# Jigitön hitsaus – robottihitsaamisen tulevaisuus?

30.10.2024

Tilastotietokeskuksen (2024) tilastotietokannasta koostetun datan mukaan Etelä-Pohjanmaalla on poikkeuksellisen paljon metallituotteita valmistavia (pl. koneet ja laitteet) yrityksiä valtakunnallisesti tarkasteltuna. Vertaillessa Etelä-Pohjanmaata muihin maakuntiin vertailuluvulla *metallituotteita valmistavia yrityksiä per 1000 asukasta*, nähdään suhde paremmin (taulukko 1). Etelä-Pohjanmaalla luku on 2,5. Seuraavana tulee Satakunta, jossa vastaava luku on 2,0 ja kolmantena on Pohjanmaa luvulla 1,9. Valtakunnallisella tasolla keskiarvo on 1,0. Koska vertailukategoriasta puuttuu kokonaan koneita ja laitteita valmistavat yritykset ja Etelä-Pohjanmaan alueelta puuttuva raskas metalliteollisuus, voidaan olettaa, että metalliosia valmistavilla, pienillä- ja keskisuurilla alihankintayrityksillä on merkittävä osuus alueen konepajateollisuudessa. Seinäjoen ammattikorkeakoululla on siis keskeinen rooli tuottaa tietoa tämän alan yrityksille uusista, metalliteollisuuden valmistusvaiheita tehostavista teknologiosta.

Taulukko 1. Metallituotteita valmistavat yritykset maakunnittain (Tilastokeskus, 2024).

| 25 Metallituotteiden valmistus (pl. koneet ja laitteet) | Luokan 25 Yrityksiä | Väkiluku | Metallituotteita valmistavat yritykset per 1000 asukasta |
|---|---|---|---|
| **KOKO MAA** | **5 642** | **5 563 970** | **1,01** |
| **MK01 Uusimaa** | 768 | 1 733 033 | 0,44 |
| **MK02 Varsinais-Suomi** | 751 | 485 567 | 1,55 |
| **MK04 Satakunta** | 424 | 212 556 | 1,99 |
| **MK05 Kanta-Häme** | 224 | 169 537 | 1,32 |
| **MK06 Pirkanmaa** | 670 | 532 671 | 1,26 |
| **MK07 Päijät-Häme** | 209 | 204 528 | 1,02 |
| **MK08 Kymenlaakso** | 126 | 159 488 | 0,79 |
| **MK09 Etelä-Karjala** | 99 | 125 353 | 0,79 |
| **MK10 Etelä-Savo** | 169 | 130 451 | 1,30 |
| **MK11 Pohjois-Savo** | 238 | 247 689 | 0,96 |
| **MK12 Pohjois-Karjala** | 164 | 162 540 | 1,01 |
| **MK13 Keski-Suomi** | 293 | 272 437 | 1,08 |
| **MK14 Etelä-Pohjanmaa** | 481 | 190 774 | **2,52** |
| **MK15 Pohjanmaa** | 335 | 176 323 | 1,90 |
| **MK16 Keski-Pohjanmaa** | 78 | 67 805 | 1,15 |
| **MK17 Pohjois-Pohjanmaa** | 353 | 416 543 | 0,85 |
| **MK18 Kainuu** | 64 | 70 521 | 0,91 |
| **MK19 Lappi** | 155 | 175 795 | 0,88 |
| **MK21 Ahvenanmaa** | 31 | 30 359 | 1,02 |

Hitsaus on leikkaamisen, koneistuksen ja pintakäsittelyn ohella merkittävä jalostusmenetelmä metalliosien valmistuksessa. Suomen Robotiikkayhdistyksen (2024) mukaan hitsauksessa käytettävien robottien määrä onkin kasvanut merkittävästi vuonna 2023. Tämä johtuu suurimmaksi osin osaavien hitsaajien pulasta, jota yritetään paikata hitsausrobotti-investointien kautta.

Tyypillistä robottihitsauksessa on erilaisten kiinnittimien käyttö. Tämä tarkoittaa sitä, että robottisolun operaattorina toimiva henkilö latoo hitsattavan rakenteen osat hitsauskiinnittimeen. Neen (2010, s. 323–325) mukaan kiinnittimien tehtävän on kohdistaa ja pitää rakenteen osat paikallaan hitsauksen aikana ja myös sen jälkeen, koska hitsausprosessin aikana kappaleeseen tuotu lämpö aiheuttaa helposti vääntymistä hitsattavassa rakenteessa sen jäähtyessä.

Kiinnittimet ovat usein tuotekohtaisia ja niiden määrä riippuu siten hitsattavien rakenteiden määrästä. Ajatellaan vaikka yritystä, joka valmistaa hitsaamalla tehtyä, auton varaosaa alihankintana jälleenmyyjille. Jokaisessa automerkissä ja -mallissa kyseinen varaosa on erilainen. Tästä voidaan saada kuva tarvittavien kiinnittimien lukumäärästä. Kiinnittimet tarvitsevat niiden valmistuksen ja huollon lisäksi täysin oman varastointi- ja logistiikkajärjestelmän, joiden avulla kiinnittimien siirto työpisteille järjestetään. Tähän kun lisätään vielä tuotteiden eri revisiot, päästään helposti satojen kiinnittimien järjestelmään.

# Eroon kiinnittimistä?

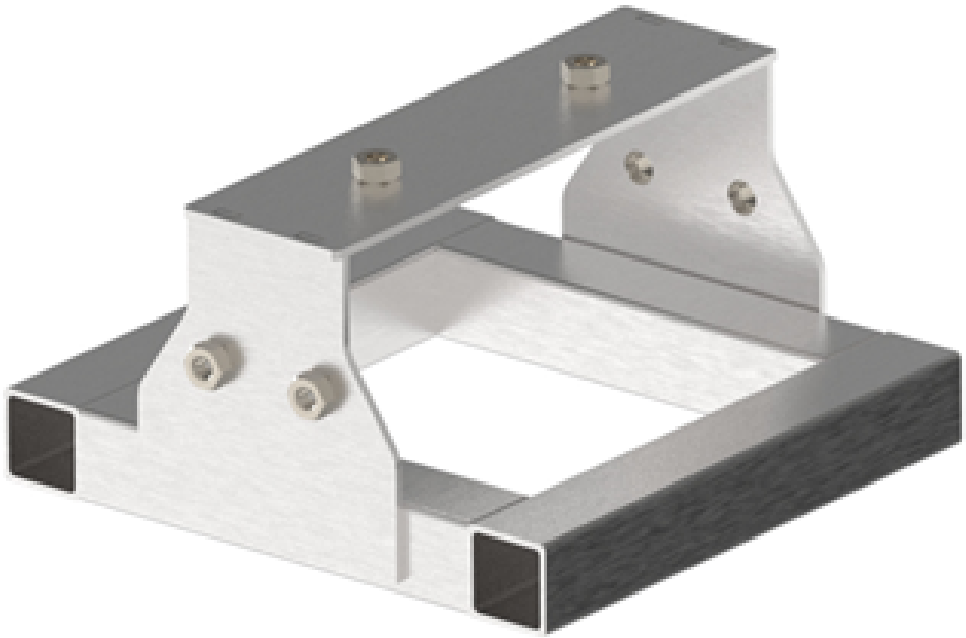
Konepajoissa saavutettavien hitsattavien rakenteiden toleranssit ovat standardin SFS-EN ISO 13920:2023 (Suomen Standardisoimisliitto (SFS), 2023, s. 6–8) mukaan 0,5–2 mm sen tarkimmassa toleranssiluokassa, kun taas esimerkiksi keskikokoisen, hitsausrobotin toistotarkkuus on luokkaa 0,02–0,03 mm (ABB, 2024; Fanuc, 2024; Yaskawa, 2024). Näitä lukuja tarkasteltaessa voidaan pohtia kiinnittimien tarpeellisuutta. Miksi tuoterakenteen osia ei laitettaisi paikalleen toisella robotilla ja sitten hitsaisi toisella robotilla?

Ensimmäisenä esteenä jigittömälle hitsaukselle voidaan pitää edellä mainittua lämpövääntymisongelmaa. Jigittömässä hitsauksessa rakenteen vääntymistä voidaan kuitenkin hallita hitsaamalla rakenne aluksi kokoon lyhyillä ja nopeilla silloitushitseillä lämmöntuonnin minimoimiseksi ja hitsaamalla lopulliset hitsit vasta kun rakenne on koossa. Hitsausjärjestyksellä on luonnollisesti iso merkitys vääntymien hallinnassa.

# OPLITE-hankkeen demo jigittömän robottihitsauksen offline-ohjelmoinnista

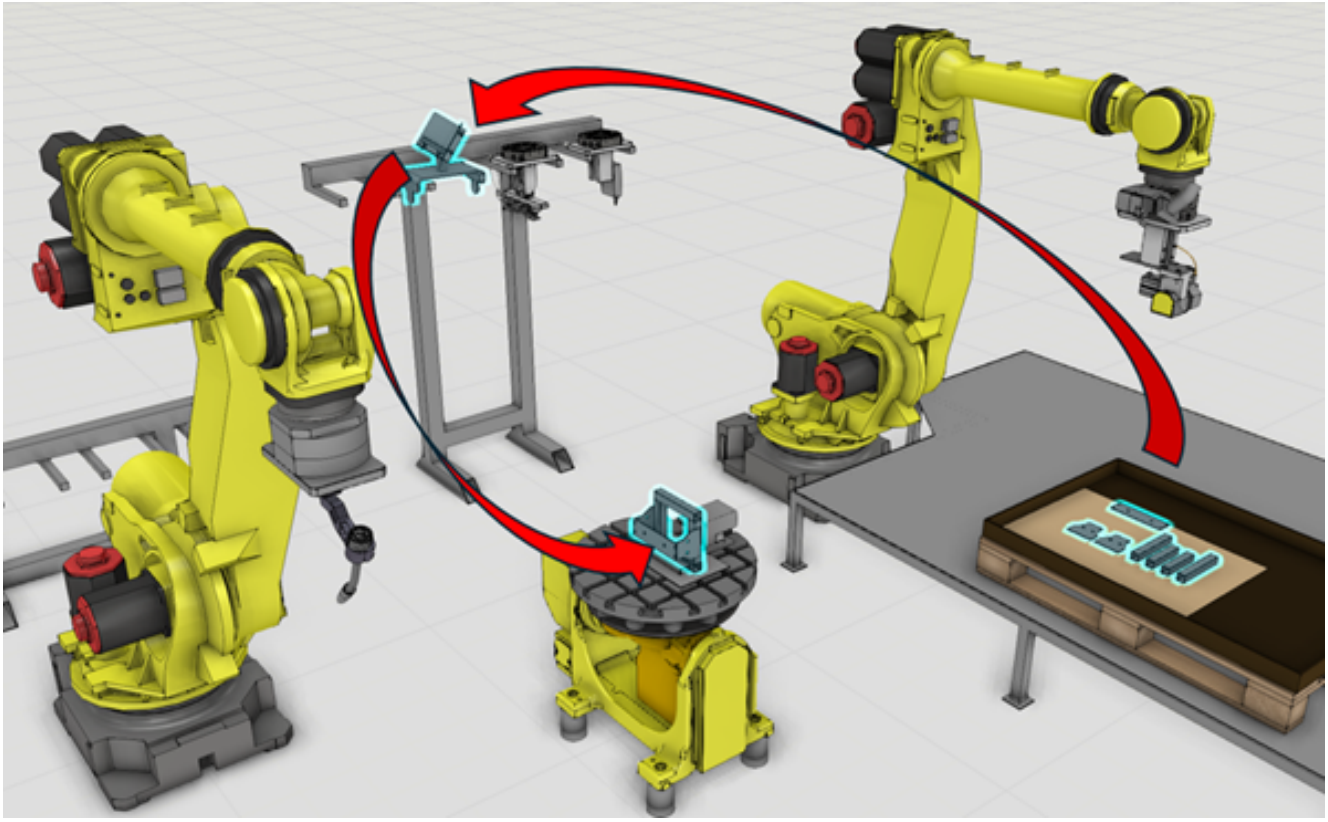
Tähän aiheeseen pureuduttiin Euroopan unionin osarahoittamassa OPLITE-hankkeessa, jossa tuotimme aiheesta teknologiademon SeAMKin konetekniikan laboratoriossa. OPLITE (Optimaalista lisäarvoa teknologiasta) -hankkeen tavoitteena on esitellä hankkeen kohdeyrityksille mahdollisuuksia kehittää ja optimoida omia toimintojaan, tuotteitaan, prosessejaan simulointi- ja datapohjaisilla menetelmillä ja työkaluilla (SeAMK, 2024). Keskeisintä tässä demossa oli vertailla offline-ohjelmoinnin tehokkuutta verrattuna online-ohjelmointiin varsinkin kappaleenkäsittelyrobotin osalta. Tämä siksi, koska käytössä oleva Visual Compoments -ohjelmisto tarjosi uusimmassa versiossaan (versio 4.9) automatisoituja kokoonpano-operaatioita kappaleenkäsittelyn nopeaan ohjelmointiin (Visual Components, 2024). Hitsausratojen generointi offline-ohjelmointiympäristössä on ollut normaalia vuosikymmeniä. Tokin nekin toiminnot ovat kehittyneet ajan saatossa.

Hitsattavana tuotteena käytettiin samaa tuoterakennetta (kuva 1), jota oli käytetty aikaisemmin toteutetun EDIH-hankkeen pilotissa (EURA2014, 2024). EDIH-hankkeessa toteutetussa pilotissa tähdättiin myös jigittömään hitsauksen testaamiseen, mutta tuolloin ohjelmat tehtiin roboteille kokonaan manuaalisesti, eli online-ohjelmointina, eikä kappaleiden poimintaan käytetty konenäköä. Saimme siis tästä hyvän vertailukohdan offline-ohjelmoinnin ja konenäön vaikutuksesta ohjelmoinnin nopeuteen.



Kuva 1. Hitsattava rakenne.

Demon tavoitteena on esittää robottien ohjelmointi seuraavanlaista työsykliä varten (kuva 2.): Hitsattavan tuotteen osat ovat lavalla mielivaltaisessa järjestyksessä, josta ne poimitaan kappaleenkäsittelyrobotilla. Lavalta poiminnan apuna käytetään konenäköä. Kappaleenkäsittelyrobotti siirtää poimitut kappaleet aluksi uudelleenpaikoitukseen, jolloin saavutetaan tartunnan suurempi tarkkuus verrattuna konenäköavusteiseen poimintaan. Tämän jälkeen kappaleenkäsittelyrobotti siirtää osat hitsattavaan rakenteeseen ja antaa hitsausrobotille luvan tehdä silloitushitsaus.



Kuva 2. Kappaleiden siirto lavalta uudelleenpaikoituksen kautta rakenteeseen.

Keskeisimpänä – ja ennalta-arvattavanakin tuloksena teknologiademossa on robottien ohjelmointiin käytettävän ajan vähentyminen murto-osaan aikaisemmasta. Toisessa hankkeessa käytettiin saman tuoterakenteen ja hitsausprosessin robottien online-ohjelmointiin useita päiviä. Offline-ohjelmointia käytettäessä, ohjelmat saatiin luotua noin puolessa tunnissa. Merkittävää säästöä ohjelmointiajassa saatiin Visual Components -ohjelmiston kappaleenkäsittelyyn liittyvistä toiminnoista.

Video teknologiademosta on nähtävillä SeAMKin YouTube-kanavalla: Multirobot jigless welding programming

Artikkeli on osa Euroopan unionin osarahoittamaa OPLITE – Optimaalista lisäarvoa teknologiasta-hanketta.

Tutustu hankkeeseen**Jarkko Pakkanen**
lehtori
SeAMK

Pakkanen työskentelee Seinäjoen ammattikorkeakoulussa lehtorina, pääaiheenaan robotiikka. Lisäksi hän toimii asiantuntijana monissa hankkeissa.

# Lähteet

ABB. (2024). DataSheet ROB0205EN_IRB2600ID_RevE. https://new.abb.com/products/robotics/robots/articulated-robots/irb-2600id

EURA2014. (2024). Tulevaisuuden tuotekehityksellä EP-jalostusarvo nousuun EDIH-mallia hyödyntäen -hankkeen kuvaus. https://www.eura2014.fi/rrtiepa/projekti.php?projektikoodi=A77090

FANUC. (2024). DataSheet ARC Mate 100iD/8L: https://www.fanuc.eu/hr/en/robots/robot-filter-page/arc-welding/arcmate-100id-8l

Nee, J. G. (2010). *Fundamentals of tool design* (6th ed.). Society of Manufacturing Engineers/International Special Tooling and Machining Association.

Robotiikkayhdistys. (2024). *2024 robottitilastot julkaistu*. https://roboyhd.fi/uutiset/2024-robottitilastot-julkaistu/

SEAMK. (2024). Oplite-hanke. https://projektit.seamk.fi/alykkaat-teknologiat/oplite/

Suomen Standardisoimisliitto (SFS). (2023). *Hitsaus. Hitsattuja rakenteita koskevat yleistoleranssit. Pituus- ja kulmamitat. Muoto ja sijainti* (SFS-EN ISO 13920:2023)

Tilastokeskus. (7.10.2024). *Tilastotietokannat* (Suomen virallinen tilasto). https://stat.fi/tup/tilastotietokannat/index.html

Visual Components. (2024). *Visual Components 4.9 release notes*. https://www.visualcomponents.com/wordpress/wp-content/uploads/2024/08/Visual-Components-4.9-Release-Notes-1.pdf

Yakawa (2024). MOTOMAN AR1440.
https://www.yaskawa.fi/tuotteet/robotit/hitsaus-leikkaus/productdetail/product/ar1440_734