

Nikel va Titan asosidagi Xotira Qotishmalarining Asosiy Xususiyatlarini O'rganish

Ilyosova Zulfiya Ilxom qizi

Olmalik davlat texika instituti talabasi

Mamaraximov S.K. [0009-0003-5497-7490]

Olmalik davlat texika instituti "Metallurgiya" kafedrasida katta o'qituvchisi

Annotatsiya: Maqolada nikel va titan asosidagi nitinol qotishmasining shakllanish tarixi, uning shakl xotirasi va superelastiklik kabi noyob xususiyatlari, turli sohalaridagi amaliy qo'llanilishi hamda qotishmani olishning zamonaviy texnologik usullari yoritilgan.

Kalit so'zlar: Nitinol qotishmasi, nikel, titan, shakl xotirasi, superelastiklik, korroziyaga chidamlilik, deformatsiyalanish, shaklni tiklash, materialshunoslik.

Study of the Main Properties of Nickel and Titanium-Based Memory Alloys

Ilyosova Zulfiya Ilkhom kizi

Student at Almalyk State Technical Institute

Mamarakhimov S.K. [0009-0003-5497-7490]

Senior lecturer, Department of Metallurgy, Almalyk State Technical Institute

Abstract: This article discusses the history of the development of Nitinol, a nickel–titanium-based alloy, its unique properties such as shape memory effect and superelasticity, its practical applications in various fields, and modern technologies for the production of this alloy.

Keywords: Nitinol alloy, nickel, titanium, shape memory effect, superelasticity, corrosion resistance, deformation, shape recovery, materials science.

Исследование Основных Свойств Никелевых и Титановых Сплавов с Эффектом Памяти

Илёсова Зульфия Ильхом Кизи

Студент Алмалыкского государственного технического института

Мамарахимов С.К. [0009-0003-5497-7490]

Старший преподаватель кафедры металлургии Алмалыкского государственного
технического института

Аннотация: В статье рассмотрены история создания сплава нитинол на основе никеля и титана, его уникальные свойства, такие как эффект памяти формы и сверхэластичность, области практического применения в различных сферах, а также современные технологии получения данного сплава.

Ключевые слова: сплав нитинол, никель, титан, эффект памяти формы, сверхэластичность, коррозионная стойкость, деформация, восстановление формы, материаловедение.

Xotira qotishmasini shakllantirish haqida gap ketganda, ko'p odamlar uning nomi haqida eshitgan. U qanchalik deformatsiyalanmasin, ma'lum bir haroratgacha qizdirilgandan so'ng, u sehrli tarzda asl holatiga qaytishi mumkin.

Dunyoda shakli xotira qotishmalarini o'nlab turlari topilgan. Nitinol eng qadimgi ishlab chiqilgan va eng amaliy qotishma materiallaridan biridir. Nitinol deb ham ataladigan nikel titanium metall qotishma bo'lib, bu erda ikkita element taxminan teng atom foizlarida mavjud. Nikelning vazn foiziga ko'ra turli xil qotishmalar nomlanadi; masalan, nitinol 55 va nitinol 60. Qotishma tarkibidabi metallar fozi nikelda 55 dan 60 gacha va titanning foizi 40 dan 45 gacha bo'ladi.[1]

Fizik xususiyatlari

Tashqi ko'rinishi: bu yorqin kumush metall.

Zichlik ushbu qotishmaning zichligi $6,45 \text{ gm/cm}^3$

Erish nuqtasi: uning erish nuqtasi 1310°C atrofida.

Qarshilik: yuqori haroratlarda 82 ohm-cm va past haroratlarda 76 ohm-cm qarshilikka ega.

Issiqlik quvvati: uning issiqlik quvvati $0,077 \text{ cal/gm}^\circ\text{C}$.

Magnit sezuvchanlik: uning magnit sezgirligi yuqori haroratlarda $3,8 \text{ emu - gm}$ va past haroratlarda $2,5$ ga teng.

Yakuniy kuchlanish kuchi: ushbu materialning yakuniy kuchlanish kuchi 754 va 960 MPa orasida.

Odatda cho'zilishi: $15,5$ foiz

Odatda rentabellik kuchi: yuqori haroratda 560 MPa ; past haroratda 100 MPa Taxminiy elastik modul: yuqori haroratda 75 GPa ; past haroratda 28 GPa . [2]

Tarixi "Nitinol" so'zi uning tarkibi va kashfiyot joyidan olingan: (nikel Titanium-Naval Ordnance laboratoriyasi). Uilyam J. Buehler, Frederik E. Vang 1959 yilda Naval Ordnance laboratoriyasida olib borilgan tadqiqotlar davomida uning xususiyatlarini kashf etdi. Buehler defotmatsiya va issiqlik ta'sir kuchiga qarshi tura oladigan yaxshiroq raketa burun konusini yasashga harakat qilar edi. Nikel va titanning 1:1 qotishmasi bu ishni bajarishi mumkinligini bilib, 1961 yilda u laboratoriya boshqaruvi yig'ilishida namunani taqdim etdi. Akkordeon singari buklangan namuna atrofga uzatildi va ishtirokchilar tomonidan egildi. Ulardan biri yengilroq namuna trubkasi issiqlikni ta'sir ettirganda va barchani ajablantiradigan narsa, akkordeon shaklidagi chiziqli qisqarib, avvalgi shaklini oldi. Nitinol uchun potentsial dasturlar darhol amalga oshirilgan bo'lsa-da, qotishmani tijoratlashtirish bo'yicha amaliy harakatlar o'n yildan keyin amalga oshirildi. Ushbu kechikish asosan qotishmani eritish, qayta

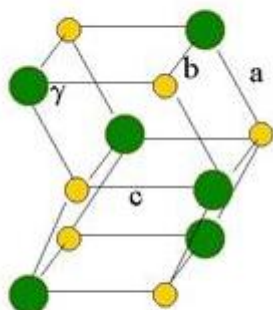
ishlash va qayta ishlashning favqulodda qiyinligi bilan bog'liq edi. Hatto bu sa'y-harakatlar ham moliyaviy qiyinchiliklarga duch keldi, ular 1980-yillarga qadar osonlikcha engib o'tilmadi, bu amaliy qiyinchiliklar nihoyat hal etila boshlandi.[3]

Nitinol qotishmalari ikkita bir biriga chambarchas bog'liq va noyob xususiyatlarni namoyish etadi: shakl xotirasi effekti va superelastiklik (psevdoelastiklik deb ham ataladi). Shakl xotirasi-nitinolning bir haroratda deformatsiyaga uchrashi, tashqi kuch chiqarilganda deformatsiyalangan shaklda qolishi, so'ngra "transformatsiya haroratidan yuqori haroratda qizdirilganda asl, deformatsiyalanmagan shaklini tiklash qobiliyati."Superelastiklik-bu metallning katta deformatsiyalarga uchrashi va tashqi yukni olib tashlaganidan so'ng darhol shakllanmagan shakliga qaytishi. Nitinol oddiy metallarga qaraganda 10-30 baravar deformatsiyalanishi va asl shakliga qaytishi mumkin. Nitinol shakl xotirasi effekti bilan harakat qiladi yoki super elastiklik uning transformatsiya haroratidan yuqori bo'lishiga bog'liq. Transformatsiya harorati ostida u shakl xotirasi effektini namoyish etadi va bu haroratdan yuqori darajada o'zini super elastik tutadi. Nitinol tarkibining haroratga ta'siri. Asl "ota-ona shakli" ni yaratish uchun qotishma joyida ushlab turilishi va taxminan 500 °C ga qadar qizdirilishi kerak. Ushbu jarayon odatda shaklni sozlash deb ataladi.[4] nitinolda superelastiklik yoki psevdoelastiklik deb ataladigan ikkinchi ta'sir ham kuzatiladi. Bu ta'sir martensitni bosimni qo'llash va sovutish orqali hosil bo'lishining bevosita natijasidir. Shunday qilib, ma'lum bir harorat oralig'ida ostenitga bosim qo'llash mumkin, bu esa martensit hosil bo'lishiga olib keladi va shu bilan birga shaklini o'zgartiradi. Bunday holda, bosimni (tashqi ta'sir) olib tashlash bilanoq, nitinol o'z-o'zidan asl shakliga qaytadi. Yuqori haroratlarda nitinol interpenetratsion oddiy kub tuzilishi deb ataladi. Ostenit (shuningdek, ota-ona fazasi sifatida ham tanilgan). Past haroratlarda nitinol o'z-o'zidan martensit (qiz fazasi) deb nomlanuvchi murakkabroq monoklinik kristalli tuzilishga aylanadi.[5] ostenit-martensit va martensit-ostenit transformatsiyalari bilan bog'liq to'rtta o'tish harorati mavjud. To'liq ostenitdan boshlab, martensit qotishma martensit boshlang'ich harorati yoki Ms deb ataladigan darajaga qadar sovutilganda shakllana boshlaydi va transformatsiya tugagan harorat martensitni tugatish harorati yoki Mf deb ataladi. Qotishma to'liq martensit bo'lganda va qizdirilganda, ostenitning boshlanish haroratida shakllana boshlaydi.[6]

Ishlab chiqarish

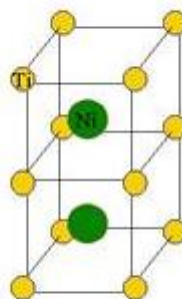
Nitinolni juda qattiq kompozitsion nazorat va titanning ulkan reaktivligi tufayli ishlab chiqarish juda qiyin. Titanning kislorod yoki uglerod bilan birikadigan har bir atomi NiTi panjarasidan o'g'irlangan atom bo'lib, tarkibini o'zgartiradi va transformatsiya haroratini pasaytiradi. Bugungi kunda ikkita asosiy eritish usuli qo'llaniladi. Vakuumli yoyni qayta eritish xom ashyo va suv bilan sovutilgan mis urish plitasi orasidagi elektr yoyini urish orqali amalga oshiriladi. Eritish yuqori vakuumda amalga oshiriladi va qolipning o'zi suv bilan sovutilgan misdir. Vakuumli induksion eritish xom ashyoni tigelda (odatda uglerod) isitish uchun o'zgaruvchan magnit maydonlar yordamida amalga oshiriladi.

Martensite

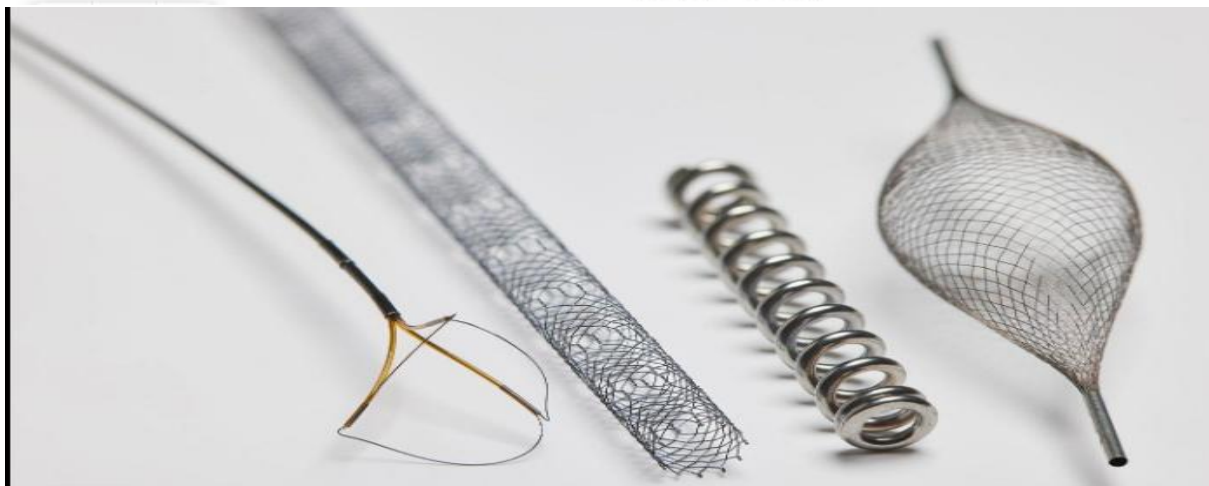


a, b, & c are not equal,
 γ about 96°

Austenite



CsCl Structure
 $a = b = c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



Bu yuqori vakuumda ham amalga oshiriladi. Ikkala usul ham afzalliklarga ega bo'lsa-da, zamonaviy sanoat vakumli induksion eritish pechlarini afzal ko'radi, chunki deformatsiyaga chidamliligi yuqori bo'lishiga olib kelishi isbotlangan.[7]

Maxsus xususiyatlari

1. Xotira xususiyatlarini shakllantirish. Nitinol qotishmalari ma'lum bir haroratda tashqi kuchlar tomonidan deformatsiyalanadi. Tashqi kuch chiqarilgandan so'ng, deformatsiyaning shakli hali ham saqlanib qolishi mumkin, ammo yuqori haroratlarda avtomatik ravishda asl shaklga qaytishi mumkin.
2. Super elastik. Nitinolning superelastik energiyasi issiqlik bilan ishlov berish sharoitlariga qarab o'zgaradi. Nitinol simini 400 dan ortiqgacha qizdirilganda, superelastiklik pasayishni boshlaydi.
3. Korozyon qarshilik. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, nitinol qotishmasining korroziyaga chidamliligi eng yaxshi tibbiy zanglamaydigan po'latdan yaxshiroqdir, shuning uchun u tibbiyot sohasida keng qo'llaniladi.
4. Biokompatibillik. Nikelning ayrim kanserogen va allergik xususiyatlari mavjud bo'lishiga qaramay, nitinol yuzasida hosil bo'ladigan titan dioksid (TiO_2) himoya qatlami nikel ionlarining ajralib

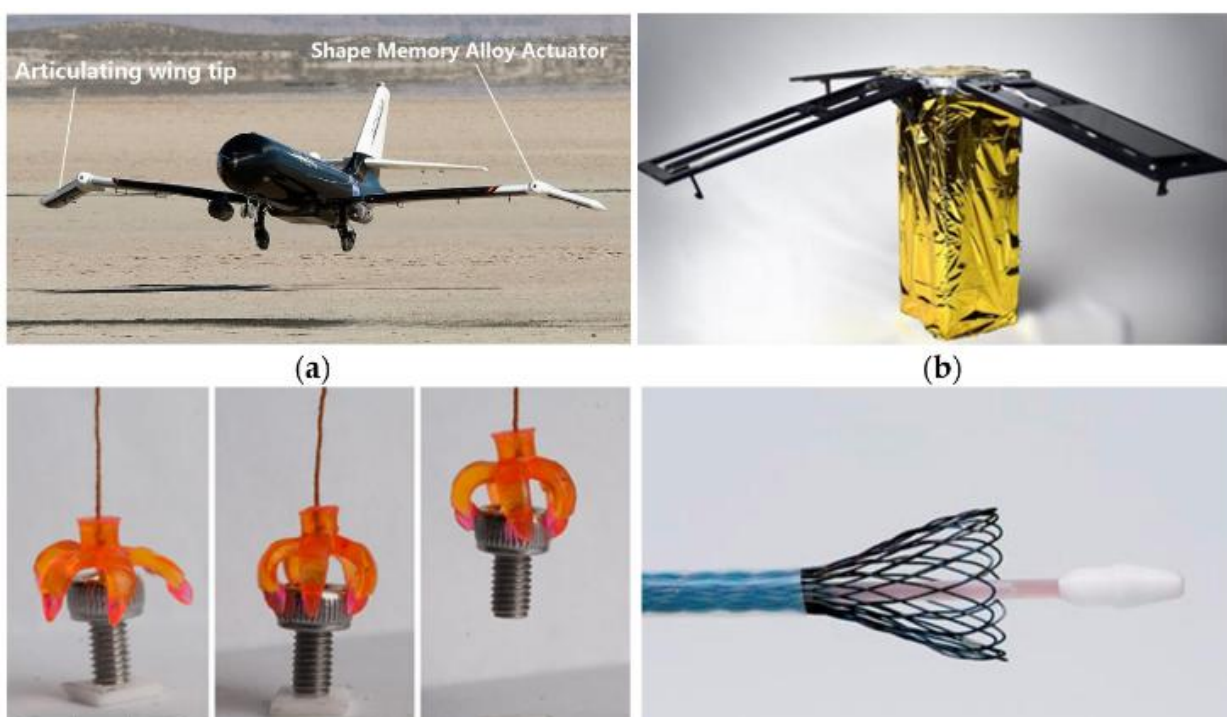
chiqishini sezilarli darajada cheklaydi. Shu sababli nitinol qotishmasi yuqori biokompatibillikka ega bo'lib, tibbiyotda implantlar va boshqa biomateriallar ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi.

5. Yaxshi zarba singdirish. Superelastik nitinol qotishma simining dastlabki tebranish amplitudasi zanglamaydigan po'lat simning faqat yarmini tashkil qiladi.

Foydalanish sohalari

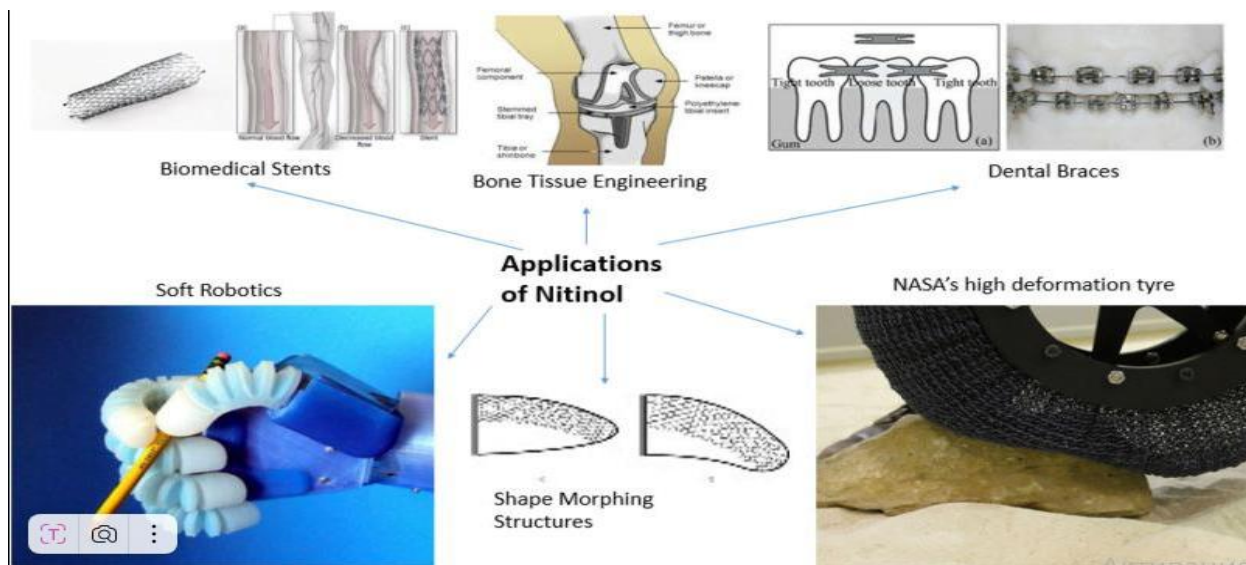
Nitinol qotishmasining bir qator ajoyib xususiyatlari uni aerokosmik, avtomobilsozlik, tibbiy asbob-uskunalar va boshqa sohalarda keng qo'llashga imkon beradi.

1. Aerokosmik: Nitinol aerokosmik dasturlarda samolyot quvurlari bo'g'inlari, shuningdek kosmik kemalar antennalari, mahkamlagichlar, ulagichlar, elektr ulanishlari va elektromexanik aktuatorlar kiradi.



2. Avtomobil sanoati: Nitinol qotishmasi odatda avtomobil dvigatelining issiqlikka bardoshli fan debriyajida, egzozni avtomatik sozlash nozulida, dizel dvigatel radiator teshigining avtomatik ochilishi va yopilishida, reaktiv dvigatel moyi filtri shakli xotira kamonida qo'llaniladi.

3. Tibbiy Asbob-Uskunalar: Nitinol og'iz ortodontiyasi, jarrohlik tuzatish va plastik jarrohlik, shuningdek, yurak-qon tomir minimal invaziv intervension terapiyada muvaffaqiyatli qo'llanilgan. Hozirgi vaqtda jarrohlik choklar, miya anevrizmasi kliplari, kontratseptiv halqalar, sun'iy yuraklar, mikro nasosli sun'iy buyraklar klinik sinovlarga o'tkazildi.



4. Fuqarolik Mahsulotlari: Fuqarolik mahsulotlariga super elastik ko'zoynak ramkasi, mobil telefon antennasi, ayollar sutyen braketi, yuqori elastik va qattiqlik baliq ovlash liniyasi, naushnik bosh kiyimlari va boshqalar kiradi.[9]



Xulosa. Ushbu sharh maqolasini yozish uchun motivatsiya ikki xil bo'lib. Birinchidan, Ti-Ni tarkibli qotishmalari eng muhim amaliy shakli xotira qotishmalari bilan zo'r mexanik xususiyatlari. O'tmishda yuqorida tavsiflanganidek ko'plab munozarali muammolar bo'lgan bo'lsa-da, ularning aksariyati hozirgacha hal qilingan. Shunday qilib ularni zamonaviy asosda birlashtirilgan tarzda ko'rib chiqish foydali bo'ladi. Ikkinchidan, Ti-Ni asoslangan qotishmalari tizimida ko'p bosqichli o'zgarishlar bor, qaysi o'z ichiga oladi faqat diffuzionsiz, martensitik transformatsiyalar emas, ular xotirani

shakllantiradi va superelastik effektlar paydo bo'ladi, lekin diffuzion transformatsiyalar ham paydo bo'ladi. Shunday qilib, qotishma tizimi fizik metallurgiyani mukammal o'rganish bo'lib xizmat qiladi. Yaxshilash uchun barcha turdagi fazali transformatsiyalardan foydalaniladigan po'latlarga tegishli jismoniy xususiyatlarni o'z ichiga oladi. Nitinol qotishmasini yaralishi ayniqsa tibbiyot sohasida sezilarli rivojlanishni ko'rsatdi va yurak-qon tomir minimal invaziv interventsion terapiyada muvaffaqiyatli qo'llanilgan. Hozirgi vaqtda jarrohlik choklar, miya anevrizmasi kliplari, kontratseptiv halqalar, sun'iy yuraklar, mikro nasosli sun'iy buyraklar klinik sinovlarga o'tkazildi. Bu esa qotishmaning inson salomatligida o'ziga hos o'nri borligini ko'rsatdi. Albatta bunday nayob qotishmalar olishni mahalliyashtirish zarur deb hisoblayman.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. <https://medium.com/@lisazhang8568/what-is-nitinol-and-where-is-nitinol-used-d8e943925872>
2. https://www.chemistrylearner.com/nitinol.html#google_vignette
3. __Withers, Neil. "Nitinol". Chemistry World. Royal Society of Chemistry. Retrieved 29 January 2018.
4. ["Fabrication & Heat Treatment of Nitinol"](#). memry.com. 2011-01-26. Retrieved 2017-03-28.
5. __Otsuka, K.; Ren, X. (2005). "Physical Metallurgy of Ti-Ni-based Shape Memory Alloys". Progress in Materials Science. **50** (5): 511–678. [CiteSeerX 10.1.1.455.1300](#). [doi:10.1016/j.pmatsci.2004.10.001](#).
6. ["Nitinol facts"](#). Nitinol.com. 2013. [Archived from the original](#) on 2013-08-18. Retrieved 2010-12-04.
7. Urbano, Marco; Coda, Alberto; Beretta, Stefano; Cadelli, Andrea; Sczerzenie, Frank (2013-09-01). [The Effect of Inclusions on Fatigue Properties for Nitinol](#)
8. Funakubo, Hiroyasu (1984), Shape memory alloys, University of Tokyo, pp. 7, 176.
9. <https://www.medicaldesignandoutsourcing.com/what-is-nitinol-and-where-is-it-used/>