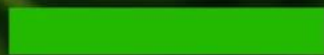




LAND OF THE CURIOUS





CASE TUTKIMUS: T-PUTKILIITOKSEN ROBOTTIHITSATTAVUUS

Vaihtoehtoinen nimi:

”Miten etäohjelmoit hitsausrobotin vaikeimman kautta”

Hannu Lund

IWE, DI

Nuorempi tutkija,

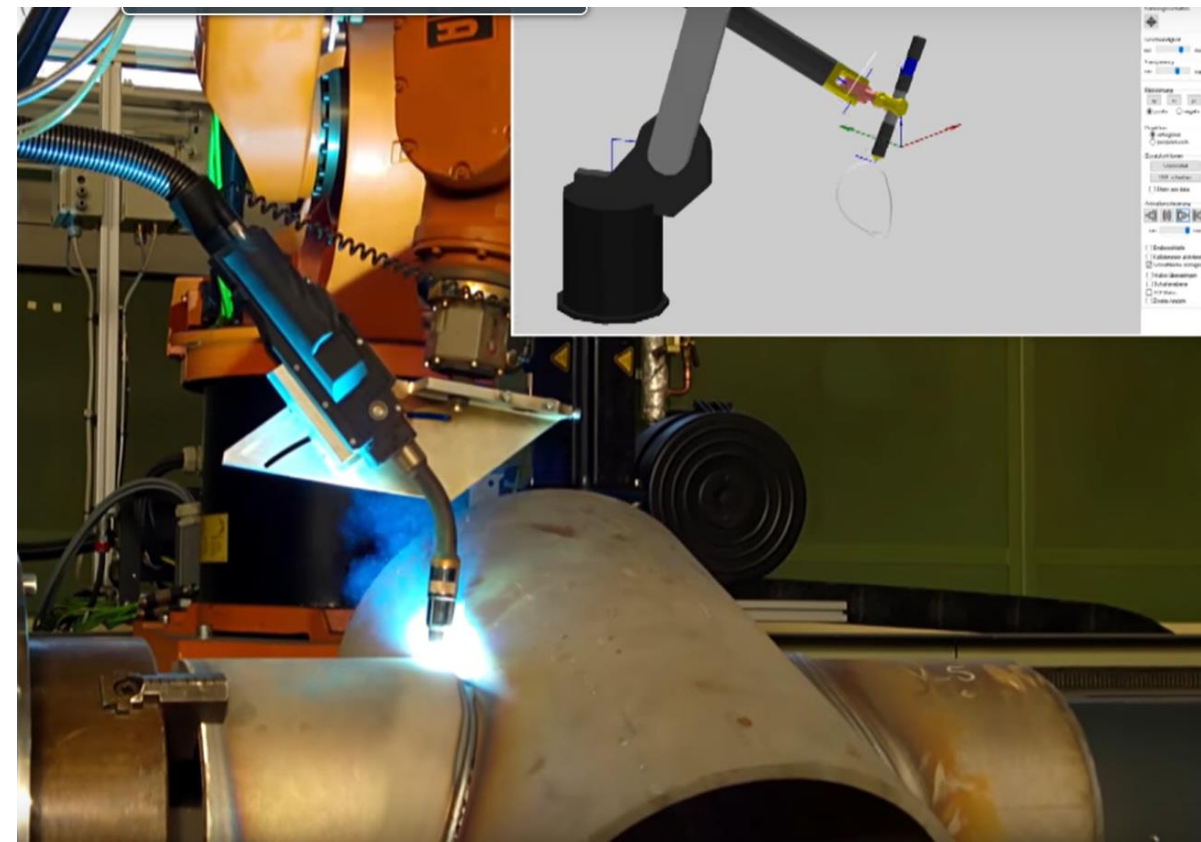
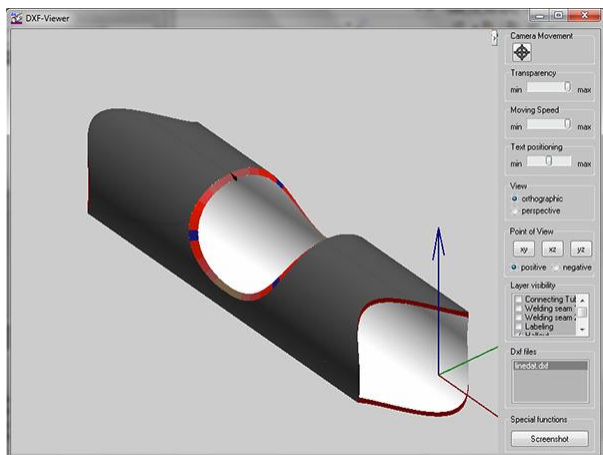
Hitsaustekniikka

LUT Yliopisto



TAUSTA

- Putken automatisoidusta leikkauksesta saadaan tarkat 3D-leikkuuradat satulapinnalle, joita voidaan myös hyödyntää robottihitsaukseen
- Vaatii leikkausta varten käytettävän ohjelmiston



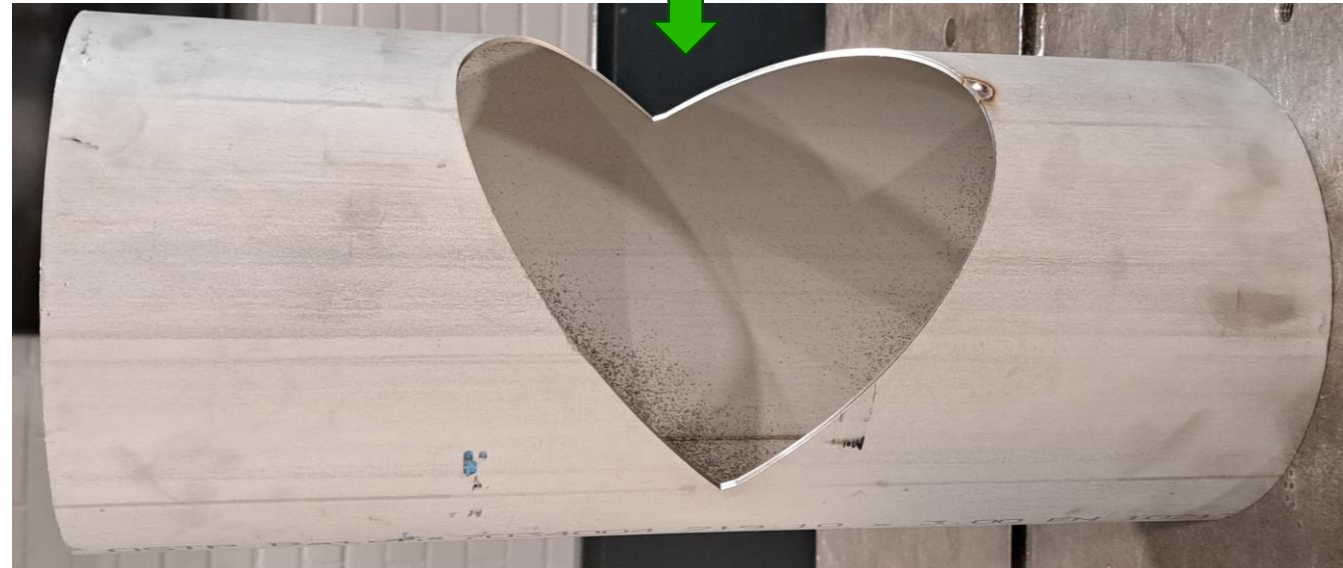
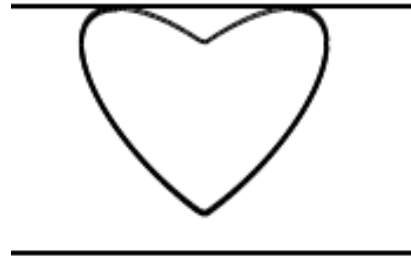
TAUSTA

Tutkimusongelma:

- Satulaliitoksen robottihitsaamiselle on tarvetta, mutta sen ohjelmointi on työlästä ja hitsaaminen on hankalaa
- T-putken automatisoidusta esivalmistuksesta on olemassa tarkat leikkuuradat satulapinnalle

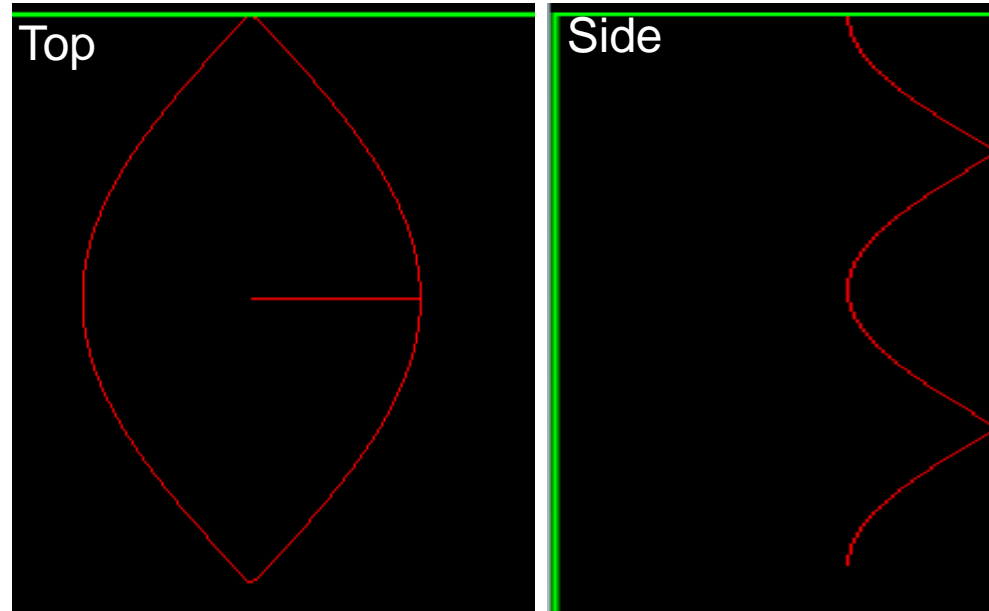
Tutkimuskysymys 1:

- Voidaanko esivalmistuksen leikkausratoja saada käytettyä myös robottihitsauksessa?



MENETELMÄ

- » Selvitetään kuinka leikkuuohjelmistosta exportatuista tiedostoista voidaan lukea leikkuurata robottihitsausta varten
- » .acs, .3dc, .zis, .acc, .qdf, .dxf, .csv, ja .FCMacro
- » Liikerata osoittautui hankalaksi kääntää robotin ymmärtämään muotoon, koska data joko 2D-tasossa tai pistepilvenä
 - » Liikerata tai koordinaatit = ok
 - » Poltinkulmat = ?
 - » Ulkoiset askelit = ?
- » Vaatisi kääntäjän/postprocessorin koodauksen / ohjelmiston jossa edellä mainitut ominaisuudet

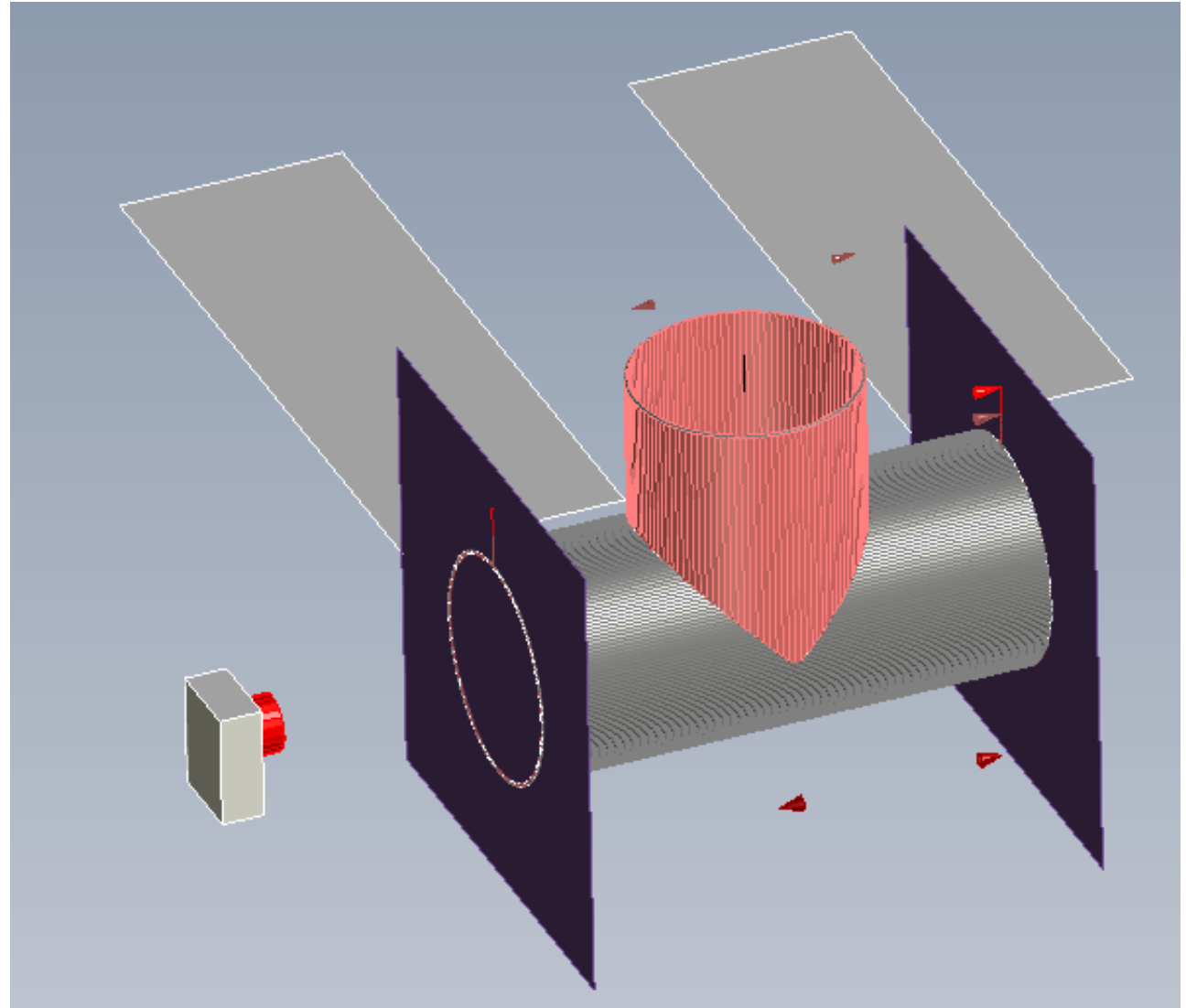


```
x,y,z-coordinates
)  y=" 0.000" z=" 111.550"/>
<point x=" 0.000" y=" -7.781" z=" 111.278"/>
<point x=" 0.000" y=" -15.525" z=" 110.464"/>
<point x=" 0.000" y=" -23.193" z=" 109.112"/>
<point x=" 0.000" y=" -30.747" z=" 107.229"/>
<point x=" 0.000" y=" -38.152" z=" 104.823"/>
<point x=" 0.000" y=" -45.371" z=" 101.906"/>
<point x=" 0.000" y=" -52.370" z=" 98.493"/>
<point x=" 0.000" y=" -59.112" z=" 94.600"/>
<point x=" 0.000" y=" -65.567" z=" 90.246"/>
<point x=" 0.000" y=" -71.703" z=" 85.452"/>
<point x=" 0.000" y=" -77.489" z=" 80.242"/>
<point x=" 0.000" y=" -82.898" z=" 74.642"/>
<point x=" 0.000" y=" -87.903" z=" 68.677"/>
<point x=" 0.000" y=" -92.470" z=" 62.370"/>
```

DXF ja XML data

MENETELMÄ

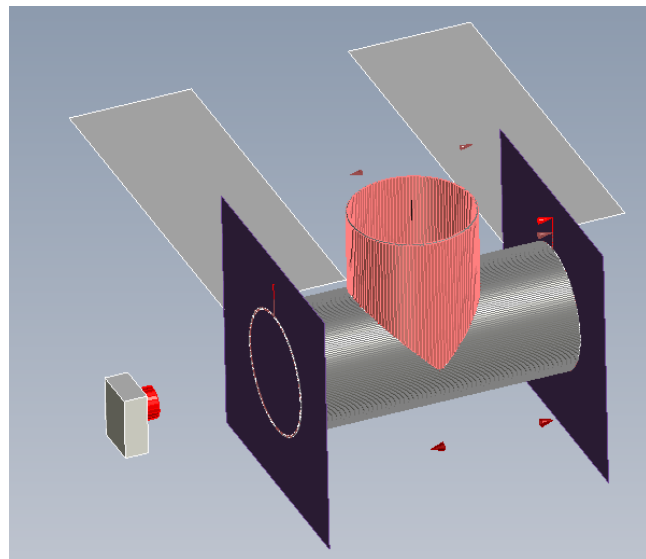
- » Yksi dxf tiedosto saatiin järkevästi luettua
 - » 3D-malli
- » Mahdollista importata CAD-ohjelmistoon
 - » Solidworks
- » Strategiaksi vaihtui hitsausohjelmien luonti 3D-mallin piirteiden perusteella etäohjelmointiohjelmistossa
 - » Visual components OLP (Delfoi robotics)



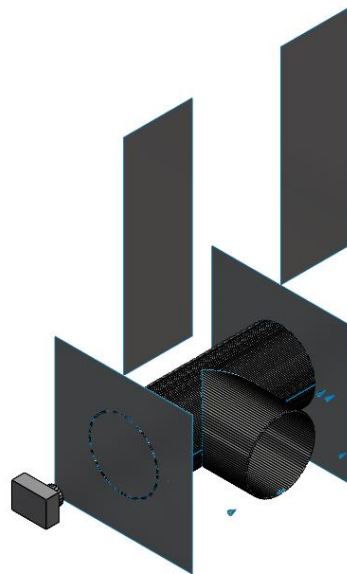
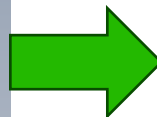
DXF tiedoston sisältämä 3D-malli

MENETELMÄ

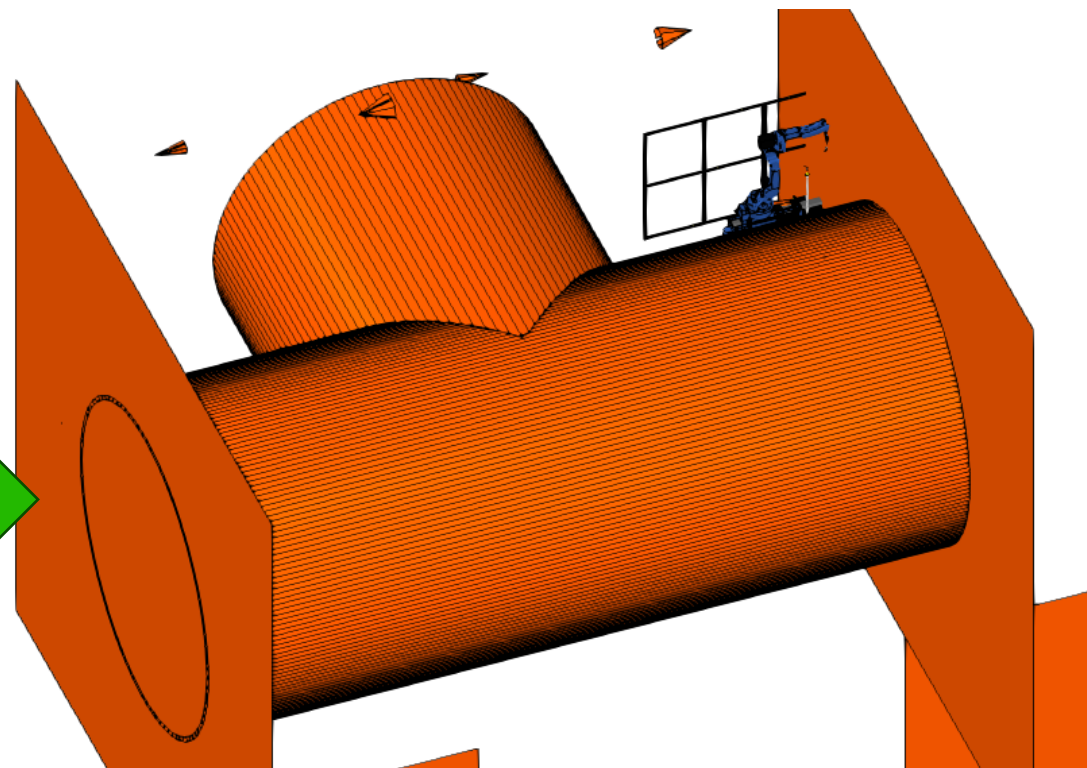
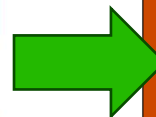
- Strategiaaksi vaihtui hitsausohjelmien luonti 3D-mallin piirteiden perusteella etäohjelmointiohjelmistossa
- Visual components OLP (Delfoi robotics)



DXF



Solidworks -> .step

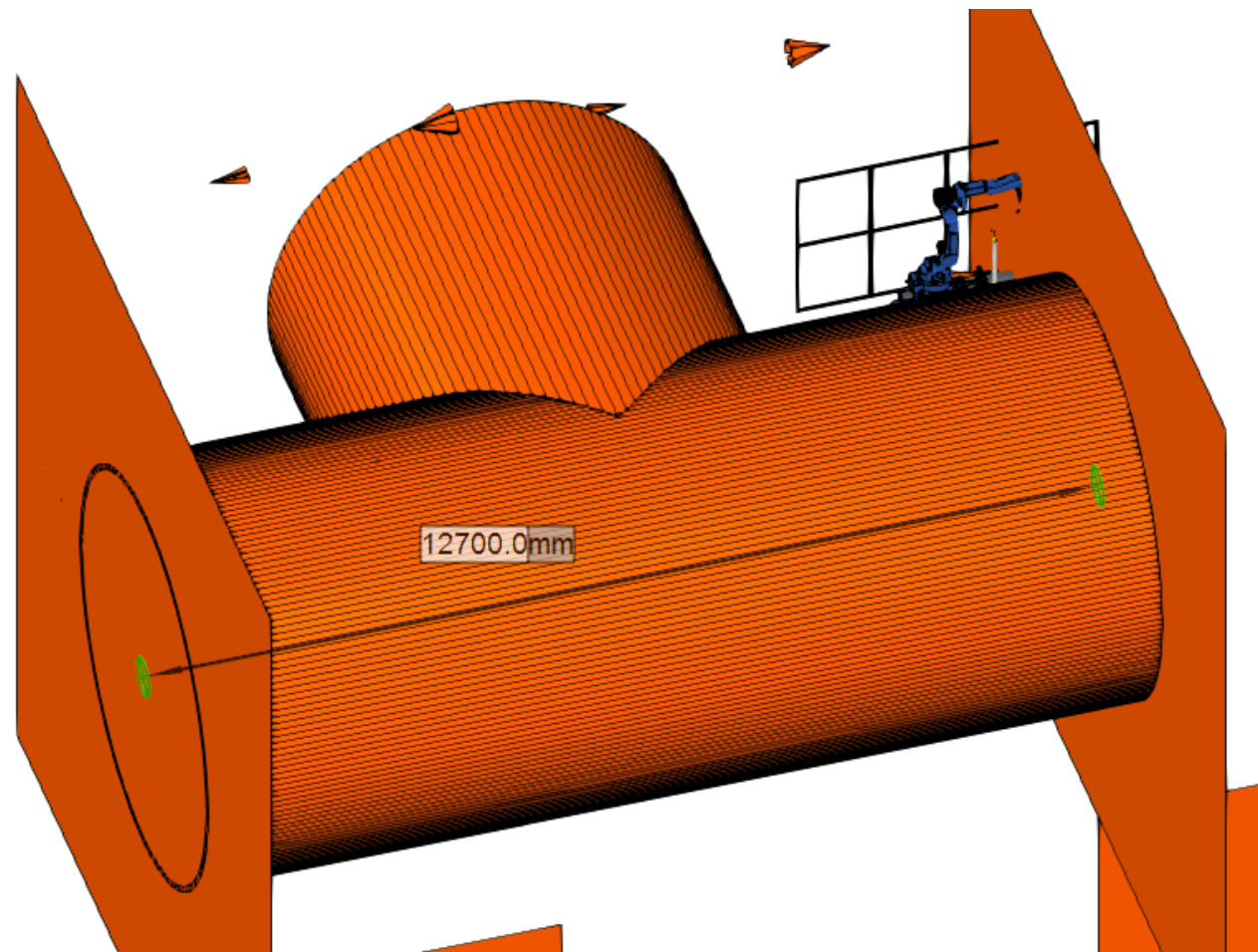


Visual components Robotics OLP

Huomaatko mitään erikoista?

MENETELMÄ

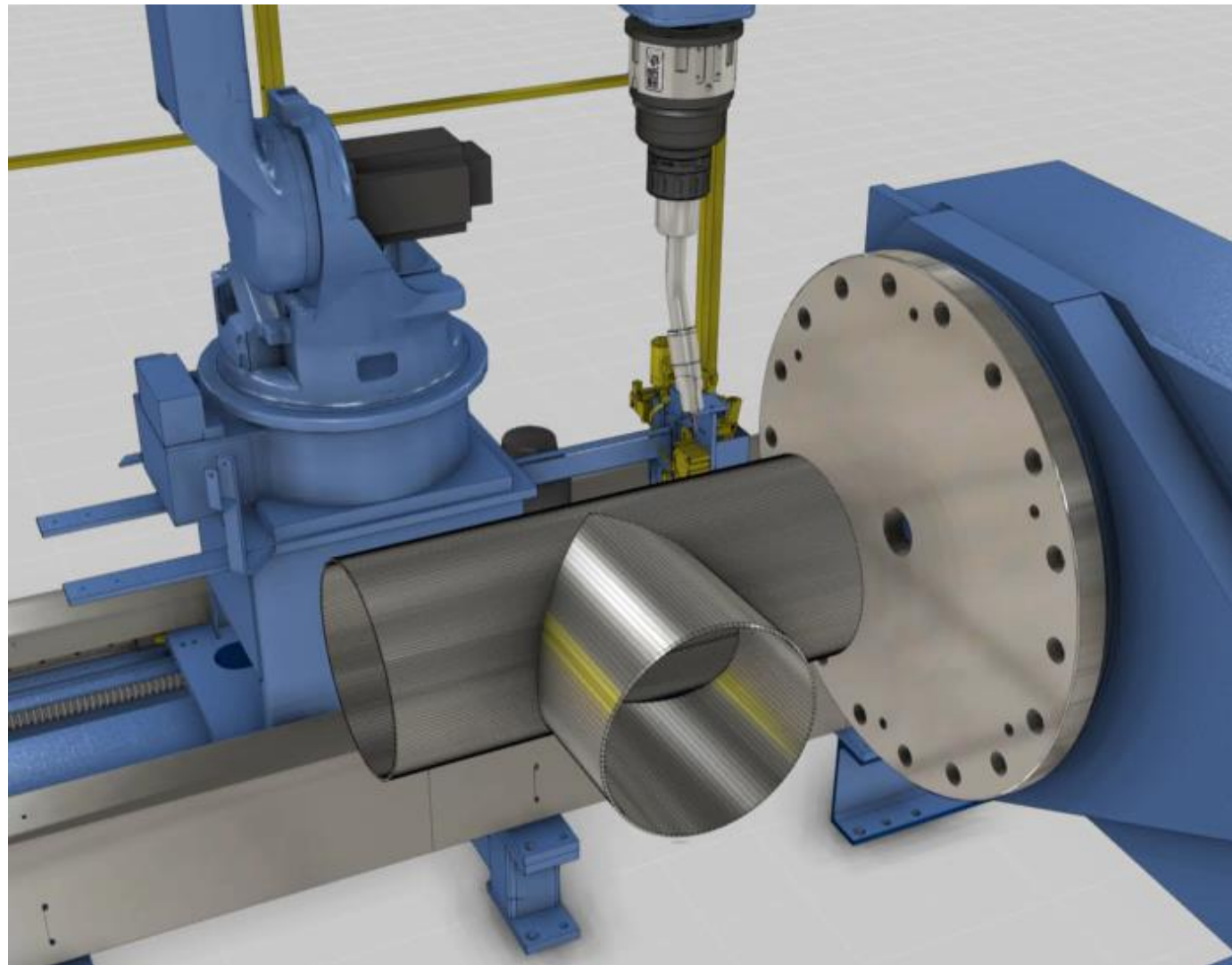
- Ensimmäinen reaktio: Eipä onnistunut
- Mittauksen jälkeen: 12700.0 mm vaikuttaa aika mukavalta luvulta ollakseen täysin satunnainen mitta
- $127\ 00\ \text{mm} = 500\ \text{Inch} = \underline{0.138888889\ \text{American football fields}}$
- Eli jossain välissä mennyt yksiköt sekaisin



Visual components Robotics OLP

MENETELMÄ

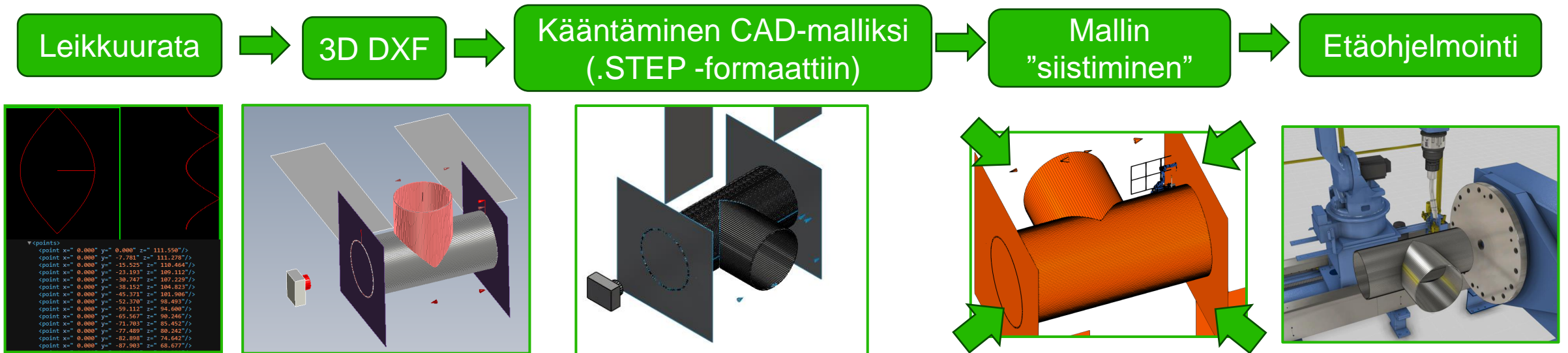
- ▶ CAD-mallin skaalauksen jälkeen mitat oikein
- ▶ Lisäksi pientä siistimistä ja ylimääräisten osien poistamista

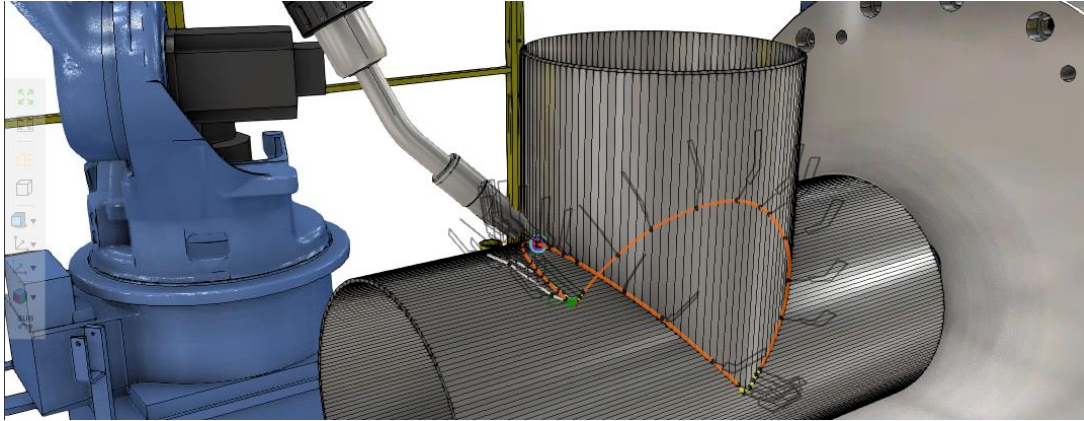


Visual components Robotics OLP

TULOKSET

» Voidaanko esivalmistuksen leikkausratoja saada käytettyä myös robottihitsauksessa?





T-PUTKILIITOKSEN SATULAHITSIN ETÄOHJELMOINTI

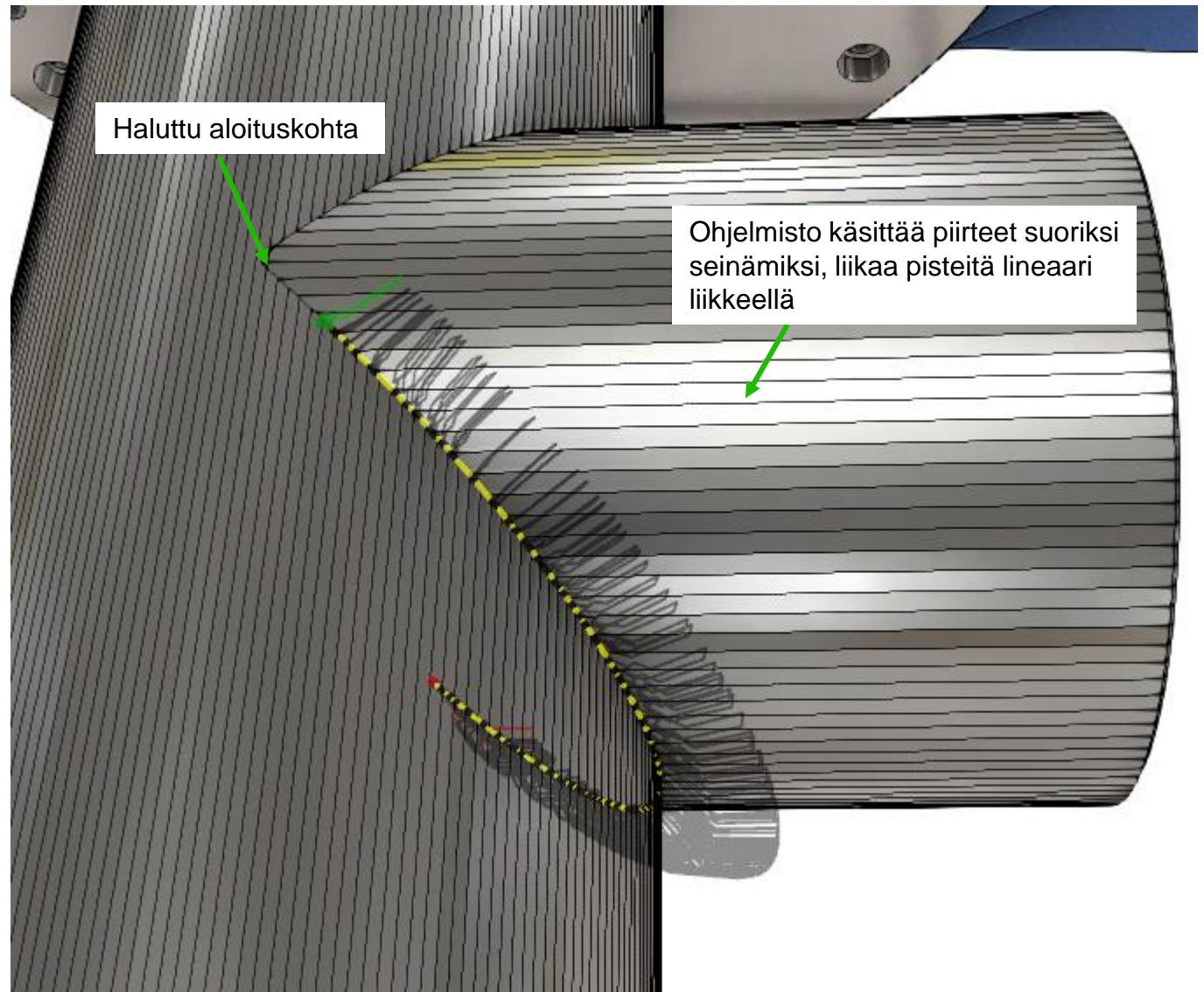


Voidaanko CAD-mallin perusteella luoda tarkat hitsausliikeradat ja hyödyntää hitsausautomaatiota?

ETÄOHJELMOINTI

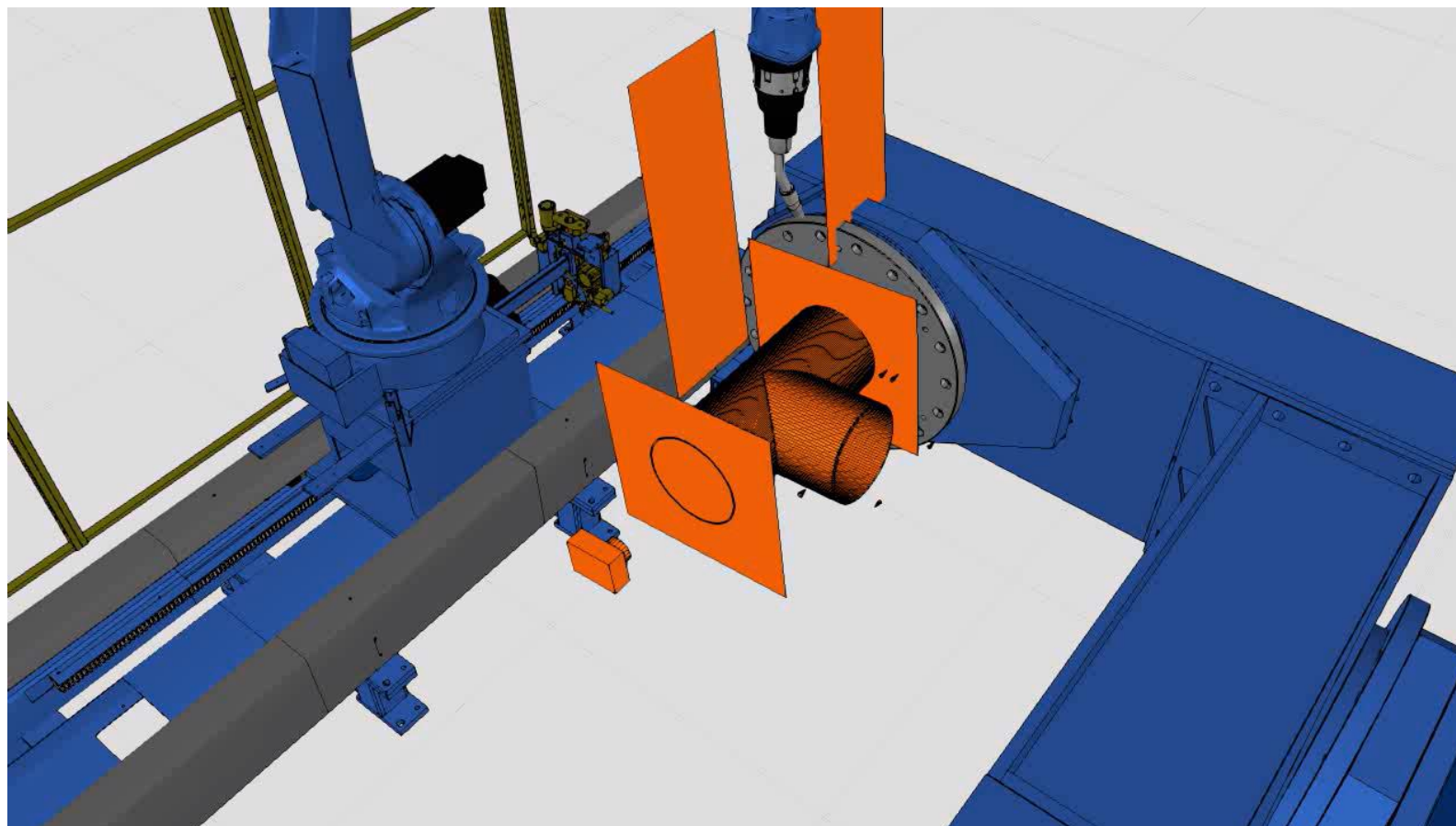
» CAD-mallin aiheuttamia ongelmia

- » Pitkittäiset ”sektori”viivat
- » Aloitus- ja lopetuskohdat
- » Satularadan ympärihitsaus



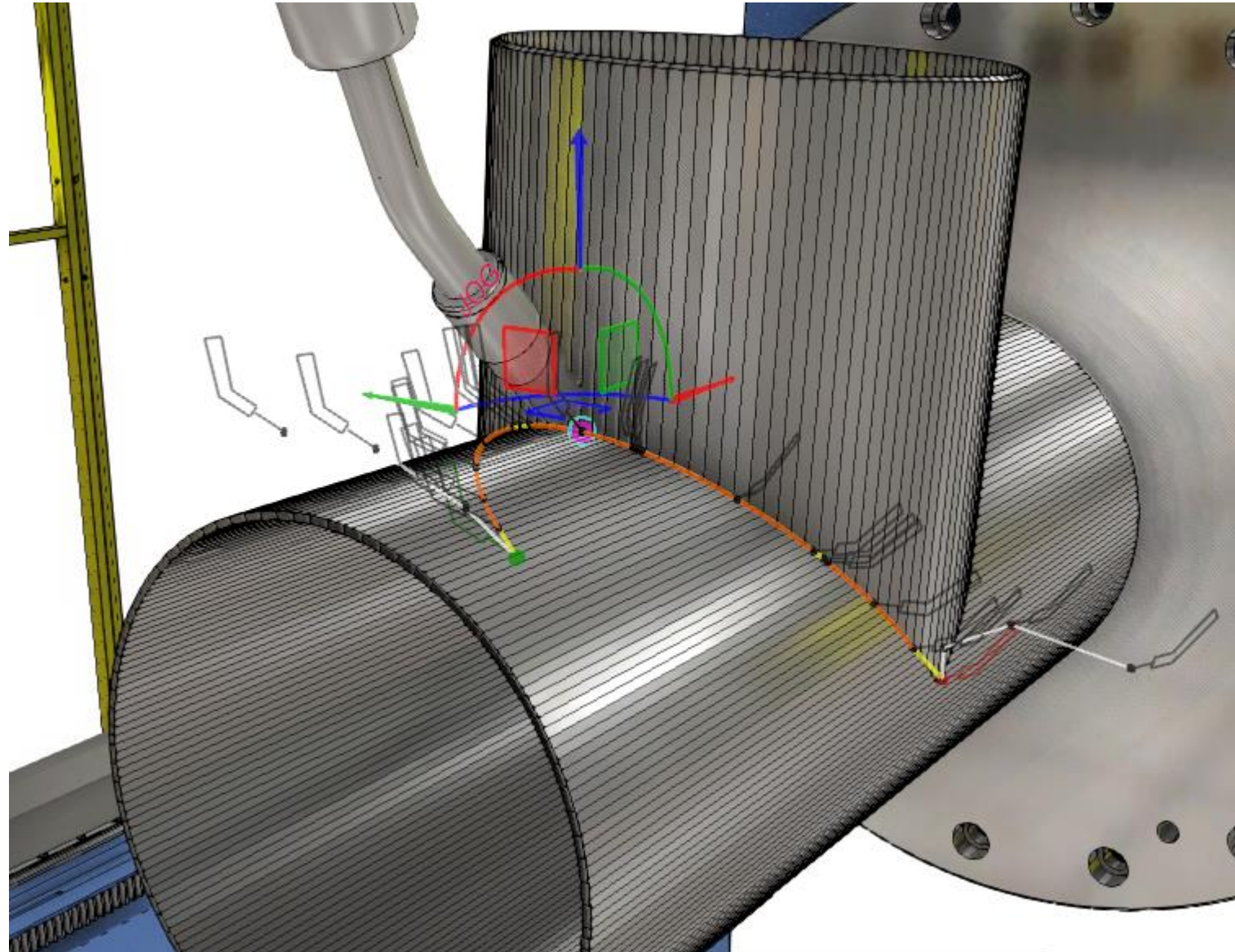
ETÄOHJELMOINTI

- » CAD-mallin aiheuttamia ongelmia
 - » Pitkittäiset ”sektori”viivat
 - » Aloitus- ja lopetuskohdat
 - » Satularadan ympärihitsaus
- » Testaus rikkoi simulaation



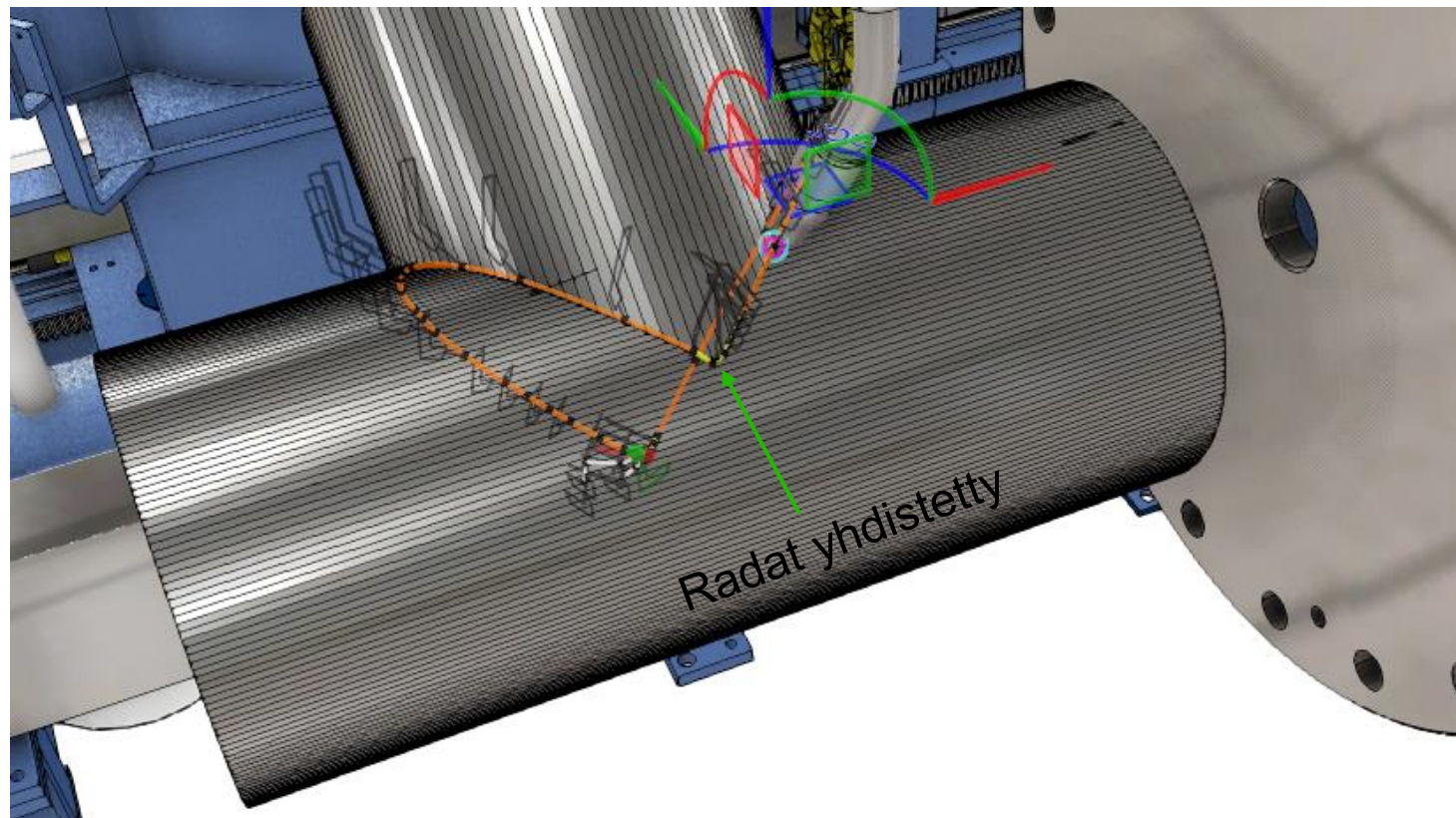
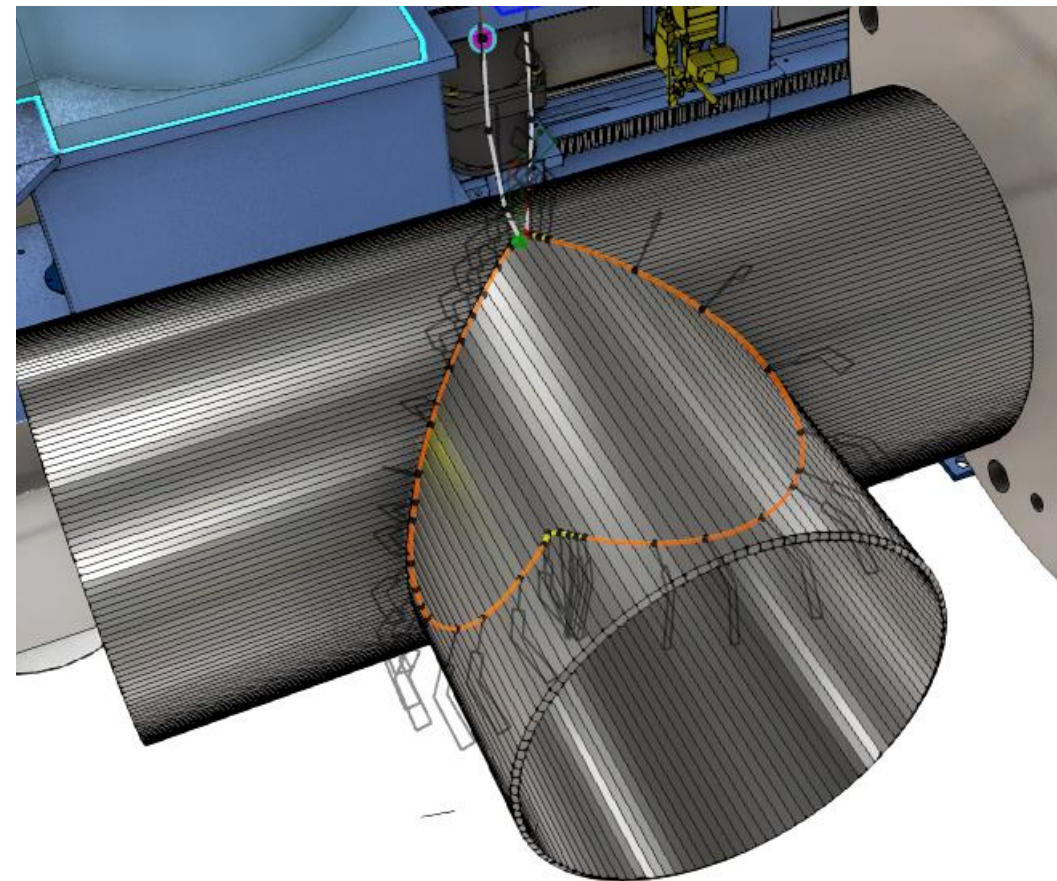
ETÄOHJELMOINTI

- » Vähennetään pisteiden määrää ja muutetaan ne 3 pisteen kaariksi
 - » Ei koko liikerataa 3 pisteen kaarena
 - » Useampi 3 pisteen kaari
 - » Pistemäärä +100 alle 30
 - Tärkeää, koska mitä vähemmän (käsin) editoitavia pisteitä, sen vähemmän työtä
- » Säädetään aloituksen paikka haluttuun kohtaan käsin
- » Liikerata parempi, mutta olisi kiva kun toinenkin puoli hitsattaisiin samassa hitsissä
 - » Kopiointi/luominen toiselle puolelle ja ratojen yhdistäminen



ETÄOHJELMOINTI

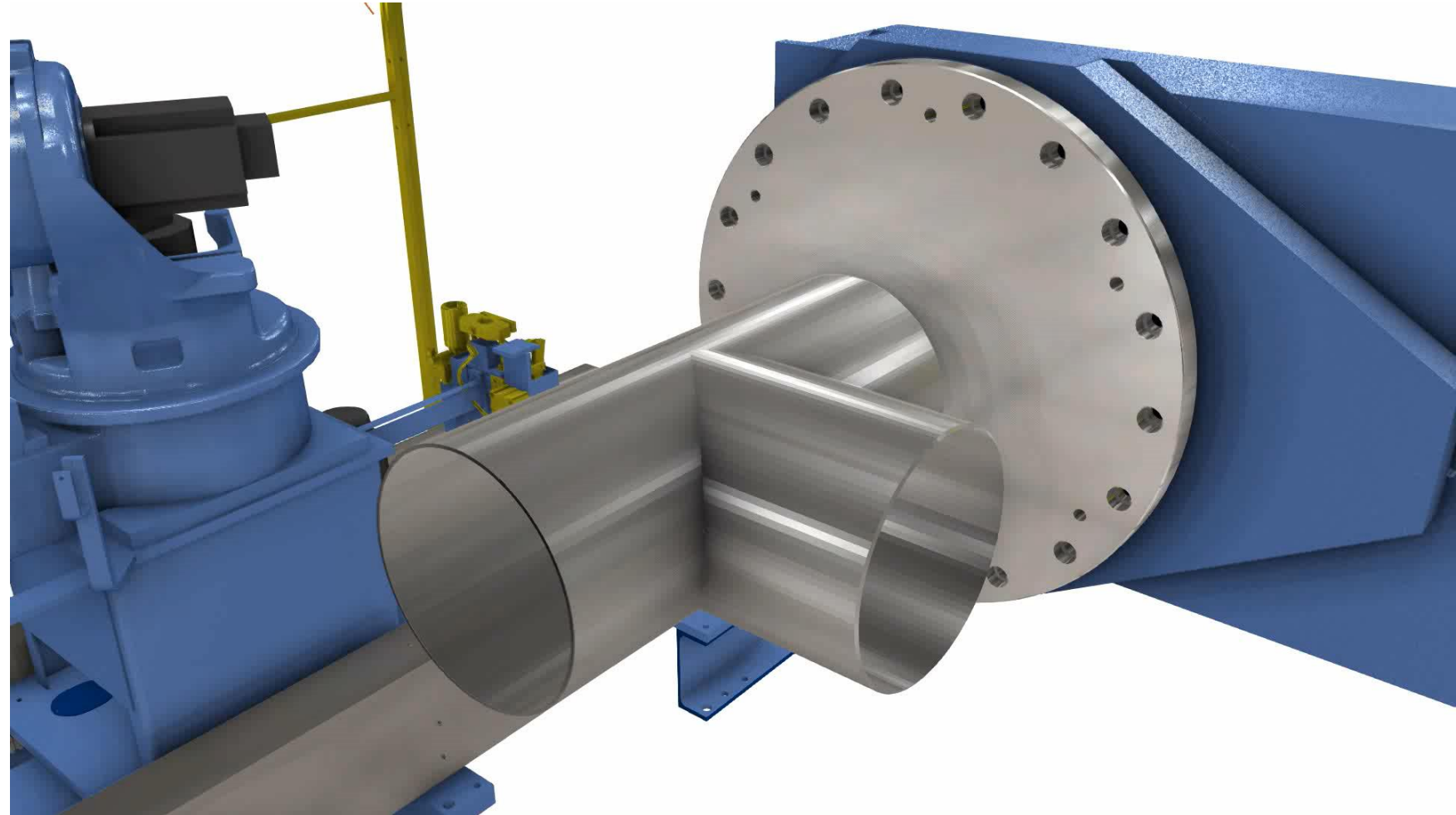
» Lopullinen hitsausrata



ETÄOHJELMOINTI



- » Lopullinen hitsausrata
- » Pöytä 90°, ”grillinä”
- » Asento vaihtelee jalkoasennon ja alapienen välillä
 - » PA – PB – PA – PB – PA



OHJELMAN TESTAUS

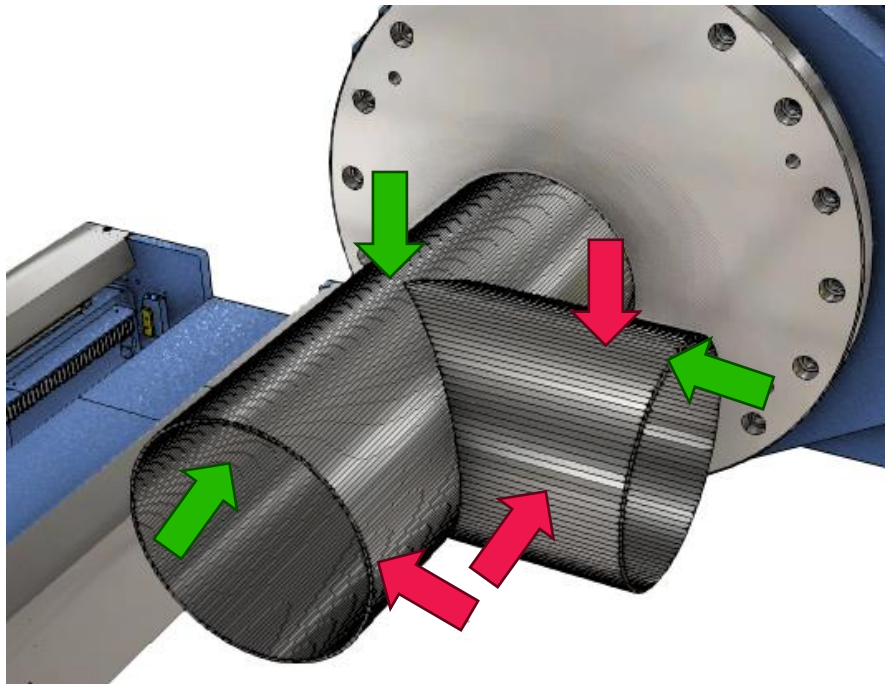


- » Ohjelman testauksessa huomattiin, että
 - » Oikean putkikappaleen paikoitus hankala saada kohdilleen pelkän pakan kanssa
 - Tarkat jigat
 - » Etäohjelmointimalli / liikerata ei osu aivan kohdalleen
- » Syytä käyttää railonhakua liikeradan korjaukseen



RAILONHAKU

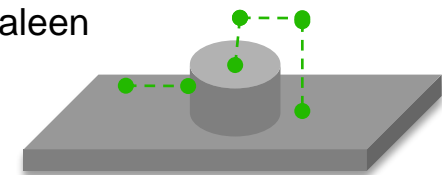
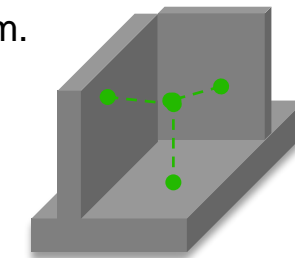
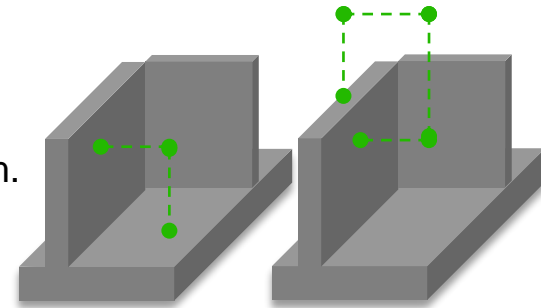
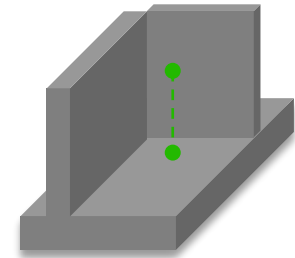
- » Minkälainen railonhaku sopisi kyseiselle kappaleelle?
 - » Riittääkö yhdeltä puolelta?
 - » Missä pisteessä mitäkin hakutulosta käytetään?



Hakuohjelma:

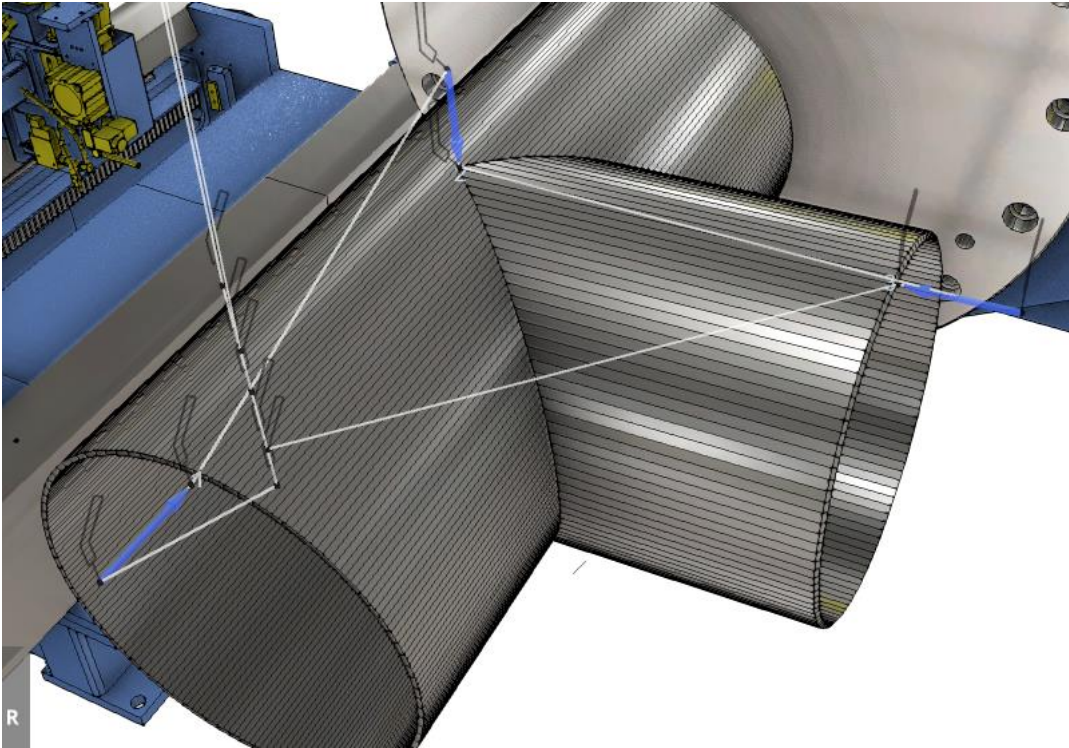
Hyvässä ohjelmointitavassa hitsin lopetukselle ja aloitukselle tehdään railonhaku

- 1-suunnan haku
 - Korjaa vain yhteen suuntaan, esim. pinnan löytäminen
- 2-suunnan haku
 - Korjaa kahteen suuntaan, esim. railon löytäminen
 - Sisä- ja ulkopinnat
- 3-suunnan haku
 - Korjaa kolmeen suuntaan, esim. nurkan löytäminen
 - Ulko- ja sisänurkka
- Ympyrähaut
 - Hakee putkimaisen kappaleen keskipisteen ja reunat

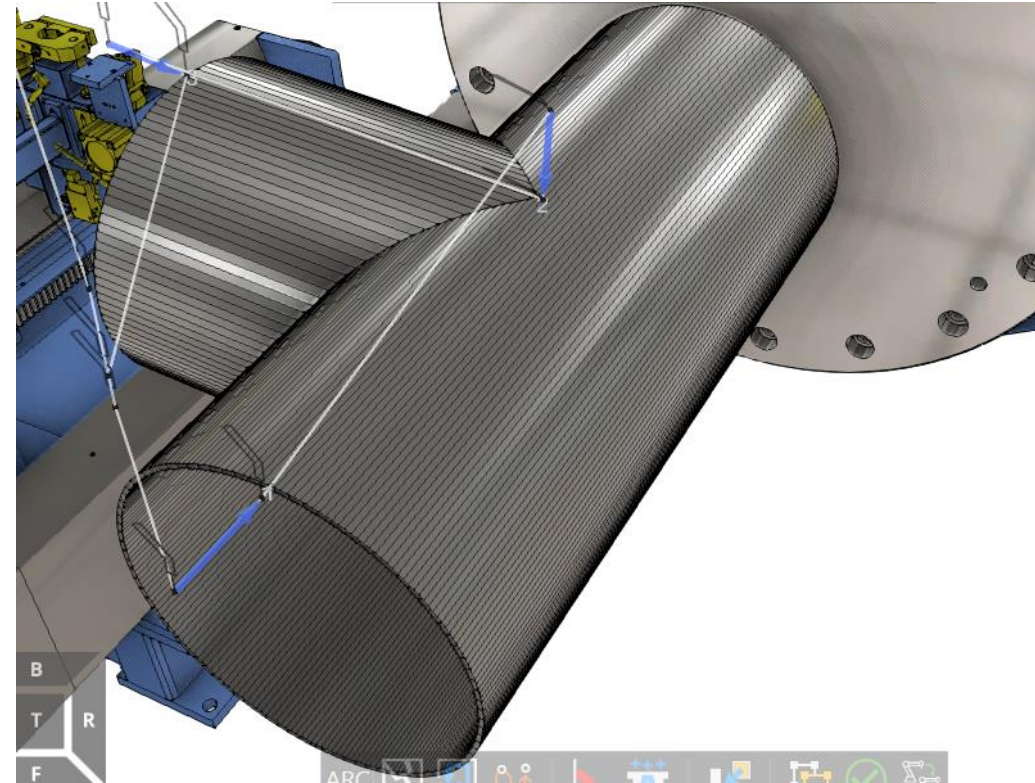


RAILONHAKU

- » Päädyttiin 3-suunnan ulkokulman hakuun molemmin puolin
 - » Haut tehtävä oikeissa asennoissaan



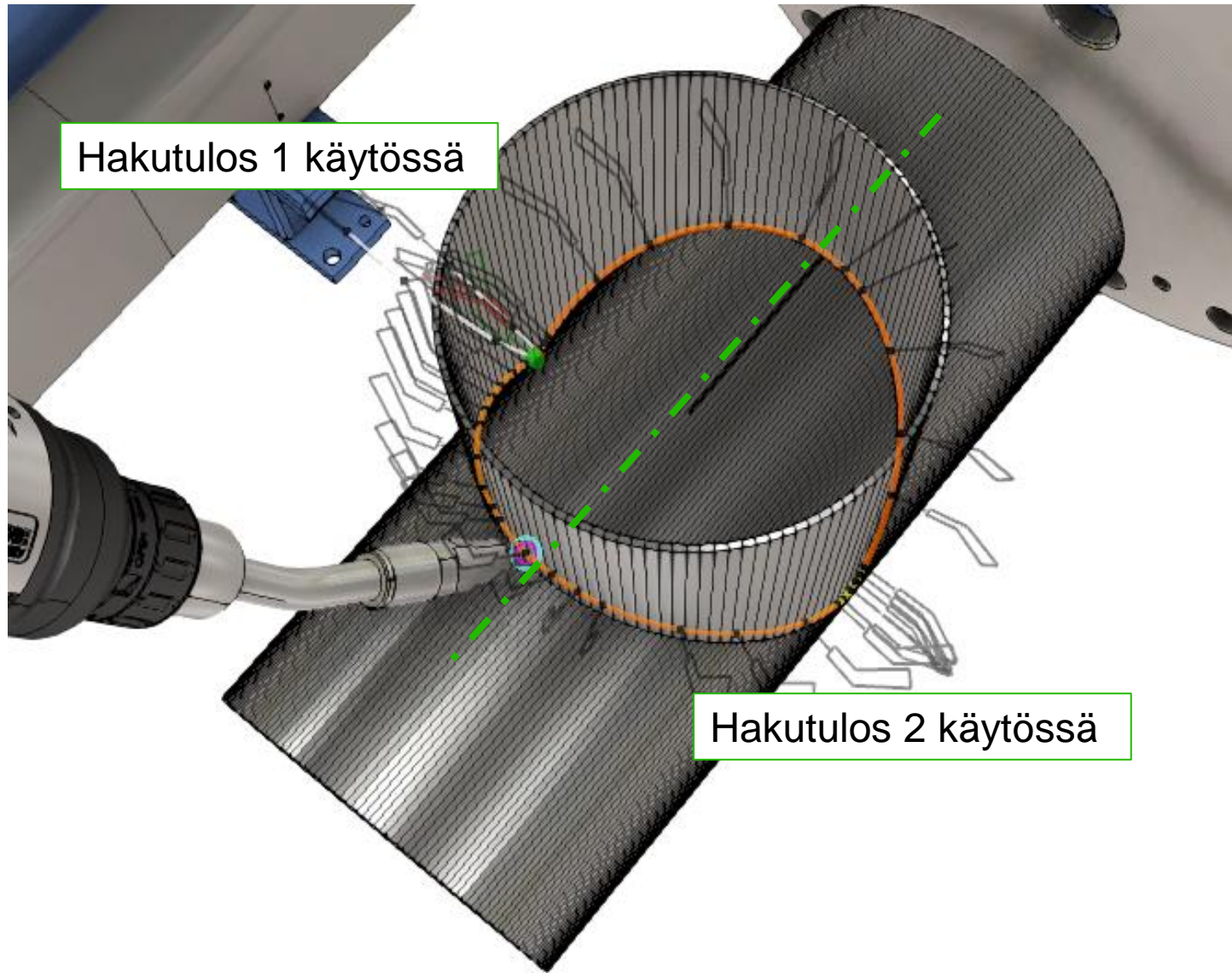
1. Puoli aloitus asennossa



2. Puoli keskipisteessä asennossa

RAILONHAKU

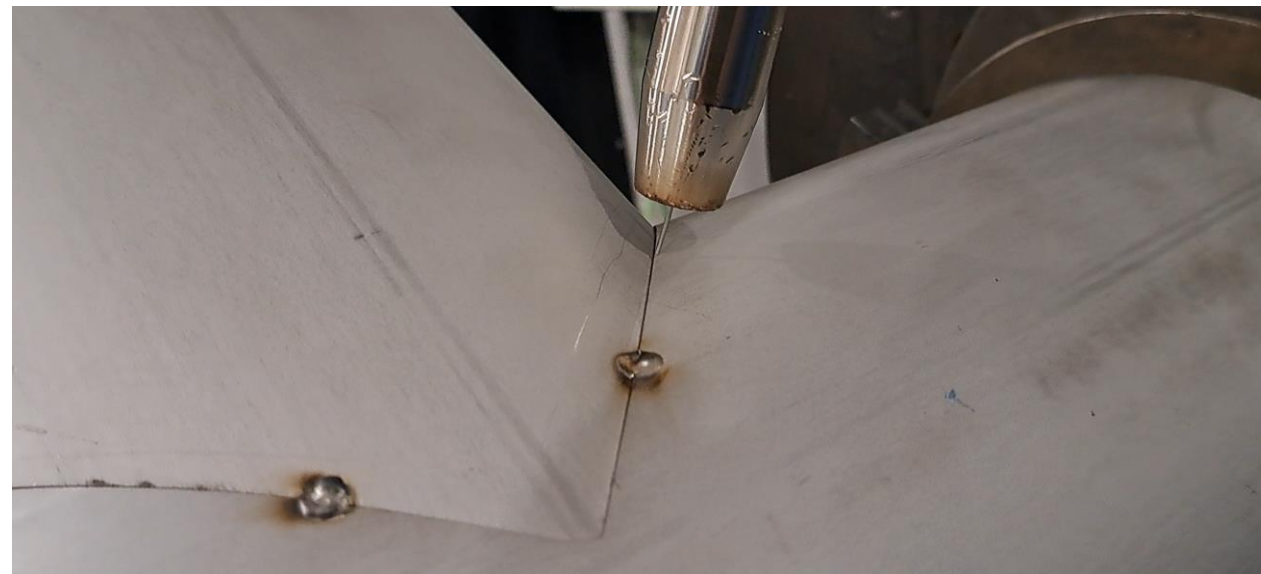
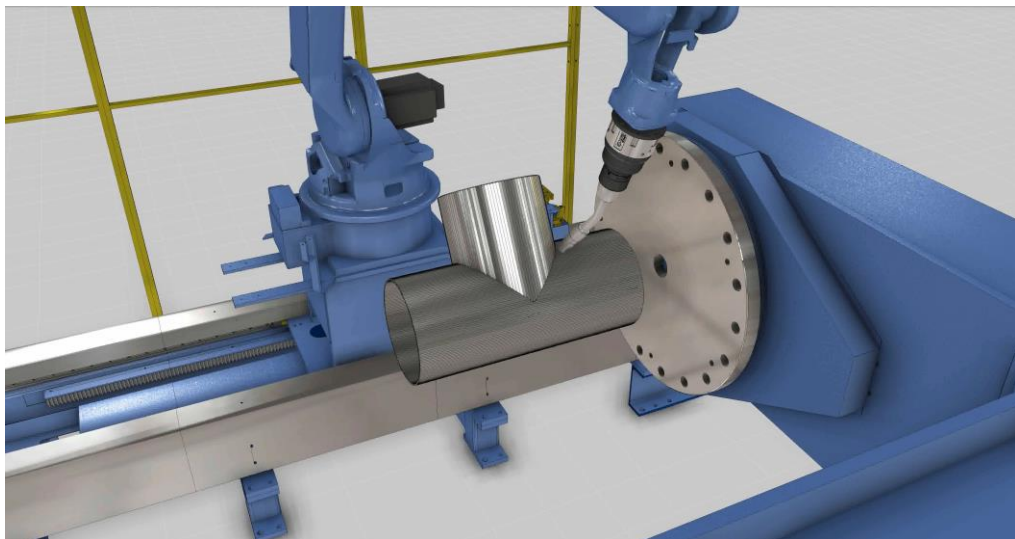
- » Päädyttiin 3-suunnan ulkokulman hakuun molemmin puolin
 - » Hakutulokset otettava käyttöön oikeissa pisteissä



Aloitus/lopetuspuoli käytti hakutulos 1 arvoja ja toinen puoli hakutulos 2 arvoja

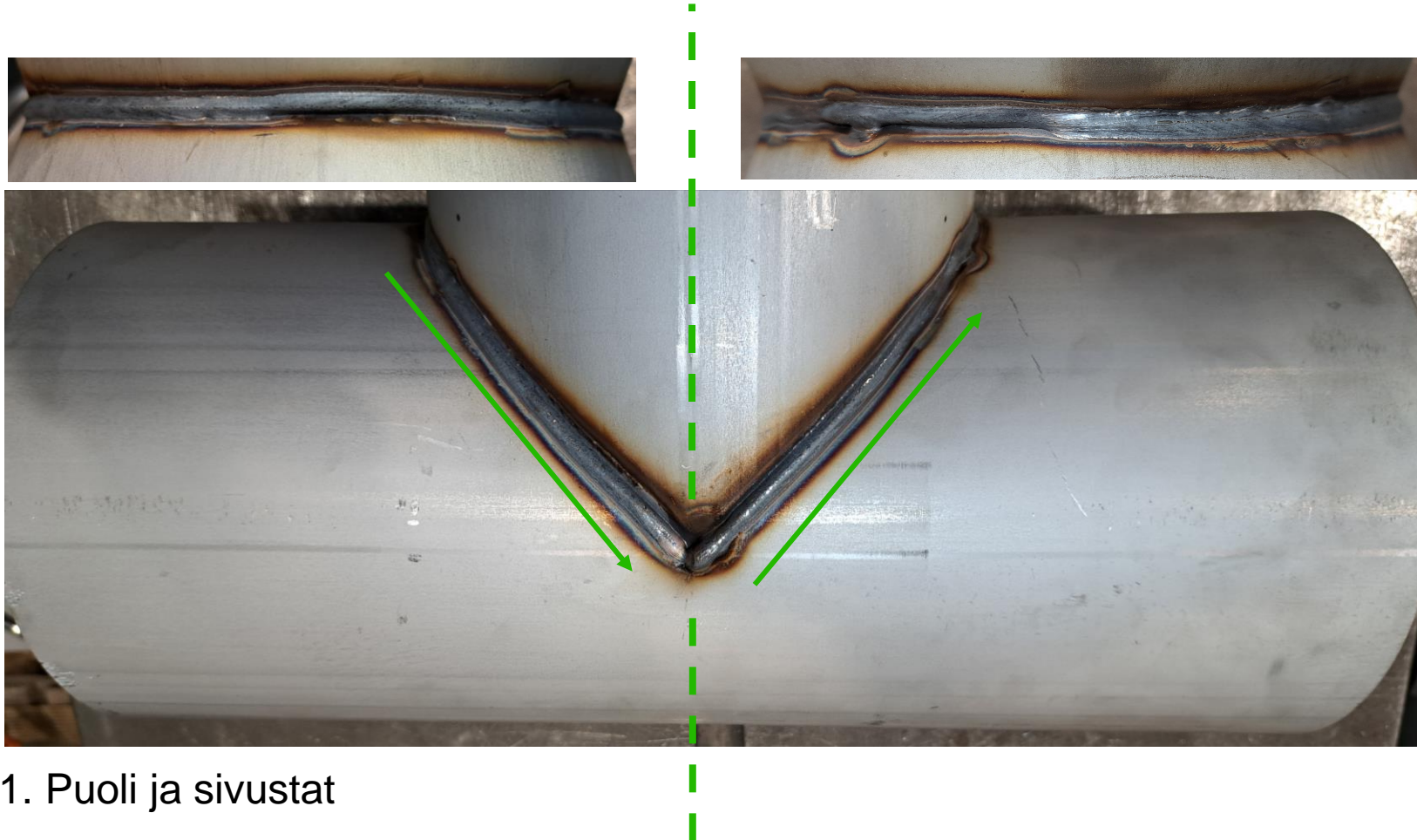
TESTAUS 2

- » Testauskierros 2
- » Hakulogiikka toimi ja rata tarkka



ROBOTIHITSAUS

- RST-materiaali ja läpihitsausvaatimus
- Kokeissa ei käytetty juurenpuolen suojakaasua ja keskityttiin robotin paikoituksen / liikeradan onnistumiseen
- Hitsaus vaatisi lisää optimointia



1. Puoli ja sivustat

ROBOTIHITSAUS

- RST-materiaali ja läpihitsausvaatimus
- Kokeissa ei käytetty juurenpuolen suojakaasua ja keskityttiin robotin paikoituksen / liikeradan onnistumiseen
- Hitsaus vaatisi lisää optimointia



2. Puoli ja sivustat

ROBOTTIHITSAUS



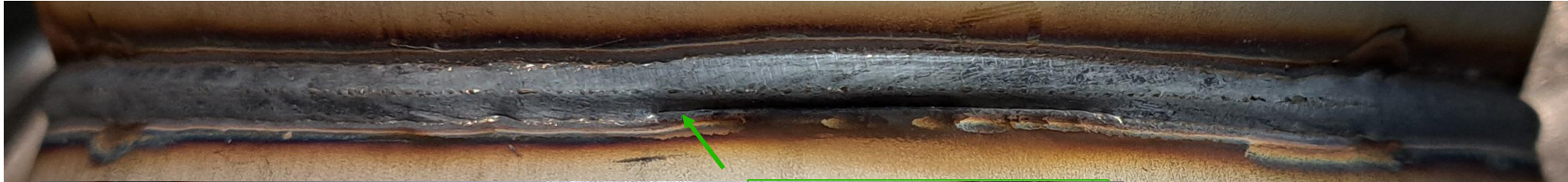
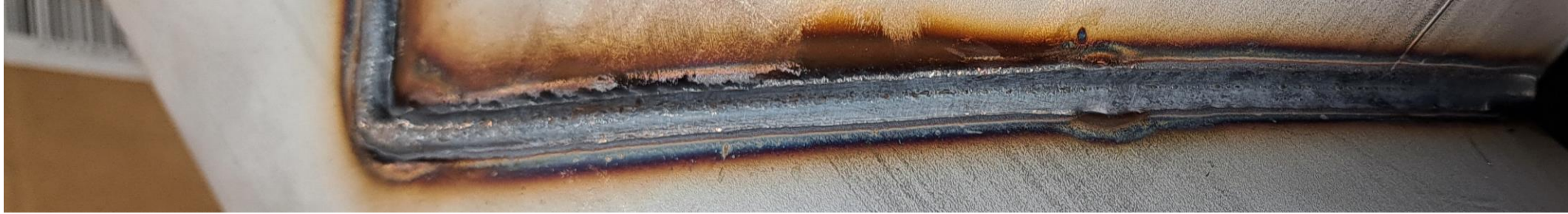
►► Pinta lähikuvia

Hakutuloksen vaihto

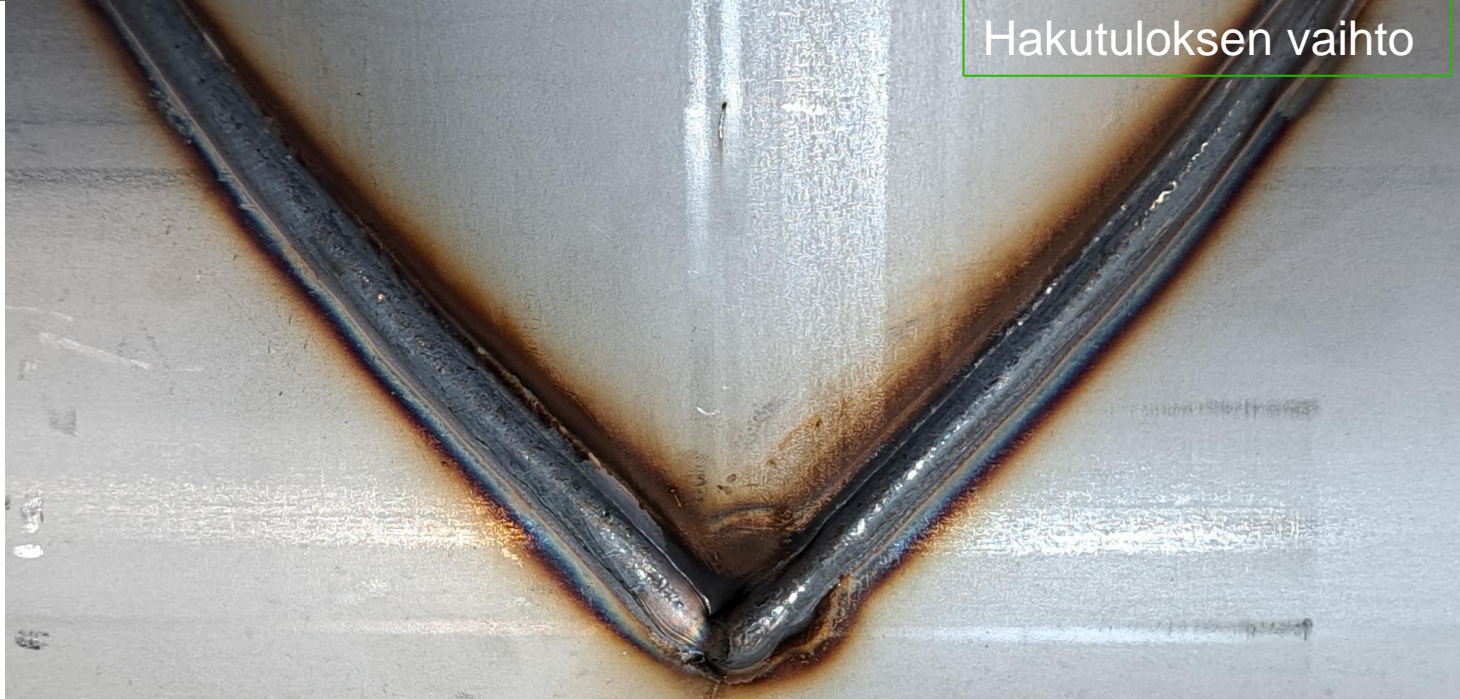


ROBOTTIHITSAUS

» Pinta lähikuvia

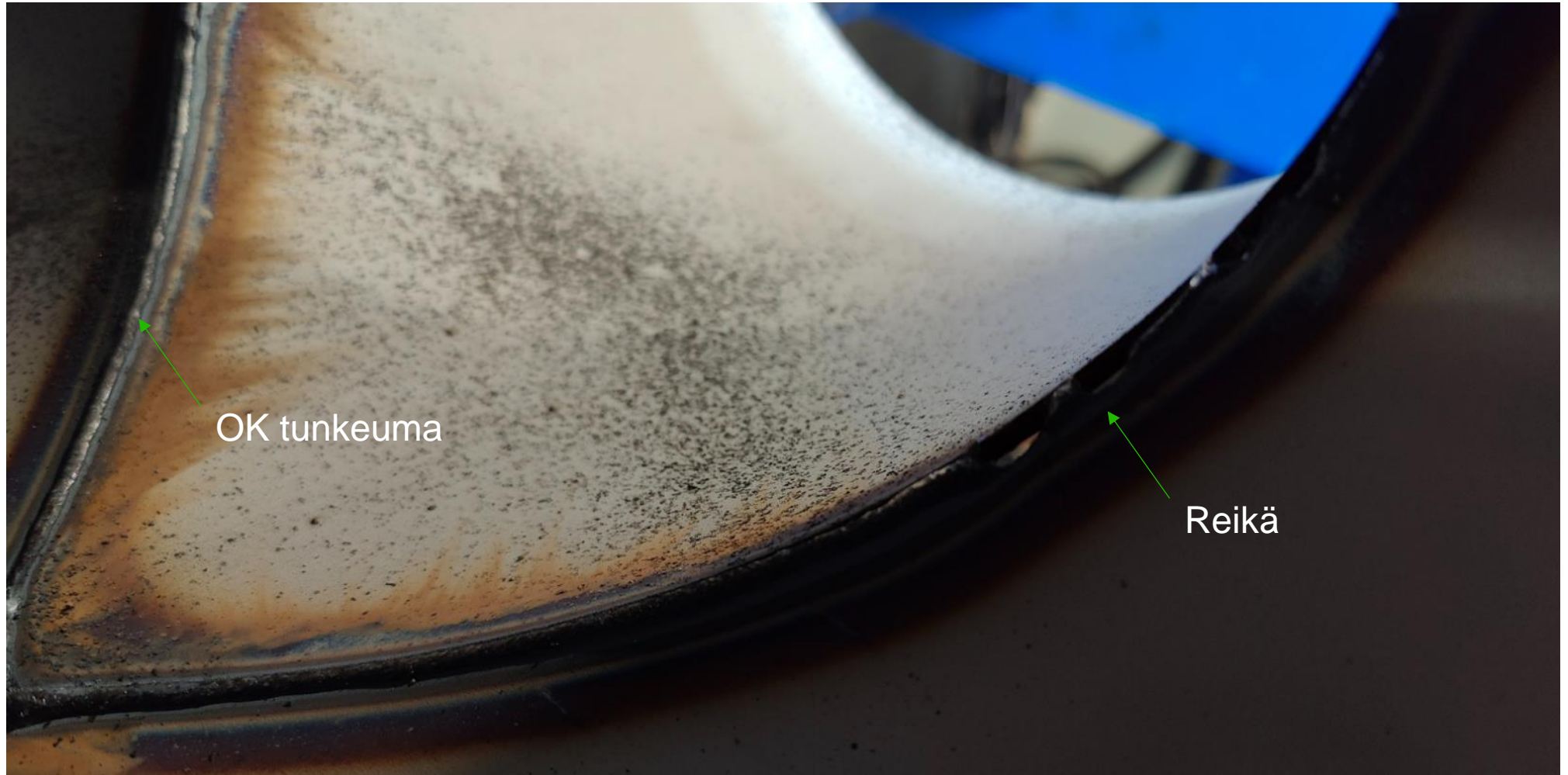


Hakutuloksen vaihto



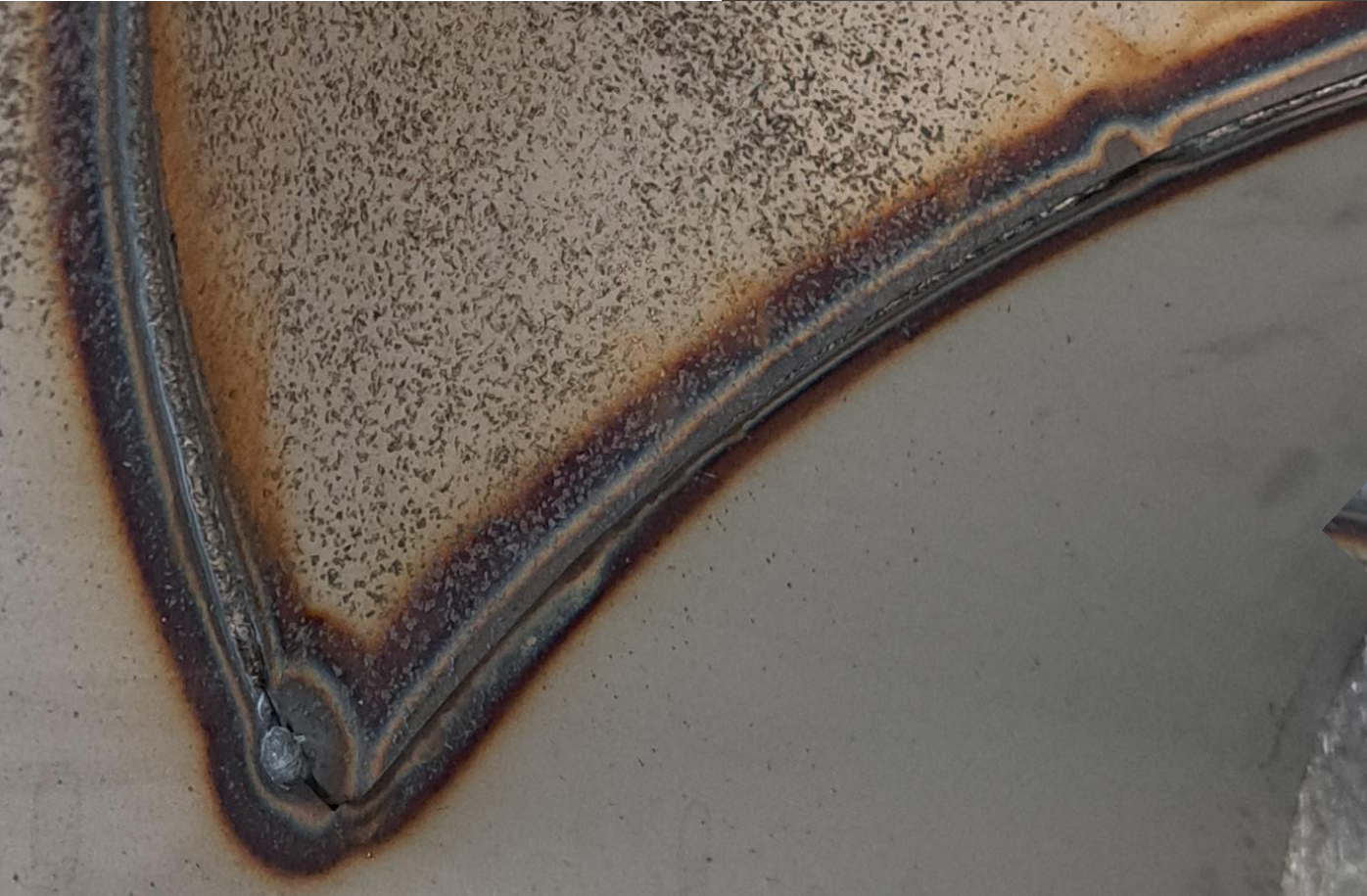
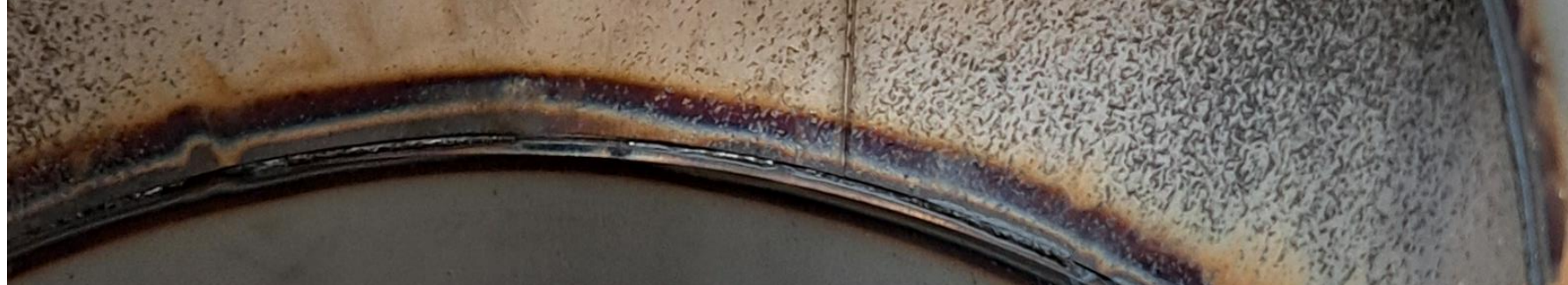
ROBOTTIHITSAUS

» Juurenpuoli lähikuvia



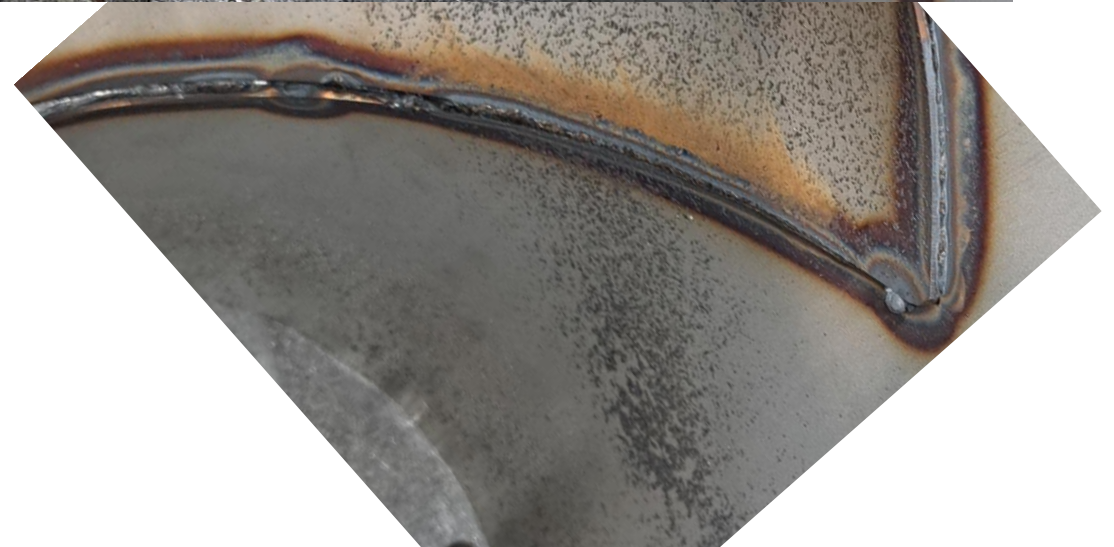
ROBOTTIHITSAUS

» Juurenpuoli



ROBOTTIHITSAUS

» Juurenpuoli



YHTEENVETO

- » Robotin hitsausliikeradan kannalta T-putkiliitoksen satulamuoto pystytään ohjelmoida ja hitsata
- » Hitsauksen kannalta vaaditaan räätälöidyt hitsausparametrit ja poltinkulmat, jotta hitsistä saadaan tasalaatuinen
- » Hitsauslaadun ja tunkeuman varmistaminen haastavaa railomuodon/liitosmuodon muuttuessa (ilman juuritukea)
 - » Vaatii tarkat ja toistuvat sovitteet sekä hitsausparametrien säädön hitsauksen aikana (ohjelmallisesti)



