



Älykäs Valmistus Ekosysteemissä

Materiaalit

Pasi Peura, Tampereen yliopisto

Materiaalien

1. Materiaalien vaatimuspohjainen määrittely

- TAU: tavoitteena yhdistää valmistustavasta ja koostumuksen vaihteluista johtuva ominaisuuksien hajonta lopputuotteen suorituskykyyn ja sitä kautta määrittellä käyttökohteen vaatimusten perusteella käytettävä materiaali
- VTT: tavoitteena oli käynnistää materiaalimallinnukseen ja simulointiin perustuva mikrorakennepohjaisen vaatimusmäärittely kulutusta ja iskumaisia kuormituksia kestäville materiaaleille

2. Mekaanisten ominaisuuksien manipulointiprosessit

- Tavoitteena oli parantaa teräksisen komponentin suorituskykyä valmistusmenetelmien optimoimisen kautta

3. Älykäs materiaalien testaus

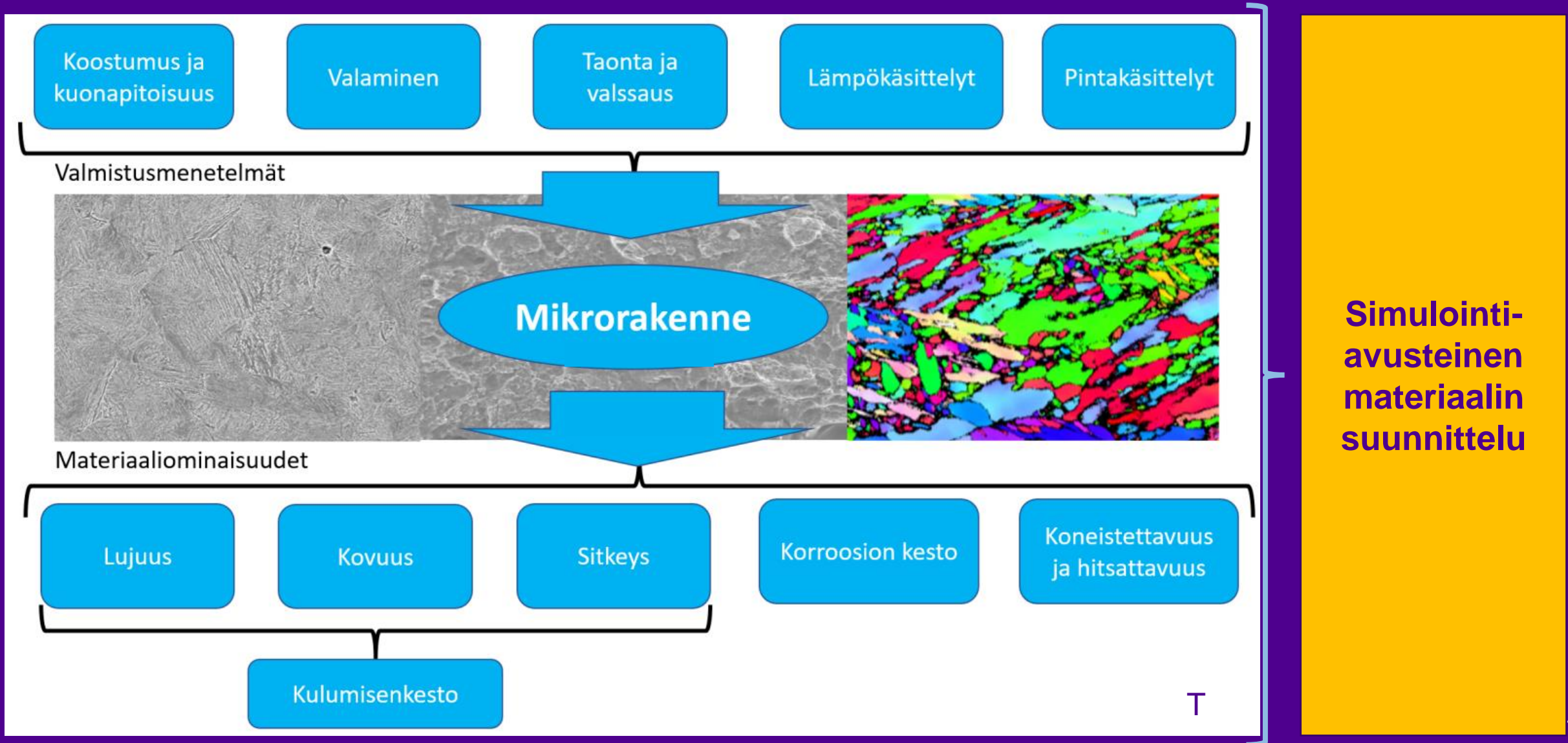
- Laadunvalvonnan kehittäminen Barkhausen-menetelmän avulla ja sen tehostaminen koneoppimismenetelmillä, sekä kriittisten komponenttien väsyminen, väsytyksen menetelmien kehitys ja väsytystestaus

Materiaalien vaatimuspohjainen määrittely

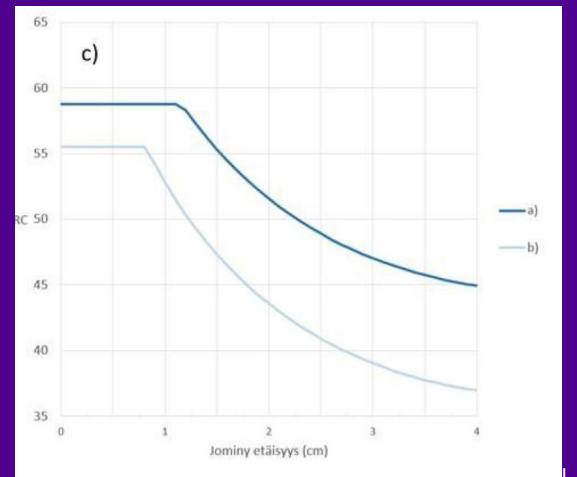
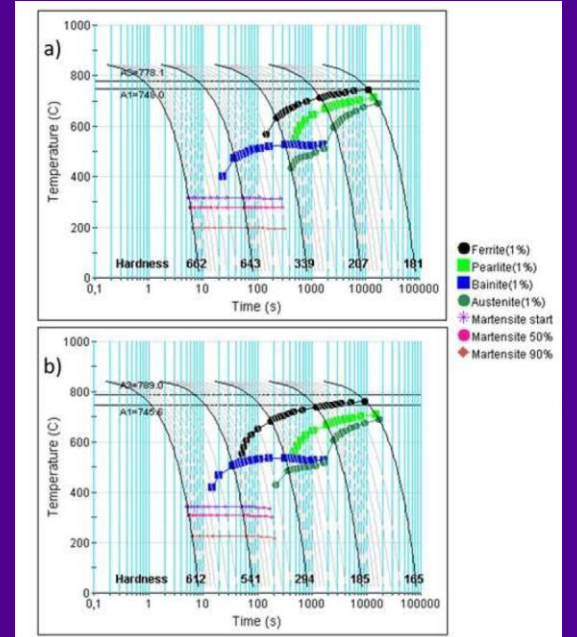
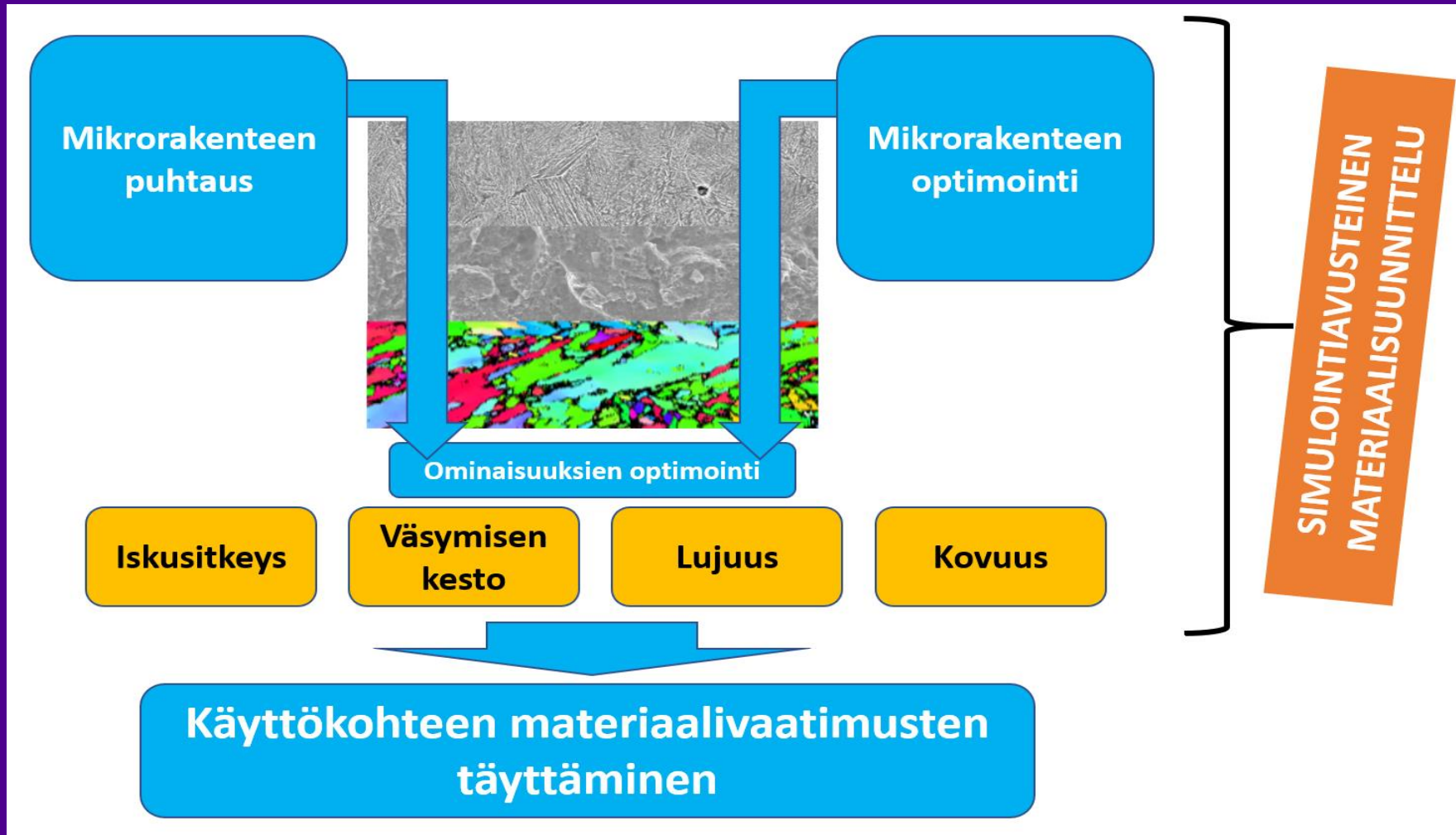
The wear resistance of commercial quenched wear resistant steels is commonly categorized by their Brinell hardness. The hardness grades are considered almost as standards, although they are not and there are no earlier evidence about their wear performance. In this study the differences of 15 different commercially available 400 HB grade steels were tested with natural granite gravel as abrasive material. The outcome was that the difference in abrasive wear performance can be more than 50 %. Nominally similar 400 HB grade quenched wear resistant steels do not perform equally under heavy abrasion wear, and hardness alone is not an accurate predictor of the steel's wear performance. Alloying and manufacturing of the steel and thus its microstructure has a significant effect particularly on the work hardening behavior of the steel during abrasion, leading to different wear performances under such conditions.

Ojala, N., Valtonen, K., Kallio, M., Aaltonen, J., Siitonen, P., Kuokkala, V-T., (2013). Abrasion wear performance of quenched wear resistant steels. 5th World Tribology Congress, WTC 2013.

Materiaalien vaatimuspohjainen määrittely

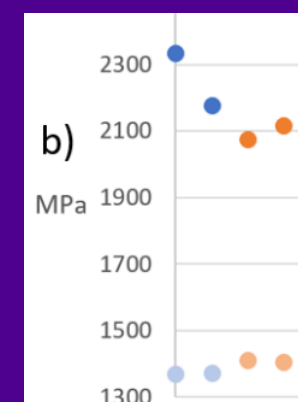
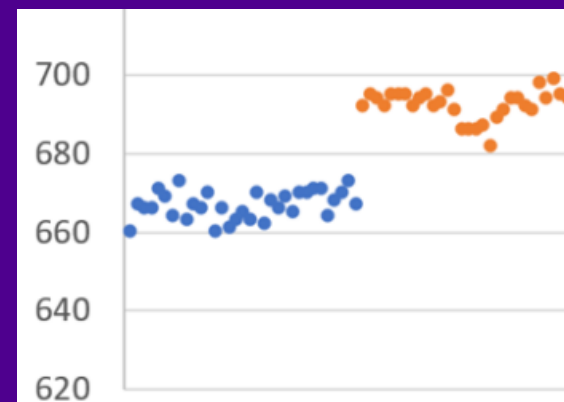
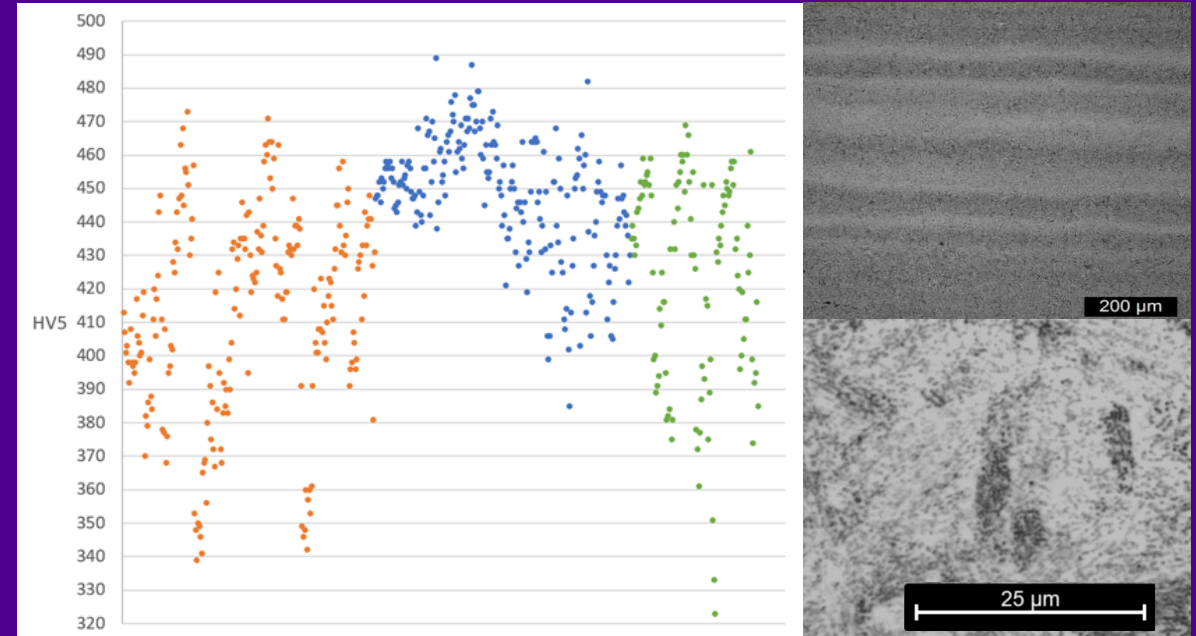


Materiaalien vaatimuspohjainen määrittely



Mekaanisten ominaisuuksien modifiointi

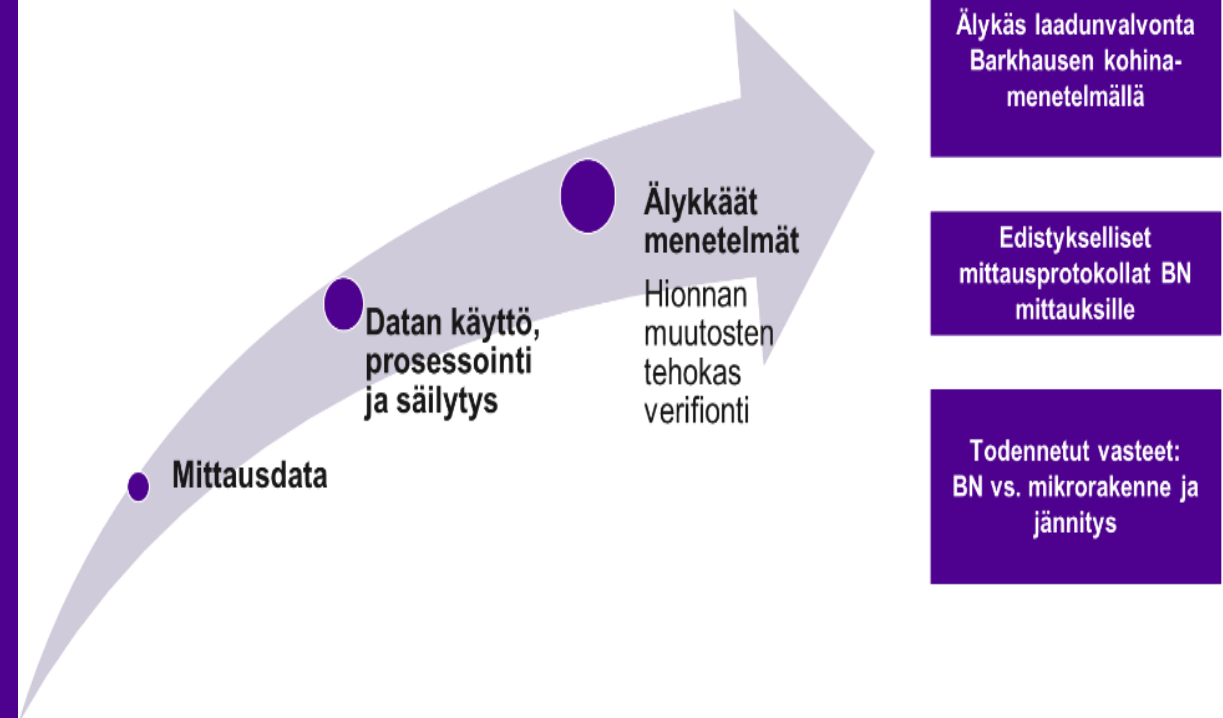
- Valittiin tarkasteluun nuorrutusteräksestä valmistettu komponentti
 - Tunnistettiin valmistusketjussa ominaisuuksien kannalta kriittiset vaiheet
 - Modifioitiin sekä käsittelyn suoritustapaa että lämpökäsittelyn parametreja
 - Koemateriaalit olivat standardin mukaan samaa terästä, päästökäyttäytyminen ja iskusitkeydet olivat erilaisia
 - Esimerkkinä nuorrutusteräksen kovuuden hajonta kolmella eri käsittelyn jälkeen
- Päätulokset
 - Pystyttiin osoittamaan kuinka valmistustapaa kehittämällä on mahdollista pienentää ominaisuushajontoja
 - Löydettiin menetelmä kontrolloimalla jäännösausteniitin morfologiaa ja määrää ja sitä kautta hallita mekaanisia ominaisuuksia



Älykäs materiaalin testaus Barkhausen kohinan soveltaminen

- Barkhausen kohinan soveltamismahdollisuuksien kartoitus älykkäiden menetelmien (koneoppimisen) avulla
- Työstöprosessin vaikutus syntyvään pintakerrokseen
 - Hiontaprosessin eri vaiheiden vaikutus pintakerrokseen ja prosessin ongelmien tunnistaminen
 - Kovasorvauksessa syntyvän pintakerroksen verifiointi
- Barkhausen kohinalla varmennettujen hiontapalamisten karakterisointi: hiontavirhepäiväkirjan pitäminen ja analysointi partneriyhteistyössä
 - Hionnan parametrien systemaattinen muuttaminen ja vaikutusten verifiointi
- Komponentin käytönaikaisten muutosten verifiointi ja yhdistäminen vaurioituneiden referenssikomponenttien karakterisointiin

Kriittisten komponenttien pinnanlaadun luotettava verifiointi:
Ainetta rikkomattomat menetelmät (Barkhausen kohina, BN)
edistyksellisessä laadunvalvonnassa



Älykäs materiaalin testaus Kriittisten komponenttien väsyminen

1. Kehittää koelaitte, testausmenetelmä ja testausympäristö komponenttitason väsytestaustoimintaan sekä määrittää S-N käyrät valituille perustapauksille
2. Mitata valitun pilottikappaleen todellinen, käyttöolosuhteissa esiintyvä jännitystila sekä kartoittaa menetelmiä väsytestaukseen iskumaisella kuormituksella
3. Ottaa käyttöön testausympäristöön soveltuvat analyysimenetelmät, joiden avulla väsytestaukset voidaan suunnitella tarkoituksenmukaisiksi ja väsymisdataa voidaan analysoida mahdollisimman tehokkaasti.



Komponenttikokoluokan väsytestaus

- Projektin aikana rakennettiin ja otettiin käyttöön instrumentoitu kiertotaivutusväsytestalaitteisto (RBFM)
 - Erittäin suuri näytekoko (**halkaisija ~32 mm, mittapituus 100 mm**)
 - suuri materiaalilavuus (kokoefektit)
 - erilaiset geometriset muodot
 - valmistustekniikoiden vaikutus
 - Suuri pyörimisnopeus (2880 rpm)
 - Suuret syklimäärät taloudellisia
 - Jännitysamplitudi tarvittaessa yli 1000 MPa
- **Ainutlaatuinen ja tärkeä linkki perinteisen materiaalikoestuksen ja kenttätestien välillä**

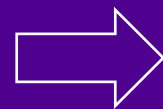


Pituus n. 2500 mm, massa noin 1500 kg

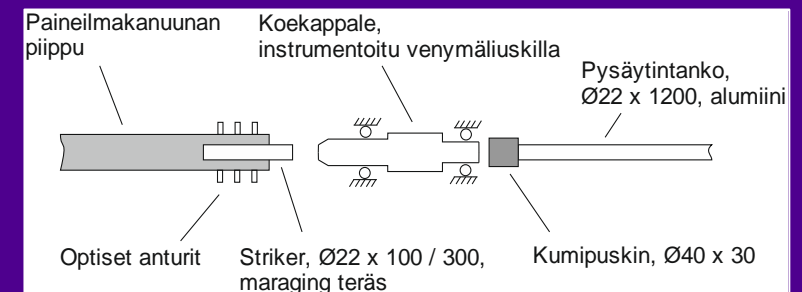
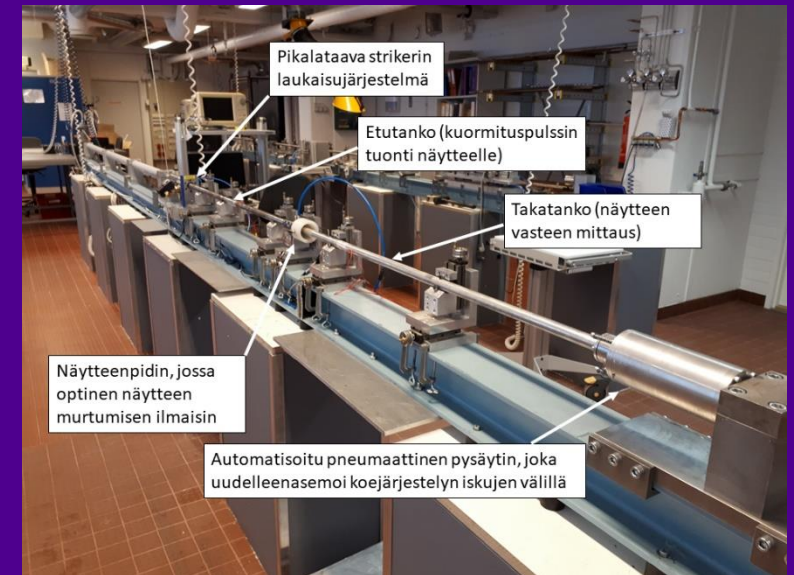
Älykäs materiaalin testaus

Kriittisten komponenttien väsyminen

- Pilottikappale iskee kymmeniä kertoja sekunnissa suurella nopeudella
- Kuormituksia ei voida mitata koneen sisällä, ainoastaan laskea numeerisesti
- Kuormitus iskumainen → aaltoliike kappaleen sisällä → myös vetokuormituksia!
- Kuormitustapahtuman kesto ~millisekunti, kuormitus kymmeniä kN



Laboratoriokuormituskoe pelkälle kappaleelle



Älykäs materiaalin testaus

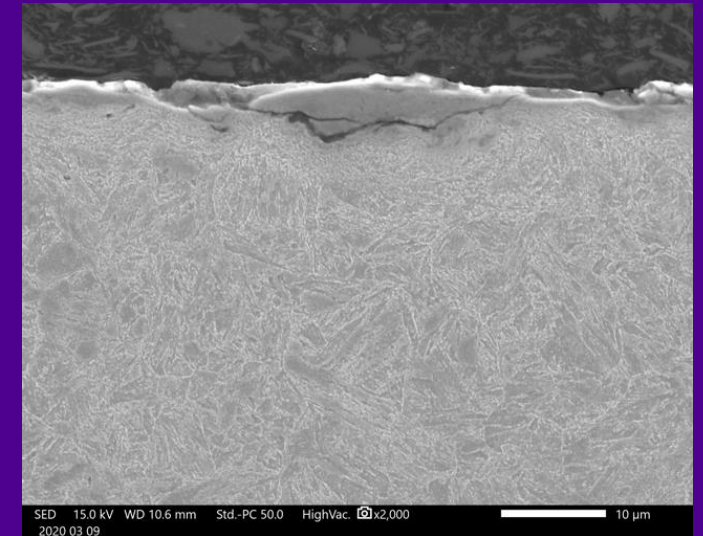
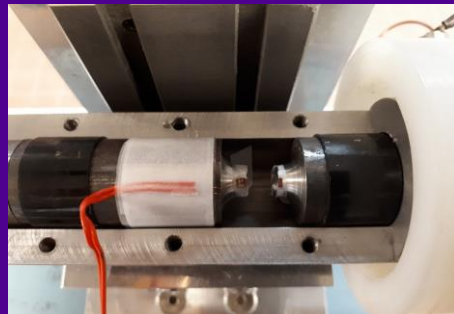
Kriittisten komponenttien väsyminen

- SHB-laitteisto muokattiin sykliseen toimintaan iskutaajuudella 0.5 Hz
- Laitteiston toimivuus demonstroitu kahdella eri tavalla

Iskevä syklinen kuormitus

Värähtelyväsyminen

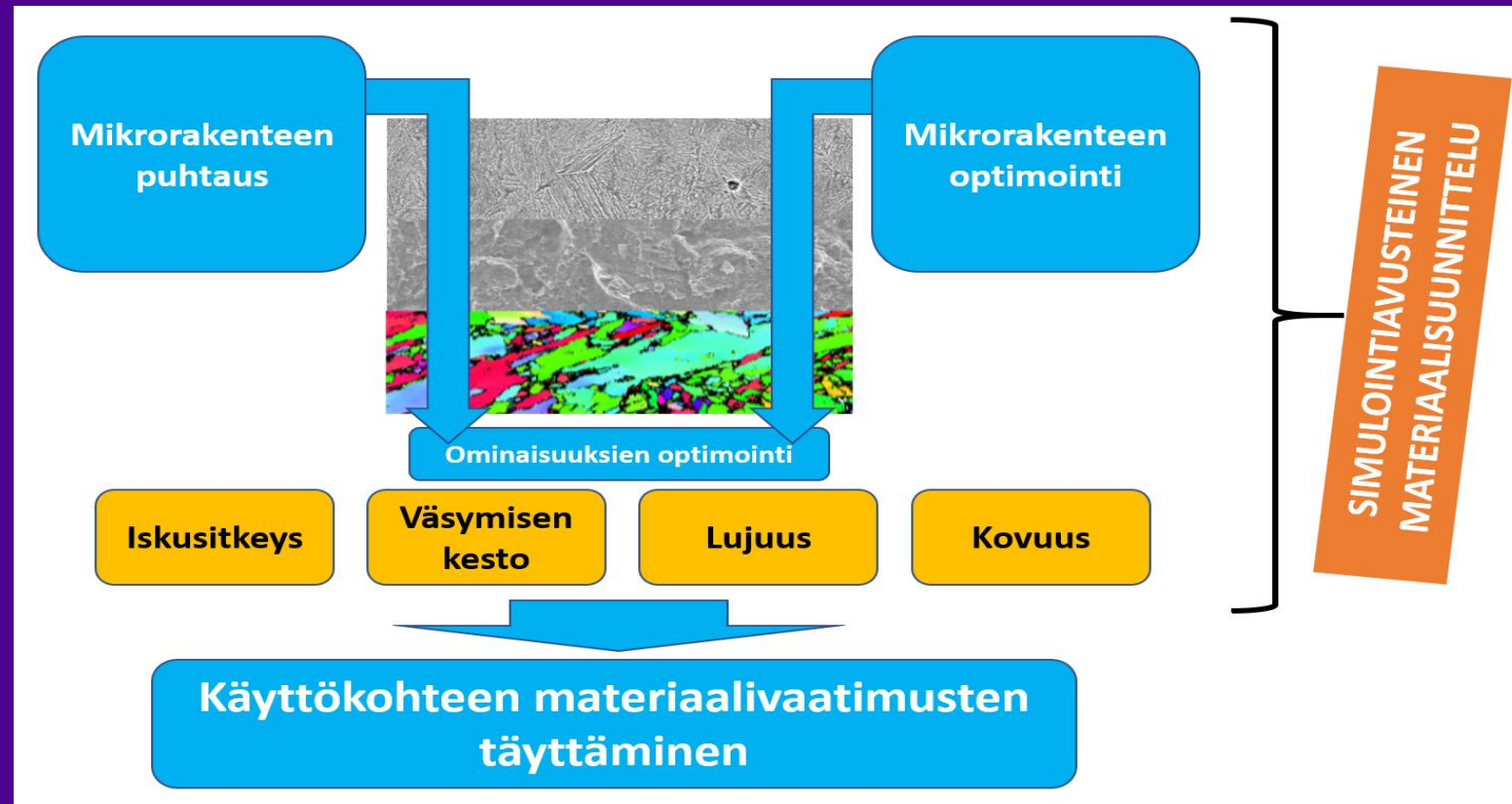
Kontaktipintojen vaurioituminen
(keskeltä katkaistu näyte)



Mitä jatkossa?

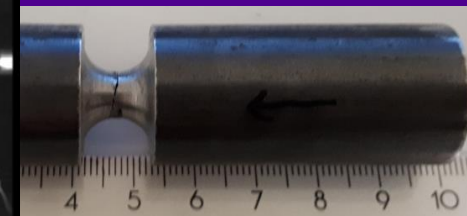
Avoimia kysymyksiä:

- On syytä ottaa laajemmin käyttöön simulointiohjelmiä, koska niiden avulla helpotetaan ja nopeutetaan tutkimuksen etenemistä varsinkin tutkimuksen alussa
- Tarkempi analyysi kuonapuhtauden ja suotautumien merkityksestä teräksen suorituskykyyn
- Jäännösausteniitin määrän ja morfologian rooli iskumaisessa ja väsyttävässä kuormituksessa sekä päästörakenteen modifiointi



“Kestoiän hallinta” –osio jakautuu kahteen osaan:

- Barkhausen kohina ja laadunvarmistus
 - BN datan kvantifiointi koneoppimisen avulla
 - Kehitetyn älykkään BN metodologian skaalaus teollisuusympäristöön
- Kestoiän hallinta ja verifiointi komponenttikokoluokassa
 - Mikrorakenteen, jäännösjännitysten ja niiden muutosten hallinta syklisessä kuormituksessa
 - Pinnan iskuväsytysilmiöt



Yhteystiedot

KYSYMYKSIÄ?

- TAU

- Pasi Peura, 050 301 3884, pasi.peura@tuni.fi
- Arto Lehtovaara, 040 825 4220, arto.lehtovaara@tuni.fi
- Minnamari Vippola, 040 849 0148, minnamari.vippola@tuni.fi
- Suvi Santa-aho, suvi.santa-aho@tuni.fi

- VTT

- Tomi Suhonen, 040 501 2163, tomi.suhonen@vtt.fi