

Spiraalikappaleen suorakerrostus

DED-valokaarella

Hannu Lund | TkT, IWE
Tutkijatohtori,
Hitsaustekniikka,
LUT Yliopisto

Hannu.Lund@lut.fi

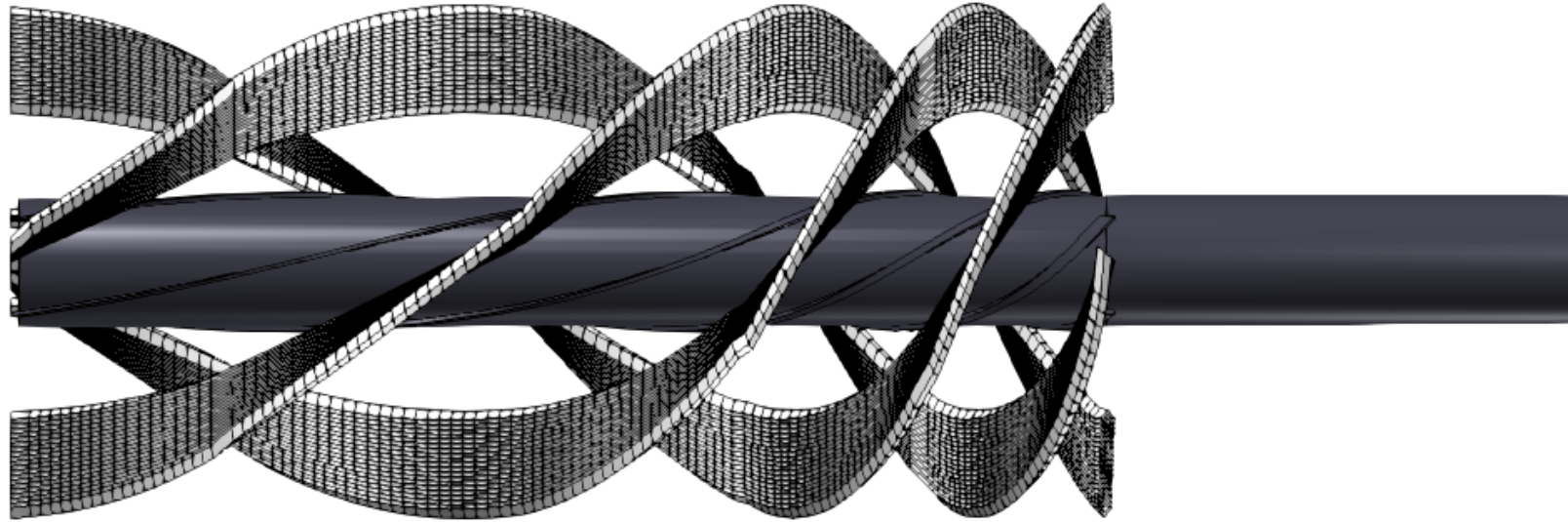


Euroopan unionin
osarahoittama



Sisältö:

- DED-valokaaren perusteet
 - Laatutekijät
 - Prosessinhallinta
 - Laitteisto
- Spiraalikappale
 - Mallinnus
 - Ohjelmointi
 - Tulostus



Laadun perusteet

Vakioi nämä!

Panos:

Esilämmitys ja työlämpötila

Polttimen kuljetus

Hitsiaineentuotto [kg/h]

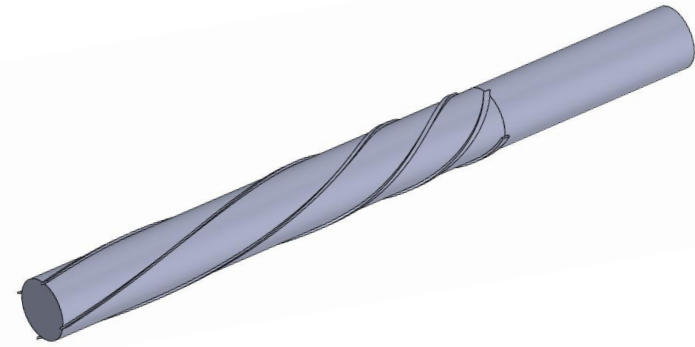
Lämmöntuonti [kJ/mm]

Tuotos:

Hitsin muoto, leveys & korkeus
[mm]

Lämpösykli ja jäähtymisajat

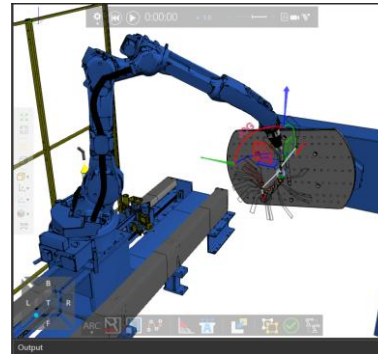
Materiaaliominaisuudet,
mekaaniset ominaisuudet &
väsymisominaisuudet



Mikä vaikutus
rakenteeseen?

Rakenne

Laadun
tuottotekijät



Valmistus



Mikä vaikutus
materiaaliin? Materiaaliominaisuudet

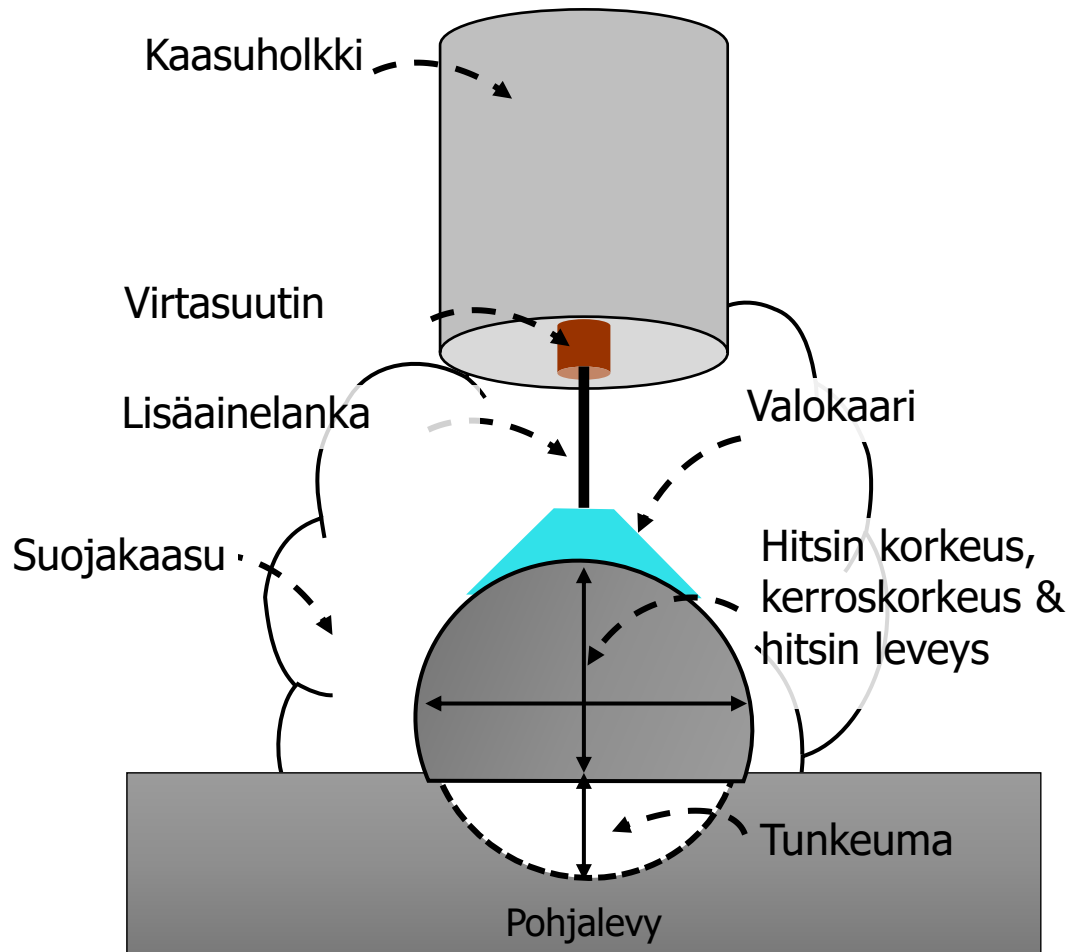


Euroopan unionin
osarahoittama



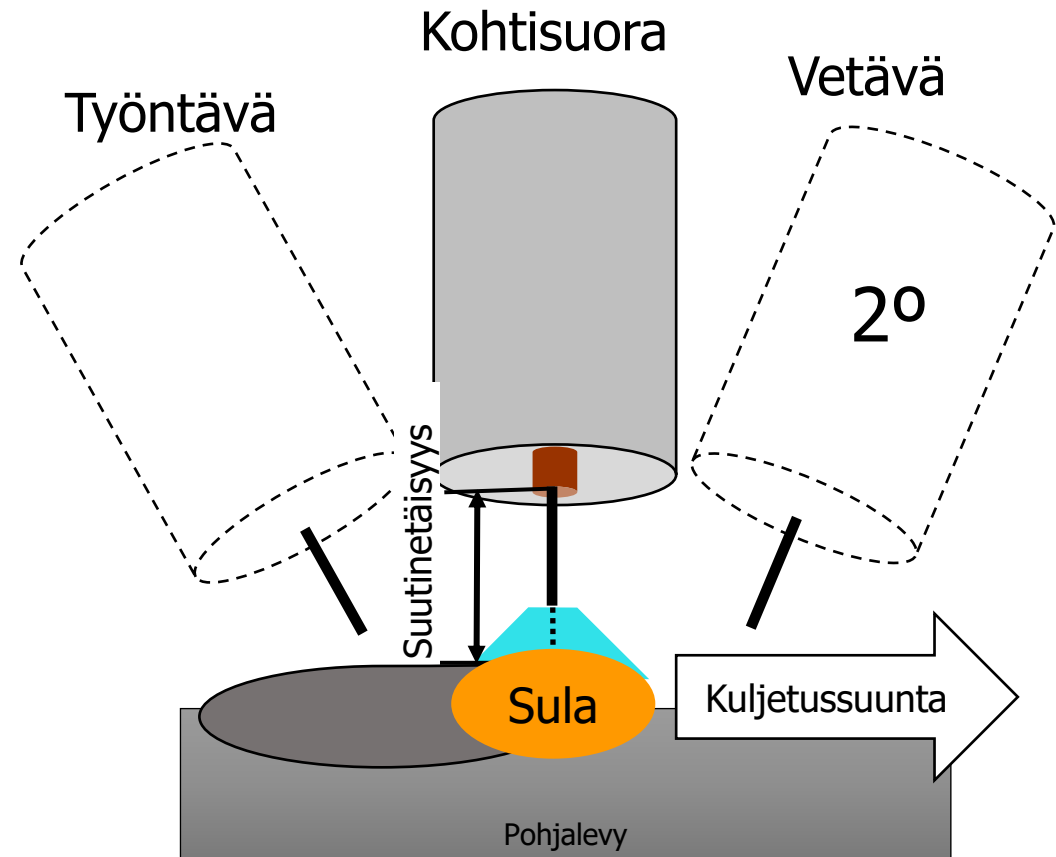
Prosessinhallinnan perusteet

Hitsausvirtalähde hoitaa: IU



Robotti hoitaa: v ja

$$f(x, y, z, rx, ry, rz)$$



Euroopan unionin
osarahoittama



Laitteistot ja ohjelmistot

Näillä pääset alkuun:

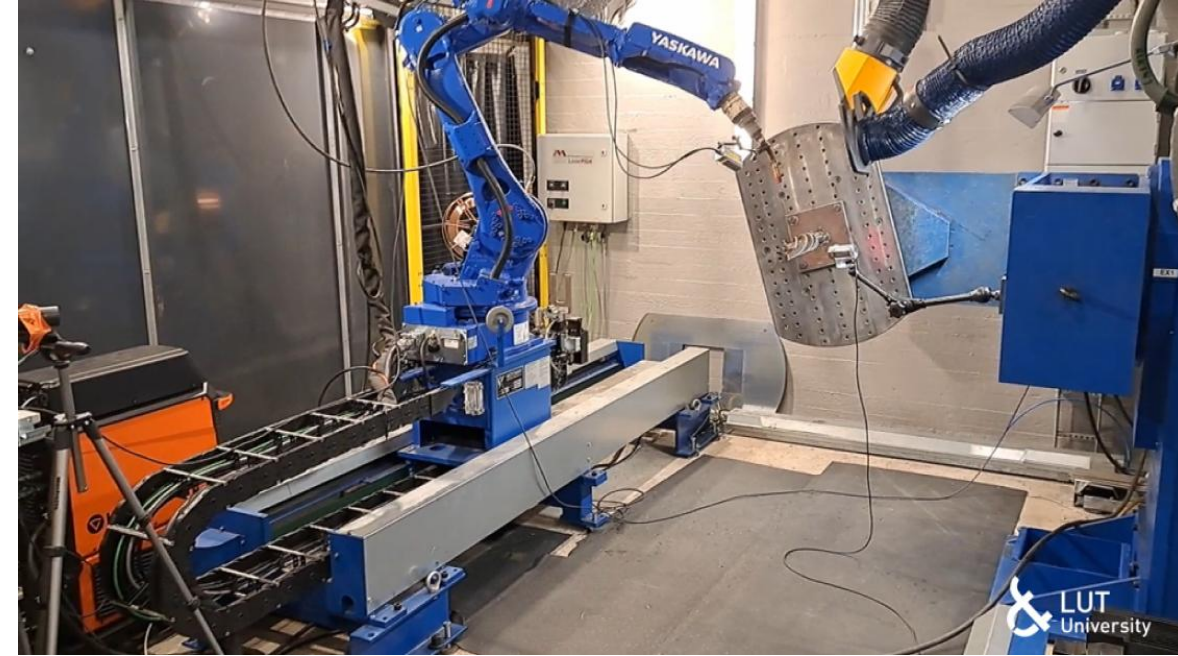
1. **Robottiasemat:** ABB & Yaskawa
2. **Hitsausvarustus ja virtalähteet:** EWM & Kemppi (MIG/MAG)
3. **Etäohjelmointiohjelmistot:** ABB RobotStudio + G-koodi Slicer & Visual Components Robotics OLP

Hyvä olla:

- **Anturit ja monitorointi:** Cavitar Hitsauskamera, webkamera, railonhakuanturointi & lämpökamera tai pyrometri
- **WAAM-menetelmäohje:** Jokaiselle muodolle ja yksityiskohdalle

Jos nyt oikein tarkkoja ollaan niin...

- **Laadunvarmistus:** Metallografiset tutkimuslaitteet, 3D-muodonmittauslaitteet, NDT ja DT testauslaitteet
- **Mallinnus & simulointi:** Simufact Welding, & muut FEM-mallinnusympäristöt



Euroopan unionin
osarahoittama



Tulosteen mallinnus

Helix/Spiral1

Defined By: Height and Revolution

Parameters

☐ Constant pitch

☒ Variable pitch

Region parameters:

	H	Rev	P	Dia
1	0mm	0	100mm	41.5mm
2	40mm	0.25	220mm	41.5mm
3	100mm	0.5	260mm	41.5mm
4	200mm	0.75	540mm	41.5mm
5	350mm	1	660mm	41.5mm
6				

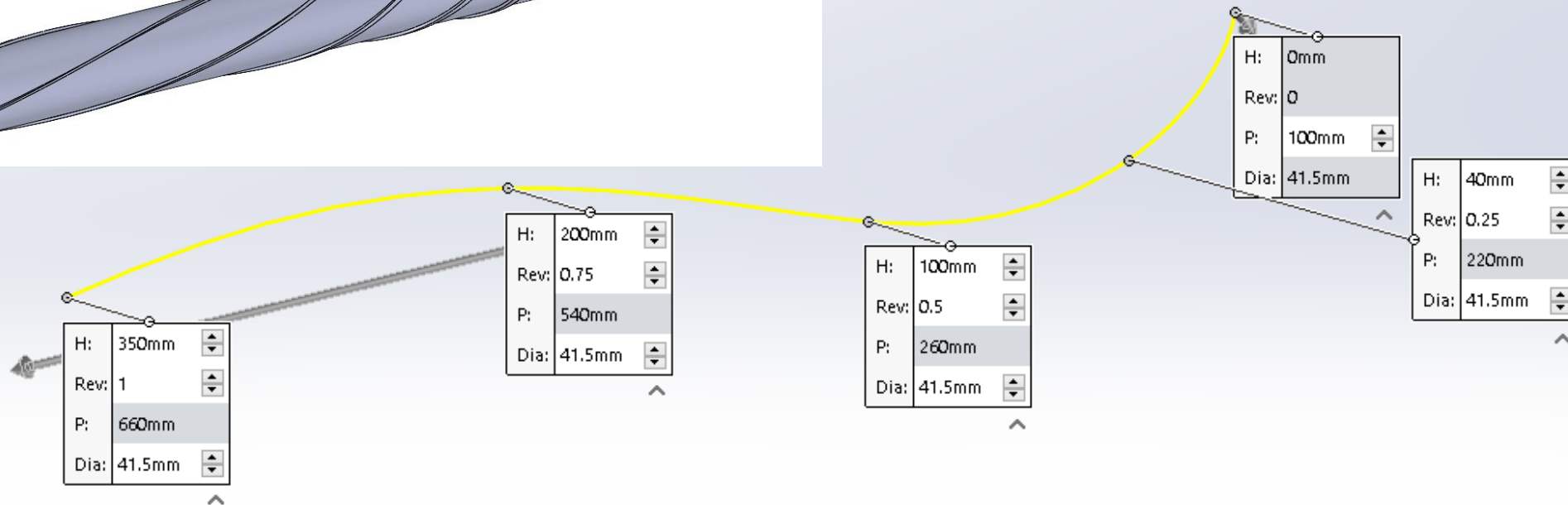
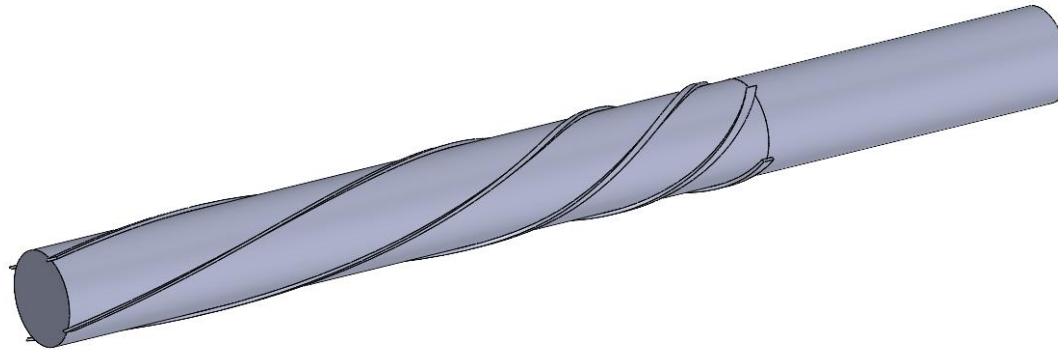
☐ Reverse direction

Start angle: 180.00deg

☒ Clockwise

☐ Counterclockwise

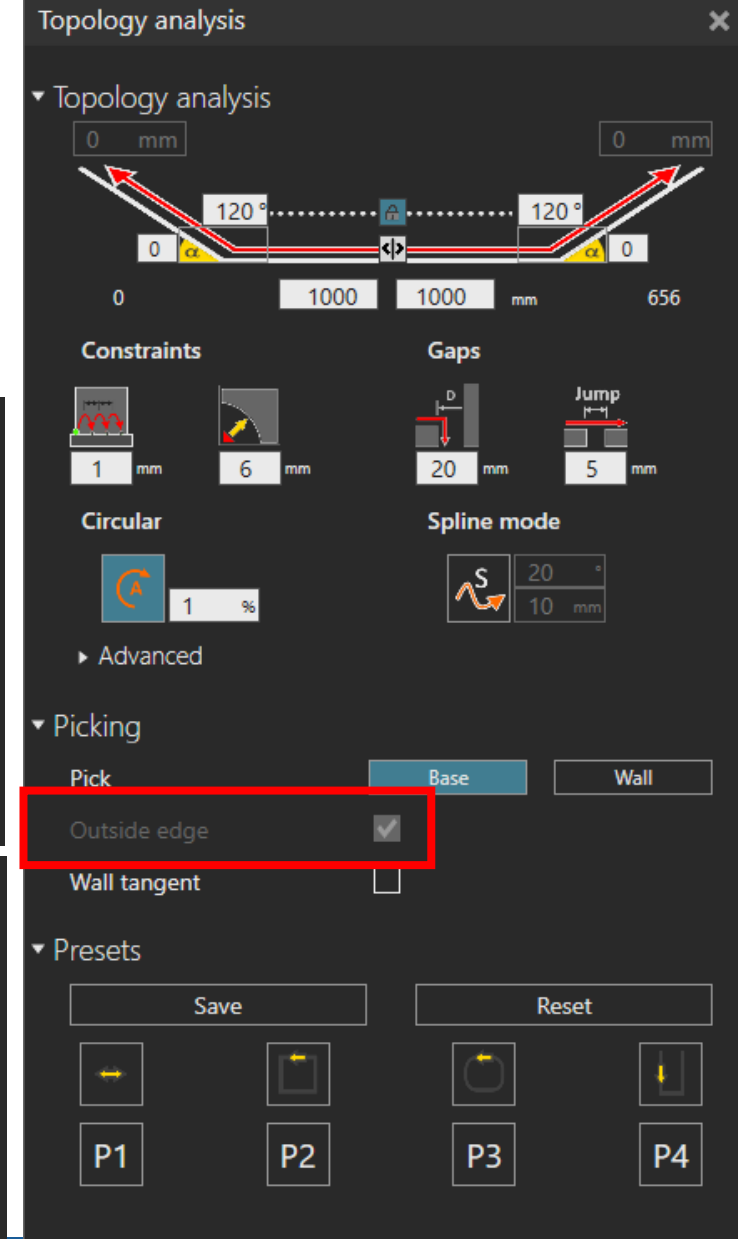
- Materiaali: Nuorrutusteräs, Ø41 mm, lisäaine S355
- Valmistusstrategia: 4 spiraalisiipeä, 90° välein, 4 nousuarvolla ja siivekkeen korkeus 50 mm



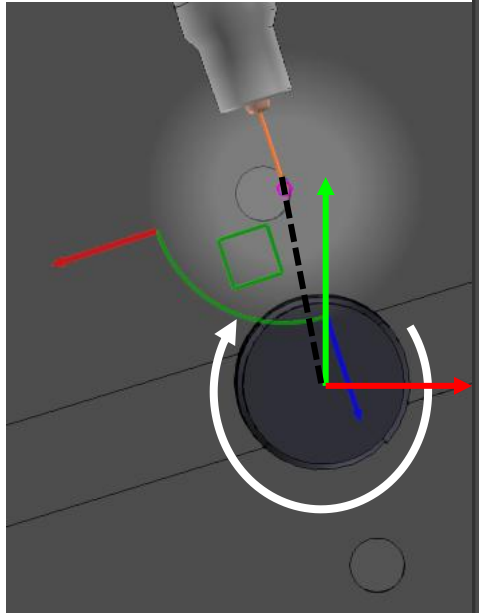
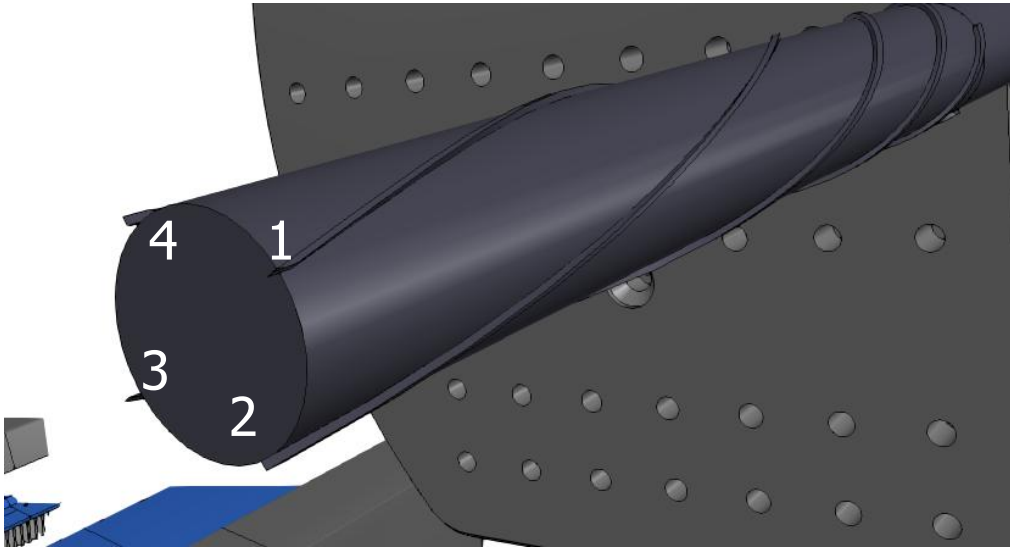
Euroopan unionin
osarahoittama



- Liikeradat CAD-mallin piirteestä:
 - Liikeradansäätö
 - Pituus, paikka
- Polttimen kohdistus:
 - Suutinetäisyys
 - Poltinkulma ja kuljetuskulma
- Tulostusasento:
 - Jalkoasento / ylämäkihitsi



Ohjelmointistrategia



Multipass

a = 3 mm
 $\alpha = 87.2^\circ$
PA

Pass	Layer	Base offset	Wall offset	Bisector offset	Wire offset	Wire angle
1	1	0 mm	0 mm	0 mm	-8 mm	0°
2	1	0 mm	36.5 mm	0 mm	0 mm	0°
3	1	0 mm	38 mm	0 mm	0 mm	0°
4	1	0 mm	39.5 mm	0 mm	0 mm	0°

1. Juuri piirteiden (root feature) mukaan liikeradat, 4 kpl
2. Sulan hallinta ulkoisen akselin pyörityksellä
3. Kerroskorkeus, monipalkomenetelmällä

Käsin syötetty,
Robotti tulostaa ja ohjelmoija
näpyttelee seuraavat 20
kerrosta

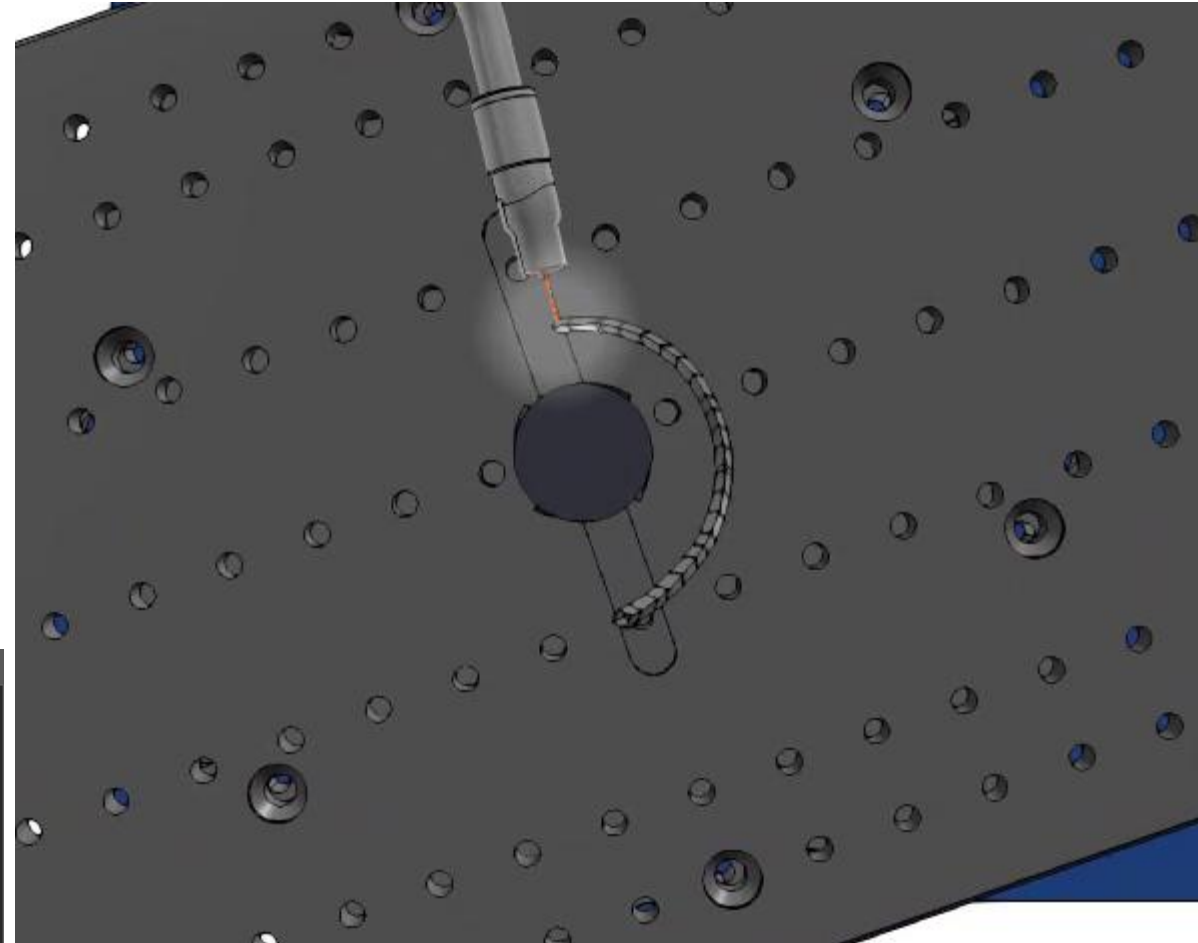


Euroopan unionin
osarahoittama



Sulan hallinta

- Hitsataan ylämäkeen, jotta sula jäähmettyy akselin "huipulla"
- Sula valahtaa ja pinnasta tulee epätasainen
- Ulkoisen akselin arvoon lisätty tarvittava astemäärä



Point control											
Point	Kind	Motion	Config	Search	Turn J4	Turn J6	Aux 1	Aux 2	Aux 3	Speed	WPS
P1	Via	Joint	FRONT, UP, NOFLIP		0	0	750 mm	90 °	40.57+10	10 %	
P2	Approach	Linear	FRONT, UP, NOFLIP		0	0	750 mm	90 °	40.57	250 mm/s	
P3	Near	Linear	FRONT, UP, NOFLIP		0	0	750 mm	90 °	40.57	50 mm/s	
P4	Start	Linear	FRONT, UP, NOFLIP		0	0	750 mm	90 °	40.57	10 mm/s	
P5	Process	Linear	FRONT, UP, NOFLIP		0	0	750 mm	90 °	48.96	8 mm/s	
P6	Process	Circ 1	FRONT, UP, NOFLIP		0	0	750 mm	90 °	116.34	8 mm/s	
P7	Process	Circ 2	FRONT, UP, NOFLIP		0	0	750 mm	90 °	165.16	8 mm/s	



Euroopan unionin
osarahoittama



Prosessiparametrit

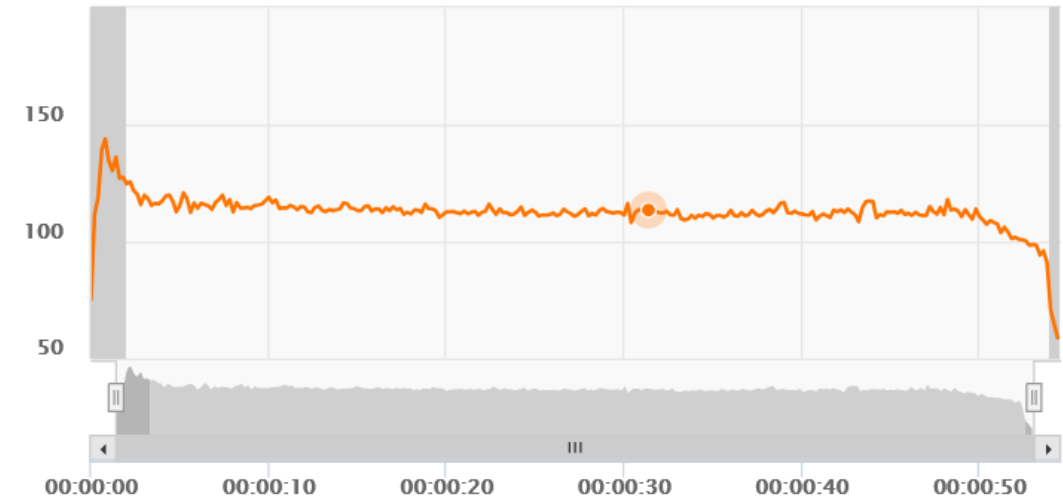
- Ohjelmat: Pulssi ja Max Cool
- Hitsausnopeus: 8 mm/s
- Langansyöttö: 5 - 5,5 m/min
- Lämmöntuonti: 0,2 kJ/mm

Welding parameters

Current

average 113 A / min. 2 A / max. 195 A

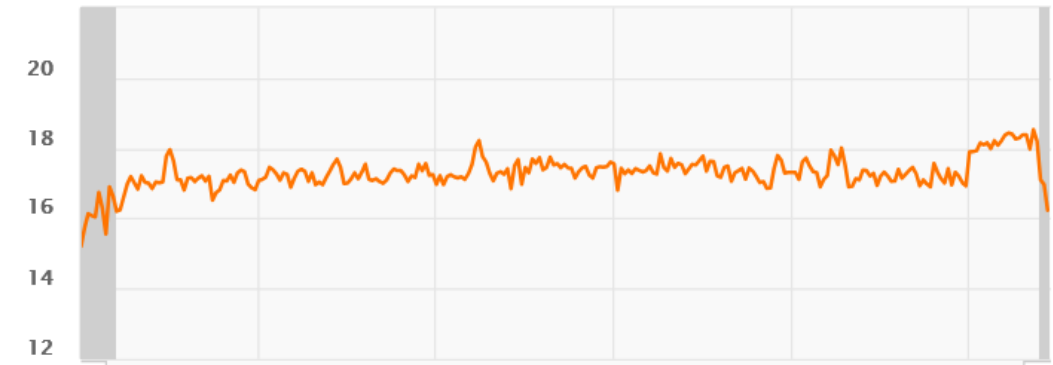
average 113 A / min. 95 A / max. 149 A (start and stop filtered)



Voltage

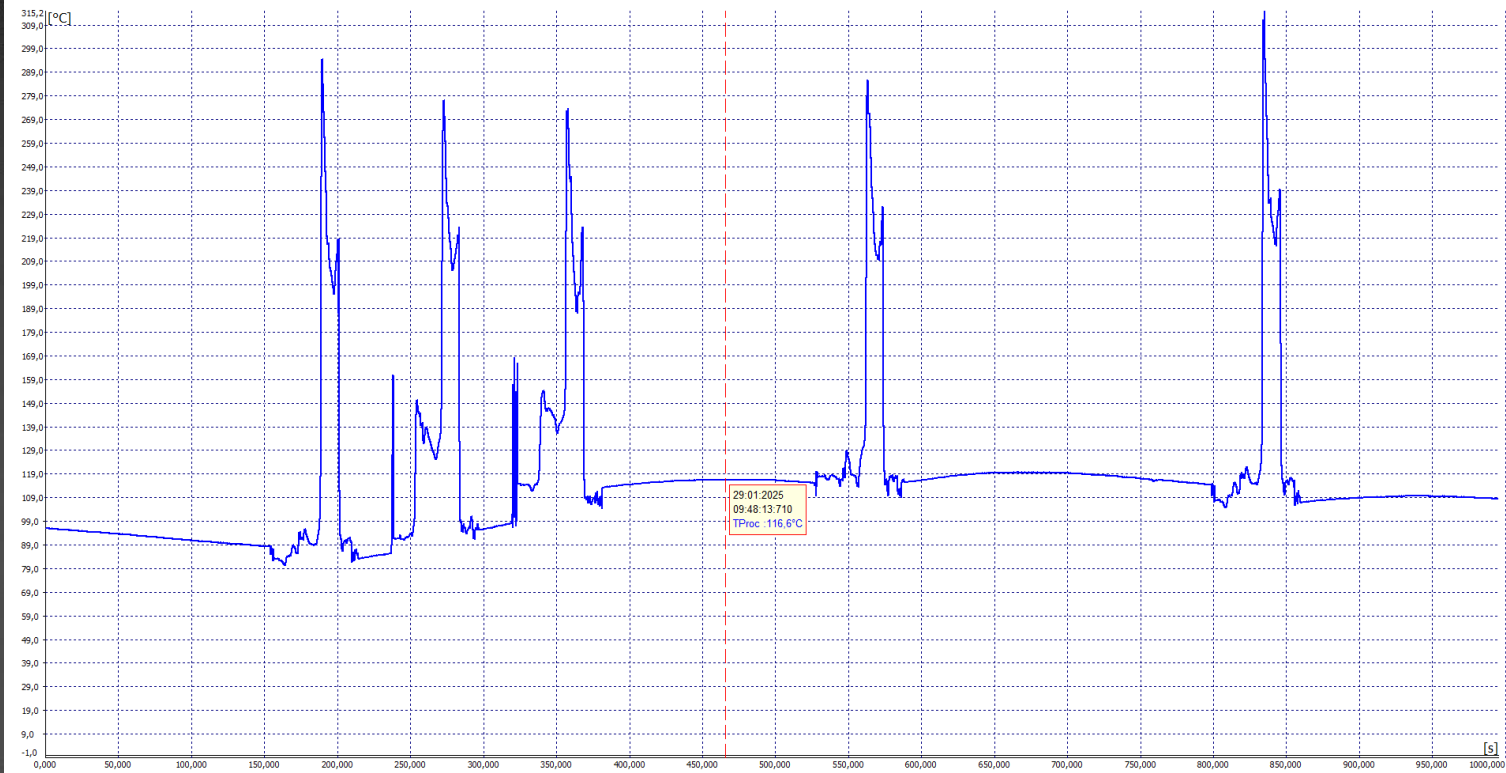
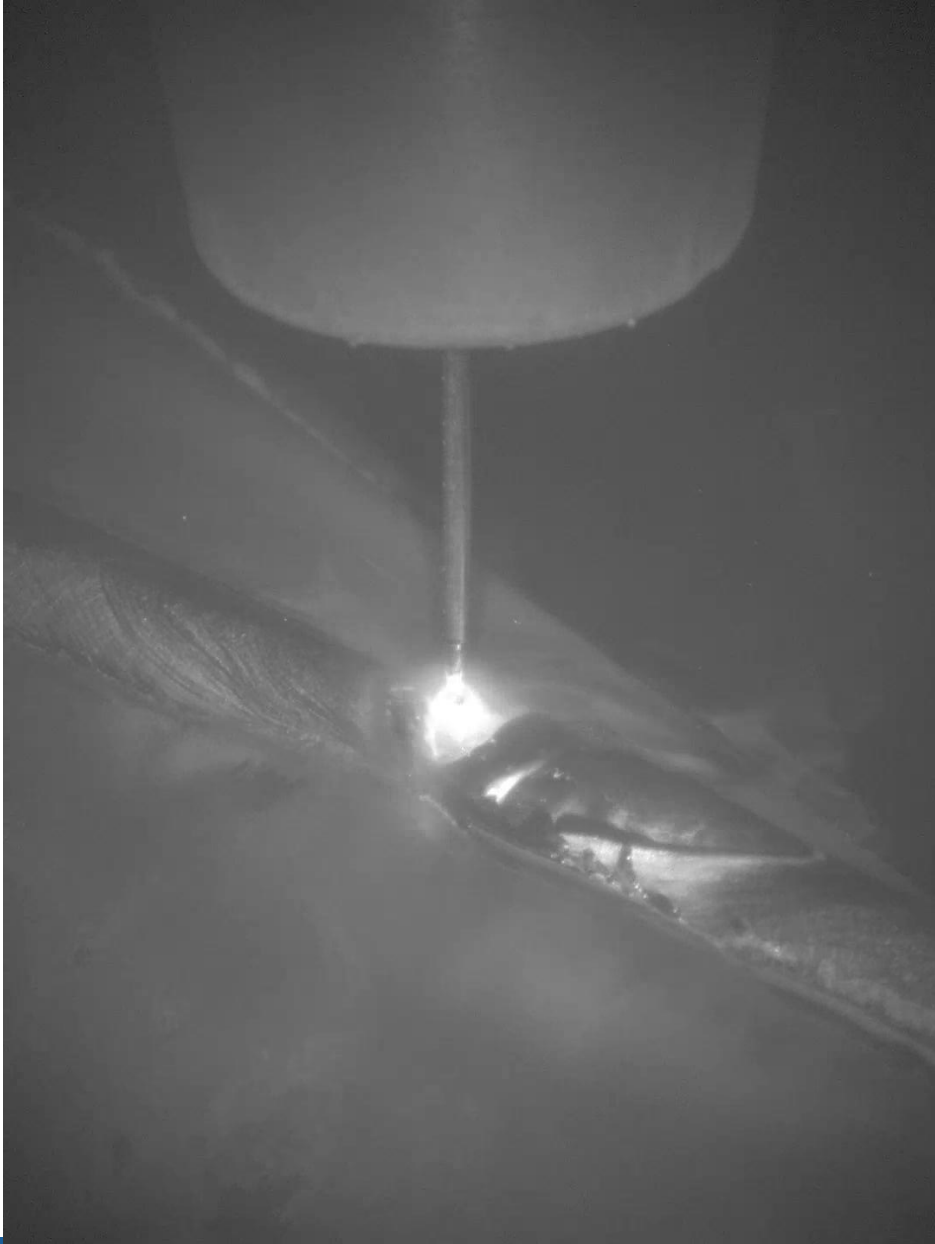
average 17.3 V / min. 0.1 V / max. 21.2 V

average 17.3 V / min. 14.6 V / max. 19.2 V (start and stop filtered)



Euroopan unionin
osarahoittama





Välikerroslämpötila n. 100 °C

- Akselin lämmönpoisjohtuminen hidasta

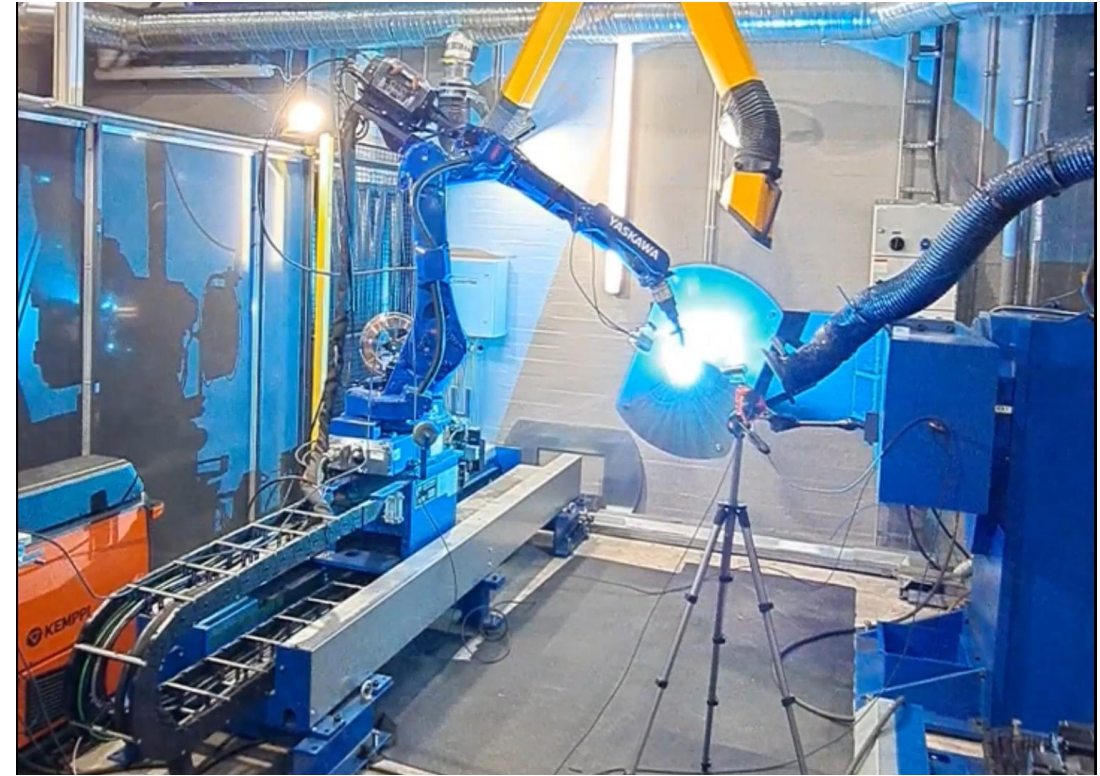
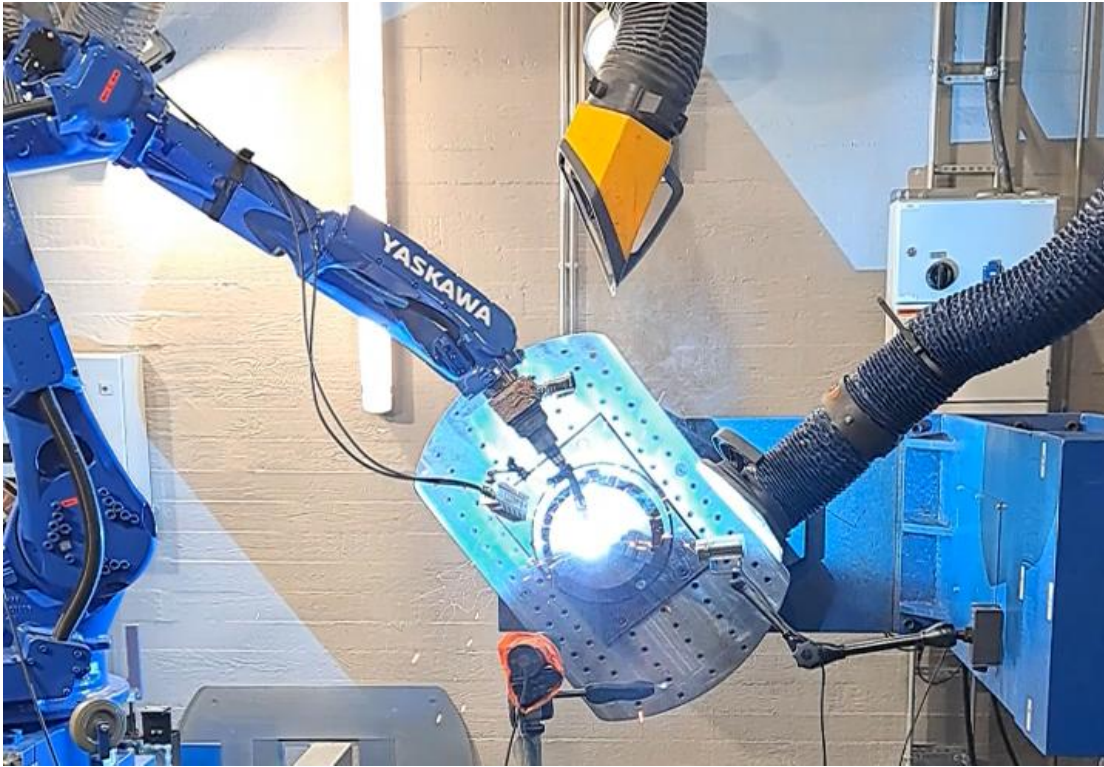


Euroopan unionin
osarahoittama



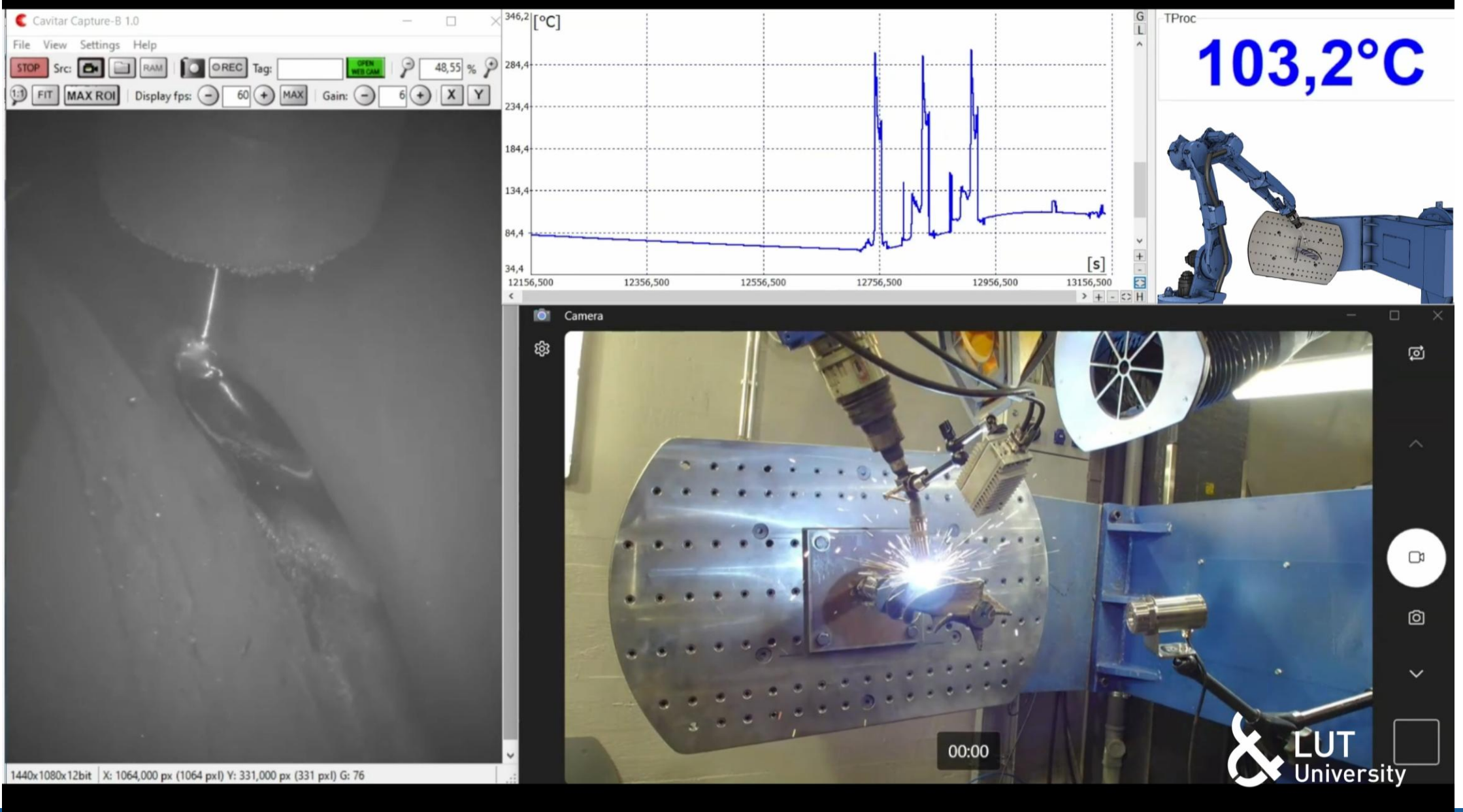
Asetustoimet

- Alkuperäinen ajatus kiinnittää akseli pakkaan, mutta prosessi epävakaa
 - Maadoitusreitti?
- Lopulta akseli hitsattiin pohjalevyyn



Euroopan unionin
osarahoittama





Euroopan unionin
osarahoittama



Lopputulos

- Tulostuksen aikana maadoitusongelmaa
 - Magneettista puhallusta
 - Huokosia
- Koetulokset epäluotettavia ja huonolaatuisia
- Tulostusperiaate osoitettu toimivaksi



Euroopan unionin
osarahoittama

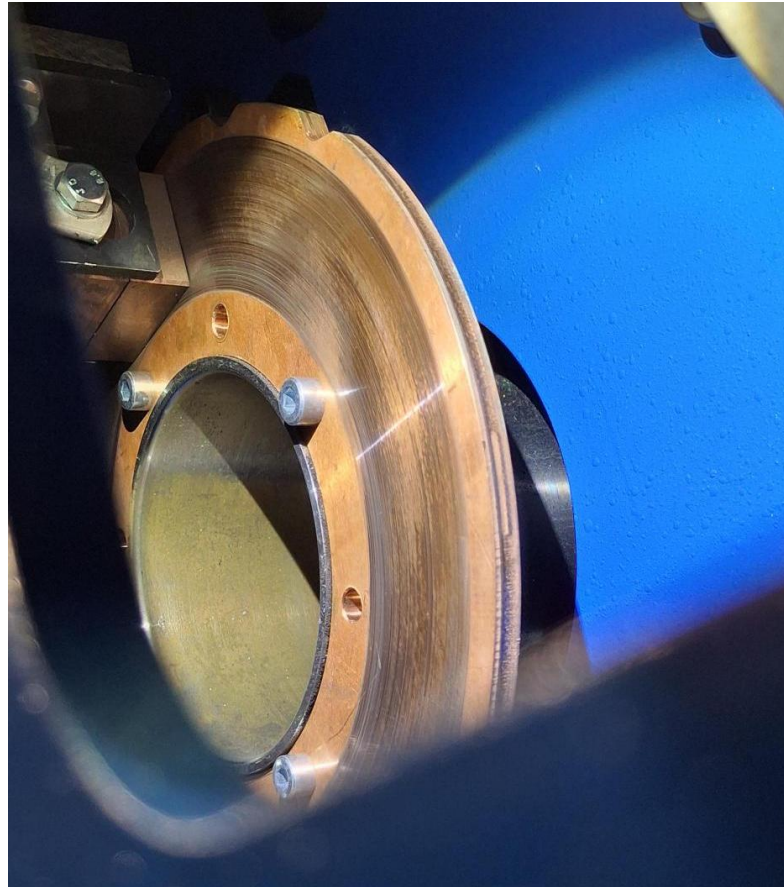




Euroopan unionin
osarahoittama



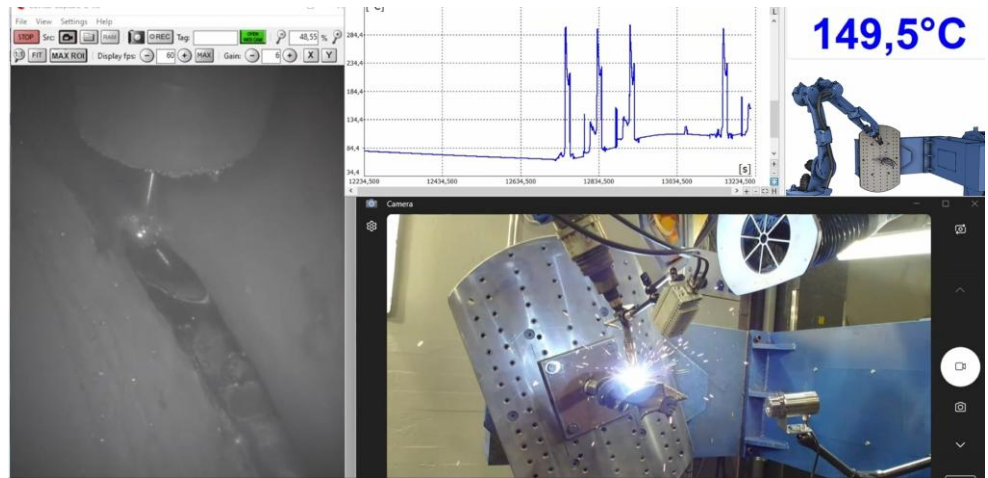
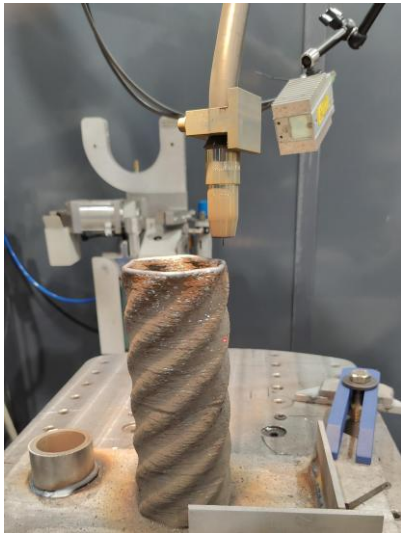
- Epäilty syy maadoitusongelmiin
- Kulunut kontaktilevy



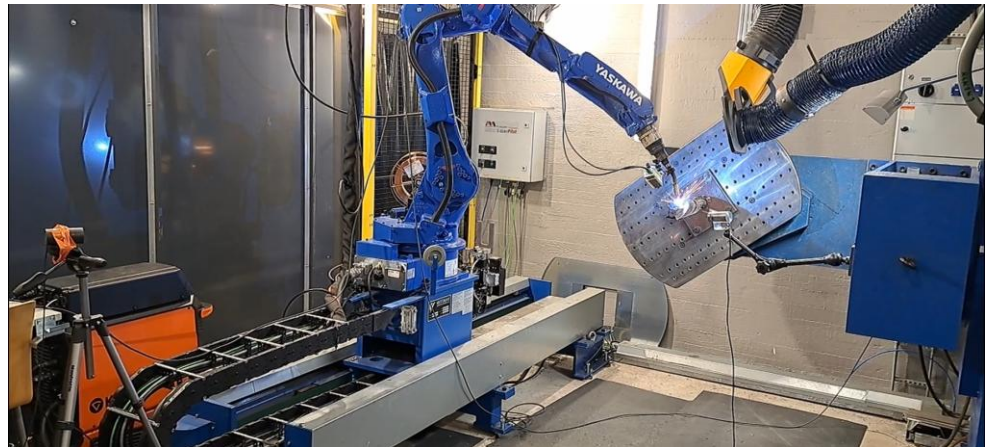
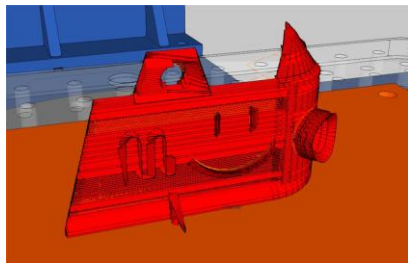
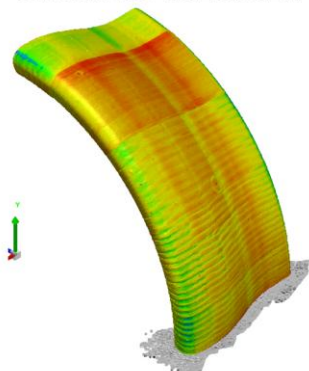
Euroopan unionin
osarahoittama



Kiitos



SKANNAUS TULOKSET: 90° CAD-MALLIN VERTAILU



Euroopan unionin
osarahoittama

