

Vormgeheugenmetaal

Door:

N.W. Buijs, metaalkundige, Innomet b.v.

Vormgeheugenmetaallegeringen bieden door het vormherinneringsvermogen, de biocompatibiliteit en de hoge corrosiebestendigheid interessante toepassingen in de medische technologie. Er zijn reeds door diverse instellingen en bedrijven implantaten van vormgeheugenmetaal ontwikkeld.

Het werkingsprincipe van implantaten van deze materialen berust erop, dat dit implantaat onder verwarming een vooraf geïnduceerde vormverandering ondergaat. Deze eigenschap van geprononceerd vormherinneringsvermogen biedt talrijke toepassingsmogelijkheden, temeer omdat bij het teruggaan in de geprogrammeerde vorm ook arbeid verricht kan worden. We kunnen als toepassingen bijvoorbeeld denken aan:

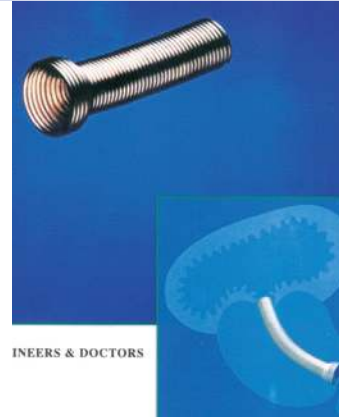
- gebitsbeugels met een groot werkzaam gebied dankzij het pseudo-elastisch effect van het materiaal;
- revalidatiehandschoen voor het reactiveren van functioneel verminderde actieve spiergroepen;
- vena cavafilter voor het tegenhouden van bloedstolsels in de slagaders;
- anticonceptie spiraal;
- intracraniale aneurysmaclips voor het afklemmen van zwakke aders;
- kunstspieren die geactiveerd worden door elektrische stromen dankzij de relatief hoge ohmse weerstand van het metaal;
- fixatie-elementen ten behoeve van botbreuken en het bevestigen van prothesen aan botweefsel;
- meegroeiprothesen;
- harringtonstaaf ten behoeve scoliosepatiënten, alsmede een spandraad;
- fixatiedraden voor intra-oculaire lenzen;
- wervelafstandstukken t.b.v. blokkeringoperatie;
- maagankers om de maagfunctie te activeren in geval van (permanente) kunstmatige voeding;
- cilindrische elementen om prostaatvergroting in urineleider op te heffen.

We spreken in de regel over tijdelijke en permanente implantaten. Een fixatie-element voor een snellere genezing van botbreuken zal tijdelijk worden gebruikt terwijl een wervelafstandstuk permanent in het lichaam zal blijven.

Vormgeheugenmetaal

Sinds enige tijd worden in de techniek enkele metaallegeringen voorzien van de aanduiding vormgeheugenmetaal (tabel 1). Deze legeringen hebben de unieke eigenschap dat ze in vaste toestand in een aantal modificaties voor kunnen komen. Metaalkundig gezien laat dit fenomeen

zich verklaren als een spanningsgeïnduceerde martensitische structuurverandering die omkeerbaar is. Tot deze geheugenlegeringen behoren TiNi (titaan/nikkel), CuAlZn (koper/aluminium/zink) en AuCd (goud/cadmium). Vooral titaan/nikkel wordt als implantatiemateriaal steeds meer gebruikt. Een veel voorkomende handelsnaam is nitinol. Vormgeheugenlegeringen kunnen in vaste toestand een faseovergang ondergaan als er een beperkt temperatuurgebied wordt doorlopen waardoor ze spontaan van vorm kunnen veranderen. Er kunnen zich dan in afhankelijkheid van de temperatuur twee productvormen voordoen. Titaan/nikkel vertoont een zogenaamde kristallografische en reversibele thermo-elastische martensitische transformatie die diffusieloos verloopt. Deze transformatie wordt gekarakteriseerd door vier transformatietemperaturen, te weten Ms, Mf, As en Af. Ms en Mf zijn temperaturen waarbij de transformatie start en eindigt als er gekoeld wordt vanuit de moederfase. As en Af geven de temperaturen weer waarbij het martensiet begint te transformeren naar de B-fase, totdat het volledig getransformeerd is. Dit laatste geldt dus als het materiaal wordt opgewarmd vanuit de martensiettoestand. Het vormgeheugeneffect houdt in, dat het metaal in twee vormen kan bestaan, namelijk bij een lagere en bij een hogere temperatuur. De vormverandering wordt veroorzaakt door de B-martensiettransformatie tijdens het opwarmen of afkoelen. Door variatie in de legeringspercentages van titaan/nikkel kan men deze temperaturen laten schomme-



Figuur 1. De prostaatstent is een cilinder die uit draad gewikkeld is en die in de urinebuis wordt geplaatst ter hoogte van de prostaat. Dit is vooral nuttig bij oudere mannen die problemen met urineren hebben. Na het warm worden zet de cilinder uit waardoor de doorlaat van de urinebuis wordt vergroot. Door het af te koelen kan men de stent in draadvorm weer uit de urineleider trekken

Materiaal Ni55Ti45

Warmtebehandelde toestand en beneden de transformatietemperatuur

Eigenschap	Waarde
Soortelijke massa	6,45 gram/cm ³
Soortelijke warmte	0,45 J/g°C
Soortelijke transformatiewarmte	24,2 J/g
Warmtegeleidingcoëfficiënt	80,10 ⁻⁶ Ωcm
Elasticiteitsmodules	7.104 N/mm ²
Glijmodules	2,7.104 N/mm ²
Treksterkte	850 N/mm ²
Rek grens	180 N/mm ²
Rek bij breuk	45%
Insnoering	30%

Tabel 1. Eigenschappen geheugenlegering TiNi (titaan/nikkel, nitinol)