

Valupronssit vaativissa liukukohteissa

Leo Janka

Sacometal Oy

Sacometal lukuina

Turnover



Volume

Foundry

2000

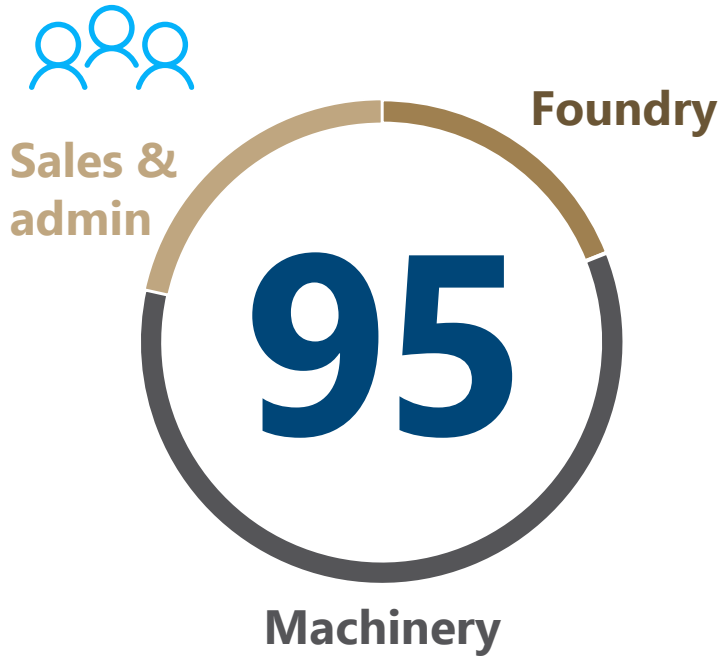
tons per year

Machinery

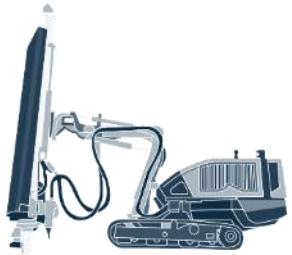
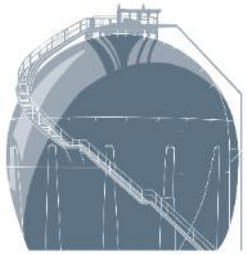
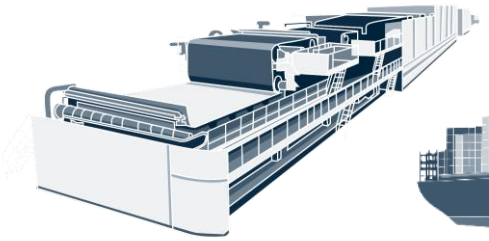
200K

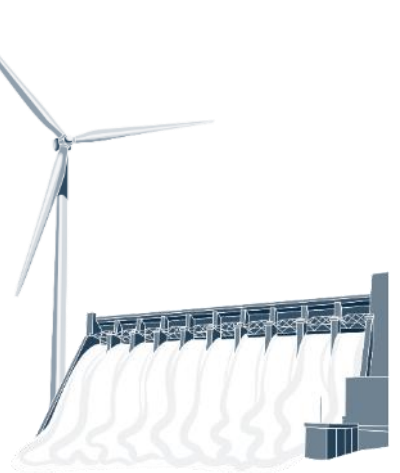
items per year

Employees



Sacometalin ja Sacotecin osaaminen



SACOTEC

Steel

Investment casting,
Replicast and 3D prototype

Engineering office

SACOMETAL

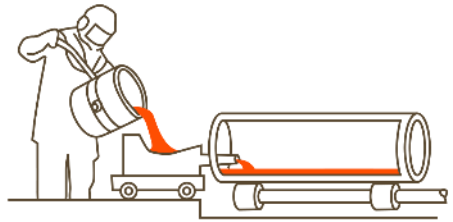
Bronze

Continuous casting,
Centrifugal casting,
Replicast and Machining

Metallurgy

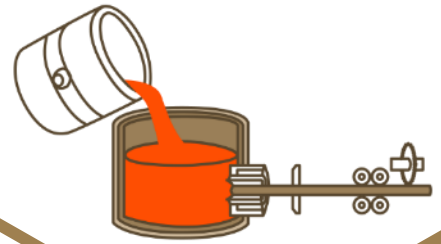
Sacometalin valumenetelmät:

KESKIPAKOVALU



Holkin halkaisija: 250-1700 mm
Paino: 100-2000 kg

JATKUVAVALU



Holkin halkaisija: 10-300 mm

REPLICAST®

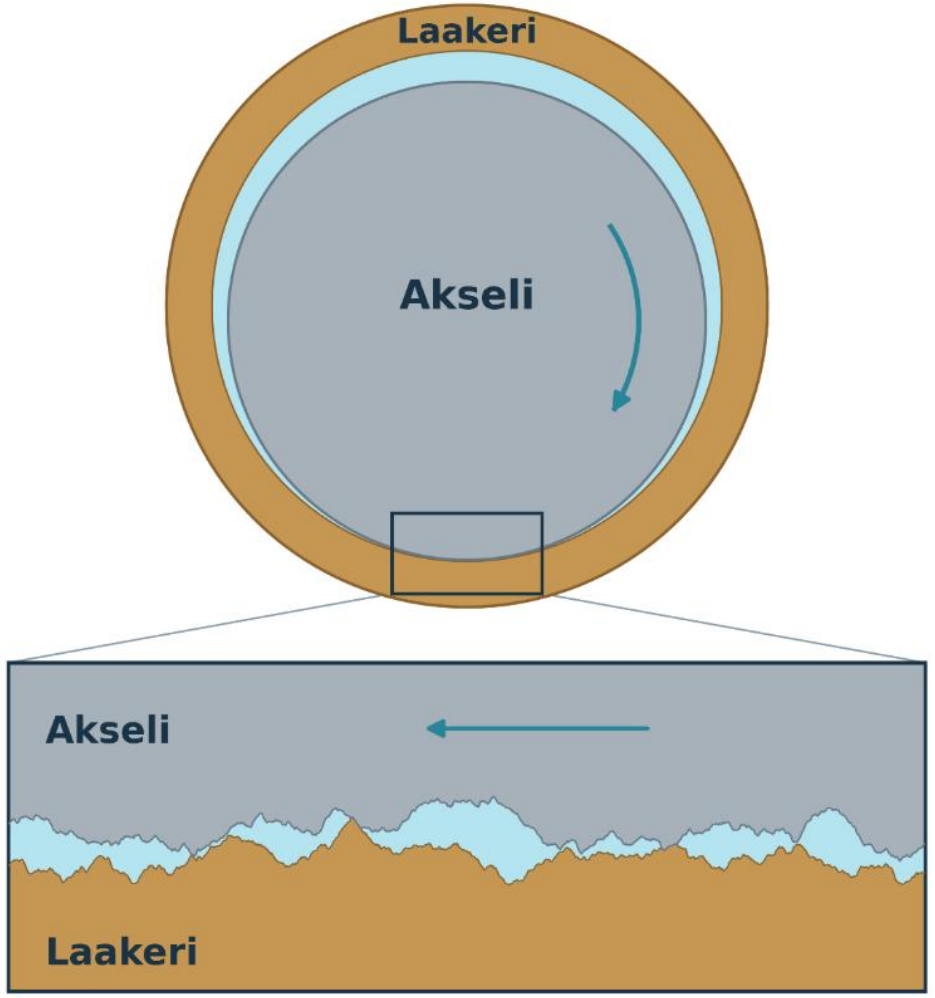


Kappaleen koko:
max. 600 x 600 x 1000 mm
Paino: 5-400 kg

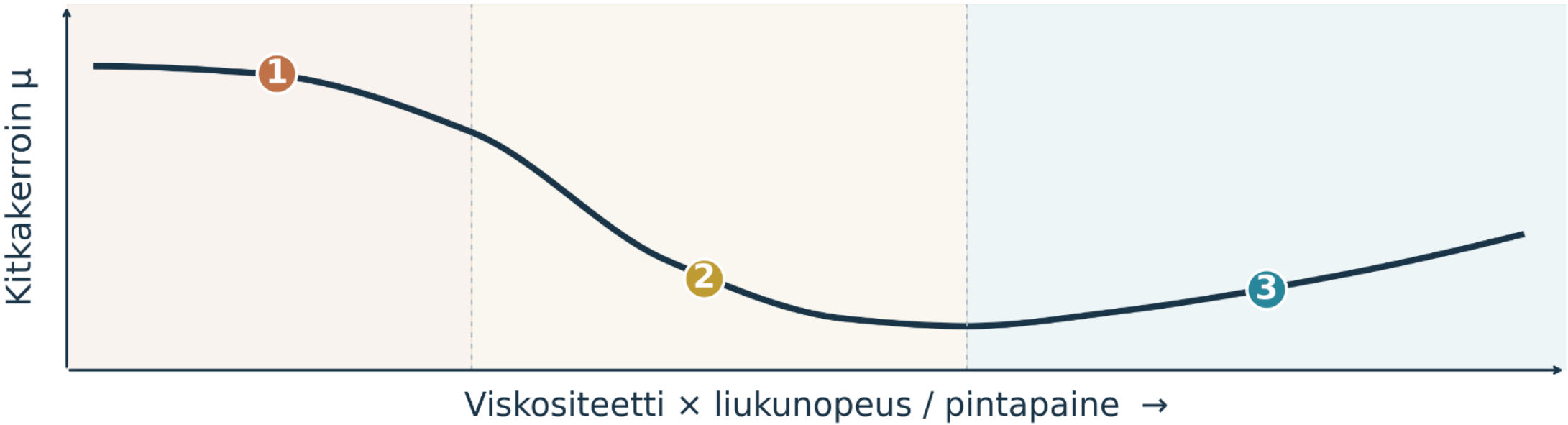
Rajavoitelu liukulaakerissa

- Rajavoitelutilanne syntyy riittävän voitelukalvon puuttuessa toistensa suhteen liukuvien komponenttien välistä
  - Esim. käynnistys, vika voitelujärjestelmässä tai rasvavoideltu systeemi
- Rajavoitelussa pinnankarheuden huiput koskettavat toisiansa
- Voi johtaa metalli-metalli kontaktiin → kitkakertoimen kasvu, kuluminen ja laakerin lämpötilan nousu,

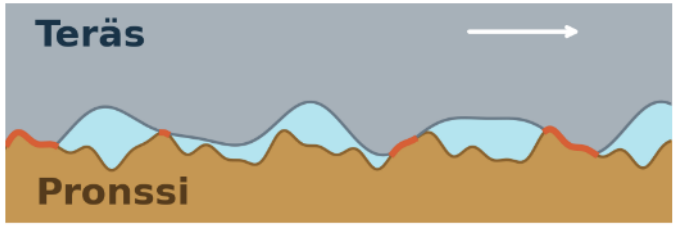
Pronssia käytetään liukuelementeissä ja laakereissa minimoimaan rajavoitelun haittoja



Stribeckin käyrä kuvaa laakerin voitelutilannetta

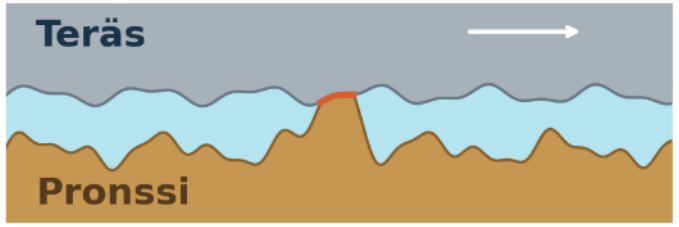


1 Rajavoitelu



Kuorma pääosin pinnankarheushuipuilla

2 Sekavoitelu



Kuorma pintakosketuksilla ja öljykalvolla

3 Hydrodynaaminen voitelu



Öljykalvo erottaa pinnat kokonaan

SACOMETAL

Valupronssien vahvuudet

Valetun pronssilaakerin etuja ovat:

1. Kuormankantokyky
2. Robusti rakenne, ei hilseileviä pintakerroksia
3. Suuri kulumisvara
4. Helppo räätälöidä asiakkaalle (koneistaa välys ja öljyurat)
5. Myös piensarjat taloudellisia

➢ Pronssilaakereiden tribologiset ominaisuudet ovat kehityskohde

Yleisimmät valuseokset :

- Tinapronssi
- Lyijytinapronssi
- Alumiinipronssi



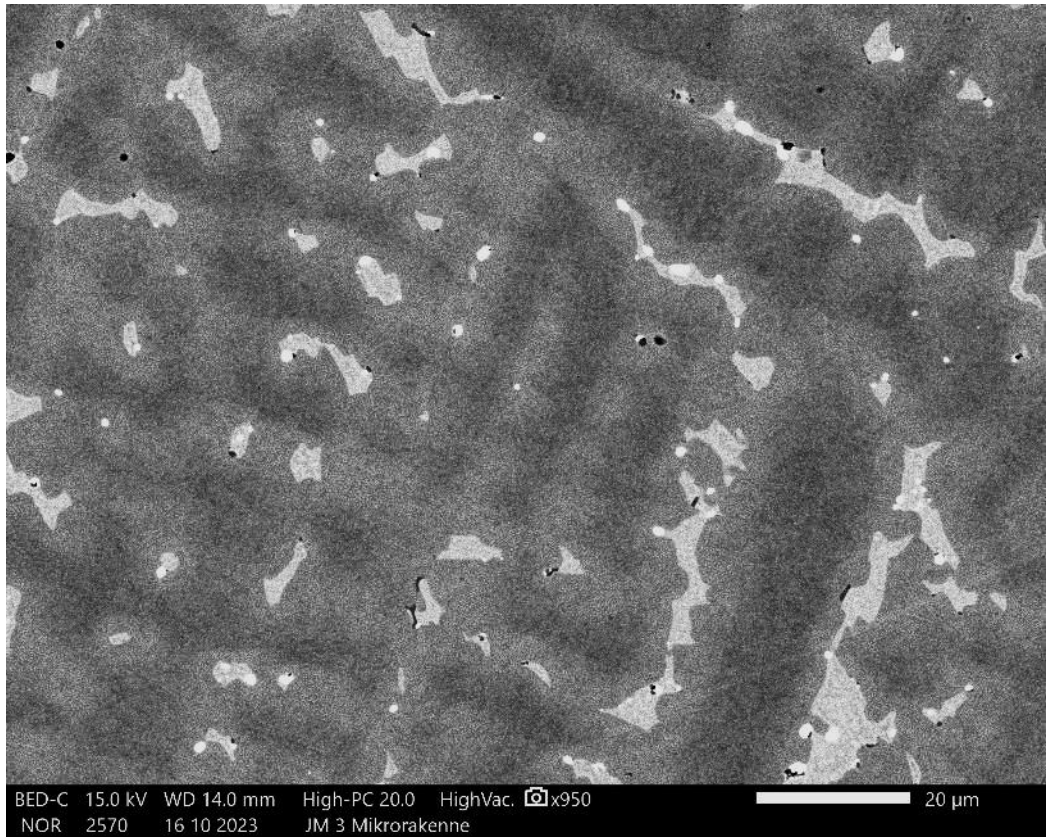
Tinapronssi CuSn12: rakenne ja käyttökohteet

- Kuparin ja tinan seos
- Tina toimii α-kuparin liuoslujittajana ja muodostaa kovaa tinapitoista δ-faasia
    - Sisältää lisäksi lyijyä (lastun katkeaminen) ja fosforia (sulan juoksevuus)

Käytetään:

- Rasvavoidellut laakerit, joissa on verrattain matala käyntinopeus
- Hydrodynaamiset laakerit, joissa mittatarkkuus on tärkeää
- Kohteet joissa on iskumaisia kuormia

	Tinapronssi
EN 1982 normi	**CuSn12–C**
Sacometal	**JM3**
Murtolujuus (MPa)	**330 (>270)**
Myötölujuus (MPa)	**180 (>150)**
Venymä (%)	**13 (>5)**



SACOMETAL

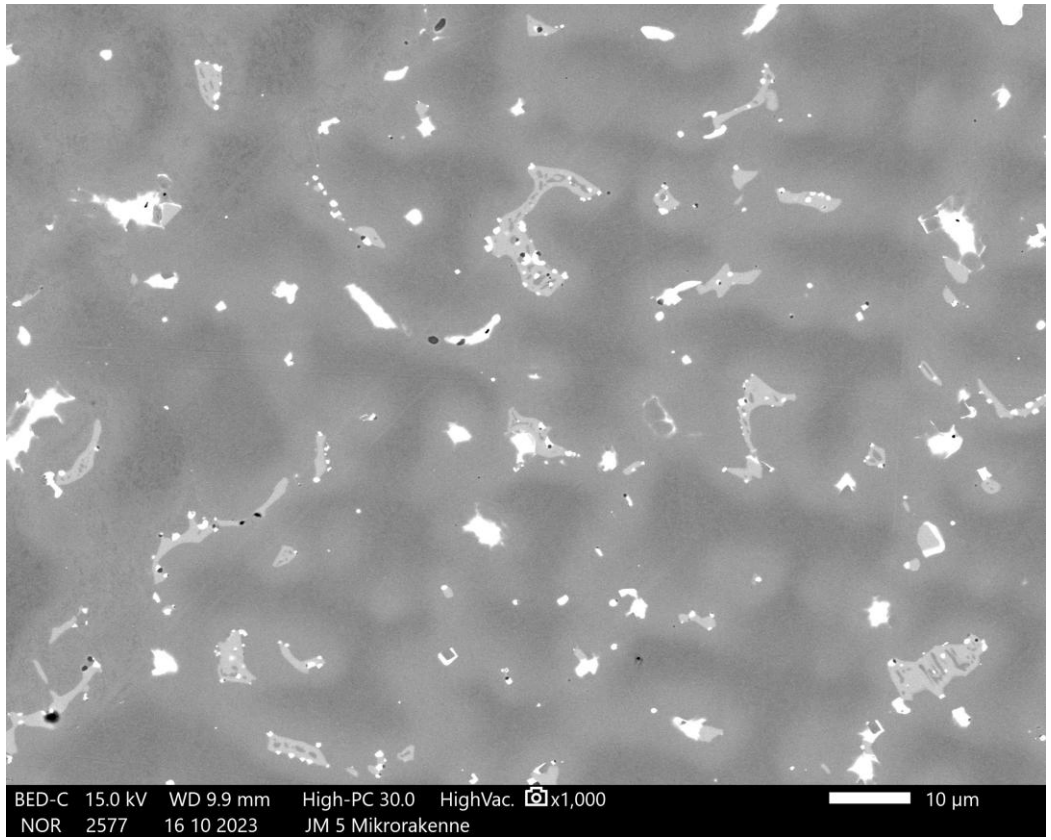
Lyijytinapronssi CuSn10Pb10–C

- Kuparin, tinan ja lyijyn seos
- Käytännössä lyijyllä seostettua tinapronssia, jossa lyijy erillisinä sulkeumina materiaalin sisällä
- Selvästi tinapronssia pehmeämpi

Käytetään:

- Suurilla liukunopeuksilla
- Mikäli voitelu katkonaista
- Jos laakerissa on reunapuristusta tai vieraspartikkeleita

	Tinapronssi	**Lyijytinapronssi**
EN 1982 normi	CuSn12–C	**CuSn10Pb10–C**
Sacometal	JM3	**JM5**
Murtolujuus (MPa)	330 (>270)	**300 (>220)**
Myötölujuus (MPa)	180 (>150)	**150 (>110)**
Venymä (%)	13 (>5)	**15 (>6)**



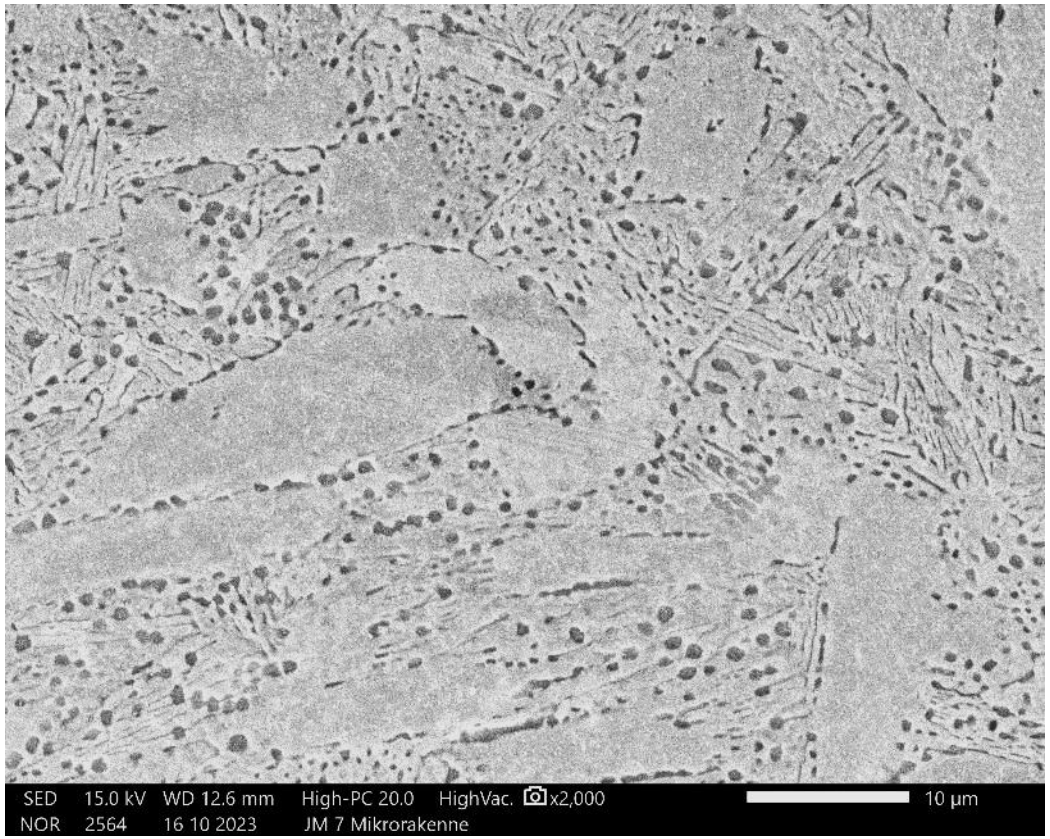
Alumiinipronssi CuAl10Fe5Ni5

- Kuparin ja alumiinin seos, jossa tyypillisesti mukana rautaa ja nikkeliä
- Alumiini lujittaa α-kuparia. Lisäksi rauta, nikkeli, kupari ja alumiini muodostavat kovia κ-erkaumia
- Erinomainen korroosionkesto

Käytetään:

- Voimakkaasti kuormitetuissa laakereissa hyvin voideltuna
- Rasvavoideltuna hitaan liikenopeuden kohteissa
- Korroosiolle, iskuille ja abraasiolle alttiissa komponenteissa

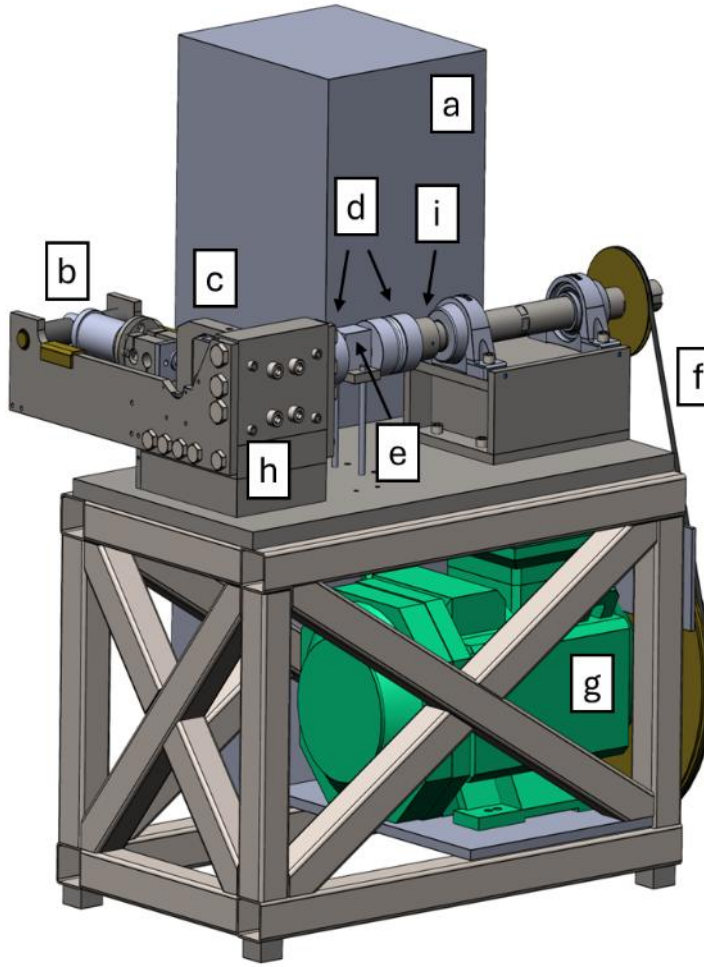
	Tinapronssi	Lyijytinapronssi	**Alumiinipronssi**
EN 1982 normi	CuSn12–C	CuSn10Pb10–C	**CuAl10Fe5Ni5–C**
Sacometal	JM3	JM5	**JM7**
Murtolujuus (MPa)	330 (>270)	300 (>220)	**650 (>590)**
Myötölujuus (MPa)	180 (>150)	150 (>110)	**300 (>260)**
Venymä (%)	13 (>5)	15 (>6)	**15(>10)**



Käyttöolosuhteita simuloiva laakeritestaus

Sacometalilla havaittiin tarve räätälöidylle testiympäristölle, seuraavilla vaatimuksilla:

1. Laitteistolla täytyy kyetään simuloimaan agressiivista rajavoitelua ja tutkimaan laakerin kiinnileikkautumista
2. Testilaakeri on helppo ja nopea vaihtaa kiinnileikkautumisen jälkeen
3. Laakerilla korkea pintapaine (>50 MPa) ja riittävä liukunopeus (>25m/s
4. Vastinmateriaalia voidaan vaihtaa helposti



- **Tavoitteena pronssilaakereille suunniteltu testipenkki, mihin voidaan ohjelmoida asiakaskohtaisia laakeritestiohjelmia.**
- **Suunnittelu aloitettiin yhdessä Tampereen yliopiston kanssa 2023**

Pronssilaakerien testipenkki

Sacometal ja Tampereen yliopisto

- Laitteisto tehtiin Tampereen Yliopiston ja Sacometalin yhteistyössä
- Testipenkki sijaitsee TUNI:n tribologian laboratoriossa

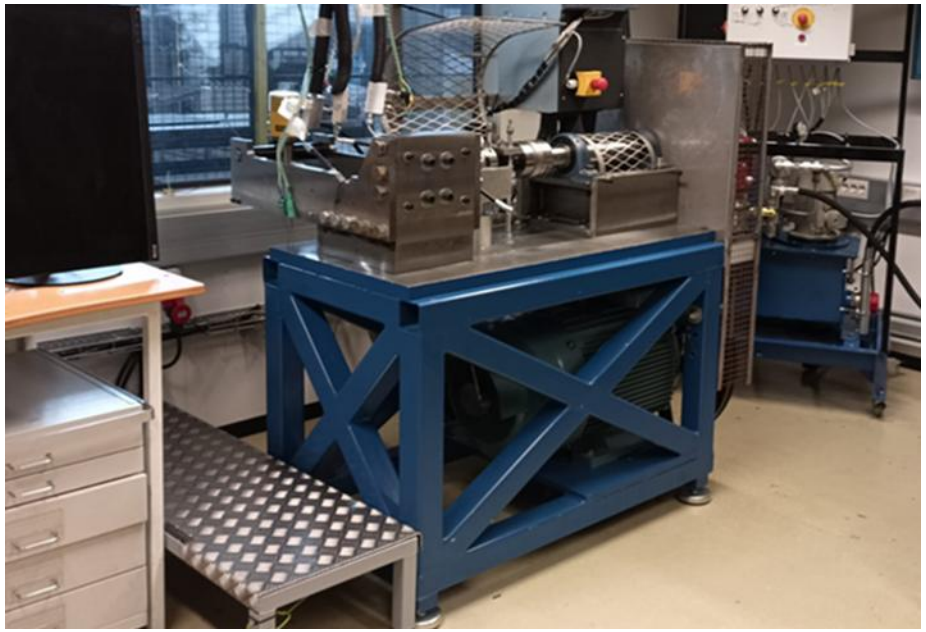
Säädettävät muuttujat

- Dynaaminen radiaalikuorma:
  - Laakerin projektiopaine: 0-100 Mpa,
- Liukunopeus 0-27 m/s
- Öljyn tilavuusvirta

Mitattavat suureet

- Kitkamomentti (josta saadaan kitkakerroin)
- Laakerin lämpötila
- Laakerin kuluminen (tilavuus -tai painohäviö)

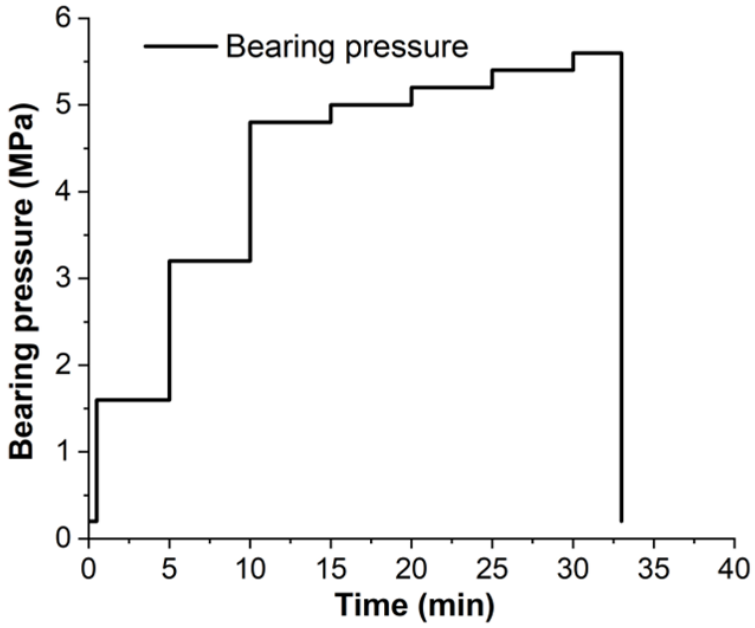


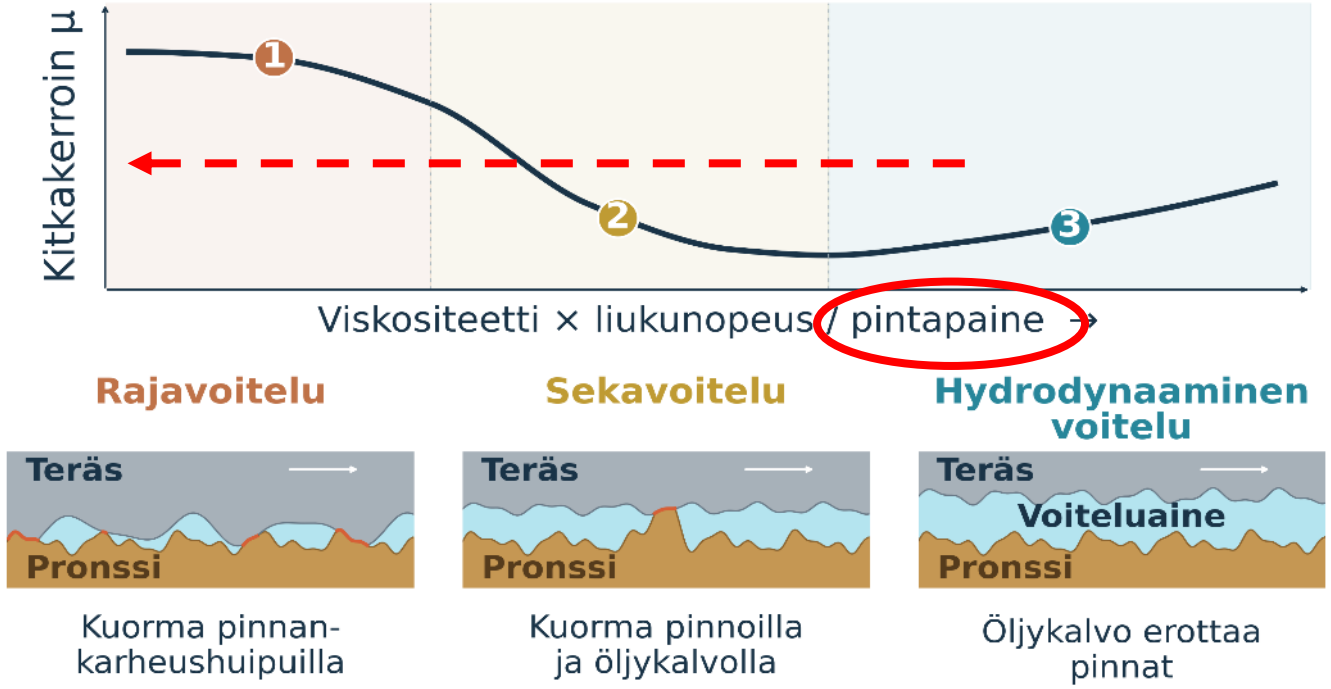


SACOMETAL

Kiinnileikkautumiskoe: testiohjelma

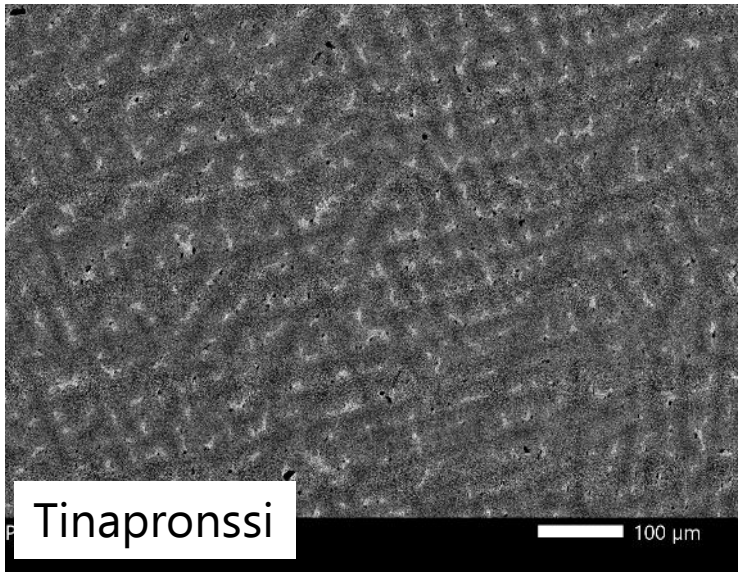
- Tässä ohjelmassa laakerin voitelutilanne siirretään hallitusti hydrodynaamisesta voitelusta rajavoiteluun nostamalla asteittain pintapainetta, mutta pitämällä liukunopeus vakiona (esim. 5 m/s)
- Pyörivä akseli rikkoo adsorptio- ja oksidikerrokset
  - Lopulta metalli-metalli kontakti johtaa kiinnileikkautumiseen

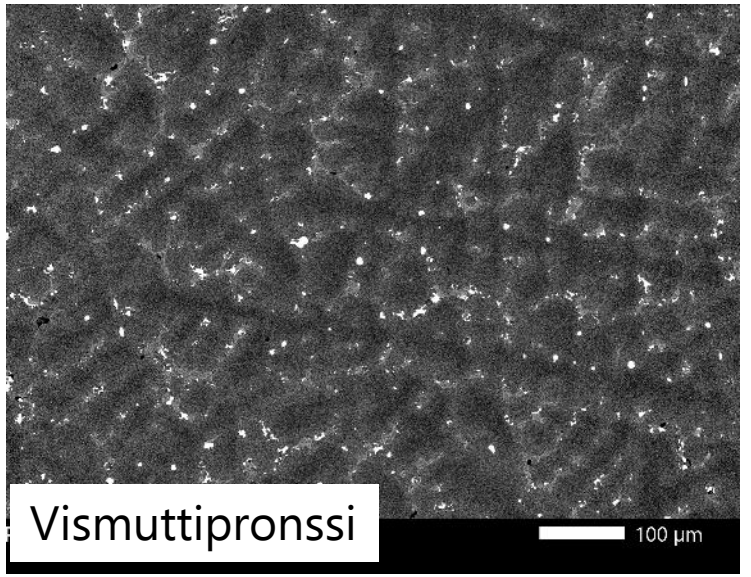




Kiinnileikkautumiskoe: Pronssien vertailu



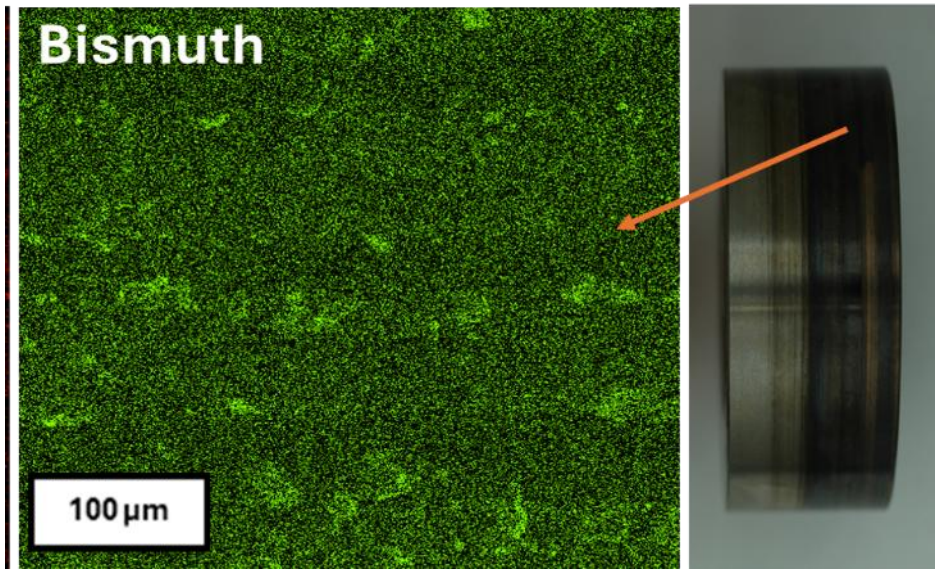




SACOMETAL

Kiinnileikkautumiskoe: Mikrorakenteen merkitys

- Kiinnileikkautuminen on väkivaltainen tapahtuma, jossa ohut suojaava tribofilmi kuluu pois
  - Metalli-metalli kontakti paljastaa materiaalien alttiuden kylmähitsautua keskenään
    - Valurakenteessa mukana olevat pehmeät metallisulkeumat (lyijy tai vismutti) voivat parantaa kiinnileikkautumisen vastustuskykyä.
    - Tyypillisesti vismutti (tai lyijy) levittäytyvät laakerin ja akselin pinnalle rajavoitelussa



Ohut vismuttikalvo vastinkappaleessa

Yhteenveto: valupronssin valinta käyttöolosuhteiden mukaan

1. **Seoksen ja voiteluaineen reaktiot** vaikuttavat laakerin toimintaan seka- ja rajavoitelussa
2. **Kiinnileikkautumisen vastustuskykyyn** vaikuttavat erityisesti pronssin koostumus ja mikrorakenne.
3. **Käyttöolosuhteita jäljittelevä testaus** auttaa vertailemaan materiaaleja ja valitsemaan käyttökohteeseen sopivan pronssin.



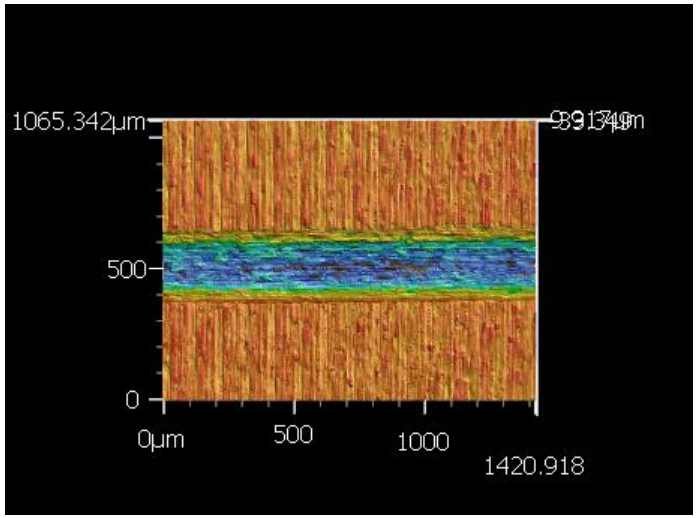
Tulevaisuuden tavoite: pinnan tribologian optimointi teksturoimalla

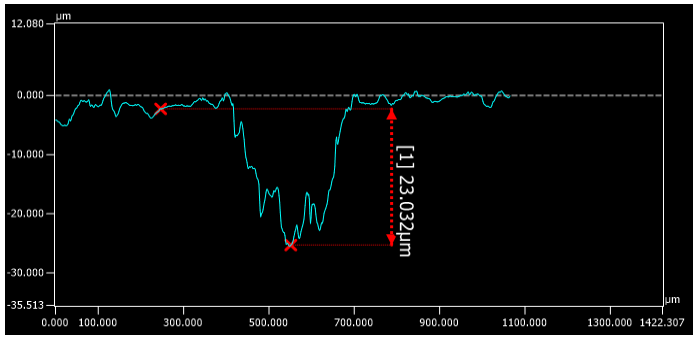
Tavoite:
Kustannustehokas tapa tuottaa pieniä öljytaskuja kuormitetulle alueelle heikentämättä hydrodynaamista voitelua

Tutkimuskysymykset:

1. Millä urasyvyydellä öljykalvon paine ja kuormankantokyky heikkenevät liikaa?

2. Miten öljytaskuihin varastoitu voiteluaine vaikuttaa kiinnileikkautumisominaisuuksiin







SACOMETAL

SACOMETAL

SOLID BRONZE PARTNER

Turkkirata 14
Pirkkala, Finland

+358 3 342 7700

www.sacometal.fi