg av elektrolyse. Denne metoden skal være mulig å bruke på ombygde aluminium smelteovner, noe som kan være økonomisk gunstig. Dette vil kunne være med på å senke prisen på titan og dermed øke bruksområdene til metallet.

Det samme selskapet lager også en

sveisecekk for bearbeiding av titan. Da titan er så reaktivt og ikke lar seg sveise på tradisjonell måte trengs et lufttett rom med Argon som inertgass. Dette vil føre til langt billigere bearbeiding av titan til ferdige komponenter.(6)

I følge Professor Lasse A. Skoglund ved odontologisk fakultet i Oslo er vevsregenerasjon etter reseksjonskirurgi i forbindelse med cancerbehandling fremtidens løsning. Dagens kirurgibehandling er mutulerende mens vi kanskje etter hvert vil få muligheten for regenerative løsninger med titanscaffolds eller i beste fall ved biologisk dyrking av nytt vev. Her ser det også kan titan få en viktig rolle. Det er gjort forskning med titanbelagte polymersvamper. Dette er matrixer som fungerer som skjellletter for ny vevsdannelse. Svampene kan lages av polyesterbasert polyuretan skum. Deretter følger en mer intrikat prosess hvor en keramisk veske med  $TiO_2$  blir applisert i flere trinn hvor blant annet høy temperatur er med på å feste titan til svampene. Disse blir til nettverk som opereres inn i området hvor man ønsker benregenerasjon og nettverket vil stimulere til ny benvekst. Denne teknologien vil man også kunne bruke etter traumer, sinuslift og oppbygning av ben etter periodontitt. (16)

Personlig tror jeg titan vil bli mer og mer brukt innenfor tannlegeriet. Det er nå en gang slik at økonomi i form av nytte-kostnads-regning er det som i stor grad avgjør hvor vidt man kjøper en type utstyr eller ikke. Det er en kjensgjerning at titan instrumenter er noe dyrere enn tradisjonelle stållegeringsinstrumenter. Dersom brukervennlighet i form av lavere vekt, redusert korrosjon-rust og mindre deformering i form av bedre hukommelse i metallet på for eksempel klammere vil man kunne velge dette til fordel for instrumenter av billigere materialer. Et absolutt unntak fra nytte-kost-regning er dersom materialet har helt unike egenskaper, som for eksempel innenfor implantater, der ingen andre materialer virker tilfredsstillende. Titan har innenfor dette feltet en trygg plass slik det ser ut i dag, og mye tyder på at man vil bruke implantater i enda større grad enn tidligere.

### KONKLUSJON/OPPSUMMERING

Titan er et relativt ”nytt” metall i den forstand at det ikke har vært kommersielt benyttet i særlig grad før Kroll-metoden kom i 1947. Det er fremdeles stål og aluminium som er våre viktigste metaller, dette er mye på grunn av pris og enkel bearbeiding. Titans egenskaper er på flere områder overlegne stål og aluminium. Det er like stekt som stål men veier bare 45 %, titan veier 60 % mer enn aluminium men tåler dobbelt så mye. Dersom man klarer å få enklere og billigere metoder for fremstilling og bearbeidelse av titan vil det få langt større betydning i morgendagens samfunn.

Titan er et allsidig materiale innenfor vårt fagfelt. Innenfor implantologien har titan helt unike egenskaper, mens innen kjeveortopedien er det bare nikkel som har samme hukommelse. Det er kanskje innenfor metaller i protetikk at man vil se den største økningen i bruken av titan for fremtiden. Det er fortsatt utfordringer med tanke på tilvirking av selve skjelettene og applisering av fasadematerialer. Det kan tyde på at det er en del løsninger, men det er fortsatt forskning som gjenstår og man mangler longditinuelle studier av dette. Men så langt ser det ut som om titan vil få en langt større markedsandel enn det har i dag. Men som alltid er det vanskelig å spå, spesielt om fremtiden.

## Kildehenvisninger:

1. Svein Stølen, Periodesystemet, Stein 2009. vol 36: 3: 17-19
2. Øyvind Gvein / Ingolf Jarle Rui, Norge – bergverksdrift og petroleumsutvinning, Store norske leksikon, 2004.
3. Davies J.E. Mechanisms of Endosseous Integration, Int J Prostodont Mechanisms of Endosseous Integration 1998;11:391-401
4. Titanium information group. Titanium and its alloys. Issue 5 revised and updated aug. 2002
5. Cambridge Encyclopedia Vol. 72 submarine - Civilian submarines and submersibles, Military submarines, Submersion and navigation, Submarine hull, Propulsion, Crew
6. Odd Richard Valmot, Teknisk ukeblad: spesialbilag desember 2008:INDUSTRI 48-53
7. Buddy N. Ratner, Titanium in Medecine D.M. Brunette 2001: 4
8. Jon E. Dahl, Morten Waarli, I. Eystein Ruyter. Niom Info 1992 nr 2
9. Bergman M. Gjutning av titan. Blomberg & Carlsson, Göteborg 1990.
10. Peter Filip, Titanium in Medecine D.M. Brunette 2001: 54-70
11. Davies J.E. Mechanisms of Endosseous Integration Int J Prostodont 1998;11:391-401
12. Gottlieb S. Leventhal, Titanium a metal for surgery , Journal of Bone and Joint Surgery, 1951;33:473-474
13. Erich Wintermantel, titanium in Medecine D.M. Brunette 2001 VIII
14. John Haldezoz TITANIUM-from mining to titanium 2001: 81-85
15. Rudy Robert J. ; Levi Paul A. ; Bonacchi Fred J. ; Weisgold Arnold S. ; Eengler-Hamm Daniel ; Intraosseous Anchorage of Dental Prostheses : An Early 20th Century Contribution 2008, vol. 29, no4, [Note(s): 220-231 [9 p.]
16. G. Fostad, B. Hafell, A. Førde, R. Dittmann, R. Sabetrsekh, J. Wily, J.E. Ellingsen, S.P. Lyngstadaas og H.J. Haugen, Loadable TiO<sub>2</sub> scaffolds—A correlation study between processing parameters, micro CT analysis and mechanical strength Journal of the European Ceramic Society  
Volume 29, Issue 13, October 2009, Pages 2773-2781