

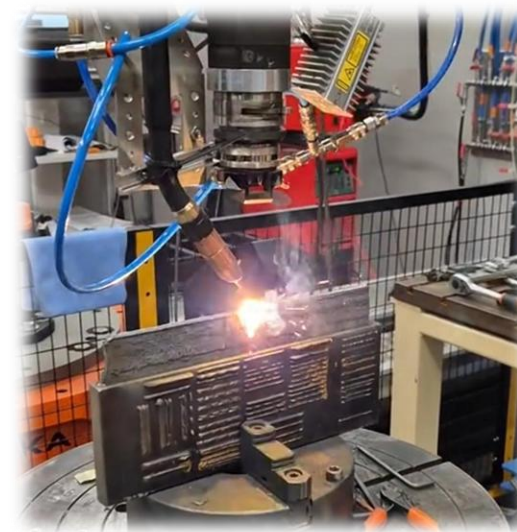
TULEVAISUUDEN TUOTANTOTEKNOLOGIAT (FMT) -PÄIVÄT 2025: SUUNNITTELUSTA VALMISTUKSEEN

1100M SUURLUJUUS TERÄKSEN SUORAKERROSTUS L-DED-WIRE MENETELMÄLLÄ

Vesa Tepponen

Nuorempi tutkija

LUT Laser processing & Additive manufacturing



Tulevaisuuden tuotantoteknologiat (FMT) -päivät 2025: Suunnittelusta valmistukseen

SISÄLTÖ

1. L-DED (Laser suorakerrostus): Menetelmä & teknologiat
2. LUT Laser & AM: Laitteisto ja materiaalit
3. Megafil 1100M-teräksen suorakerrostus
4. Tulevaisuuden kehityskohteet

Tulevaisuuden tuotantoteknologiat (FMT) -päivät 2025: Suunnittelusta valmistukseen

LASER SUORAKERROSTUS (L-DED)

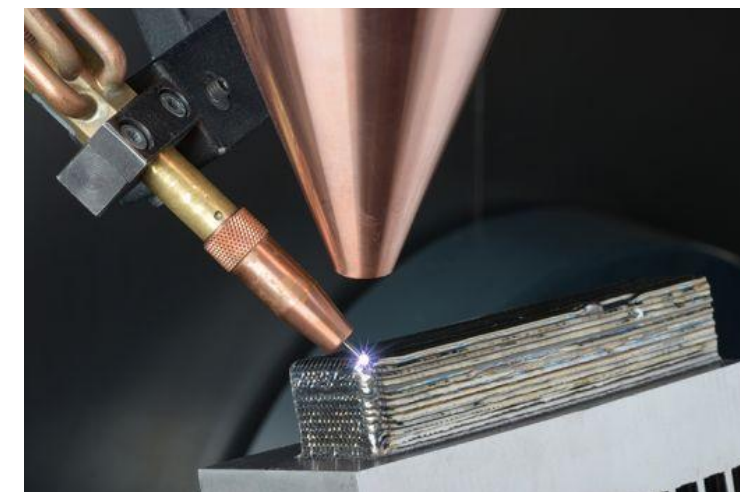
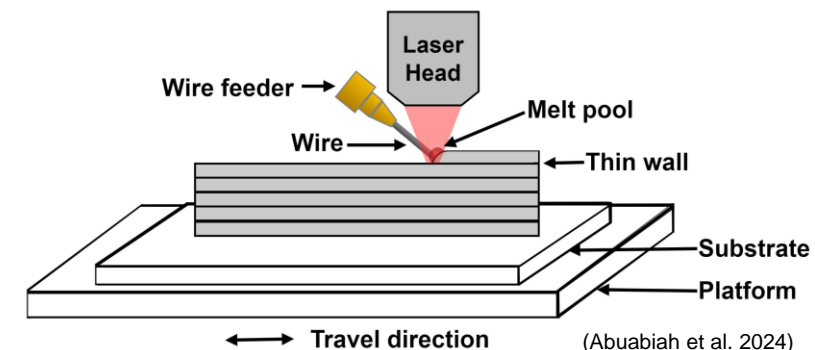
Laser suorakerrostus: Lasersäteen kohdistetun lämpöenergian ja samanaikaisen materiaalin syötön avulla sulatetaan materiaalia kerros kerrokselta

Ominaisuuksia

- » "Near net shape": Tulosteet lähellä lopullisia dimensioita
- » Mahdollisuus tuottaa suuria tulosteita
- » Applikaatiot: Uusien kappaleiden valmistus, uusien toiminnallisten ominaisuuksien lisäys kappaleisiin, kappaleiden korjaus
- » Minimaalinen materiaali hukka: Langalla melkein 100% käyttöaste
- » Lanka: Edullinen, turvallinen, helppo käsitellä ja varastoida
- » Materiaalikirjo on laaja: Mahdollisuus yhdistellä eri materiaaleja

Yleistä vertailua

- » Korkeampi tuloste tarkkuus/resoluutio kuin WAAM
- » Tarvittaessa voidaan käyttää pientä ja tarkkaa lämmöntuontia
- » Yleisesti pienempi tuottavuus kuin WAAM
- » Tyypillisesti kalliimpi ja monimutkaisempi laitteisto kuin WAAM



(Fraunhofer IPT)

Tulevaisuuden tuotantoteknologiat (FMT) -päivät 2025: Suunnittelusta valmistukseen

L-DED MENETELMÄT

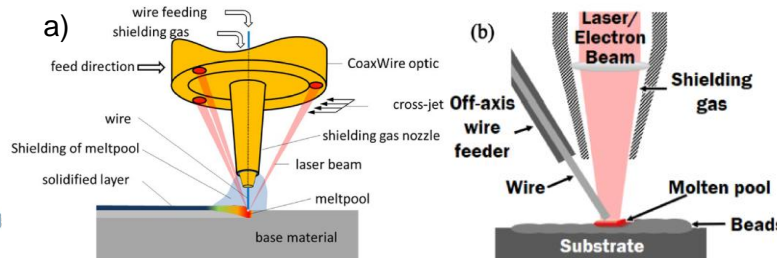
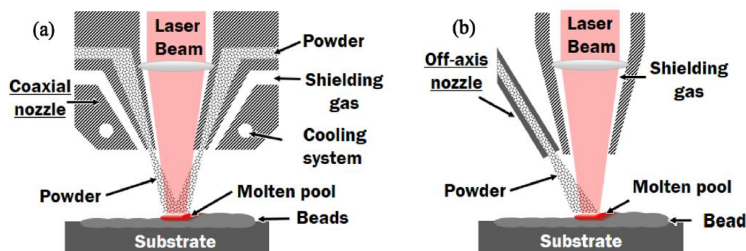
Laser + Jauhe (L-DED-powder)



Laser + Lanka (L-DED-wire)



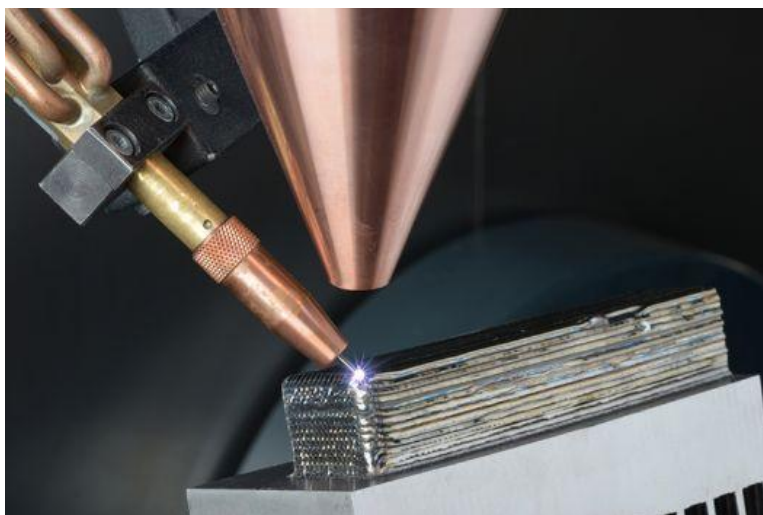
- Menetelmä pohjautuu vahvasti laser pinnoitukseen
- Materiaali jauhe tai lanka muodossa
 - Materiaalin sivusyöttö rajoittaa prosessipään kuljetussuuntia: Usein oltava vakio koko liikkeen ajan yhtenäisen tulostusjäljen takaamiseksi
 - Hankaloittaa monimutkaisia työstöratoja
 - Koaksiaalityöstöpäät kehitetty ongelmaan: Riippumattomia tulostussuunnasta



➤ Materiaalin syöttö: a) Koaksiaalinen säteen kanssa, b) sivusyöttö

Tulevaisuuden tuotantoteknologiat (FMT) -päivät 2025: Suunnittelusta valmistukseen

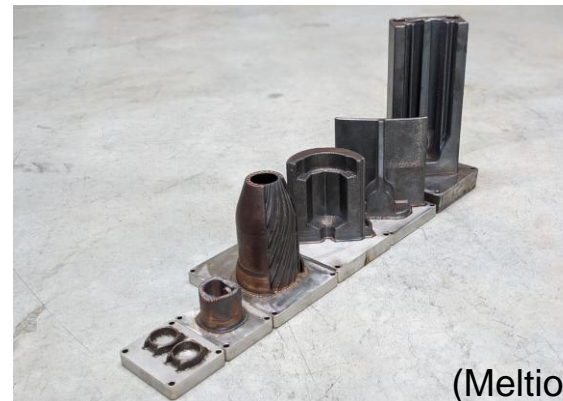
EDELLÄKÄVIJÖITÄ MAAILMALTA



(Fraunhofer)



(Additec)



(Meltio)

Tulevaisuuden tuotantoteknologiat (FMT) -päivät 2025: Suunnittelusta valmistukseen

LUT LASER & AM: LAITTEISTO JA MATERIAALIT

» L-DED-wire laitteisto:

KUKA KR30 R2100 robotti

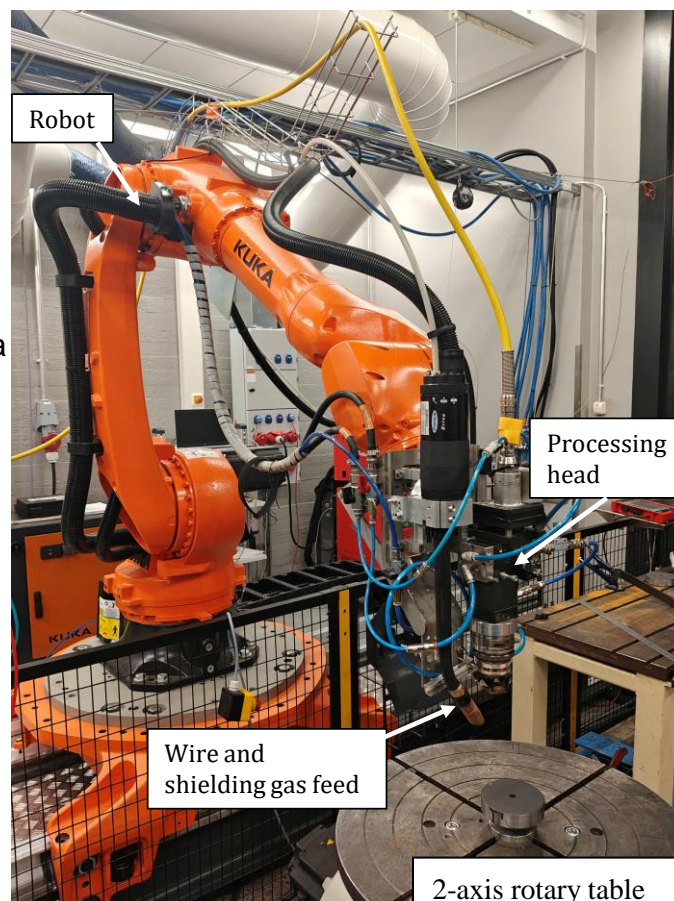
KUKA DKP 400 pyörityspöytä

IPG Photonics 10kW CW kuitulaser

Laserhitsauspää: Kugler peilioptiikka

Fronius TransPuls Synergic 5000:

Langan ja suojakaasun syöttö



» Testatut materiaalit

Megafil® 1100M täytelanka (1.2mm)

Mechanical Properties:

Yield strength, Rp0.2%:	950 MPa
Tensile strength, Rm:	1010 MPa
Elongation, A5:	15%
Impact energy, CV:	-40 °C · 55 J
Impact energy, CV:	-20 °C · 80 J

Elga CromaMig 316LSi ruostumaton teräs (1.0mm)

Mechanical Properties:

Yield strength, Rp0.2%:	400 MPa
Tensile strength, Rm:	600 MPa
Elongation, A5:	40%

» Lämpötilan monitorointi

IR Kamerat:

Flir A615 (FOV 45°): Lämmönjohtuminen kappaleessa

Optris PI 08M (575°C-1900°C, Linjaskannaus mahdollisuus)

Toistaiseksi ilman takaisin kytkentää

Tulevaisuuden tuotantoteknologiat (FMT) -päivät 2025: Suunnittelusta valmistukseen

MEGAFIL 1100M-TERÄKSEN SUORAKERROSTUS

Työvaiheet

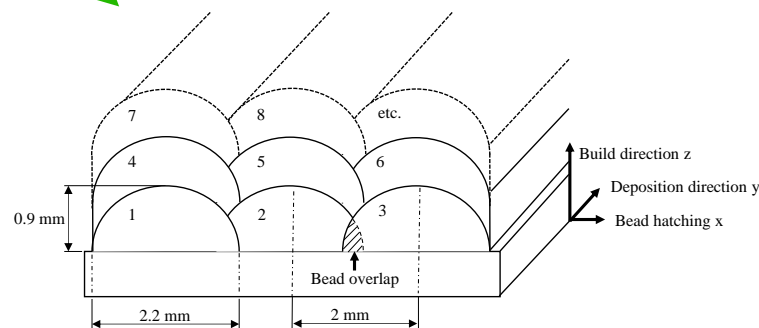
- Työstöparametrien optimointi

Lasertehto, liikenopeus, langansyöttö jne. →

- Tulostus strategia

Palkomuoto: kerrospaksuus, "hatch distance", työstöradat ja palkojärjestys jne. ↘

- Työstöparametrit ja -radat robottiasemaan.

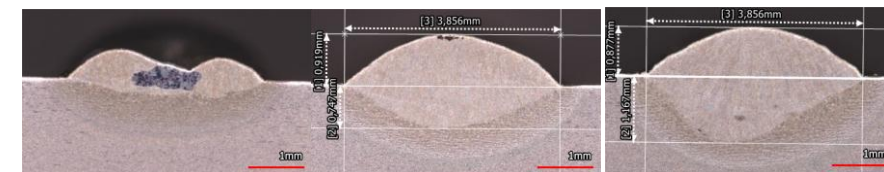


Tehon vaikutus

Liike: 0.7m/min

Lanka: 1.5m/min

Lasertehto:



2.0 kW

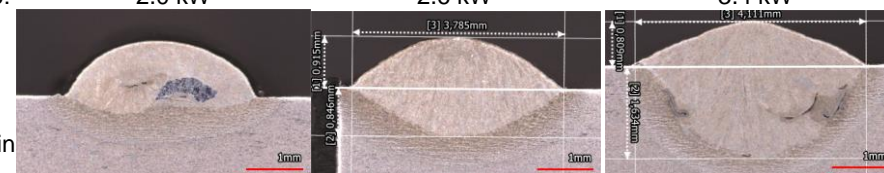
2.6 kW

3.4 kW

Liike: 1m/min

Lanka: 2.1m/min

Lasertehto:



2.2 kW

3.4 kW

5.0 kW

Langansyöttö:

(Teho: 2.4kW, Liike: 700mm/min)

(Teho: 2.6kW, Liike: 1000mm/min)

Wire feed rate (m/min)	Bead form. Parameter combination (a)	Wire feed rate (m/min)	Bead form. Parameter combination (b)
0.7 (Defect)		0.9 (Defect)	
0.9 (Defect)		1.3 (Stable)	
1.3 (Defect)		1.5 (Stable)	
1.5 (Stable)		1.7 (Stable)	
1.7 (Stable)		1.9 (Stable)	
1.9 (Stable)		2.3 (Stable)	
2.1 (Defect)		2.5 (Defect)	
2.5 (Defect)		3.1 (Defect)	

Tulevaisuuden tuotantoteknologiat (FMT) -päivät 2025: Suunnittelusta valmistukseen

TULOSTUS

» Seinämäkappaleen valmistus



Teho(kW)	Liikenopeus (mm/min)	Langansyöttö (m/min)
2.4 - 2.6	700	1.5

Työstöliike: työntävä

Suojakaasu: Argon
(18l/min)

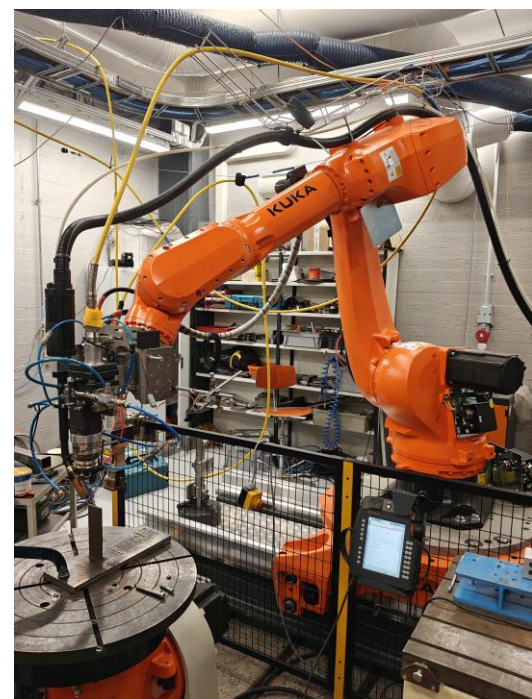
» Sylinterikappaleen valmistus



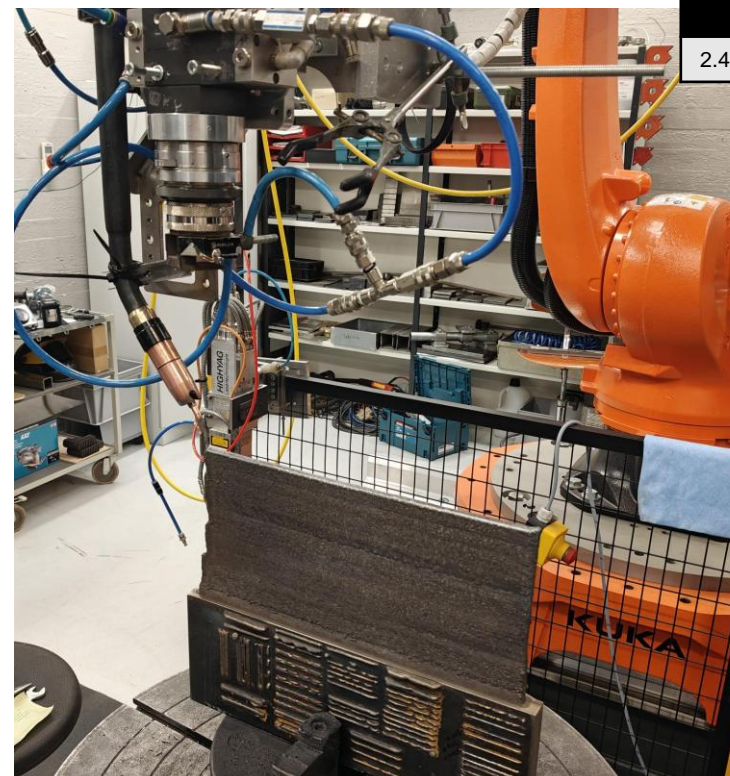
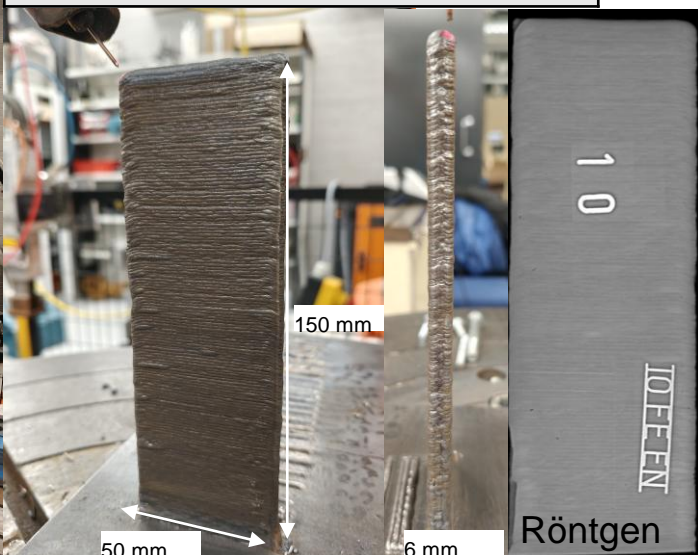
Teho(kW)	Kehänopeus (mm/min)	Langansyöttö (m/min)
2.5	775	1.6

Tulevaisuuden tuotantoteknologiat (FMT) -päivät 2025: Suunnittelusta valmistukseen

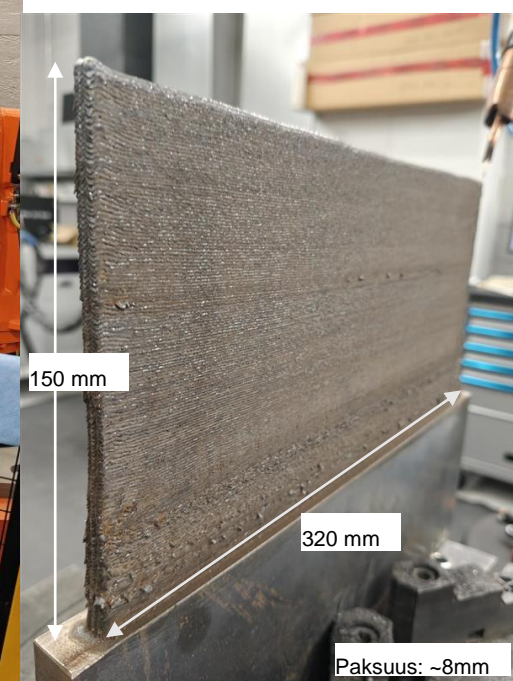
TULOSTEITA



Teho (kW)	Liikenopeus (mm/min)	Langansyöttö (m/min)
1.8	400	0.9



Teho(kW)	Liikenopeus (mm/min)	Langansyöttö (m/min)
2.4 - 2.6	700	1.5



➤ Seinämäkappaleet materiaalitutkimukseen

Tulevaisuuden tuotantoteknologiat (FMT) -päivät 2025: Suunnittelusta valmistukseen

TULOSTEITA

➤ Sylinteri kappaleet

Välipalkolämpötilojen vaikutus tulostuslaatuun

- Prosessisimulaation testaukseen

50 kerrosta



- Jäähdytys n. 40-50°C lämpötilaan per kerros

50 kerrosta

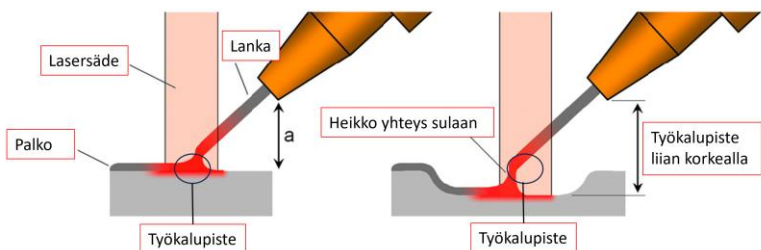


- 5 kerrosta vakio teholla ja kerroskorotuksella, jonka jälkeen jäähdytys

Tulevaisuuden tuotantoteknologiat (FMT) -päivät 2025: Suunnittelusta valmistukseen

PROSESSIN KEHITYSKOHTTEITA

- Lasertehon reaaliaikainen hallinta esim. sulan lämpötilan mukaan (Takaisinkytkentä)
- Kerrospaksuuden/Suutinkorkeuden seuranta => Suutinkorkeus/Työkalupisteen paikka oikein jokaiselle kerrokselle:



- Liikkeet monimutkaisempiin tulosteisiin:
Robotin etäohjelmointi + pyörityspöydän synkroliikkeet

Esim: Ovaali rata, jossa langansyöttösuunta pysyy vakiona liikesuuntaan nähden



Tulevaisuuden tuotantoteknologiat (FMT) -päivät 2025: Suunnittelusta valmistukseen

Kiitokset!

Yhteystiedot:

Vesa Tepponen (Vesa.Tepponen@lut.fi)

Junior Researcher

Laser Material Processing and Additive Manufacturing (3D Printing)

LUT University

Tutkimus osana projektia:

