

Muistimetalli luo taikatemppuja ja uusia tuoteinnovaatioita

21.12.2023

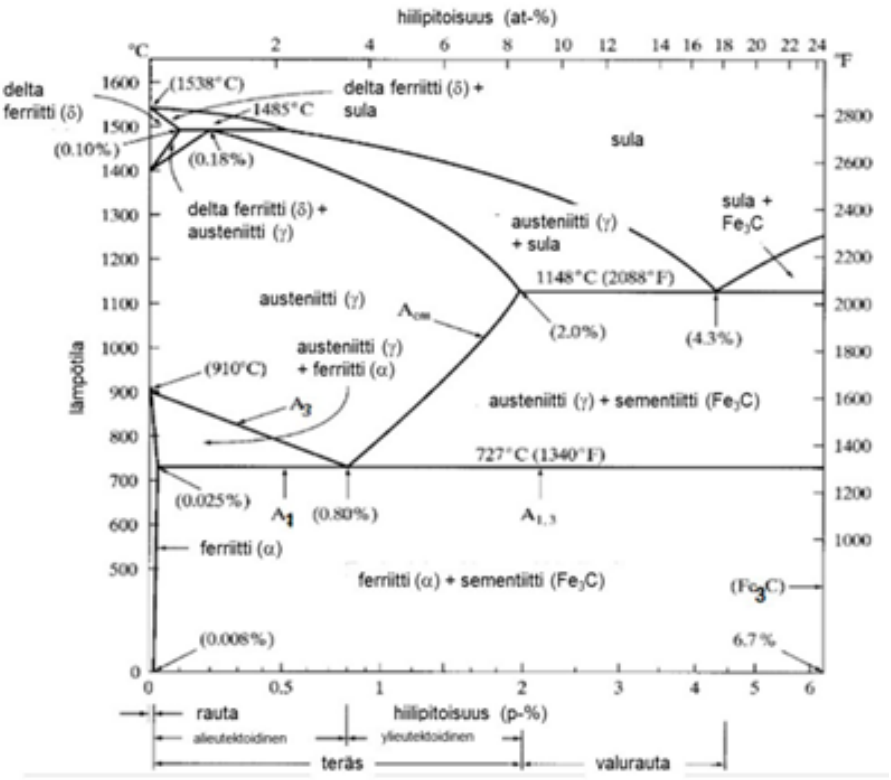
Jonkin aikaa sitten tämän artikkelin kirjoittaja oli seuraamassa mentalisti Jose Ahosen esitystä ja pääsi lavalle asti seuraamaan lusikan taipumista mentalistin mielen voimalla. Hackmanin Savonia -sarjan lusikka, jonka kirjoittaja oli saanut omassa kädessään hypistellä ja ihan normilusikaksi todeta, vääntyi mentalistin kämmenellä ilman fyysisen voiman käyttöä melkoiselle mutkalle. Outoa! Mentalisti Ahonen totesi, että joku insinööri oli väittänyt tempun perustuvan muistimetallin käyttöön, mutta hän totesi, ettei edes tiedä mitä muistimetalli on. Tämä tietämättömyyden tila lienee melko yleistä ja yllättävän harva ”perusinsinöörikään” on perillä muistimetallien ominaisuuksista ja käyttömahdollisuuksista.

Metallurginen tausta

Muistimetalli on metalliseos, jolla on muisti: matalassa lämpötilassa muokattu kappale palautuu lämmitettäessä alkuperäiseen muotoonsa (Sippola, Lindroos & Peltonen 2007, s. 20). Se siis ”muistaa” aikaisemman olomuotonsa. Tämä muodonmuutos perustuu siihen samaan faasimuutokseen austeniitista martensiitiksi kuin teräksen karkaisukin.

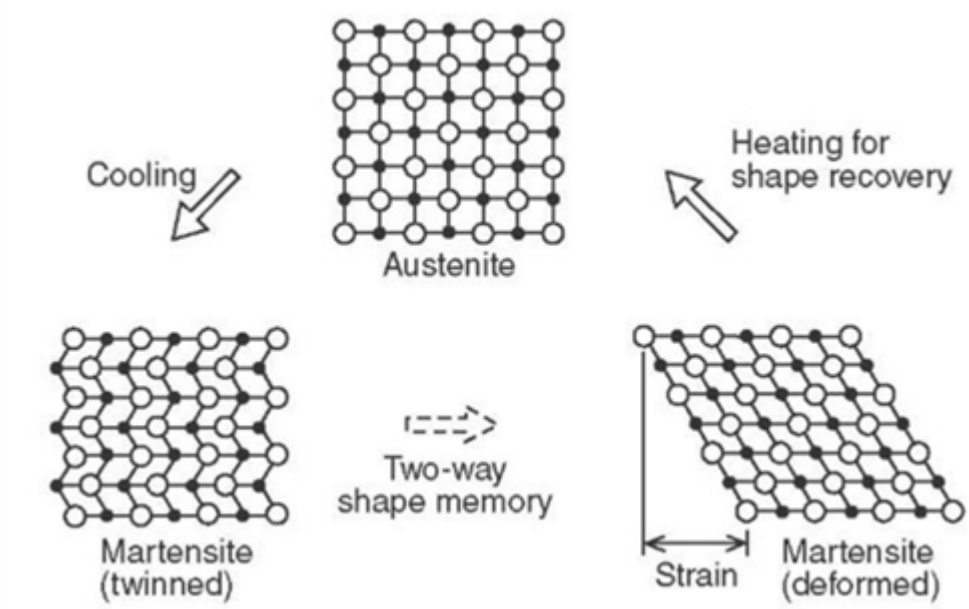
Teräksen karkaisuun sekä siihen liittyviin faasimuutoksiin jokainen insinööri törmää jo opintojensa alkuvaiheessa. Lämpökäsittelyillä teräksen sitkeyttä ja lujuutta muutetaan kulloisenkin tarpeen mukaan. Huoneenlämpöinen puhdas rauta eli ferriitti kiteytyy austenniittiseksi yli 900° C lämpötilassa. Martensiitti puolestaan syntyy, kun rauta karkaistaan. Tämä tarkoittaa, että austenniittiseksi kuumennettu rauta jäähdytetään erittäin nopeasti esimerkiksi veteen upottamalla. Karkaistu kiderakenne on kova ja hauras. Syntyviä jännityksiä voidaan pienentää kuumennuksella heti karkaisun jälkeen. Tätä kutsutaan päästöksi.

Tällöin martensiitti alkaa sitkistyä ja muuttua perliitiksi. (Väisänen 2007, ss. 37-38). Ilmiötä voidaan tarkastella ns. rauta-hiili -tasapainopiirroksen avulla (kuva 1). Kuvasta nähdään miten teräksen hiilipitoisuus ja lämpötila vaikuttavat sen kiteytymiseen.



Kuva 1: Rauta-hiili (Fe-C) tasapainopiirros (Kauppi 2020, s. 16)

Muistimetallissa muisti-ilmiö perustuu termoelastisuuteen. Martensiittisessa faasimuutoksessa muistimetalli menettää tyypillisesti symmetrisen, kuutiollisen astenniittifaasinsa ja järjestäytyy uudelleen vähemmän symmetriseen martensiittiseen faasiin. Faasi- eli arkikielessä olomuotomuutos on tässä yhteydessä nimenomaan hilarakenteen muutos (vrt. kuva 2.) Kappaleen muoto palautuu samaksi kuin se oli aiemmin samassa hilarakenteessa. Muistimetallista tehty kappale siis muotoutuu aina saman muotoiseksi samassa lämpötilassa.



Kuva 2. Muistimetalli Nitinolin hilarakenteen muutos (http://what-when-how.com/materialsparts-and-finishes/shape-memory-alloys/)

Historiaa lyhyesti

Muistimetallit ovat siis metalliseoksia. Tärkeimmät niistä sisältävät tietyssä suhteessa joko kuparia, sinkkiä, alumiinia ja nikkeliä tai kuparia, alumiinia ja nikkeliä tai nikkeliä ja titaania. Mutta miten muistimetallit alun perin keksittiin?

Tiedot muistimetallien synnystä vaihtelevat jonkin verran, mutta joka tapauksessa synty ajoittuu 1930-1940 luvuille (kts. esim. Otsuka & Wayman 1998). 1938 havaittiin nikkelin ja titaanin seoksista syntyvän materiaali, joka pystyi palautumaan alkuperäiseen muotoonsa lämmön avulla. Se siis ”muisti” alkuperäisen muotonsa. Yhdysvaltain laivasto rahoitti muistimetallien lisätutkimusta 1960-luvulla ja samaan aikaan näiden materiaalien potentiaali alkoi herättää suurempaa kiinnostusta. William J. Buehler tutkimusryhmineen havaitsi, että tietyn nikkelin ja titaanin seoksen palautumiskyky oli erityisen hyvä. He antoivat seokselle nimen Nitinol, joka on lyhenne sanoista Nickel Titanium Naval Ordnance Laboratory. (Kaufman & Mayo 1993). Muita muotomuistimateriaaleja ovat kulta-kadmium, kupari-alumiini-nikkeli, kupari-sinkki-alumiini ja rauta-mangaani-pii -seokset.

Käyttökohteet

Muistimetallien ainutlaatuiset ominaisuudet (eli lähinnä muodonmuutosmuisti sekä superelastisuus) tekevät niistä käyttökelpoisia ja arvokkaita useilla eri aloilla. Ensimmäinen laajasti käytetty muistimetalli oli nimenomaan Nitinol. Sille onkin kehitetty useita eri sovelluksia lääketieteestä, elektroniikkaan, avaruusteknologiaan ja jopa ihan arkipäiväisiin tuotteisiin. Lääketieteellisiä sovelluksia ovat mm. verisuoniproteesit, ortopediset implantit, lääketieteelliset ohjausneulat ja -langat sekä taivutettavat kirurgiset työkalut. Elektroniikassa muistimetalleja sovelletaan laajasti erilaisissa komponenteissa, kuten sähköliittimissä

ja termostaateissa. Jokapäiväisen elämän sovelluksista voidaan mainita vaikkapa silmälasien sangat, golfmailojen varret ja älyvaatteet.

Sovelluksissa lienee rajana lähinnä mielikuvitus. Esimerkiksi vuoden 2023 alussa Tieteen kuvalehdessä oli artikkeli muistimetallien käytöstä puhkeamattoman polkupyörän ja autonrenkaan kehittämisessä (Rosenberg Pedersen 2023). Tekniikka ja Talous -lehdessä puolestaan esiteltiin jo 2012 muistimetallin käyttöä sillankorjauksessa (Peltonen 2012). Jopa rakennuksia on purettu asentamalla kantaviin rakenteisiin Nitinol-kiiloja, jotka lämmön tai sähkön vaikutuksesta laajenevat ja rikkovat rakenteen. Samalla periaatteella on tehty myös monenlaisia nostokoneita. Raskaassa teollisuudessa muistimateriaaleja yritetään kehittää energiantuotantoon. (Kulmala 2009). Muistiseosten käyttöä myös satelliiteissa ja antenneissa sekä helikopterin roottorin siipien tasapainon säätämisessä tutkitaan.

Tämä artikkeli lähti liikkeelle mentalistin lusikantaivutuksesta. Ainakin Nitinolia on käytetty tällaisten illuusioiden luomiseen, joten sovelluslistalle pitänee siis lisätä vielä erilaiset ”taikatemput” (kts. esim. https://www.youtube.com/watch?v=NcwBTn0zWHw). Olikohan kirjoittajan ja mentalistin kohtaamisessa kyse kuitenkaan Nitinolista? Siinä käytetty lusikka, kun on edelleen ”mutkalla” (kuva 3).



Kuva 3. Mentalistin taivuttama lusikka. Muistimetallia vai ei? (Kuva: B .Taijala)

Lopuksi

Muistimetallit ovat yksi selkeä esimerkki siitä, että liian kapeasti vain omaan koulutus- tai osaamisalaan keskittyminen saattaa tehdä sokeaksi eri alojen välimaastoon sijoittuvien innovaatioiden soveltamismahdollisuuksille. Erityisesti tuotekehityksen kanssa toimivien (alasta riippumatta) kannattaa seurata tekniikan kehitystä laaja-alaisesti. Ammattikorkeakoulussakin voisi olla hyödyllistä esimerkiksi alariippumaton materiaalitekniikan kurssi, jossa käydään läpi alan uusimpia innovaatioita ja sovelluksia.

Beata Taijala
yliopettaja, ins., KTL
SeAMK

Artikkelin kirjoittaja omaa teknisen ja liiketaloudellisen koulutustaustan ja ainakin yrittää pitää silmänsä auki uusien materiaali- ja tuoteinnovaatioiden varalta. To do -listalla on myös jonain päivänä testata mentalistin taivuttamaa lusikkaa eri lämpötiloissa ja selvittää onko kyse muistimetallin faasimuutoksesta. Siihen asti

kirjoittaja voi ainakin kuvitella, että mukana olisi ripaus aitoa magiaa….

Lähteet

Kauffman, G. & Mayo, I. (1993) “Memory Metal.” Chem Matters Oct. 1993: 4-7.

Kauppi, T. 2020. Käytännön hitsausmetallurgiaa. Osa 1 : Terästen faasimuutokset. Hitsaustekniikka. 72 (4), 15-20.

Kulmala, K. 2009. Metamorfoosi. Lahden ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/14992/Kulmala_Kalle.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Otsuka, K. & Wayman, C.M. , Editors (1998), Shape Memory Materials, Cambridge University Press, Cambridge.

Peltonen, K. (2012). Muistimetalli korjaa vaurioituneen sillan. Tekniikka ja Talous. 5.3.2012. https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/muistimetalli-korjaa-vaurioituneen-sillan/ca201ca4-4077-37cf-86f6-da048a177cd7

Rosenberg Pedersen, S. (2023). Uudenlainen rengas ei puhkea. Tieteen kuvalehti 12.1.2023. https://tieku.fi/teknologia/uudenlainen-rengas-ei-puhkea

Sippola, M., Lindroos, T., & Brander, T. (2007). Muistimetallit: Muistimetalliaktuaattorien termo-mekaaninen toiminta ja mitoitus. *Rakenteiden Mekaniikka*, *40*(1), 7-22. http://rmseura.tkk.fi/rmlehti/2007/nro1/RakMek_40_1_2007_1.pdf

Väisänen, P. (2007). *Teräs.Perustietoa arkkitehtiopiskelijalle*. Teknillinen korkeakoulu.