



Tehokkuutta monimenetelmävalmistuksesta Hybridi-projekti

timo.rautio@oulu.fi
Projektipäällikkö, KSI/FMT-tutkimusryhmä

FMT
FUTURE MANUFACTURING
TECHNOLOGIES



Sisältö

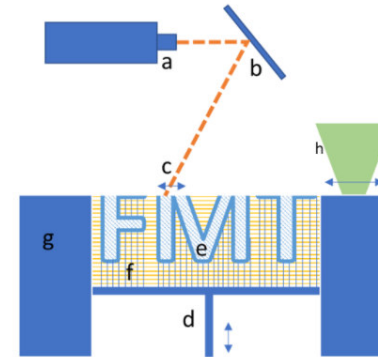
- Johdanto - jauhepetimenetelmä
- Pinnankiillotusmenetelmät
- Pinnoitusmenetelmät
- Tulosteiden liitettävyyttä
- Hybridituotteet





Johdanto

- Jauhepetimenetelmä (LPBF)
- Tutkittavana tulostuksen jälkeen tehtävät käsittelyt
 - Tunnettujen menetelmien soveltuvuus tulostetuille kappaleille
 - Kilpailukyvyn parantaminen + ylivoimatekijät!
- Hybridituotteet



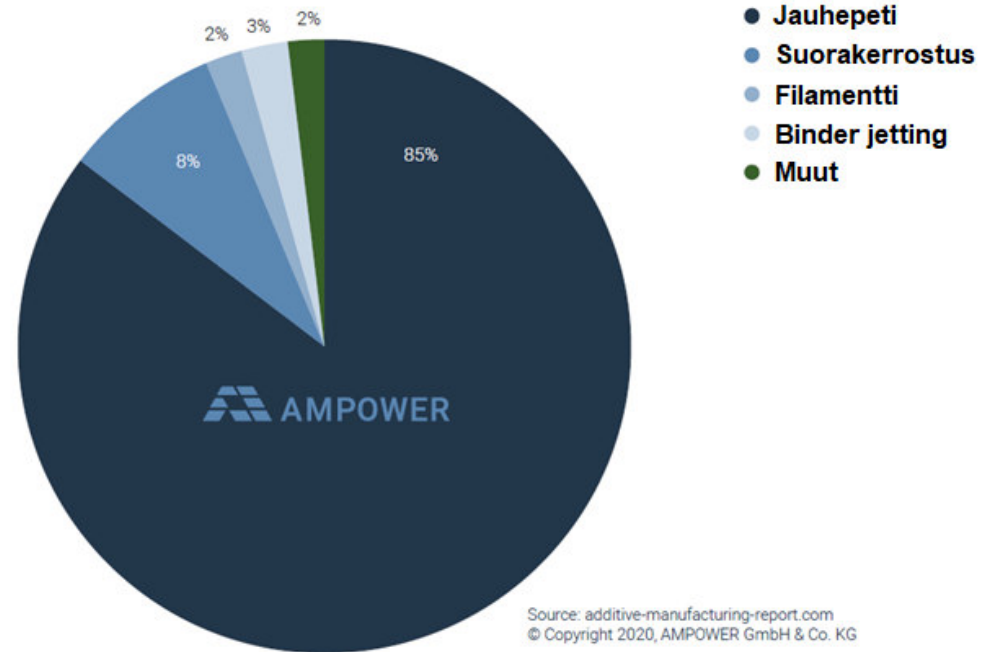


Jauhepetimenetelmä

- Yleisin menetelmä
 - Useilla tutkimuslaitoksilla Suomessa (OY, LUT, Savonia)
 - Kaupallisesti n. 20
- Parhaimpia tarkkuuksia (ei kovin nopea)
- Keskisuuret kappaleet
- Tukien poisto



Teknologiakohtainen myynti 2019

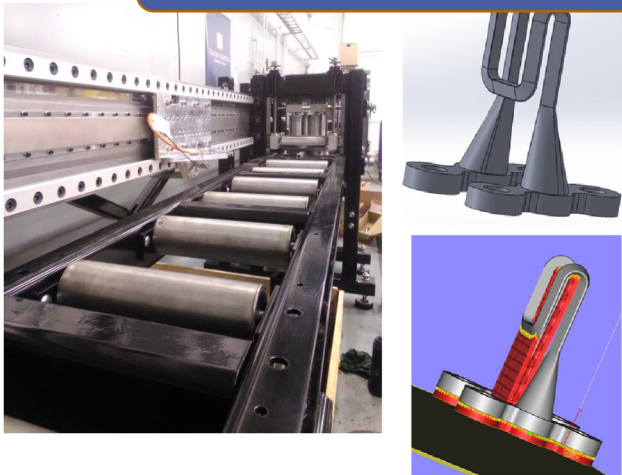




Jauhepetimenetelmän sovelluksia

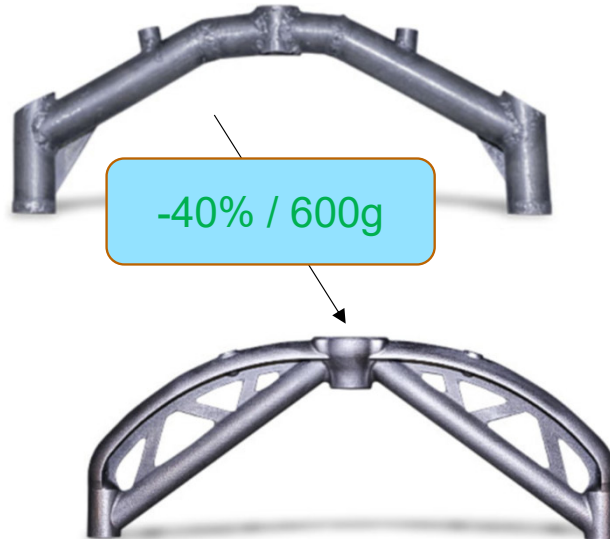
Induktiolinjan kela
Puhdas kupari (EOS)

Jäähdytiskanavat



Kela kappaleen
muodon mukaan

MotoGP 600 cc - kolmiotukivarsi



-40% / 600g



Materiaalia vain
siellä missä todella
tarve

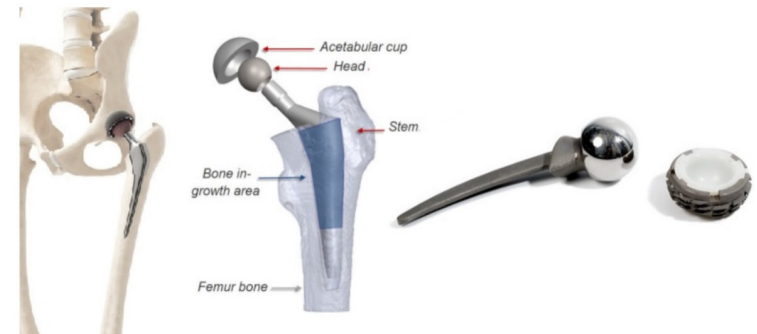
Lääke- ja hammaslääketiede

Hammassillat ja -kruunut

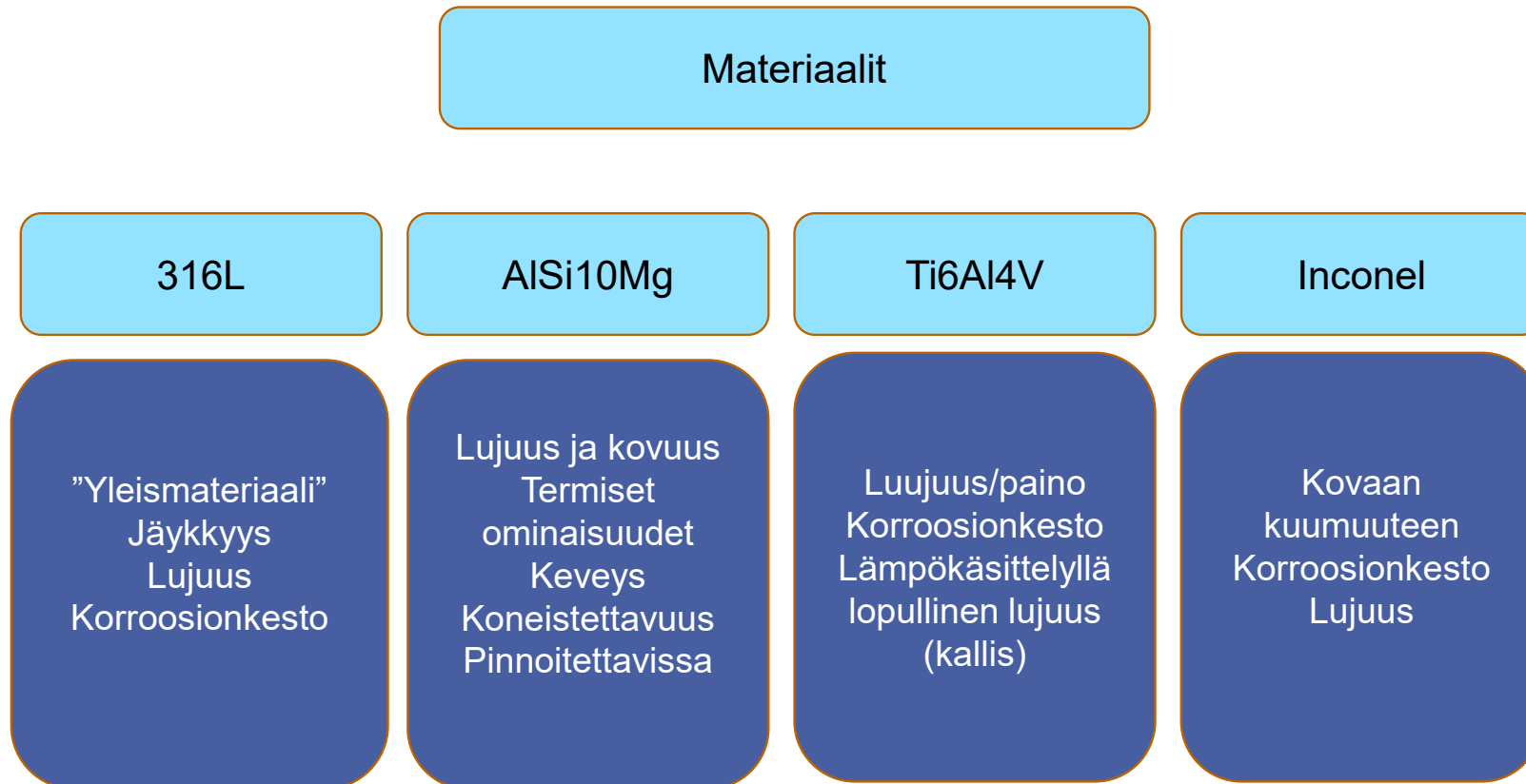
Moderni CT-
kuvaus + AM =
asiakkaalle
räätälöity osa



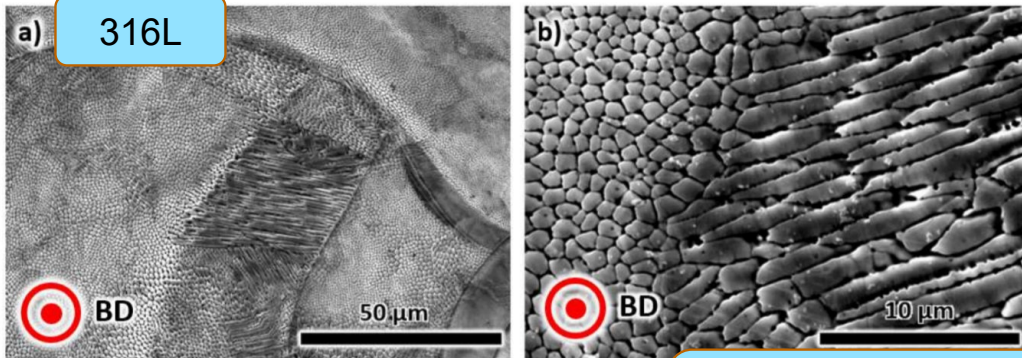
EOS



Käytetyt materiaalit ja ominaisuudet



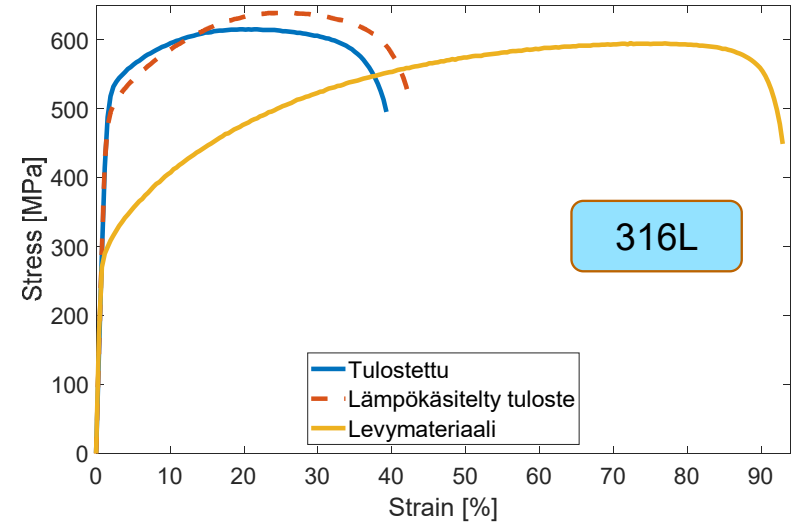
Tulostetun materiaalin ominaisuudet



K. Chadha et al. 2020

Sularajat skannauksesta näkyvissä

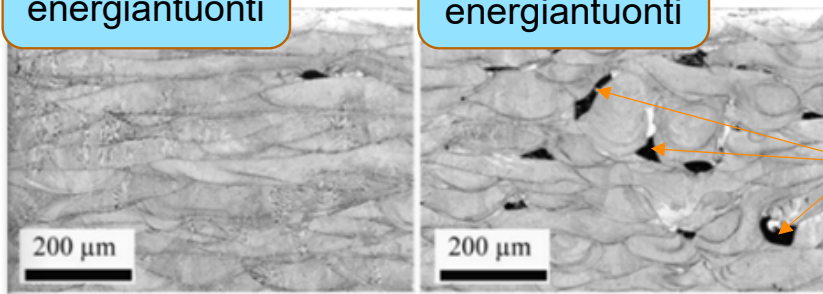
Erittäin hienorakeinen - > lujempaa kuin vastaava levyateriaali



Huokoisuus

Suuri energiantuonti

Pieni energiantuonti



Ns. lack of fusion viat - epäsäännöllisiä

Raaka-aine

Kierrätys

Kosteus





Tulostuksen jälkeen

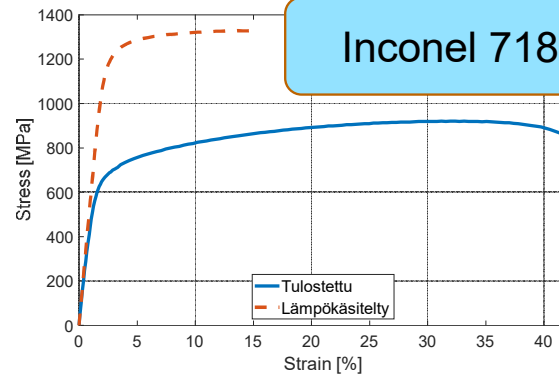
Tukien poisto

Koneistus

Lankasahaus



Lämpökäsittely



Hitsaus



Ominaisuuksien muokkaus

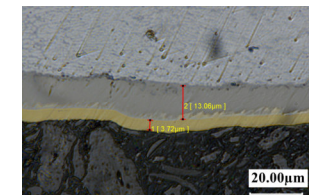
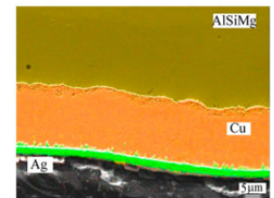
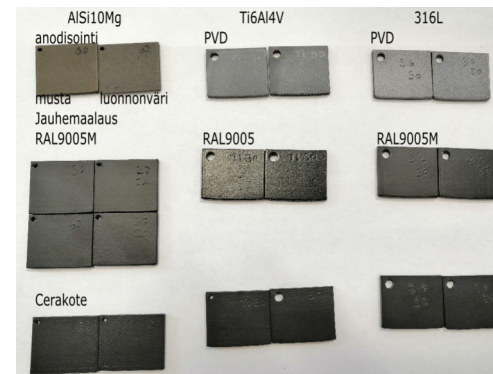
Kiillotus



Puhallus



Pinnoitus



FMT

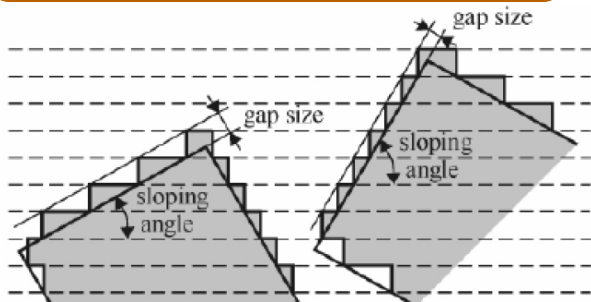


Pinnankiillotusmenetelmät

Tulostusparametrit

- Kerrospaksuus
- Energiatiheys
- Jauheen ominaisuudet

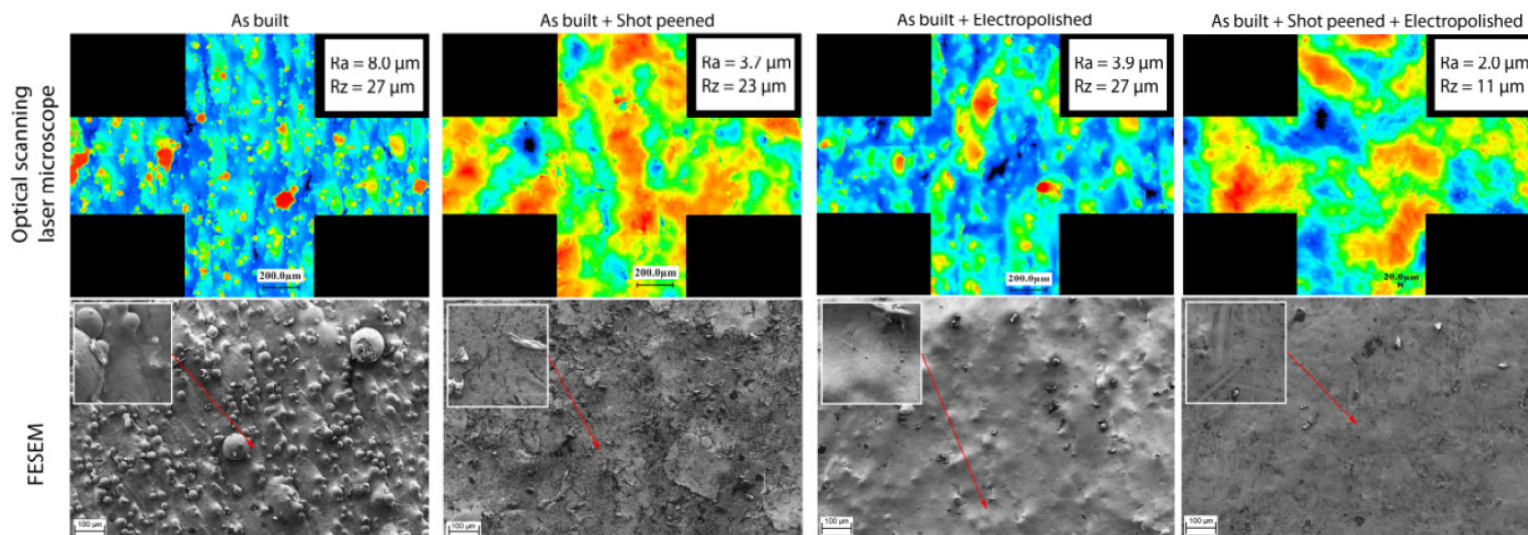
Pinnankarheus riippuu tulostusorientaatiosta



Elektrolyyttikiillotus

Kuulapuhallus

316L



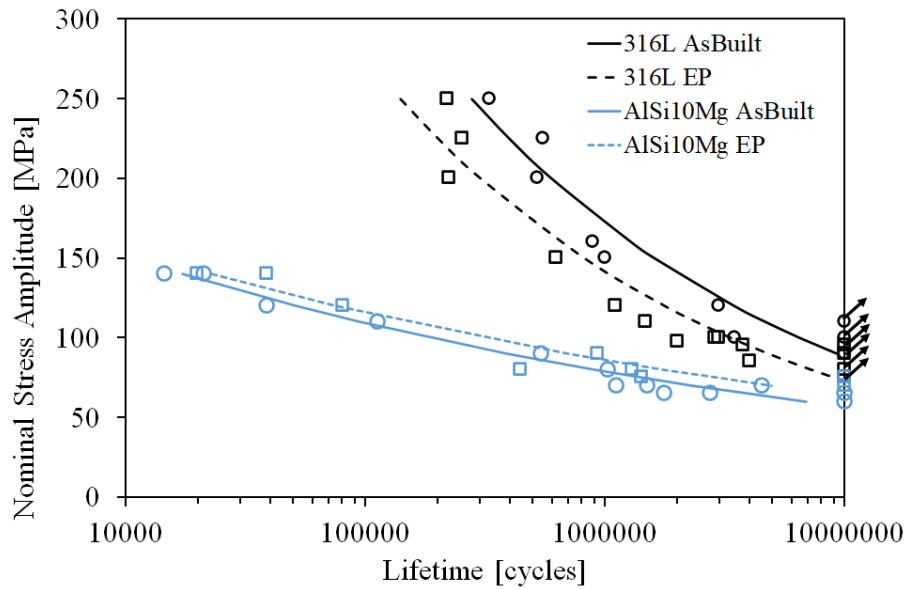
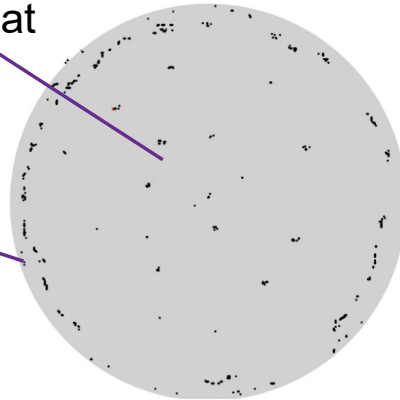


Pinnankiillotusmenetelmät

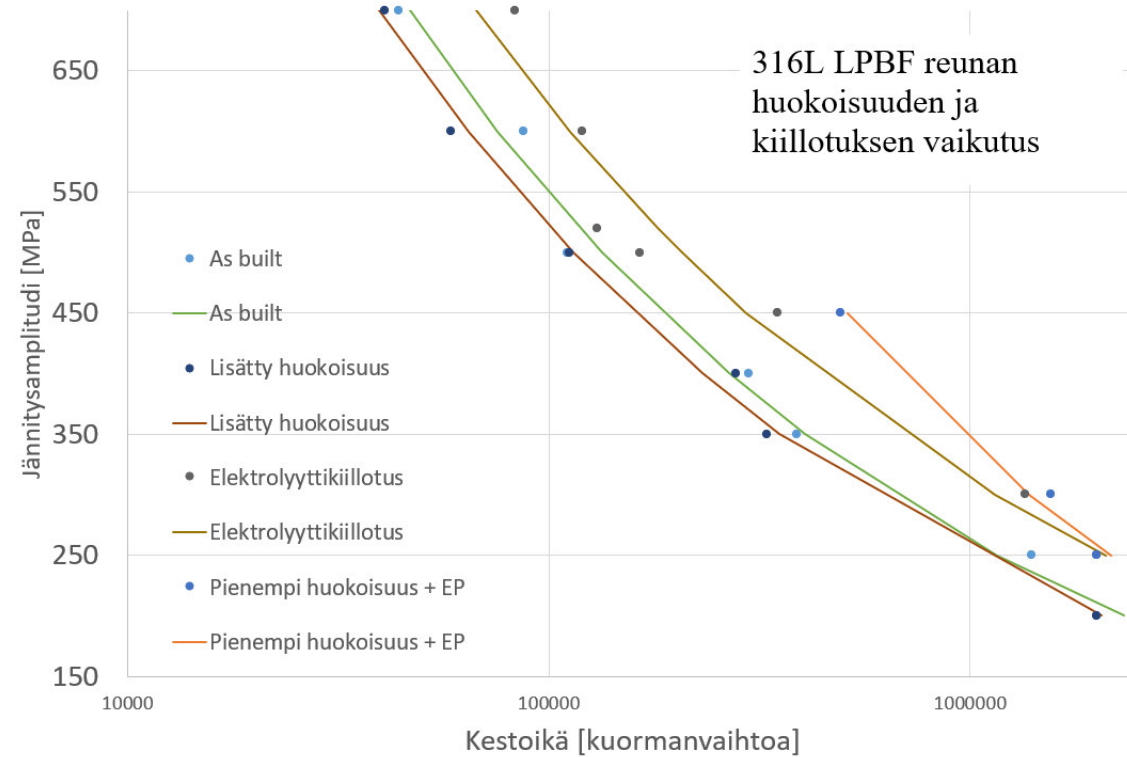
Elektrolyttikiillotus

Sisäiset viat

Pinnanlaiset viat
n. 100 μm syvällä



316L



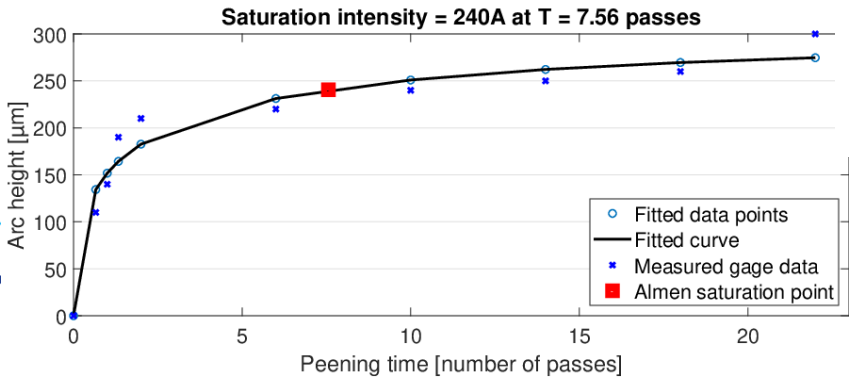
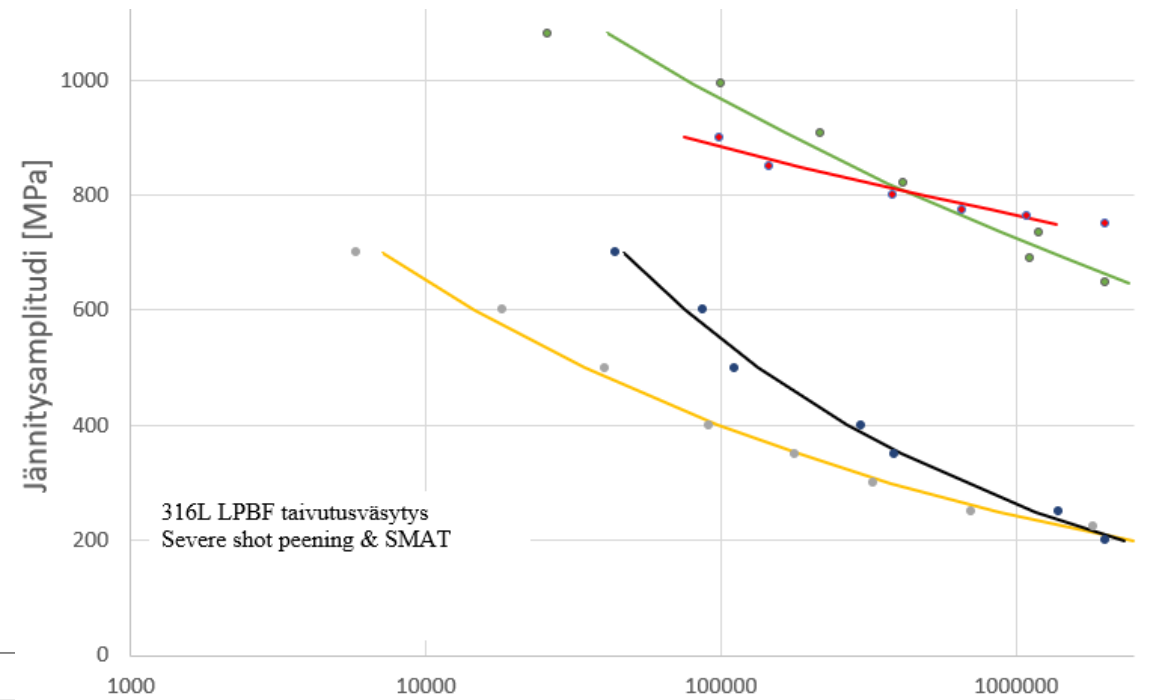


Pinnankiillotusmenetelmät

Puhalluskäsittelyt

- Normaali kuulapuhallus
- Voimakas puhalluskäsittely (Severe shot peening)
- SMAT

- Pinnan lujittaminen
- Pinnanlaadun parannus
- Huokoset heti pinnan alla!



Kestoiäkä [kuormavaihtoa]

• HT — HT est • As built — As built est • HT + SSP — HT+SSP est • SMAT — SMAT





Pinnoitusmenetelmät

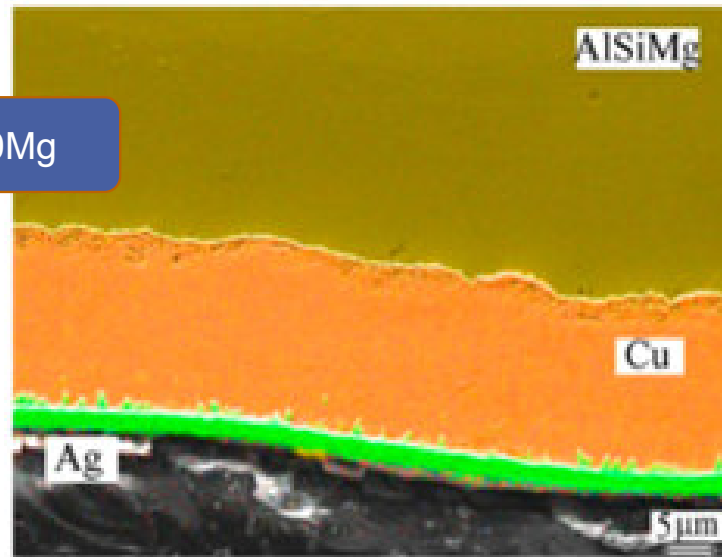
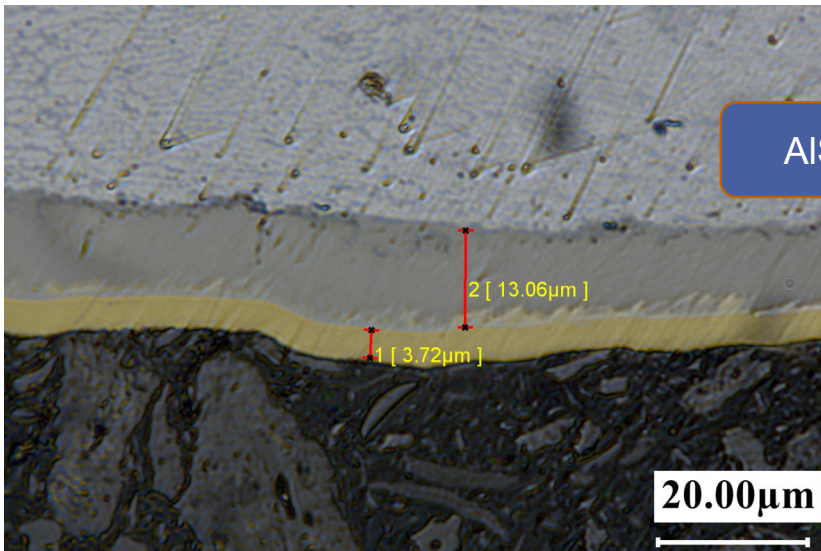
Kulta

Hopea

Anodisointi

PVD

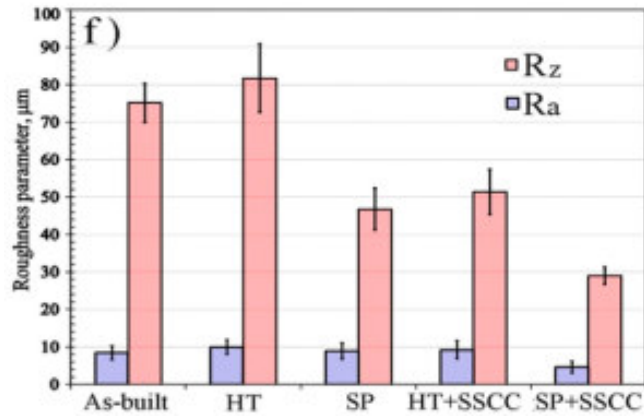
Cerakote



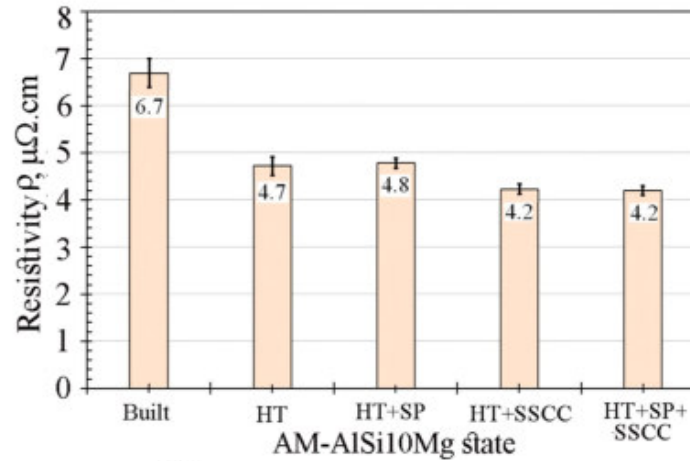


Pinnoitusmenetelmät

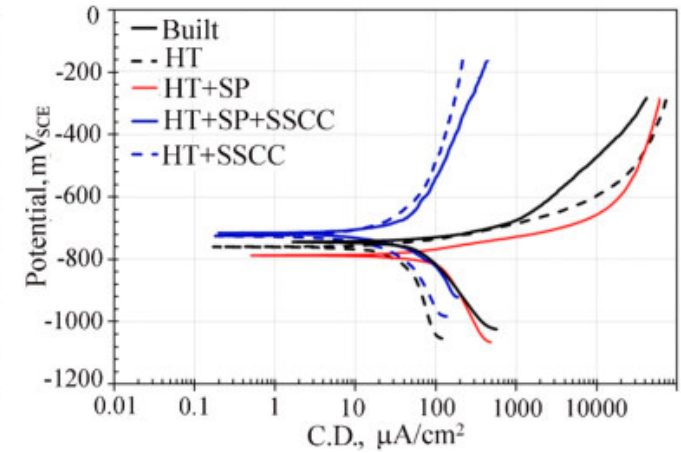
Pinnanlaatu



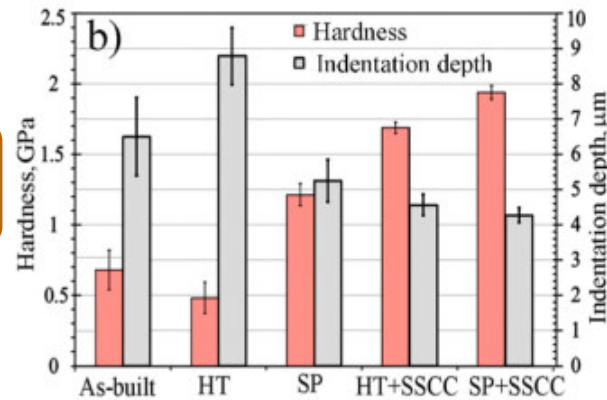
Sähkönjohtavuus



Korroosionkesto



Pintakovuus



Visuaalisuus

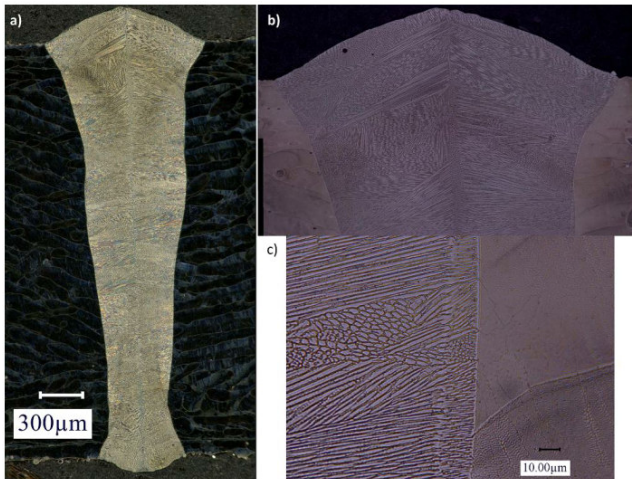




Tulostettujen kappaleiden liitokset

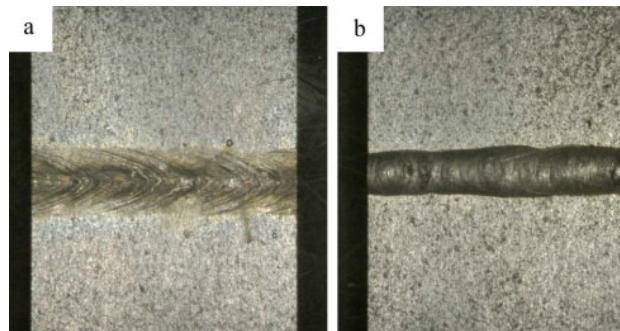
Laserhitsaus

316L



FMT

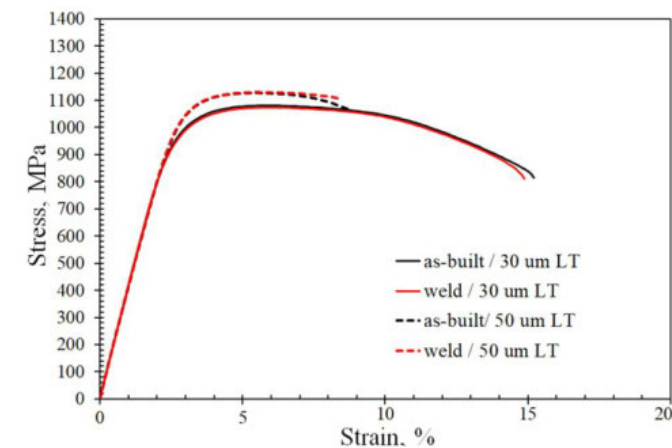
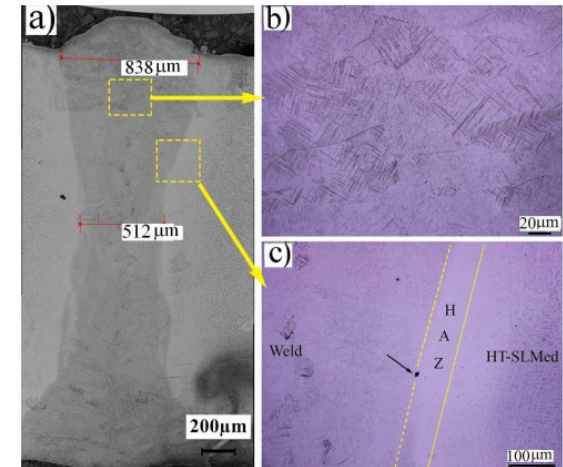
AlSi10Mg



Haastava hitsattava

- Huokoinen hitsi
- Piin osuus materiaalissa tuo haasteita
 - Hitsattavuus
 - Sähkönjohtavuus
 - Pinnoitukset

Ti6Al4V





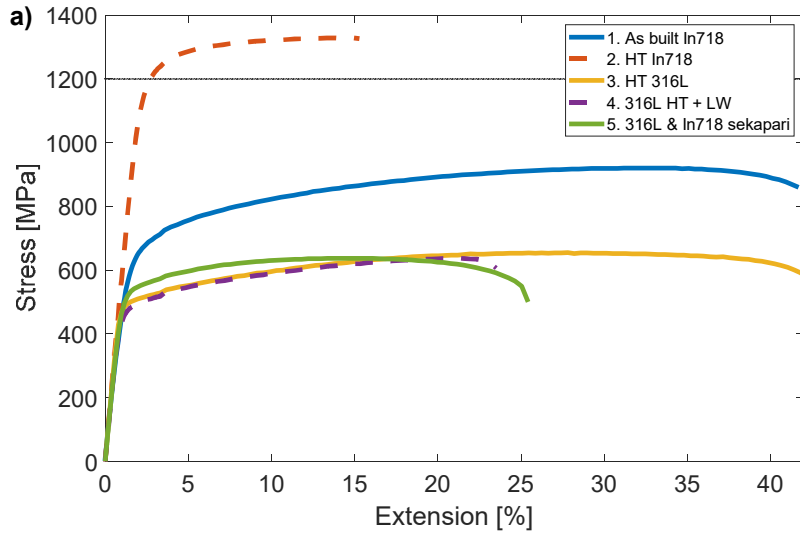
Liitokset / hybridituotteet

Laserhitsaus

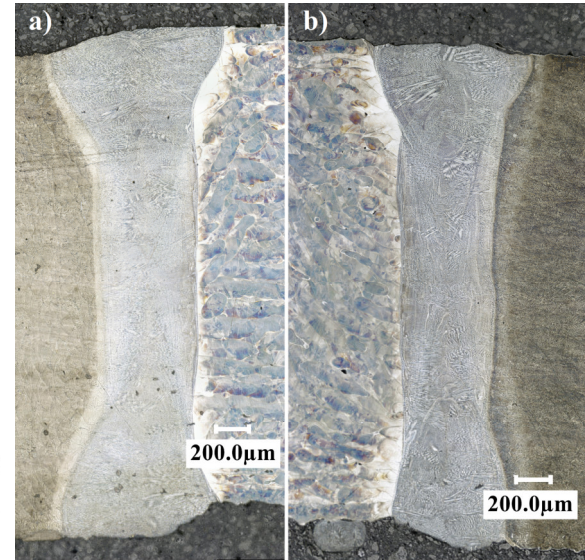
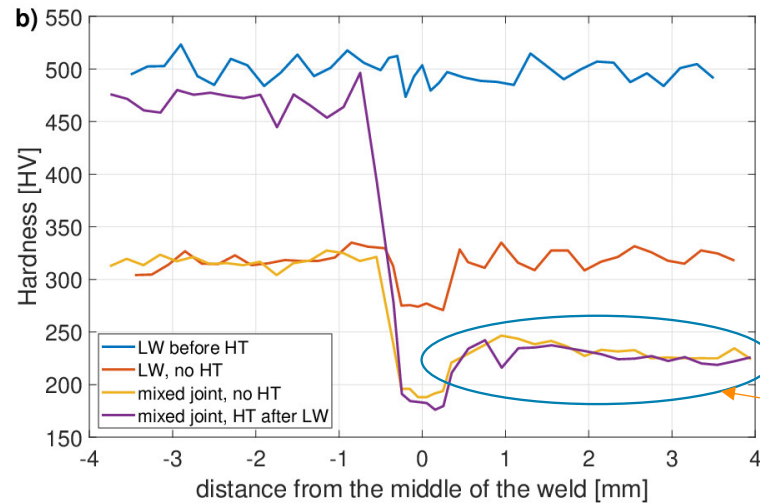
316L

&

Inconel 718



Kovuus



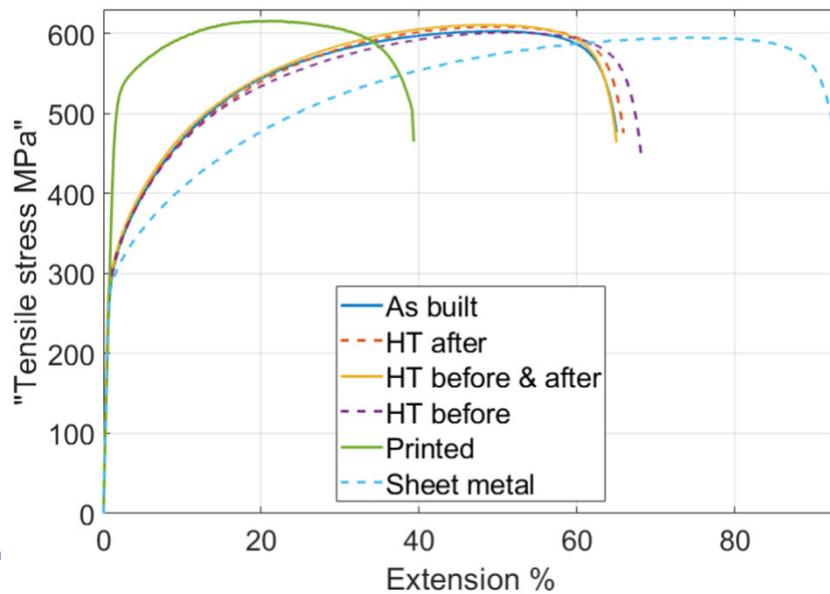
316L



Liitokset / hybridituotteet

Laserhitsattu 316L, tulostettu + levyateriaali

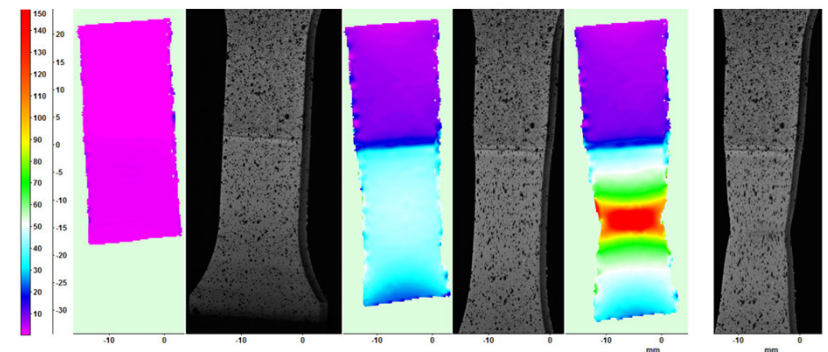
Vetokokeet



Kovuus



Vetokokeet, DIC

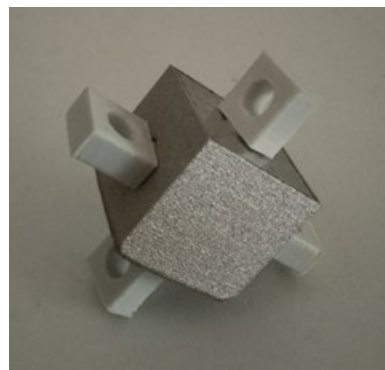




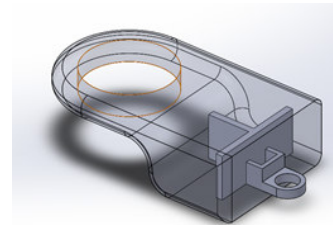
Hybridituotteet (muovi/metalli)

Muovi- ja metalliosien toisiinsa liittäminen

Muovin metallikappaleeseen liittäminen
kuumentamalla liitoskohta pehmeäksi
(muotolukitus)



Tulostettu metallikappale muovin sisään
kesken tulostuksen

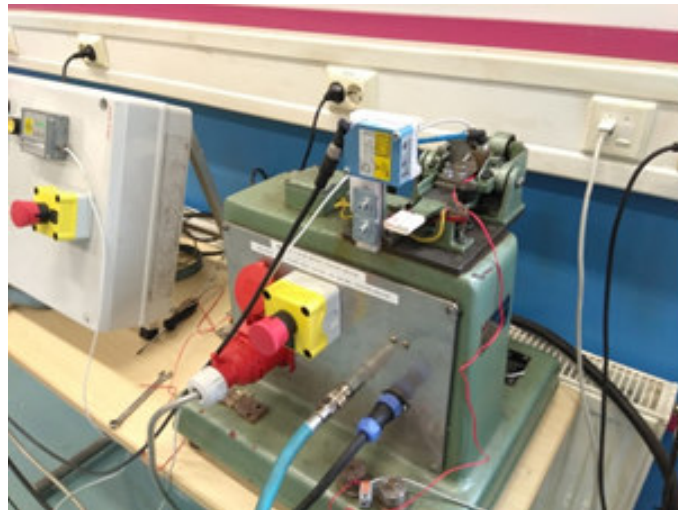
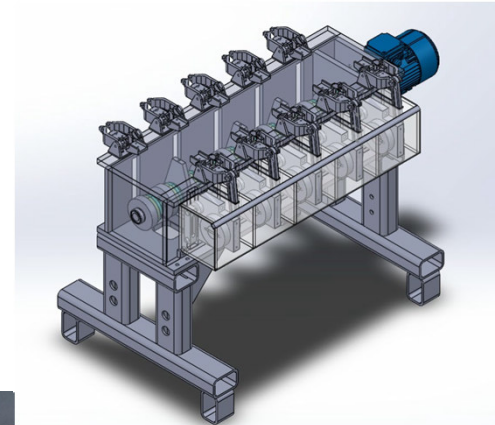




Väsytyslaitteiston rakentaminen

Taivutusväsytyslaite

- Pohjana Carl Schenck väsytyskone
- Tutkimusryhmän väsytykapasiteetti 10-kertaistettiin
- Suuressa roolissa jatkotutkimuksissa, teollisuudessa paljon kiinnostusta





Yhteenveto

- Tulostustekniikan erityispiirteet täytyy tuntea jo suunnittelussa
- Jälkikäsittelyillä ominaisuuksia voidaan entisestään parantaa, ylivoimatekijöitä!
- Tulosteita ja perinteisiä menetelmiä yhdistämällä voidaan päästä kustannustehokkaimpiin ratkaisuihin



UNIVERSITY
OF OULU

KERTTU SAALASTI
INSTITUTE

**Science
With
Arctic
Attitude!**

FMT
FUTURE MANUFACTURING
TECHNOLOGIES

Tutkimusjohtaja Antti Järvenpää: antti.jarvenpaa@oulu.fi, 0445551633
Projektipäällikkö Timo Rautio: timo.rautio@oulu.fi, 0505624668