

Materiaaliominaisuuksien tutkiminen ainetta rikkomattomilla menetelmillä

**Suvi Santa-aho, Tampereen yliopisto,
Materiaalioppi**

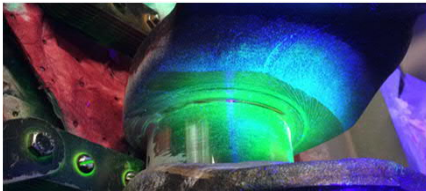
Ainetta rikkomattomat tutkimukset

Non-destructive testing (NDT)

PERINTEINEN LÄHESTYMISTAPA:

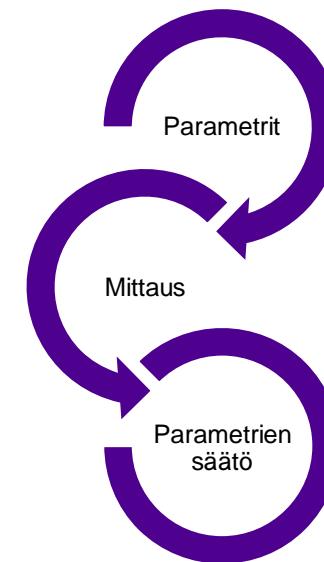
Valmiin komponentin laadun varmistus

- Komponentti noudattaa sille asetettuja vaatimuksia
- Hionnan tapauksessa: varmistetaan ettei hionnassa aiheutunut komponentin pintaan hiontapalamista

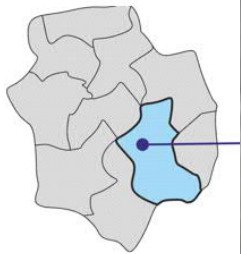


TULEVAISUUDESSA MYÖS:

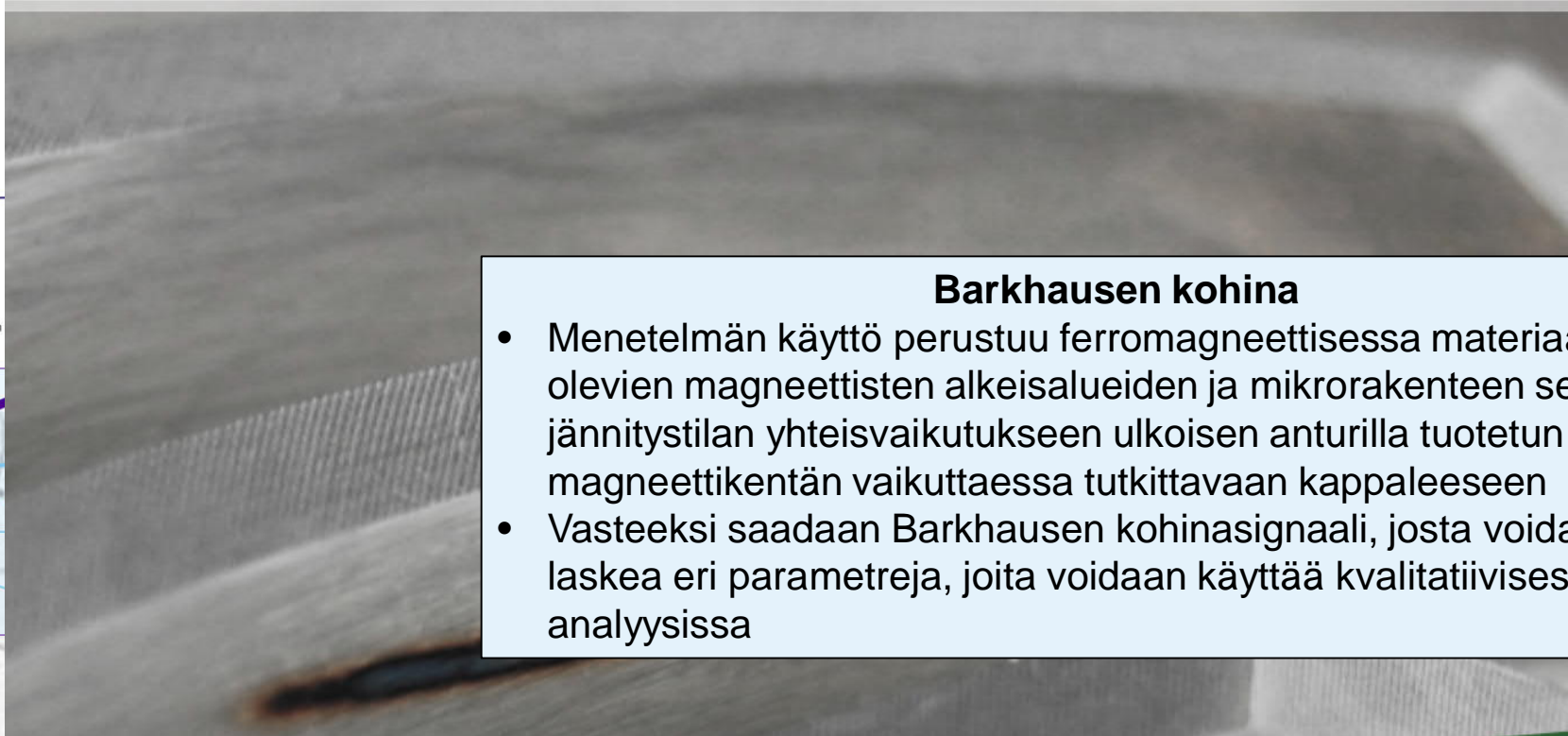
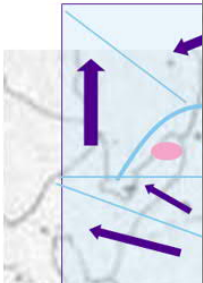
Uutena menetelmänä osana työstöprosessien säätöä ja ohjausta



Hionnan laadunvarmistus

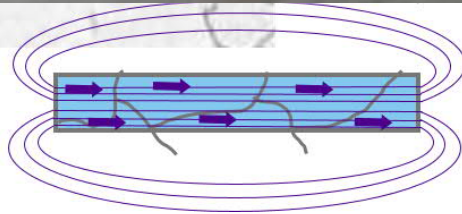


— grain boundary - - Bloch



Barkhausen kohina

- Menetelmän käyttö perustuu ferromagneettisessa materiaalissa olevien magneettisten alkeisalueiden ja mikrorakenteen sekä jännitystilän yhteisvaikutukseen ulkoisen anturilla tuotetun magneettikentän vaikuttaessa tutkittavaan kappaleeseen
- Vasteeksi saadaan Barkhausen kohinasignaali, josta voidaan laskea eri parametreja, joita voidaan käyttää kvalitatiivisessa analyysissä



magneettinen Barkhausen kohina menetelmä

- Sovellettavissa ja automatisoitavissa hyvin tuotantokäyttöön
- Röntgendifraktioon perustuva jännösjännitysmittaus
- Yleensä laboriometri

Yhteistyö

- ÄVE-projekti
 - Aachenin yliopiston WZL laboratorio
 - TAU/ Materiaalioppi
 - TAU/ Automaatio- ja konetekniikka
 - MEX Finland

Case: Ainetta rikkomattomat menetelmät apuna vanhan työstökoneen korvaamisessa uudella työstökoneella

- Tavoite 1: Varmistaa laadun pysyminen vakiona prosessin muutoksista huolimatta käyttäen apuna ainetta rikkomattomia menetelmiä
 - Ainetta rikkomattomat menetelmät toimivat verifiointityökaluna, jolla kahdella eri työstökoneella valmistettuja komponentteja voidaan vertailla
 - Tavoitteena löytää sopivat työstöparametrit uudelle laitteelle

- Magneettinen Barkhausen kohina-menetelmä
 - Sovellettavissa ja automatisoitavissa hyvin tuotantokäyttöön
- Röntgendiffraktioon perustuva jäännösjännitysmittaus
 - Yleensä laboratoriomittaus

- Tavoite 2: Hiontaparametrien muuttaminen koesuunnitelman mukaisesti – niiden yhdistäminen ainetta rikkomattomien menetelmien tuloksiin (kesken) => datan käyttö mallinnuksen apuna

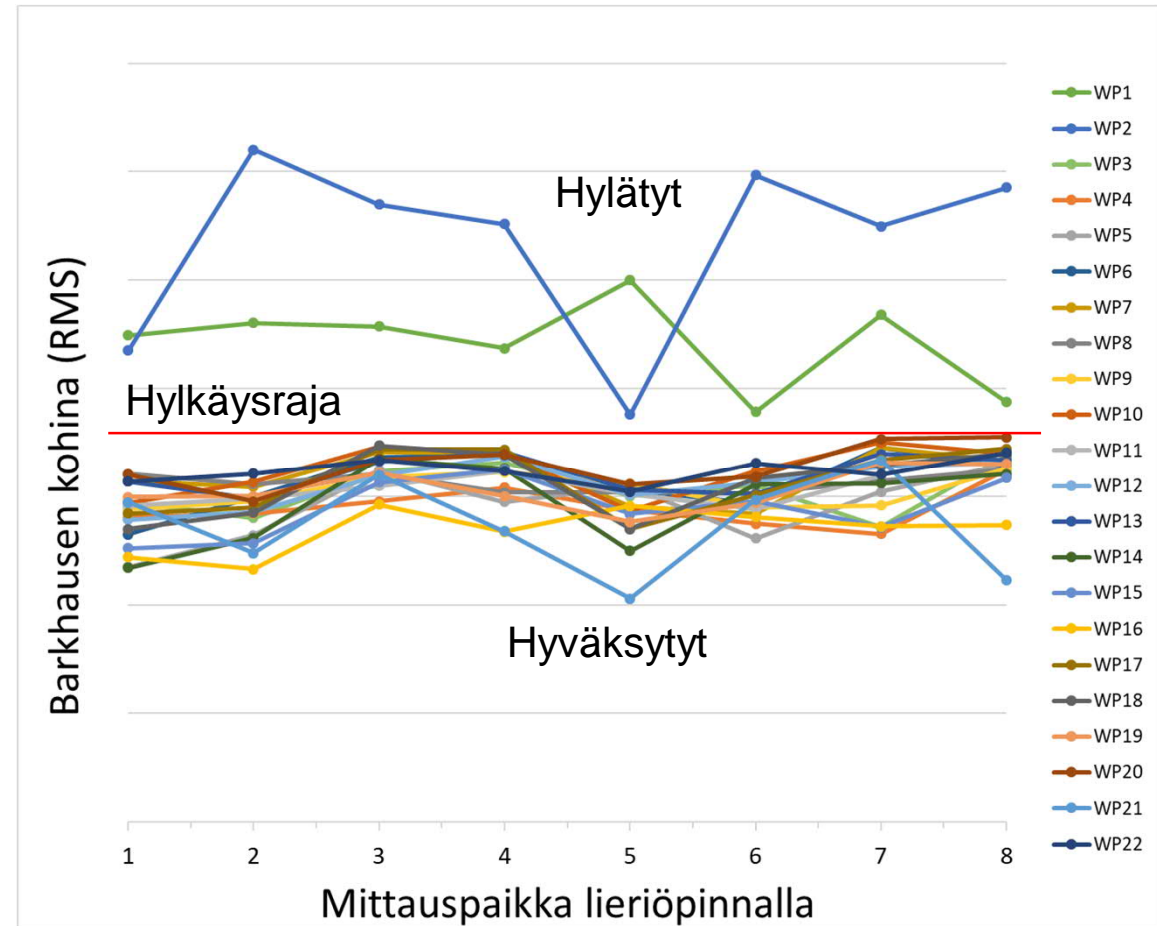
Tutkimuskappaleet ja niiden valmistus

- Aachenin yliopistossa valmistettiin ulkopuolisella pyöröhionnalla kappaleita, jotka pyrittiin valmistamaan ensimmäisessä vaiheessa vastaaviksi kuin vanhan prosessin työstökoneella valmistetut kappaleet
 - Työstökoneen tärkeimmät säädettävät parametrit: syöttönopeus, hiontalaikan timantointi ja sen säädöt, epäkeskeisyyden säätö
- Setti 1: Optimaalisten työstöparametrien löytäminen
 - Pyöröhionnan parametrien säätö siten, että **laatuparametrit saadaan täytettyä**: oikea halkaisija, oikea keskeisyys, pinnankarheus, eikä hiontapalamisia (varmistettu Barkhausen kohinalla)
- Setti 2: Koesuunnitelman mukainen työstökoneen parametrien säätö
 - Kesken: työstöparametrien säätö ja niiden yhdistäminen ainetta rikkomattomiin tutkimuksiin, tulosten käyttö mallinnuksessa
- Kappaleiden tutkiminen:
 - ainetta rikkomattomat tutkimukset työstön jälkeen sekä työstöparametrien säätö niiden mukaan ennen seuraavien kappaleiden työstöä
 - tarkempi materiaalikarakterisointi kappaleille laboratorioympäristössä => tulosten yhdistäminen ja analysointi

Hionnassa on kuitenkin joitakin epävarmuustekijöitä, jotka vaikuttavat lopputulokseen ja joita ei saada täysin vakioitua: hiontalaikan kuluminen, hiontalaikan timantointi

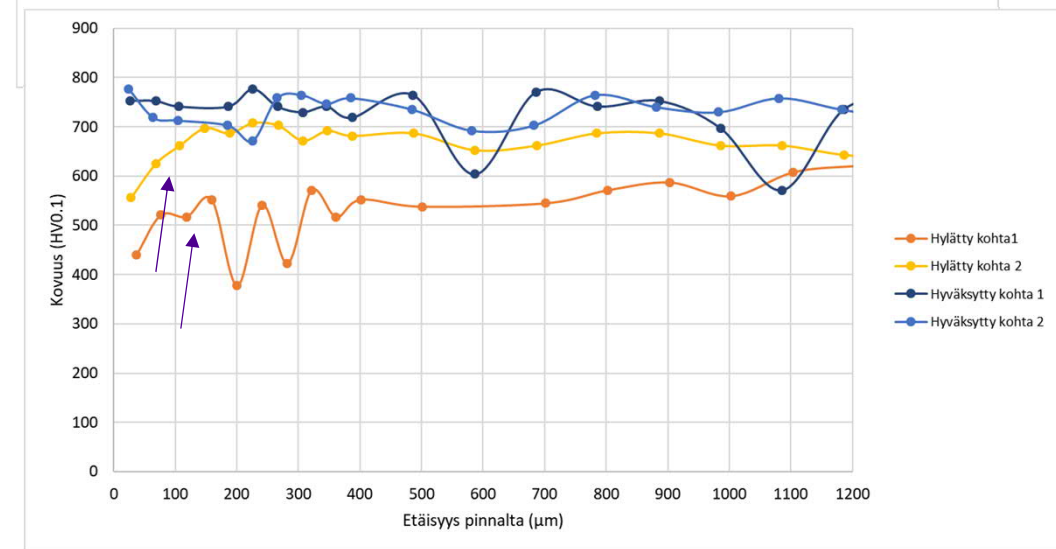
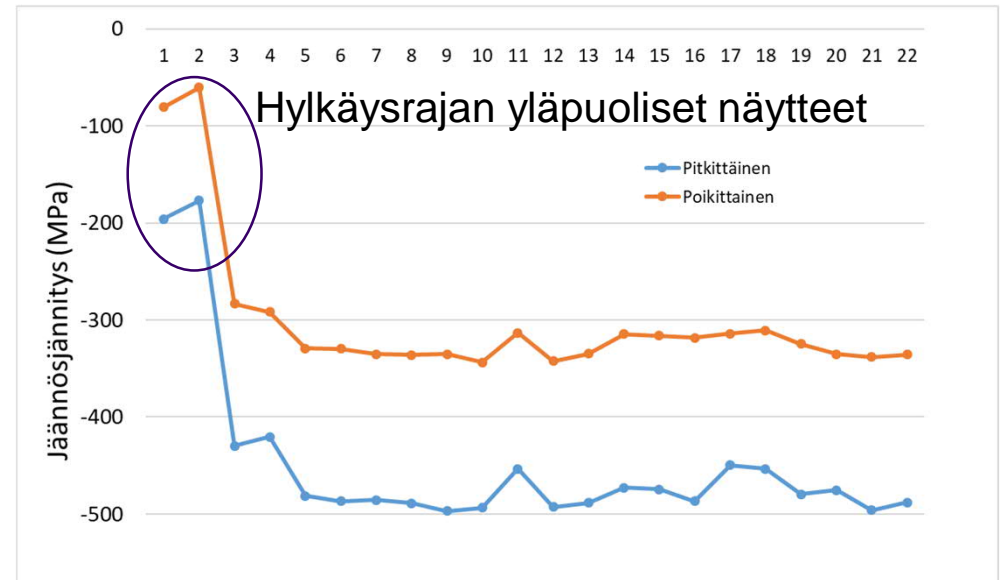
Tulokset: setti 1

- Laatuksiteerinä pelkästään Barkhausen kohina
 - Kaksi hylkäysrajan yläpuolista näytettä olisi hylätty myös vanhan laitteiston laadunarviointikriteereillä
 - Yhdenmukainen päätelmä kahdella eri laadunvalvontalaitteistolla
- Laatuksiteerinä myös mittatarkkuus
 - Kaikki BN hyväksytyt eivät kuitenkaan toteuttaneet muita laatuksiteerejä
 - Lopulta työstöarvot => täyttivät kaikki laatuksiteerit



Laboratoriomittaukset (setti 1)

- Tässä tapauksessa väärät hiontaparametrit tuottivat liian alhaisia puristusjännityksiä hiottujen komponenttien pintaan, joka näkyi hylkäysrajaa korkeampina Barkhausen kohinan arvoina
- Hylättyjen komponenttien osalta huomattiin myös alhaisempi kovuus pinnan läheisyydessä



Miten yhdistää NDT tuotantomittaukset + kokeellinen tutkimus tulevaisuuden älykkääksi valmistusmenetelmäksi?

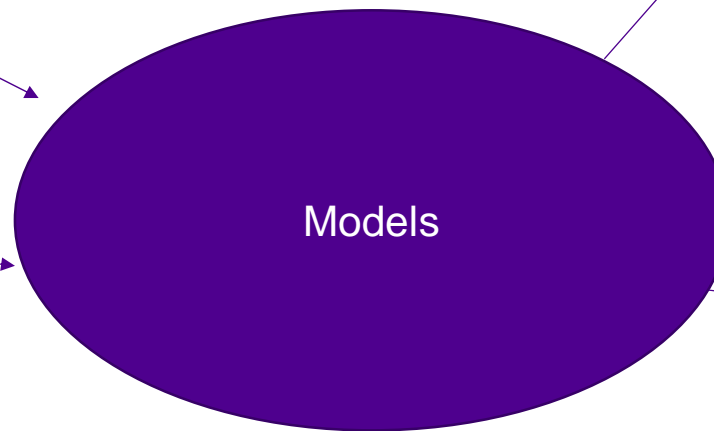
- Laadullisena mittauksena:
 - Tunnetut työstöparametrit + mittausdata (sekä tuotannon BN että laboratoriomittaukset) => datan käyttö mallinnuksessa
- Prosessin ohjauksessa:
 - Mahdollistaa uusien käyttötarkoitusten löytäminen Barkhausen kohinadatan käytettävyyden lisäämiseksi
 - Esim. pinnan jännitystilän arviointi (puristus/ veto) hiontapalamisen asteen arvioimiseksi
- Uudet avaukset:
 - Kytkös valmiin komponentin toiminnallisuuteen ja käyttöikään

Combining material properties to modelling approaches- Materiaaliominaisuuksien yhdistäminen mallinnukseen (ÄVE WP3+5)

Absolute measurement data

- BN
- Laboratory based measurements

Parameters from Aachen grinding tests



Model 1: metamodel

Model 2: FEM-based

Model 3: Machine learning-based

What comes from the model?

Knowledge of processes, better estimation of process outcomes, intelligence in manufacturing

Yhteenveto

- Ainetta rikkomattomia menetelmiä käytettiin prosessin säätöön, tässä tapauksessa väärät hiontaparametrit tuottivat liian alhaisia puristusjännityksiä hiottujen komponenttien pintaan
- Mittaustulosten hyödyntäminen
 - Uudet käyttötarkoitukset tuotantomittauksille mallinnuksen sekä kokeellisen tutkimuksen keinoin