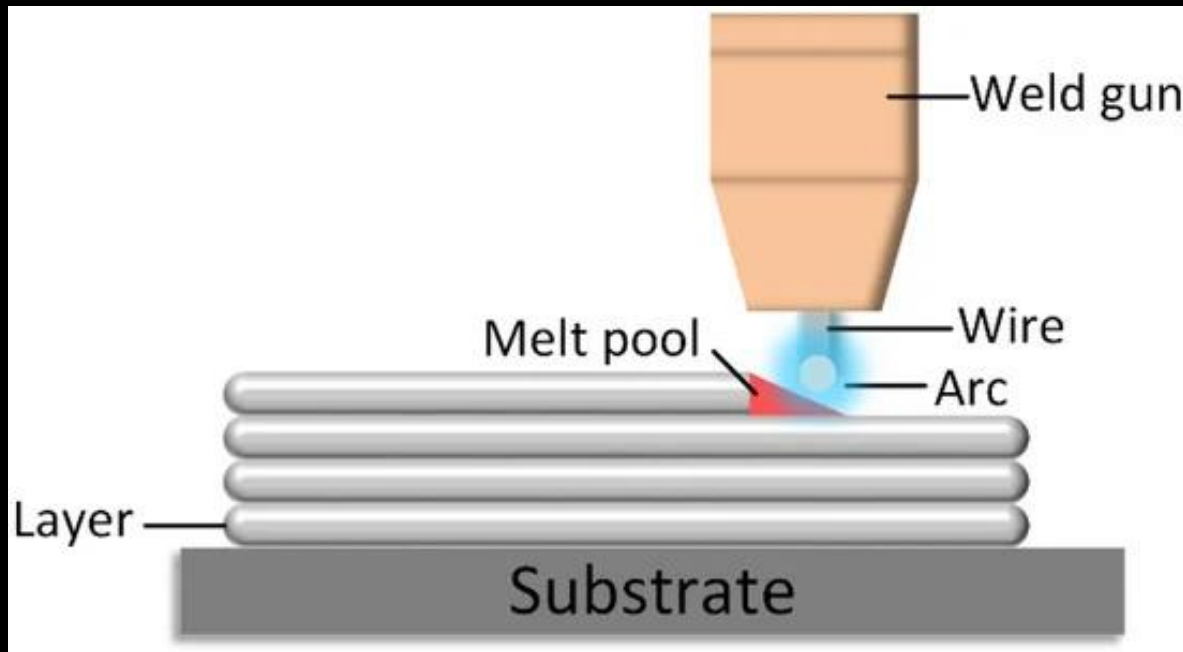


Alumiinin suorakerrostus Al-DED

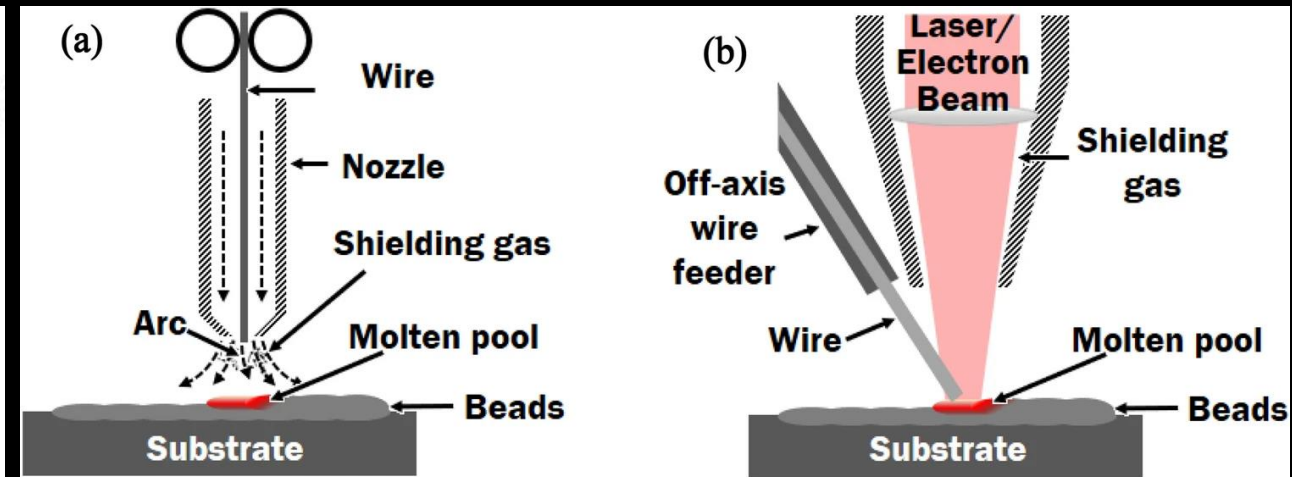
Tomi Suikkari
LUT



Arc-DED prosessi



Prosessi on sama kuin MIG-hitsausprosessi
 → tulostusta voidaan tehdä kaikilla
 robottihitsausasemilla.



a) Wire and Arc Additive Manufacturing – Wire Arc DED

b) Wire and Laser Additive Manufacturing

Kuvat:

1: MDPI: WAAM Technique: Process Parameters Affecting the Mechanical Properties and Microstructures of Low-Carbon Steel

2: Springer: Directed Energy Deposition (DED) Process: State of the Art

Käyttökohteet

- Suuret kappaleet, työalue sama kuin robottihitsausasemilla → mahdollisuus tehdä metrien kokoisia kappaleita.
- Täsmäkokoiset aihiot (near-net-size parts), tukirakenteeton valmistus → hukan ja rouhintakoneistuksen vähentäminen.
- Vaikeasti koneistettavat muodot → suunnitteluvapaus.
- Tuoterepertuaariin kuuluu mm. Säiliöt, ruuvit, muotit, sekoittimet, siivekkeet ja suurien kappaleiden materiaali aihiot



Kuvat:

1:Ramlab RAMLAB UNVEILS WORLD'S FIRST CLASS APPROVED 3D PRINTED SHIP'S PROPELLER

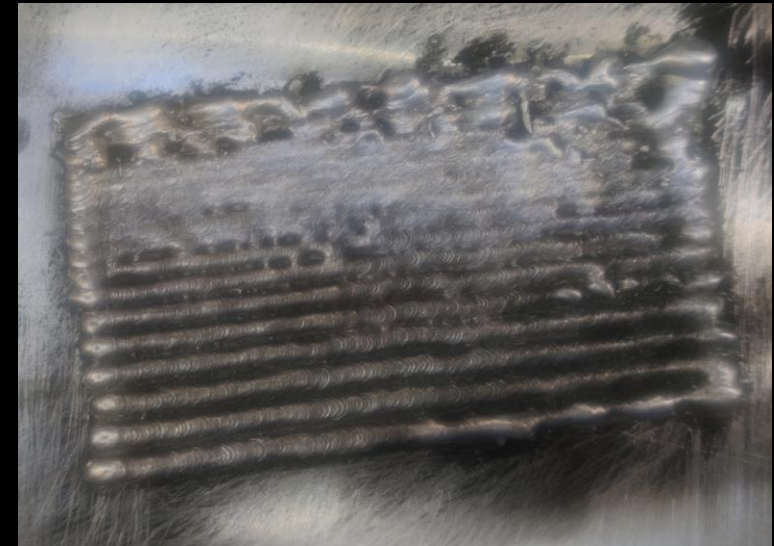
2:Ramlab WAAM 101

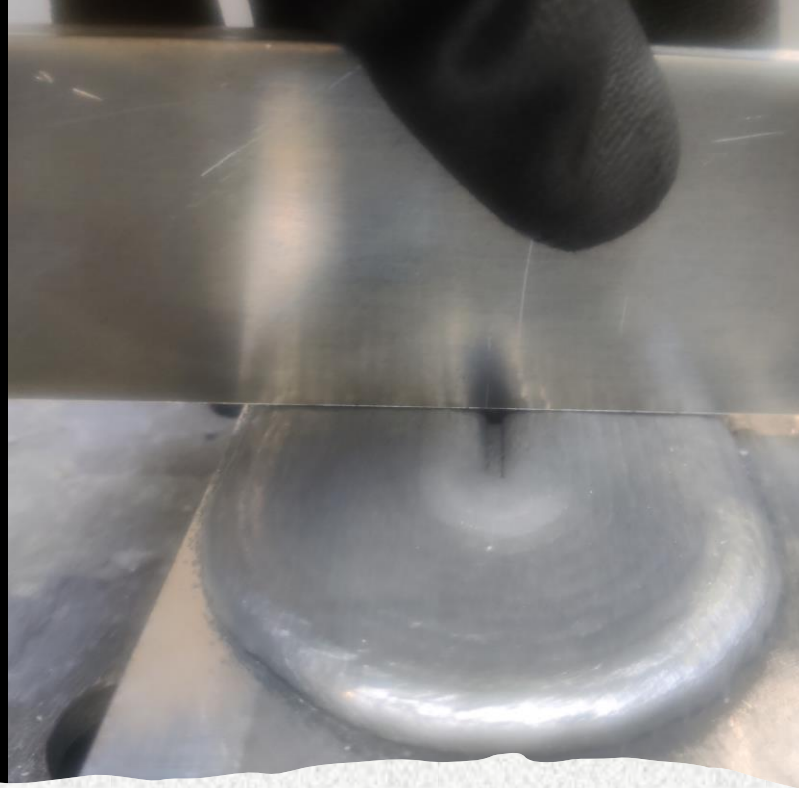
3: Canadian Fabricating & Welding - Large-part Additive Manufacturing

Prosessiparametrit ja niiden vaikutus

Käytetty hitsausohjelma Kemppi Al-pulse, pulssitaajuutta/suhdetta ei muutettu

- Hitsin korkeus
 - Suoraan verrannollinen kerrytysnopeuteen
 - Poltin lähestyy kappaletta / suutinetäisyys kasvaa
 - Määrää seuraavan päällekkäispalkon paikotuksen (ΔZ)
- Hitsin leveys
 - Suoraan verrannollinen seinämäpaksuuteen
 - Vaikuttaa seuraavan hitsin paikoitukseen ($\Delta X/\Delta Y$) – oikealla kuvassa kasvava etäisyys edellisestä hitsistä
- Hitsausvirta
 - Lämmöntuonti ja tunkeuma
 - Liian matala hitsausvirta → liitosvirheet, epävakaa hitsi
 - Liian korkea hitsausvirta → liiallinen lämmöntuonti → ”lässähdystyä” ja muuta geometrista epävakautta.
- Hitsausjännite
 - Kaaren vakaumus ja leveys
 - Korkea jännite → leveä, vakaampi kaari → parempi hitsien limittäisyys
 - Matala jännite → tarkka ja kapea kaari → epävakaa kaari vierekkäisissä palkoissa, kapeampi hitsi
- Vapaalangan pituus
 - Toistaiseksi varmistamaton, mutta pidempi vapaalanka (n.20mm) on osoittautunut vakaammaksi kuin n.15mm vapaalangalla, hypoteesinä langan esilämmitys ilmiö.
- Hitsausnopeus
 - Matalammat (n.25mm/s) nopeudet hyviä vierekkäisiä palkoja tehdessä matalilla lämpöarvoilla.
 - Korkeilla liikearvoilla muut hitsausarvot hieman tarkempia eikä kylmimmät arvot toimi yhtä hyvin.
 - Omissa kokeissa nopeudet 50mm/s





Alumiinin tulostaminen

- Lämmönjohtavuus mahdollistaa pitkän valokaariajan, varsinkin isoissa kappaleissa.
- Kappaleen lämmitessä geometrinen vakaus kärsii huomattavasti → tähdättävä matalaan lämmöntuontiin
- Kylmät hitsausarvot toimivat hyvin, mutta vierekkäispalkot eivät yhdisty pinnasta.
- Korkealla jännitteellä pinnanlaatu mainiota

Kemppi Al-Pulssi
Langansyöttö 10.6 m/min
 $U = 27V, I = 120 A$
Liikkumisnopeus 50 mm/min
Poltin kohtisuoraan pintaan
nähdä

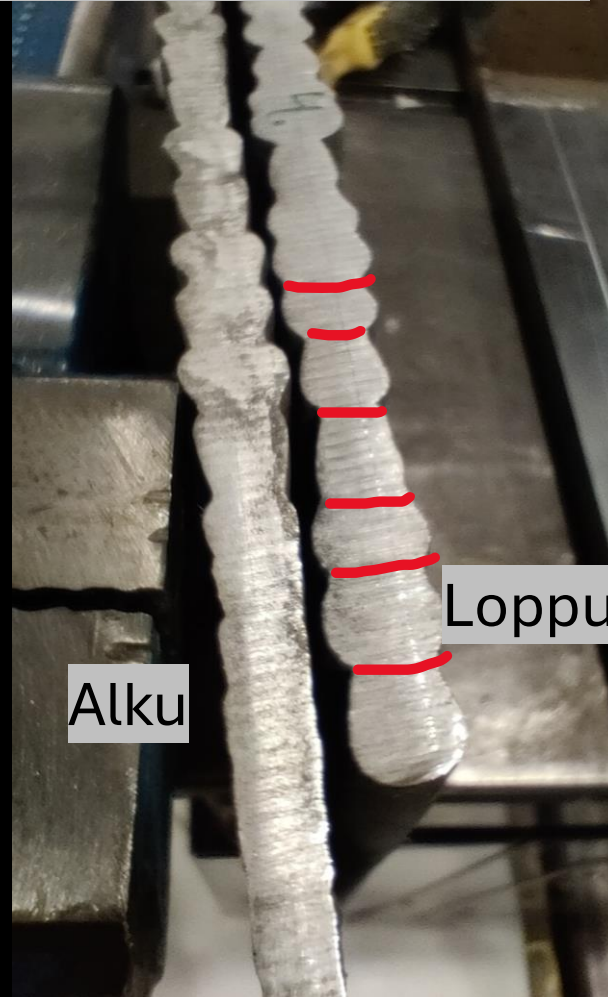
Tunnistettavat rajoitteet

Lämmöntuonti -> valokaaren epävakaus



Langan ulostulokulma
-> epäsuora valokaari

Liian korkea välipalkkolämpötila tai
Liian pitkä pysähtymätön hitsi



Kappaleen epävakaa lämpötila
Alueellista "lässähdystä"



Yleinen sana DED:stä

- Prosessi on hyvinkin potentiaalinen ja sen edut vastaavat täydellisesti sen tuoterepertuaaria.
 - Suuri tuottavuus, hyötyminen suurikokoisesta kappaleesta ja kapasiteetti tehdä myös oikeasti isoja kappaleita ruokkivat toinen toistaan.
 - Potentiaalia myös aihiovalmistuksessa, mikäli läpimenoaika optimoidaan
- Oikeiden parametrien löytäminen on erittäin tärkeää
 - Hyvät ja toistettavat parametrit helpottavat hitsausohjelman tekemistä → Vähemmän hakuja → ratkaisuja älykkäisiin hakuihin ja prosessin tarkkailuun tarvitaan.
- Hitsausautomaatio-ohjelman käyttö tulostus ohjelmien (jobien) luontiin on ongelmallista
 - DED:lle suunniteltu ohjelma olisi erittäin hyödyllinen yksinkertaisillekin monitasoisille kappaleille vähentääkseen manuaalista työtä.
 - Kunnollinen ohjelma mahdollistaisi vasta todellisen prosessin luonteen ja kapasiteetin.

Yleinen sana DED:stä

- Langansyöttölaitteiston ongelmia
 - Langansyöttömäärä moninkertainen hitsaamiseen verrattuna
 - Langansyöttökoneiston mitoitus
 - Kuluvien osien (virtasuuttimen, johtimien, rullien) kuluminen.
 - Alumiini luonnostaan pehmeää → johtimissa ja muualla radassa olevat kovat pinnat raastaa pölyä johteisiin aiheuttaen tukoksia.
 - Alueet joissa lanka on vedolla raahaa enemmän johteisiin
 - Ongelmat riippuvat paljon materiaalista.
 - Esimerkkiratkaisuja
 - Esim. Lankarullan kireyden keventäminen vähentää komponenttien kulumaa ennen langansyöttölaitetta.
 - Langansyöttöradaan tulisi olla mahdollisimman suoraviivainen, esim. Robotin asentoa ja järjestelmäratkaisua tulisi arvioida.

Kysyttävää?

