



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

Teollisuusrobottien käyttö ja sovellukset ajoneuvoteollisuudessa

Alexi Mäenpää

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA

Kandidaatintyö 2019

TIIVISTELMÄ

Teollisuusrobottien käyttö ja sovellukset ajoneuvoteollisuudessa

Alexi Mäenpää

Oulun yliopisto, Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö 2019, 29 s.

Työn ohjaaja yliopistolla: Yrjö Louhisalmi

Työssä perehdytään ja esitellään teollisuusrobottien käyttöä ja sovelluksia ajoneuvoteollisuudessa. Työhön on kerätty ajoneuvoteollisuuden yleisimmät sovellukset. Sovelluksia käydään läpi sovellus kerrallaan ja siinä järjestyksessä, kun ajoneuvoteollisuus on niitä alkanut hyödyntämään.

Sovelluksia esiteltäessä käydään läpi niiden toiminta, erityispiirteet ja mikä niiden rooli on ajoneuvon valmistuksessa. Lisäksi tarkastellaan mitä hyötyjä teollisuusrobotit tarjoavat sekä miten niiden hyödyntäminen vaikuttaa kyseisiin sovelluksiin verrattuna ihmistyövoimaan.

Työssä käydään läpi myös teollisuusrobottien käyttöön liittyvää ja käytöstä seuraavaa turvallisuutta. Lisäksi tarkastellaan teollisuusrobottien tulevaisuuden kehityssuuntia ajoneuvoteollisuudessa.

Asiasanat: Teollisuusrobotti, ajoneuvoteollisuus, sovellukset

ABSTRACT

Use and applications of industrial robots in automotive manufacturing

Alexi Mäenpää

University of Oulu, Degree Programme of Mechanical Engineering

Bachelor's thesis 2019, 29 pp.

Supervisor at the university: Yrjö Louhisalmi

The Bachelor's thesis relates to the use and applications of industrial robots in automotive manufacturing. The most common applications of automotive manufacturing are collected into this thesis. They are covered one by one in the order they introduced in the automotive manufacturing.

When the applications are presented their functionalities, special features and the role in car manufacturing are discussed. In addition, the benefits of industrial robots and the effect of their utilization on the applications compared to human labour are inspected.

The thesis also covers the safety issues concerning the industrial robots and safety emerging from their use. Finally, the future trends of industrial robots in automotive manufacturing are examined.

Keywords: Industrial robot, automotive manufacturing, applications

ALKUSANAT

Kandidaatintyön aiheen valintaan annettiin vapaat kädet, joten aiheessa päädyin yhdistämään omia mielenkiinnon kohteita, sillä mikään valmiista aiheista ei miellyttänyt. Robotiikka on vahvasti läsnä opintosuunnallani ja olen jo lapsesta asti ollut erittäin kiinnostunut ajoneuvoista ja opintojen myötä myös niiden taustalla vaikuttavasta teollisuudesta, joten kandidaatintyön aiheeseen oli oivallista yhdistää molemmat. Ajoneuvoteollisuudessa robotiikka on ollut läsnä jo vuosikymmeniä ja uusia käyttökohteita ja sovelluksia kehitetään vielä tänäkin päivänä, joten sen takia aihetta oli erittäin mielenkiintoista tutkia ja siitä oli mielekästä kirjoittaa.

Kandidaatintyössä tukena on ollut mekatroniikan ja konediagnostiikan kandidaatintöiden tukiryhmä, jota on vetänyt Yrjö Louhisalmi. Louhisalmelta olen saanut tarvittaessa apua ja lisäksi kanssaopiskelijat ovat olleet vahvasti tukena.

Oulu, 9.1.2020

Alexi Mäenpää
Työn tekijä

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|--|----|
| 1 JOHDANTO | 5 |
| 2 TURVALLISUUS | 6 |
| 3 ROBOTTIEN KÄYTTÖ AJONEUVOTEOLLISUUDESSA..... | 7 |
| 3.1 Teollisuusrobotit yleisesti | 8 |
| 3.2 Teollisuusrobotit hitsauksessa..... | 8 |
| 3.2.1 Pistehitsaus | 9 |
| 3.2.2 Kiekkohitsaus | 10 |
| 3.2.3 MIG- ja TIG-hitsaus | 11 |
| 3.2.4 Laserhitsaus | 12 |
| 3.2.5 Plasmahitsaus..... | 13 |
| 3.3 Teollisuusrobotit materiaalien käsittelyssä | 14 |
| 3.4 Teollisuusrobotit kokoonpanossa ja asennuksessa..... | 16 |
| 3.5 Teollisuusrobotit pintakäsittelyssä | 18 |
| 3.6 Teollisuusrobotit materiaalin työstössä..... | 20 |
| 3.7 Teollisuusrobotit tuotannon tukena..... | 22 |
| 4 TULEVAISUUS | 24 |
| 5 YHTEENVETO | 25 |
| LÄHDELUETTELO | 27 |

1 JOHDANTO

Kandidaatintyön aiheena on teollisuusrobottien käyttö ja sovellukset ajoneuvoteollisuudessa. Työn aiheessa yhdistyvät omat mielenkiinnon kohteeni sekä mekatroniikan opinnoissani vahvasti läsnä oleva robotiikka. Näiden lisäksi koko teollisuusrobottien historian ajan ajoneuvoteollisuuden sovellukset ovat olleet keskeisesti mukana niiden kehityksessä. Jatkossakin robotiikan kehitykselle ja sen mahdollistamalle kasvupotentiaalille on tilausta ajoneuvoteollisuudessa, mikä tekee aiheesta mielenkiintoisen nyt ja tulevaisuudessa.

Työssä tarkoituksena on kertoa lukijalle teollisuusrobottien eri sovelluksista ja käyttökohteista ajoneuvoteollisuudessa. Työssä syvennyttään ajoneuvoteollisuudessa yleisimmin käytettyihin sovelluksiin ja niiden työvaiheisiin. Sovelluksia käydään läpi sovellus kerrallaan ja samalla avataan sovelluksien käyttökohteita ja niissä tapahtuvia työvaiheita. Osana työtä käydään läpi myös, miten teollisuusrobottien kehittyminen on mahdollistanut uusia ja tehostanut jo käytössä olevia sovelluksia.

Keskeisenä teemana työssä on esittää, kuinka teollisuusrobotit vaikuttavat koko tuotantoon ja sen tehokkuuteen. Tämän lisäksi esille tuodaan teollisuusrobottien vaikutus tuotannon turvallisuuteen. Statistiikkaa hyväksi käyttäen esitellään, kuinka suuri käyttöaste teollisuusroboteilla on ajoneuvoteollisuudessa ja millainen sen kehitystrendi on tulevaisuudessa. Ajoneuvoteollisuudella on ollut suuri merkitys teollisuusrobottien kehittymiseen niiden kehittämisen lähtien. Niiden käyttö on ollut jatkuvassa kasvussa, joten ajoneuvo- ja robottiteollisuuden kasvulle ja kehittymiselle ei näytä olevan esteitä.

2 TURVALLISUUS

Työn keskeisenä tavoitteena on käsitellä teollisuusrobottien eri sovelluksia ja käyttöä ajoneuvoteollisuudessa. Silti on hyvä huomioida myös robotteja koskevia turvallisuus asioita sekä niiden vaikutusta turvallisuuteen. Yleisesti teollisuusrobottien turvallisuutta määrittää kaksi standardia, jotka ovat SFS-EN ISO 10218-1 ja 10218-2. Nämä standardit määrittelevät teollisuusrobottien, robottijärjestelmien ja niiden yhdistelmien turvallisuusvaatimukset. Standardeissa kuvataan *robotteihin liittyviä perusvaaroja ja esitetään vaatimuksia näihin vaaroihin liittyvien riskien poistamiseksi tai riittäväksi vähentämiseksi* (ISO 10218-1, 2011). Lisäksi osassa kaksi *määritellään turvallisuusvaatimukset teollisuusrobottien ja teollisuusrobottijärjestelmien yhdistämiseen siten kuin standardissa ISO 10218-1 määritellään sekä teollisuusrobottisolujen kokoonpanoon* (ISO 10218-2, 2011).

On tärkeää, että teollisuusrobottien turvallisuutta määritellään standardein, sillä teollisuusrobottien tapauksessa niiden toiminta hetkellisesti on tietokoneen eikä ihmisten hallinnassa. Kun standardi määrittelee tietyt raamit niiden toiminnalle, niin voidaan olettaa, että toimittaessa niiden mukaisesti saavutetaan kohtuullinen turvallisuus robotteja käytettäessä. Useissa tapauksissa käyttökohteen turvallisuusmäärittelyt ovat kuitenkin standardin määritelmää tiukemmat, sillä halutaan minimoida tapaturmien riski. Turvallisuus on myös elinehto sille, että teollisuusrobotteja voidaan hyödyntää tiloissa, joissa samanaikaisesti työskentelee ihmisiä. Sillä jo vuonna 1942 Isaac Asimov julkaisi robotiikan kolme pääsääntöä, jonka ensimmäisen kohdan mukaan robotti ei saa vahingoittaa ihmisolentoa tai laiminlyönnein saattaa tätä vahingoittumaan (Wallen, 2008)

Kun teollisuusrobottien toiminta on taattu siten, ettei niiden toiminnasta ole haittaa ihmiselle, voidaan siirtyä niiden suoriin vaikutuksiin ihmisen turvallisuuteen. Teollisuusrobotit vaikuttavat suoraan ihmisten turvallisuuteen, sillä niillä voidaan korvata ihmisen työpanosta tehtävissä, joissa on paljon toistoa tai ympäristön olosuhteet ovat ihmiselle epäedulliset. Hyvien työolosuhteiden ja turvallisuuden kautta, niillä on suora vaikutus yritysten tulokseen, tuottavuuteen ja imagoon. Eli hyödyntämällä teollisuusrobotteja saavutetaan siis tehokkaan tuotannon lisäksi myös muita keskeisiä etuja ajatellen yritysten liiketoimintaa.

3 ROBOTTIEN KÄYTTÖ AJONEUVOTEOLLISUUDESSA

Teollisuusrobotit ovat yksi merkittävimmistä keksinnöistä tuotannon tehokkuuden ja turvallisuuden parantamiseen edellisen sadan vuoden aikana. Ensimmäinen Unimationin valmistama teollisuusrobotti asennettiin General Motorsin tehtaalle vuonna 1961 (IFR, 2019a). General Motorsin jopa kaksinkertaistunut tuotanto kiinnitti eurooppalaisten ajoneuvovalmistajien, kuten BMW:n, Volvon ja Mercedes Benzin huomion, minkä seurauksena teollisuusrobotit alkoivat yleistyä myös eurooppalaisilla ajoneuvotehtailla (RIA, 2019). Siitä lähtien ne ovat olleet keskeisessä roolissa ajoneuvoteollisuuden tuotannossa.

Ajoneuvoteollisuuden kiinnostus ja investoinnit loivat perustan teollisuusrobottien määrän hurjalle kasvulle ja tähän päivään asti jatkuneelle kehitykselle. Nykypäivänä teollisuusrobotit ovat itsestäänselvyys eikä ajoneuvoteollisuuden yritykset pysty kilpailemaan markkinoilla ilman jonkin asteista automatisointia, sillä sen oletetaan parantavan yrityksen taloudellisuutta, tehokkuutta ja laatua. Vuonna 2018 teollisuusrobotteja asennettiin kokonaisuudessaan 422 271 kappaletta, joista ajoneuvoteollisuuden osuus oli noin 30% eli 125 581 robottia (IFR, 2019b).

Nykypäivänä ajoneuvoteollisuudessa tuotantomäärät ovat suuria juuri teollisuusrobottien ansioista. Suurten tuotantomäärien taustalla on kuitenkin yksinkertaistetut työvaiheet, jolloin teollisuusrobottien nopeus, tarkkuus ja työnlaatu on saatu hyödynnettyä parhaiten. Modernissa ajoneuvotehtaassa teollisuusrobotit ovat tuttu näky muun muassa seuraavissa sovelluksissa (Acieta, 2019):

- Hitsaus
- Materiaalien käsittely
- Kokoonpano ja asennus
- Pintakäsittely
- Materiaalien työstö
- Tuotannon tuki

Tässä työssä keskitytään näihin sovelluksiin ja teollisuusrobottien hyödyntämiseen niissä.

3.1 Teollisuusrobotit yleisesti

Teollisuusrobotti on systeemi, jota käytetään tuotannossa, se toimii automaattisesti, se on ohjelmoitavissa ja se kykenee liikkumaan kolmen tai useamman akselin suhteen. Teollisuusrobotit ja robottimaiset laitteet ovat määriteltäviä SFS-EN ISO 10218-1 ja 10218-2 standardeissa. Standardeissa määritellyt ominaisuudet teollisuusroboteille (ISO 10218-1, 2011):

- Automaatio-ohjattu
- Uudelleen ohjelmoitava
- Voidaan käyttää useissa eri sovelluksissa
- Pystyy tarttumaan kappaleisiin ja työkaluihin sekä liikkumaan usean vapausasteen alueella
- Vähintään kolmenivelinen
- Kiinteästi paikallaan oleva tai liikuteltava ja teollisuuden automaatio-sovellusten käytössä
- Mukaan kuuluu myös erillinen ohjauspaneeli, jolla teollisuusrobottia voidaan ohjata ja ohjelmoida

Määritelmät *voidaan käyttää useissa eri sovelluksissa* ja *uudelleen ohjelmoitava* tarkoittavat, että teollisuusrobotti on yleiskäyttöinen ja ohjelman muutoksella sijoitettavissa eri sovellukseen tai tehtävään. Ohjelman avulla ohjataan robottia kontrolloivia pneumaattisia, hydraulisia tai sähköisiä toimilaitteita, joilla robotin liikkeet ovat toteutettu. Teollisuusrobottien tärkein tehtävä on korvata ihmisiä sellaisissa paikoissa, sovelluksissa ja tehtävissä, joissa ihmisen ei ole turvallista työskennellä tai toistomäärät ovat epäinhimillisiä ihmiselle.

3.2 Teollisuusrobotit hitsauksessa

Teollisuusrobotteja on käytetty tuotannossa 1960-luvun alkupuolelta lähtien. Vuonna 1969 teollisuusrobottia käytettiin ensimmäisen kerran pistehitsauksessa General Motorsin tehtaalla, mutta robottihitsaus alkoi yleistymään kunnolla vasta 1980-luvulla. Nykypäivänä robottihitsausta pidetään yleisimpänä robotiikan sovelluksena ja arviolta

25% kaikista maailman käytössä olevista teollisuusroboteista toimii sen parissa. Ajoneuvoteollisuus on suurin yksittäinen robottihitsausta hyödyntävä teollisuussektori 40% osuudella. (TWI, 2019).

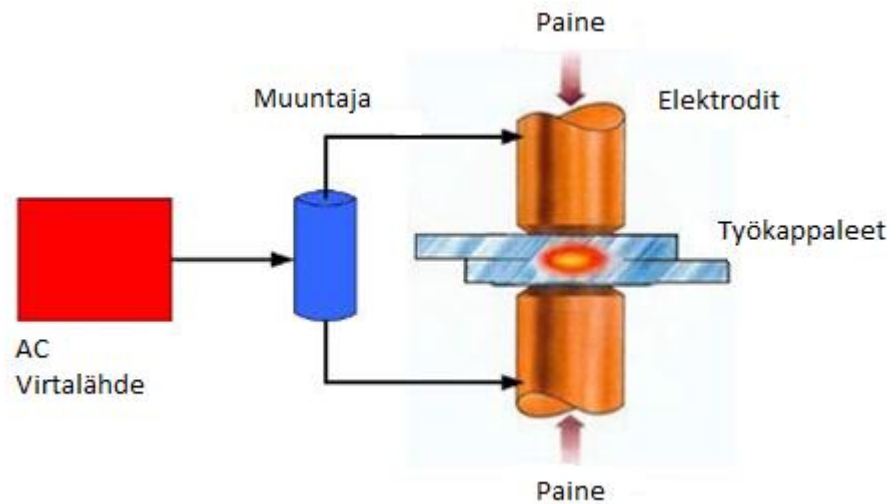
Robottihitsauksen alkuaikoina hitsausrobotteja hyödynnettiin yksinkertaisissa pistehitsaussovelluksissa. Vuosikymmenien saatossa robottien kehitys on kuitenkin mahdollistanut niiden käytön muillakin kehitetyillä hitsausmenetelmillä. Menetelmissä hitsauslaitteet ovat liitettynä robotin varren päähän. Yleisimpinä hitsausmenetelminä ajoneuvoteollisuudessa käytetään seuraavia (Devarasiddappa, 2014):

- Pistehitsaus
- Kiekkohitsaus
- MIG- ja TIG-hitsaus
- Laserhitsaus
- Plasmahitsaus

Teollisuusrobottien hyödyntämiseen hitsauksessa on kolme päätekijää: laatu, tuottavuus ja turvallisuus (RIA, 2017). Robottien avulla pystytään tuottamaan laadukkaita ja tarkkoja saumoja kerta toisensa jälkeen. Ne parantavat tuottavuutta huomattavasti, sillä ne toimivat ilman taukoja ja väsymättä. Ne pystyvät tekemään useita monimutkaisia saumoja samanaikaisesti ja toimimaan koko ajan teoreettisella maksiminopeudella laadun kuitenkaan kärsimättä. Lisäksi teollisuusrobottien avulla ihmisiä ei tarvitse altistaa kipinöille, lämmölle, säteilylle ja myrkyllisille kaasuille, joita hitsauksen aikana syntyy.

3.2.1 Pistehitsaus

Ajoneuvoteollisuuden yleisin ja pisimpään käytössä ollut hitsausmenetelmä on pistehitsaus. Pistehitsauksessa hitsauspäät painetaan yhdistettäviä kappaleita vasten ja hitsauspäiden läpi johdetaan sähkövirtaa, jolloin yhdistettävien kappaleiden aiheuttama resistanssi tuottaa lämpöä ja kappaleet hitsautuvat toisiinsa kiinni. Nimensä mukaisesti pistehitsaus tuottaa vain hitsauspäiden kokoisen liitoksen yhdistettäviin kappaleisiin, eikä näin ollen muodosta jatkuvaa saumaa. Kuvassa 1 on esitelty pistehitsauksen toimintaperiaate.



Kuva 1. Pistehitsauksen toimintaperiaate (Devarasiddappa, 2014).

Yleisimmin menetelmällä kootaan ajoneuvon koreja hitsaamalla metallilevyistä muokattuja osia toisiinsa. Perinteisessä ajoneuvon korissa on keskimäärin 4500 hitsauspistettä, joten teollisuusrobottien hyödyntäminen on välttämättömyys tuotannon tehokkuuden ja laadun varmistamiseksi (Devarasiddappa, 2014). Kuvassa 2 on esitelty pistehitsausrobotti hitsaamassa ajoneuvon koria.

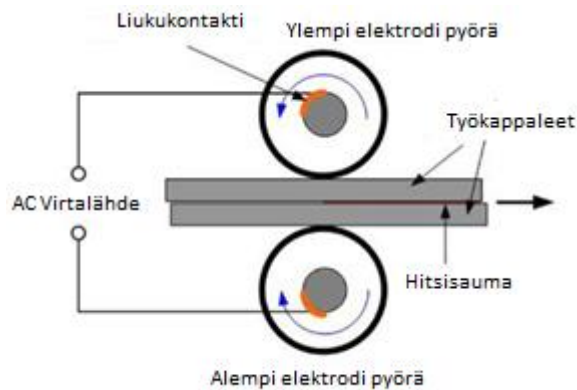


Kuva 2. Pistehitsausrobotti hitsaamassa ajoneuvon koria (Devarasiddappa, 2014).

3.2.2 Kiekkohitsaus

Kiekkohitsauksessa hitsisauman muodostaa kaksi toisiaan vasten pyörivää kiekkoa, joihin johdetaan sähkövirtaa ja joiden välissä yhdistettävät kappaleet ovat. Menetelmällä

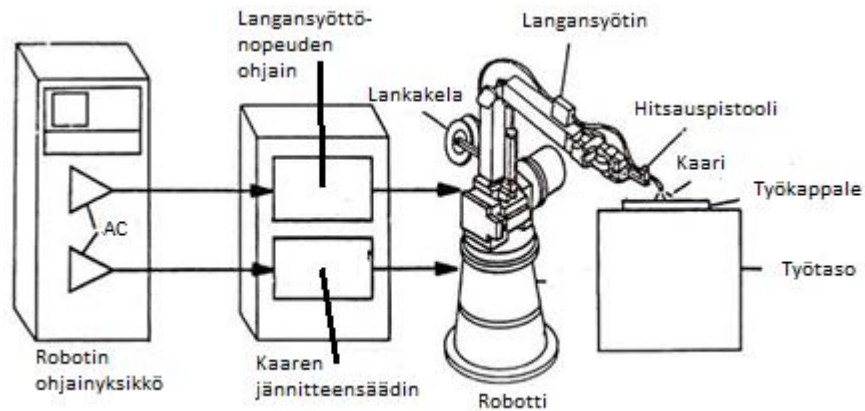
muodostetaan hitsattaviin kappaleisiin pitkiä yksinkertaisia hitsisaumoja. Ajoneuvoteollisuudessa tällä menetelmällä valmistetaan esimerkiksi polttoainetankkeja, sillä ne ovat muodoltaan yksinkertaisia ja hitsauksen jälkeen saumojen täytyy olla ilmatiiviitä (Devarasiddappa, 2014). Menetelmä mahdollistaa korkean hitsausnopeuden, mutta hitsauskierrojen koko rajoittaa valmistettavien tuotteiden muotoja. Kuvassa 3 on esitelty kiekkohitsauksen toimintaperiaate.



Kuva 3. Kiekkohitsauksen toimintaperiaate (Devarasiddappa, 2014).

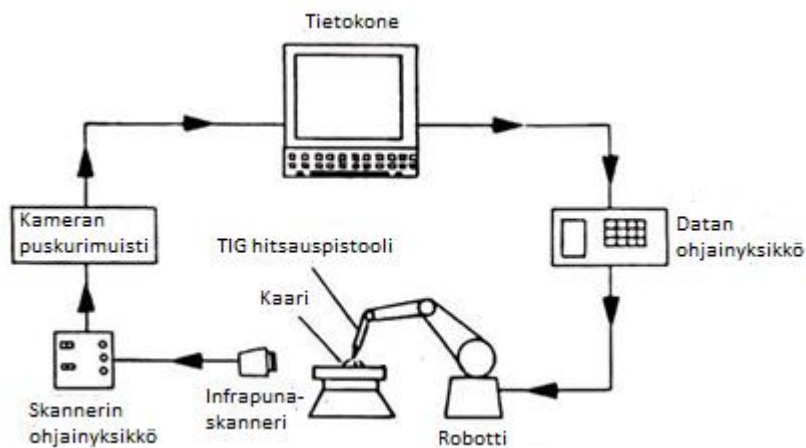
3.2.3 MIG- ja TIG-hitsaus

MIG- ja TIG-hitsaus ovat kaarihitsausmenetelmiä, joissa sauman muodostamiseen tarvittava lämpö tuotetaan sähkövirralla aikaansaadun valokaaren avulla. MIG- ja TIG-hitsauksessa valokaari palaa suojakaasun ympäröimänä. Suurimpana erona menetelmillä on, että MIG-hitsauksessa valokaari palaa lisäainelangan ja hitsattavan kappaleen välissä, kun taas TIG-hitsauksessa valokaari palaa sulamattoman volframielektrodin ja hitsattavan kappaleen välissä. Molemmissa menetelmissä hyödynnetään yleisesti suojakaasua, jolla vältetään hitsisulan ja hapen väliset sauman laadun kannalta epäedulliset kemialliset reaktiot. Vaikka menetelmillä on yhteisiä piirteitä, ne eivät yleisesti ole keskenään vaihtokelpoisia. TIG-hitsaus sopii MIG-hitsausta paremmin erikoisemmille metallilaaduille, ohuemmille materiaalipaksuuksille ja pienempiin projekteihin (Wikipedia, 2019a). Molempia hitsausmenetelmiä käytetään ajoneuvoteollisuudessa erityisesti korjaussovelluksissa ja erikoiskomponenttien valmistuksessa. Kuvassa 4 on esitelty perinteinen robotisoitu MIG-hitsauslaitteisto.



Kuva 4. Robotisoitu MIG-hitsauslaitteisto (Shrijit, 2019).

Vastaava robotisoitu TIG-hitsauslaitteisto on esitelty kuvassa 5.

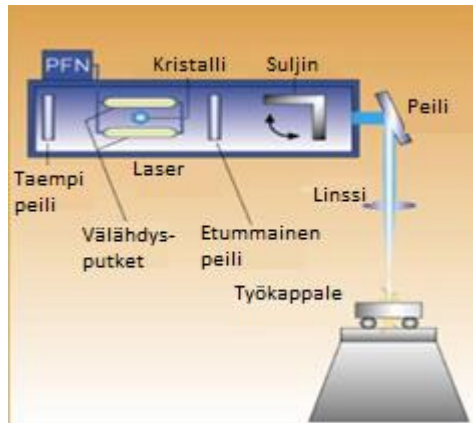


Kuva 5. Robotisoitu TIG-hitsauslaitteisto (Shrijit, 2019).

3.2.4 Laserhitsaus

Laserhitsausteknologia on kasvattanut jalansijaan ajoneuvoteollisuuden hitsausmenetelmänä sen huomattavien hyötyjen takia. Menetelmän isoimpia etuja ovat joustavuus, tuottavuuden kasvu ja huomattavat säästöt kunnossapito- ja energiakustannuksissa (Devarasiddappa, 2014). Laserhitsaus perustuu lasersäteeseen ja valon infrapuna-aaltoalueen käyttöön. Menetelmässä hyödynnetään ristikkäisvirtaus-tyyppistä CO₂-laseria. Hitsaukseen käytettävän lasersäteen tehoalue voi olla välillä

0.5-30 kW, mutta yleisimmin käytetty tehoalue on 3-5 kW (Devarasiddappa, 2014). Tällä lasertyypillä ja yleisimmin käytetyllä tehoalueella pystytään hitsaamaan 0.2-6 mm paksuja metallilevyjä, eli menetelmä soveltuu laajasti ajoneuvoteollisuuden tarpeisiin. Kuvassa 6 on esitelty laserhitsauksen toimintaperiaate.



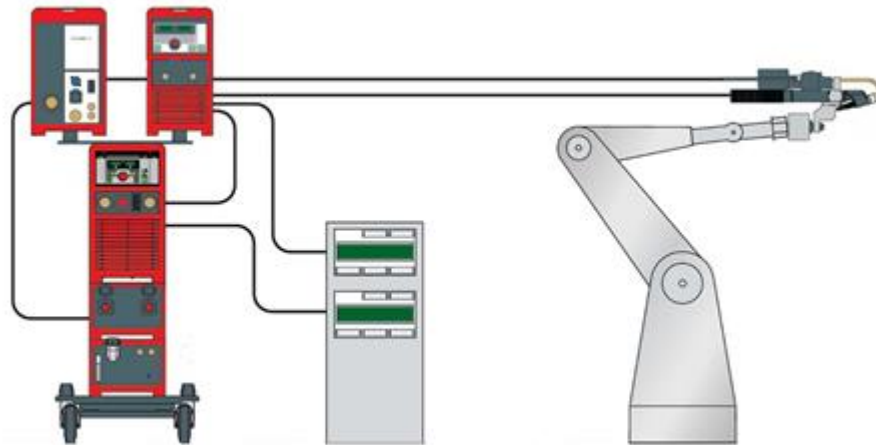
Kuva 6. Laserhitsauksen toimintaperiaate (Devarasiddappa, 2014).

Menetelmässä lasersäde ohjataan kuparipeilien avulla hitsattavaan kappaleeseen. Hitsisauman ominaisuuksiin vaikuttaa hitsauslaserin teho, nopeus ja fokuspisteen koko. Laserhitsausta hyödynnetään muun muassa ajoneuvojen osien valmistuksessa sekä yhdistettäessä ajoneuvon koriin kattopelti. Yhdistettäessä kattopeltiä koriin saavutetaan laserhitsauksella jatkuva ja tarkka vesitiivis sauma. Lisäksi hitsisauman jälkikäsitteily ei ole välttämätön (Devarasiddappa, 2014).

3.2.5 Plasmahitsaus

Plasmahitsaus kuuluu MIG- ja TIG-hitsauksen tavoin kaarihitsausmenetelmiin. Menetelmässä valokaari palaa plasma- ja suojakaasun ympäröimänä sulamattoman volframidelektrodin ja hitsattavan kappaleen välissä. Samoin kuin muissakin kaarihitsausmenetelmissä lämmön lähteenä toimii valokaari, jossa sähköä johtaa kaareissa plasmaksi hajonnut kaasu. Plasmakaari muodostuu, kun valokaari syötetään plasmakaarivirtauksen mukana kuparisuuttimen läpi suurella nopeudella. Suuttimessa kaari muuttuu sylinterimäiseksi ja kuroutuu, jolloin sen energiatiheys kasvaa. Tällöin kaaren lämpö siirtyy hyvin virtaavaan kaasuun. Plasmahitsauksen energiatiheys on ainoana kaarihitsausmenetelmänä riittävän suuri tekemään lävistävän hitsauksen. Lävistävässä hitsauksessa lävistysreikää liikutetaan hitsausraillon mukaisesti ja

plasmapatsas sulattaa liikkeen taakse hitsisulaa, johon se jähmettyy ja muodostaa hitsin (Wikipedia, 2019a). Ajoneuvoteollisuudessa plasmahitsausta hyödynnetään esimerkiksi pakoputkien ja vaihteiston osien valmistuksessa. Kuvassa 7 on esitelty perinteinen robotisoitu plasmahitsauslaitteisto.



Kuva 7. Robotisoitu plasmahitsauslaitteisto (Fronius, 2019).

3.3 Teollisuusrobotit materiaalien käsittelyssä

Teollisuusrobottien pääkehityssuuntana niiden kehityksen alkuvaiheissa 1970-luvulla oli materiaalien käsittelysovellukset. Materiaalien käsittelyssä tärkein ominaisuus oli riittävä kuormankantokyky, joka saavutettiin jo hyvin alkeellisilla menetelmillä ja toimilaitteilla (Wallen, 2008). Nykypäivänä materiaalien käsittelyssä käytettävät robotit hyödyntävät kaikkea modernia teknologiaa, jonka avulla eri kokoisia ja mallisia kappaleita voidaan poimia ja siirtää halutusti. Ajoneuvoteollisuuden sovelluksista materiaalien käsittelyn parissa toimii eniten erilaisia robotteja. Hyödynnettäviä robotteja ovat muun muassa AMR:t, AGV:t, tavalliset robottivarret sekä erilaiset hybridi kokoonpanot.

Materiaalien käsittelyä pidetään yhtenä tylsimpänä, pitkävetisimpänä ja vaarallisimpana tehtävänä teollisuudessa. Syynä tähän ovat vaihtelevat ja mahdollisesti suuret taakat, joita täytyy siirrellä jatkuvasti. Tästä syystä ihmisen työpanosta on turhaa hyödyntää näihin tehtäviin. Yksinkertaisuutensa vuoksi materiaalien käsittely on yksi helpoiten automatisoitavista sovelluksista ja automatisoituna sen avulla tehostetaan tuotantoa

huomattavasti. Lisäksi teollisuusrobotteja voidaan hyödyntää useiden eri työvaiheiden- ja koko tuotantoprosessin tukena niiden joustavuuden ja monipuolisuuden vuoksi (Acieta, 2019).

Materiaalien käsittelyyn valittaessa teollisuusrobottia tärkeimpiä ominaisuuksia ovat kuormankantokyky ja ulottuvuus. Kyseiset ominaisuudet määrittelevät teollisuusrobotin kokoluokan. Näiden ominaisuuksien lisäksi huomioitavaa on robotin kiinnitys. Välillä ulottuvuus saattaa vaatia kokoluokkaa suurempaa robottia, kuin kuormankantokyky, jolloin kannattaa miettiä olisiko pienempi robotti riittävä esimerkiksi seinä- tai kattokiinnityksellä. Materiaalien käsittely on yksi harvoista sovelluksista, joissa robotin kokoluokan ylimitoitusta kannattaa harkita. Perusteena ylimitoitukselle on teollisuusrobotin helppo uudelleen työllistäminen eri tehtävään, työvaiheeseen tai sovellukseen (Acieta, 2019).

Sovelluksena materiaalien käsittely on yksi laajimmista teollisuuden robotiikan sovelluksista. Tyypillisin mielikuva materiaalien käsittelysovelluksesta on tuotteiden siirtäminen robottivarrella paikasta toiseen lyhyen etäisyyden sisällä. Materiaalien käsittelyyn kuuluu kuitenkin myös tuotteiden siirtely tuotantotiloissa esimerkiksi varastosta työpisteelle tai toisinpäin. Tällaisiin pidemmän siirtymän kuljetuksiin robotiikassa on kehitetty AGV:t, eli Automatic Guided Vehicles sekä niiden kehittyneemmät yhteistoimintarobotteihin verrattavat AMR:t, eli Autonomous Mobile Vehicles (Acieta, 2019).

AGV:tä voidaan verrata perinteiseen teollisuusrobottiin, jolla on yksi vakio työtehtävä. AGV:tä alettiin hyödyntämään laajasti 1990-luvun lopulla. Niitä voidaan hyödyntää esimerkiksi raakamateriaalien siirtämiseen varastosta työpisteelle tai tuotteiden siirtelyyn työpisteiden välillä. Näiden robottien liikkuminen perustuu toiminta-alueen lattiaan merkattuihin uriin, vajereihin, kameroihin tai lasereihin. Robotit seuraavat vain merkattua reittiä, eivätkä täten pysty liikkumaan joustavasti tuotantotiloissa (Wikipedia, 2019b).

Joustavuutta materiaalien käsittelyyn on lähdetty kehittämään tuomalla yhteistoimintarobottien periaatteita näihin perinteisiin AGV:in. Autonomisuus mahdollistaa robottien hyödyntämisen useammilla aloilla ja parantaa materiaalien

käsittelyn joustavuutta. Näitä AMR:iä voidaan hyödyntää pienien ja keskisuurien komponenttien kuljettamiseen joustavasti tuotantotiloissa. Joustavuutta ne luovat yhteistoimintarobottien tapaan mahdollistamalla toiminnan ihmisten lähettyvillä. Tällöin ne eivät ole sidottuna tietylle reitille, vaan ne pystyvät toimimaan vapaasti käytettävissä olevan tilan puitteissa (Schweder, 2017).

Koska AMR:t ovat vielä varhaisessa kehityksen vaiheessa, on teollisuudessa kehitetty jo olemassa olevien AGV:den joustavuutta lisäämällä niihin perinteinen robottivarsi, jolla voidaan lastata ja purkaa kuljetinta (Schweder, 2017). Teollisuusrobottien hyödyntämisen kolme päätekijää materiaalien käsittelyssä on nopeus, tarkkuus ja inhimillisten virheiden puute. Näistä tekijöistä seuraa tuotannon joustavuuden, laadun ja tuottavuuden paraneminen. Lisäksi teollisuusrobotit voivat tehdä työn pimeässä tai vaarallisessakin ympäristössä ilman ongelmia, jolloin saavutetaan parempi turvallisuus ja säästöä energiakustannuksissa.

3.4 Teollisuusrobotit kokoonpanossa ja asennuksessa

1970- ja 1980-luvun vaihteessa teollisuusrobottien kehittämistä ohjasi tuotteiden asennus ja kokoonpano sovellukset. Jo aikaisemmin 1970-luvulla robottien voima oli saatu kohtuulliselle tasolle, mutta asennus, kokoonpano- ja hitsaussovelluksiin niiden toistotarkkuutta ja nopeutta täytyi parantaa. Tuohon asti teollisuusrobottien liikkeet oli toteutettu hydraulisesti, mutta toistotarkkuutta ja nopeutta parantaakseen valmistajat siirtyivät käyttämään sähkötekniikkaa.

Moderni kokoonpanolinja sai alkunsa vuonna 1913, kun Ford alkoi tuottaa Model T -malliaan liukuhihnatyypisellä massatuotantona. Liukuhihnatyypisessä tuotannossa tuotantolinja on jaettu työpisteisiin, joissa suoritetaan mahdollisimman yksinkertaistettu työtehtävä. Aina 1980-luvulle asti työtehtäviä hoiti ihminen, kunnes teollisuusrobottien voima, toistotarkkuus ja nopeus oli saatu riittävälle tasolle, jotta niitä voitiin alkaa hyödyntämään tuotannossa. Teollisuusrobottien määrä tuotantolinjoilla kasvoi vauhdilla, sillä ne pystyivät toteuttamaan yksinkertaisia tehtäviä taukoamatta, tarkasti ja riittävällä nopeudella, eli parantaen juuri niitä ongelmia, joita liukuhihnatuotannossa oli ihmistyövoimalla.

Nykypäivänä robotisoitu kokoonpanoautomaatio voidaan jakaa kahteen pääryhmään: kiinteään ja joustavaan automaatioon. Kiinteässä automaatiossa tuotantosolu on nimensä mukaisesti kiinteästi paikallaan ja laitteiston automatisointi on tehty käyttäen hyväksi akseleita, rattaita ja johtoja, jotka eivät ole nopeasti vaihdettavissa. Tällaista automaatiota kannattaa käyttää vain suurien tuotantoerien tuotannossa, sillä investointikustannukset ovat suuret ja työvaiheen muuttaminen on hidasta ja kallista (Groover, 2019). Joustavaan automaation kuuluvat työssäkin keskeisesti esillä olevat teollisuusrobotit. Lisäksi joustava automaatio voidaan vielä jakaa kahteen alahaaraan: kiinteään- ja liikuteltavaan ohjelmoitavaan automaatioon. Molemmissa tapauksissa tuotantoerät voivat olla kohtuullisen pieniäkin sillä työkalujen ja ohjelman muutos on kohtuullisen nopea ja edullinen (Groover, 2019).

Ajoneuvoteollisuuden kokoonpanossa ja asennuksessa käytettävä automaatio keskittyy pitkälti joustavaan automaatioon, sillä ajoneuvot koostuvat tuhansista erikokoisista osista, joten käytettävän automaation täytyy olla muunneltavissa useaan tarkoitukseen. Muunneltavuuden lisäksi nykypäivän ajoneuvoteollisuudessa on tärkeää, että teollisuusrobotit pystyvät toimimaan saumattomasti ihmisten kanssa. Tällaisia robotteja kutsutaan yhteistoimintaroboteiksi ja niiden kehitys on ollut robotiikan keskeisin kehityskohde 2010-luvulla.

Yhteistoimintarobottien keskeisiä tunnuspiirteitä ovat, että ne jakavat työtilan ihmisten kanssa ja lopettavat toiminnan, mikäli etäisyys on liian pieni. Tällaisessa tilanteessa robottien ja ihmisten on mahdollista työskennellä saumattomasti yhteen. Saumattomalla yhteistyöllä mahdollistetaan korkea tuotannon tehokkuus, joustavuus ja luotettavuus. Näihin ominaisuuksiin lisättynä perinteiset teollisuusrobottien ominaisuudet, eli kuormankantokyky, uudelleen ohjelmoitavuus ja tarkkuus mahdollistetaan turvallisempi työympäristö työntekijöille laadukkaan tuotannon lisäksi (Dragon Innovation, 2019).

Ajoneuvoteollisuuden kokoonpano ja asennus sovelluksissa kappaleiden koot ja painot vaihtelevat suuresti riippuen työvaiheesta. Liukuhihnatyypisessä tuotannossa lisäksi työvaiheet ovat yksinkertaisia ja toistoja kertyy paljon. Näihin ongelmiin robotit ovat ratkaisu, sillä niiden avulla vähennetään työntekijöiden väsymistä ja pienennetään

tapaturmariskiä. Lisäksi ajoneuvoteollisuuden tapauksessa myös aiemmin mainitut yhteistoimintarobottien tarjoamat edut ovat selkeästi läsnä.

Vaikka yhteistoimintarobotit ovat edukseen erityisesti kokoonpano- ja asennussovelluksissa, niin niiden osuus vuonna 2018 asennetuista roboteista oli vain 3,24%, eli niiden osuudeksi jäi alle 14000 kappaletta (IFR, 2019c). Kuitenkin Global Collaborative Robots Market Analysis 2019 mukaan yhteistoimintarobottien markkina-arvon oletetaan kasvavan vuoden 2018 649,1 miljoonasta dollarista 18,1 miljardiin dollariin vuoteen 2026 mennessä (Dragon Innovation, 2019). Markkina-arvon oletettavalle valtavalle kasvulle on useampi syy, joista suurin on kasvava kysyntä kokoonpano- ja asennussovelluksissa kaikilla teollisuussektoreilla.

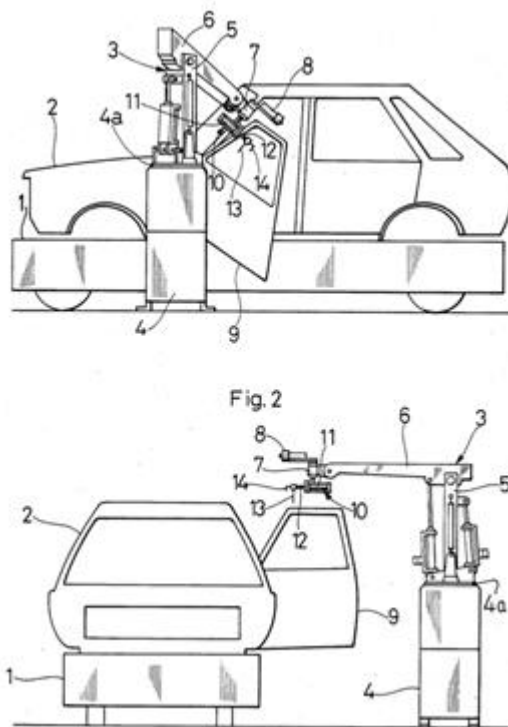
Kasvavana trendinä kokoonpano- ja asennussovelluksissa on hyödyntää konenäköä robottien toiminnassa. Konenäön avulla robotit voivat asentamisen lisäksi tarkastaa työnsä laadun, jolla vähennetään asennuksessa tapahtuvia virheitä. Ford on yksi useista yhtiöistä, jotka ovat siirtyneet käyttämään konenäön omaavia teollisuusrobotteja kokoonpano- ja asennustehtävissä. Niiden avulla asennuksessa osien väliin jääviä rakoja saadaan pienennettyä ja näin vähennettyä esimerkiksi tuulesta johtuvaa huminaa. Erään Fordin insinöörin mukaan konenäköä hyödyntävien robottien kokoonpaneman ajoneuvon työnjälki on kuin erikoisvalmisteisen ajoneuvon, johtuen valmistustarkkuudesta (RobotWorx, 2019).

3.5 Teollisuusrobotit pintakäsittelyssä

Eräs varhaisimmista teollisuusrobottien sovelluskohteista ajoneuvoteollisuudessa on ollut erilaiset pintakäsittelytehtävät. Pintakäsittelyssä teollisuusrobotteja on hyödynnetty 1980-luvun alkupuolelta alkaen (Wallen, 2008). Tuolloin teollisuusrobotit olivat hydraulikkatoimisia, mutta hydraulikasta on siirrytty teollisuusrobottien kehityksen myötä sähkötekniikkaan. Kuitenkin molempia teknologioita hyödynnetään vielä tänäkin päivänä. Yleisimmin pintakäsittelyssä käytettävät teollisuusrobotit ovat viisi tai kuusi akselisia ja perinteisiä robottivarsi -tyyppisiä. Tällaisilla roboteilla on erinomainen ulottuvuus ja hoikan rakenteen vuoksi niillä pystytään maalaamaan ahtaissakin paikoissa (FCR, 2019). Näiden ominaisuuksien lisäksi robottivarsi -tyyppisiä robotteja on useita

erikokoisia ja erilaisin ominaisuuksin varustettuja, jolloin jokaiseen kohteeseen löytyy sopiva robotti.

Pintakäsittelysovellukset vaativat teollisuusroboteilta tiettyjä erikoisominaisuuksia. Johtuen maalipölystä ja pintakäsittelystä aiheutuvista kaasuista täytyy käytettävien teollisuusrobottien olla räjähdysuojattuja. Robottivarren lisäksi pintakäsittelyrobottien kokonaisuuteen kuuluu maalinlevitin, pumppuja, värinvaihtojakotukki, solenoidiventtiileitä, muuntajia ja paineentasaajia (Kawasaki, 2019). Lisäksi pintakäsittelyroboteihin voidaan lisätä esimerkiksi kahva oven avaamista varten, jotta robotti pystyy maalaamaan ajoneuvon sisä- ja ulkopuolen yhdellä kerralla. Tällainen ratkaisu löytyy Mazda Motor Corporationin patentista vuodelta 1985 (Wikipedia, 2019c), joka on esiteltyinä kuvassa 8. Kokonaisuutena pintakäsittelyrobotit ovat siis monimutkaisimpia ajoneuvoteollisuudessa hyödynnettäviä robotteja.



Kuva 8. Mazda Motor Corporationin patentti vuodelta 1985 (Wikipedia, 2019c).

Teollisuusroboteja hyödyntämällä pintakäsittelysovelluksissa saavutetaan useita etuja, joista on hyötyä erityisesti ajoneuvoteollisuuden kaltaisessa massatuotannossa. Niiden avulla käytetyn maalin tai muun levitettävän tuotteen kulutus voidaan optimoida

mahdollisimman pieneksi, koska robotin toiminta voidaan ohjelmoida tuottamaan paras mahdollinen pinnanlaatu kyseisellä kulutuksella. Lisäksi pintakäsittelyssä esiintyviltä virheiltiltä, kuten valumilta vältytään, kun levitettävää tuotetta on pinnalla sopiva määrä (FCR, 2019).

Nykypäivänä pintakäsittelyrobottien työnjälkeä parantaa konenäkö, jonka avulla robotti tunnistaa maalattavan kappaleen rajoja ja osaa hyödyntää niitä reittinsä suunnittelussa. Toisena päähyötynä voidaan pitää robotin joustavaa kiinnitystä, jolloin se voidaan kiinnittää esimerkiksi seinälle tai kattoon. Tällaisilla kiinnityksillä säästetään lattiatilaa sekä mahdollistetaan robotille erilaisia ulottuvuuksia. Kolmantena päähyötynä voidaan pitää työntekijöiden hyvinvoinnin kasvua, koska työvoimaa ei tarvitse altistaa pintakäsittelyssä aiheutuville myrkyllisille pölyille ja kaasuille (FCR, 2019).

Pintakäsittelyssä teollisuusroboteilla voidaan hyödyntää useita eri pintakäsittelytuotteita. Näistä esimerkkeinä ovat esimerkiksi yksi- ja kaksikomponenttimaalit sekä vesipohjaiset maalit, mutta käytännössä teollisuusroboteilla voidaan käyttää kaikkia tunnettuja pintakäsittelytuotteita. Pintakäsittelyssä voidaan hyödyntää useaa robottia samanaikaisesti, jolloin tuotannon tehokkuus kasvaa. Lisäksi modernin konenäön avulla voidaan myös tarkastaa työnjälki, jolloin virheellisesti käsitellyt tuotteet voidaan siirtää automaattisesti jatkokäsittelyyn.

3.6 Teollisuusrobotit materiaalin työstössä

Vuosikymmeniä valmistajat ovat käyttäneet teollisuusrobotteja erilaisissa sovelluksissa mukaan lukien yksinkertaiset materiaalin työstösovellukset. Moderni teknologia on kuitenkin parantanut huomattavasti askelin teollisuusrobottien voimantunnistusta ja konenäön avulla niiden käyttöä on voitu laajentaa hankalampiinkin työstösovelluksiin. Materiaalien työstö nykyisellään kuuluu yhteen uusimmista sovelluksista, joihin teollisuusrobotteja voidaan hyödyntää. Teollisuusrobotit kykenevät erilaisten materiaalien työstöön aina metalleista kuitumateriaaleihin. Tämän vuoksi niitä voidaan käyttää erilaisissa koneistus- ja viimeistelytehtävissä. Kehittyntä teknologiaa hyödyntämällä teollisuusrobotit pystyvät myös leikkaamaan kangasta muotoon, hiomaan valujen purseita ja kiillottamaan pintoja (Acieta, 2019).

Materiaalien työstösovelluksissa materiaaleja on laidasta laitaan ja kappaleiden muodot saattavat vaihdella paljonkin, jolloin täytyy ottaa huomioon useita muuttujia, jotka vaikeuttavat teollisuusrobottien käyttöä. Niitä ovat muun muassa työstettävien kappaleiden lähtökohdat ja koot, kohdistukseen liittyvät muutokset, työkalujen kuluminen ja voimankäyttö. Lisänsä kaikkiin näihin muuttujiin tuo työstettävä materiaali.

Teollisuusroboteille on materiaalien työstössä useita sovelluksia, joista yleisimpiä ovat (Acieta, 2019):

- Hionta
- Kiillotus
- Koneistus
- Poraus
- Purseenpoisto

Näistä haastavimpia ovat purseitten poisto- ja viimeistelytehtävät, sillä niissä kappaleiden muodot ja koot vaihtelevat eniten. Useimmissa materiaalien työstösovelluksissa on järkevämpää, että teollisuusrobotilla liikutetaan työstettävää kappaletta, jolloin käytetty työkalu on kiinteästi paikallaan. Tällöin teollisuusrobotilla voidaan tehdä useita tehtäviä peräkkäin, mikä parantaa tuotannon joustavuutta. Esimerkkinä tällaisesta usean työvaiheen sarjasta on tapaus, jossa teollisuusrobotilla aluksi noudetaan valettu muovikappale muotista, poistetaan siitä purseet ja lisätään kappaleen saumoihin liimaa, jolloin se voidaan siirtää suoraan varastoon tai asennettavaksi (Acieta, 2019).

Tuotannon joustavuuden lisäksi materiaalien työstössä teollisuusrobotteja hyödyntämällä saavutetaan muitakin etuja. Yhtenä suurimpana etuna voidaan pitää ihmistä huomattavasti parempaa toistotarkkuutta. Paremmalla toistotarkkuudella saavutetaan pienemmät laatuun liittyvät kustannukset, kun romut ja uudelleen työstö saadaan minimiin. Pienentyneiden tuotanto- ja laatu-kustannusten lisäksi etuina ovat pienempi ja ennustettavampi työkalujen kuluminen, pienempi henkilösuojaimien tarve ja parempi työturvallisuus sekä terveys, sillä työntekijöiden ei tarvitse työskennellä tärinän ja pölyn keskellä (Acieta, 2019). Huomattavien kustannussäästöjen lisäksi valmistetut tuotteet

ovat tasalaatuisempia ja työnantajien ei tarvitse kouluttaa työntekijöitä tiettyyn työvaiheeseen.

3.7 Teollisuusrobotit tuotannon tukena

Vuosikymmenien ajan ja vielä tänäkin päivänä valmistusprosessien tukitehtäviä hoitaa ihminen, mutta ihmisten työpanosta siirretään koko ajan haastavampiin, palkitsevampiin ja tuottavampiin tehtäviin, jolloin yksinkertaisien tehtävien hoidosta huolehtii teollisuusrobotti. Vähitellen teollisuusrobotteja on alettu käyttää tuotannossa ja osien valmistuksessa varsinaisen työprosessin tukena. Useissa tapauksissa varsinainen työprosessi on jo automatisoitu, mutta tuotannon tehokkuutta ja tuotantokykyä kehitettäessä törmätään ongelmaan, jossa itse työprosessia ei saada enää kehitettyä, jolloin potentiaalia lähdetään etsimään tukitoiminnoista. IFR World Robotics Statistics 2015 mukaan Etelä-Koreassa on 500 robottia, Saksassa ja Japanissa 300 robottia, Ruotsissa ja Tanskassa 200 robottia 10000 työntekijää kohden (Tongue, 2017). Näistä luvuista voidaan päätellä, että valtaosa työtehtävistä tekee siis edelleenkin ihminen.

Yleisimmin teollisuusrobotteja hyödynnetään tukitehtävissä, joissa työtehtävä sisältää jatkuvaa tuotteiden siirtelyä, eli erilaiset lastaus- ja purkutehtävät tai tehtävät, joissa kappaleet ovat muuten vaarallisia ihmisen käsitellä. Tällaista vaaraa ihmiselle aiheuttaa esimerkiksi kappaleiden kuumuus ja työprosessista aiheutuvat myrkylliset kaasut (Tongue, 2017). Tuotannon tukisovellukset ovat erittäin lähellä materiaalien käsittelysovelluksia, mutta huomattavimpana erona tuotannon tuessa teollisuusrobottien täytyy toimia yhdessä esimerkiksi tietokoneohjatun jyrsimen kanssa, mikä lisää järjestelmän monimutkaisuutta.

Tehtäviä, joissa teollisuusrobotteja yleisesti hyödynnetään tukitoiminnoissa ovat (RIA, 2018):

- hiominen
- jyrsiminen ja sorvaus
- leimaus ja muut hienotyöstömenetelmät
- puristusmuovaus ja hitsaus
- valumuovaus

Tärkeimpänä hyötynä teollisuusrobottien käytössä näiden tehtävien tukena on huomattavasti parempi käyttöaste verrattuna ihmisen suorittamaan manuaalisen lastaukseen ja purkuun. Käyttöasteeseen vaikuttaa erityisesti se, että teollisuusrobotti toimii aina vakionopeudella, eikä sen työskentelyyn vaikuta väsymys tai olotila. Teollisuusrobotin työskentelyn keskeyttää ainoastaan suunnitellut ja vioista johtuvat huollot. Paremman käyttöasteen lisäksi teollisuusrobotit ovat työskentelyssään tarkempia kuin ihmiset, jolloin valmistettavien tuotteiden laatu paranee. Lisäksi työprosessissa tapahtuvien virheiden määrä vähenee, jolloin tuotantokapasiteetti saadaan maksimoitua ja hukkaan menevä materiaali ja aika minimoitua (RIA, 2018).

4 TULEVAISUUS

Tulevaisuudessa teollisuusrobottien käyttö tulee kasvamaan niin ajoneuvoteollisuudessa kuin muillakin teollisuuden sektoreilla. Syy tähän kasvuun löytyy teollisuusrobottien koko ajan kehittyvästä joustavuudesta. Niitä voidaan hyödyntää yhä monimutkaisemmissa sovelluksissa ja muuttuvissa olosuhteissa. Joustavuuden kehitys johtuu pääasiassa anturitekniikan, konenäön ja koneoppimisen kehityksestä. Ne mahdollistavat teollisuusrobottien hyödyntämisen ihmisten läheisyydessä sekä erilaisissa sovelluksissa ja tehtävissä. Kuitenkin tässä teknologiassa ja sen saumattomassa yhteistyössä on vielä kehitettävää. Näiden lisäksi kehittyneellä automaatiotekniikalla mahdollistetaan esimerkiksi kappaleessa 3.3 mainitut AMR:t, joiden kehitys on vasta alkutaipaleella. AMR:t tulevat tehostamaan tuotantoa ja materiaalien hallintaa tulevaisuudessa.

Vielä toistaiseksi teknologian avulla teollisuusrobotit pystyvät ainoastaan näkemään ja koskemaan, mutta ohjelmoinnin avulla sille täytyy kertoa, että mitä se näkee ja koskee. Tulevaisuudessa nykyisen teknologian avuksi tuodaan Internet of Things, joka mahdollistaa teollisuusrobottien koneoppimisen. Tämän avulla ne voivat ymmärtää mitä ne näkevät. Teknologian kehittyessä robotit voivat hyödyntää näitä tietoja itsenäisesti ja kehittää itse toimintaansa.

Nykypäivänä ja kasvavissa määrin tulevaisuudessakin teollisuusrobotit mahdollistavat enemmän, kuin pelkän tehokkaan ja turvallisen tuotannon. Niiden ominaisuudet määrittelevät miten tulevaisuudessa suunnitellaan tuotantolaitoksia, sillä maksimaalisen hyödyn saamiseksi prosesseja ja tuotantoa täytyy suunnitella ja innovoida uudelleen. Näihin optimointeihin ja kehitykseen saadaan eväitä kehittyneestä automaatiosta ja sensoreista kerättävällä datalla. Datan avulla voidaan tehdä analyyseja ja löytää tuotannon pullonkauloja. Samalla data mahdollistaa tuotannon täyden seurannan, jolloin virheet ja ongelmat voidaan löytää ja selvittää. Näin voidaan tulevaisuudessa tehdä tuotannon kannalta parempia päätöksiä.

5 YHTEENVETO

Teollisuusrobottien kehitys on ollut vahvasti linkittyneenä ajoneuvoteollisuuteen ja sen kehitykseen. Robottien ominaisuuksien kehittyessä on mahdollistettu uusia ja monimutkaisempia sovelluksia. Työhön on kerätty ajoneuvoteollisuuden keskeisimmät teollisuusrobottien sovelluskohteet ja niiden eri työvaiheet. Sovellukset ovat esitetty kronologisessa järjestyksessä. Työ antaa varsin kattavan käsityksen siitä mihin kaikkiin ajoneuvoteollisuuden työvaiheisiin teollisuusrobotteja hyödynnetään. Teollisuusrobottien yhä kehittyessä myös ajoneuvoteollisuudella on mahdollisuus kehittyä ja tehostua. Kuitenkaan ajoneuvoteollisuus ei enää ole tärkein robotiikkaa eteenpäin vievä teollisuuden sektori.

Työssä esiteltyt robotiikan sovellukset ovat helposti siirrettävissä ajoneuvoteollisuuden eri sektoreille. Robotiikkaa hyödynnettäessä on huomioitava riittävä tuotannon volyyymi, jotta teollisuusrobottien hyödyntäminen olisi järkevää ja tuotannolla saataisiin katettua investointikustannukset. Muita rajoitteita robotiikan hyödyntämiselle ei eri sektoreilla ole. Teollisuusrobotteja voidaan siis hyvin hyödyntää niin raskaankaluston kuin erikoisajoneuvojen valmistuksessa. Varsinaisten ajoneuvojen valmistuksen lisäksi robotiikkaa voidaan hyödyntää erinomaisesti komponenttien valmistuksessa. Niiden valmistuksessa volyymit ovat suuria, sillä nykypäivänä samoja ajoneuvojen osia pyritään hyödyntämään useissa eri malleissa. Samoja osia hyödyntämällä saadaan pienennettyä mallikohtaisia tuotantokustannuksia.

Ajoneuvoteollisuudessa teollisuusrobotit ovat alkuajoista lähtien tehostaneet tuotantoa. Tämä on yksi kolmesta päätekijästä, miksi teollisuusrobotteja hyödynnetään ajoneuvojen tuotannossa. Toinen päätekijä on laatu, sillä robottien toistotarkkuus ja inhimillisten virheiden puute mahdollistaa tasaisen laadun tuottamisen olosuhteista riippumatta. Kolmantena päätekijänä on turvallisuuden kasvu, sillä teollisuusrobotteja voidaan hyödyntää sovelluksissa ja ympäristöissä, joissa ihmisten on epäedullista työskennellä.

Nykypäivänä teollisuusrobottien hyödyntäminen vaikuttaa koko ajoneuvojen tuotantoprosessiin. Enää teollisuusrobotteja ei hankita vain osaksi prosessia vaan prosessi suunnitellaan niiden ympärille. Näin teollisuusrobottien ominaisuuksista saadaan paras

mahdollinen hyöty. Prosessisuunnittelun lisäksi jo ajoneuvojen suunnittelussa huomioidaan teollisuusrobottien hyödyntäminen tuotannossa. Suunnittelussa pyritään miettimään komponenttien kiinnitystä, liikuttamista ja mahdollisia liikeratoja, jotta ne ovat mahdollisimman helposti toteutettavissa teollisuusroboilla. Näin tuotantoprosessista saadaan mahdollisimman tehokas, kun valmistettava tuote ja sen tuotantoprosessi on optimoitu käytettävissä olevalle robotiikalle.

Tulevaisuuden kehityssuunta teollisuusroboilla on varsin selvä. Niiden älykkyyttä halutaan kehittää, jotta niistä saataisiin entistä autonomisempia. Tämä kehityssuunta on ollut valloillaan jo 2010-luvun alusta alkaen. Osana tätä kehityssuuntaa on kehittynyt automaatio ja sensoreilla kerättävä data. Datan avulla voidaan tehdä erilaisia analyyseja tuotannon eri ominaisuuksista ja löytää siinä olevia ongelmia. Samalla dataa voidaan hyödyntää tehokkaasti tuotannon reaaliaikaiseen seurantaan. Lisäksi kehittyntä automaatiota ja dataa hyödyntämällä teollisuusrobotit voivat tunnon ja näön lisäksi ymmärtää tekemänsä. Tämän avulla ne pystyvät kehittämään toimintaansa. Tulevaisuudessa teollisuusrobotit pystyvät itse tehostamaan toimintaansa, adaptoitumaan vaihtuviin työtehtäviin ja oppimaan jatkuvasti uutta.

LÄHDELUETTELO

Acieta, 2019. Material Handling [verkkodokumentti]. Acieta. Saatavissa: <https://www.acieta.com/automation-application/material-handling-robotics/> [viitattu 2.11.2019]

Acieta, 2019. Robotic Manufacturing For Automobiles [verkkodokumentti]. Acieta. Saatavissa: <https://www.acieta.com/why-robotic-automation/robotic-solutions-industry/automotive-applications> [viitattu 19.10.2019]

Acieta, 2019. Robots for Material Removal [verkkodokumentti]. Acieta. Saatavissa: <https://www.acieta.com/automation-application/material-removal/> [viitattu 23.11.2019]

Devarasiddappa D, 2014. Automotive Applications of Welding Technology [verkkodokumentti]. IJMER. Saatavissa: http://www.ijmer.com/papers/Vol4_Issue9/Version-4/C0409_04-1319.pdf [viitattu 26.10.2019]

Dragon Innovation, 2019. How Cobots Are Improving Manufacturing Production Cycles [verkkodokumentti]. Dragon Innovation. Saatavissa: <https://blog.dragoninnovation.com/blog/how-cobots-are-improving-production-cycles> [viitattu 10.12.2019]

FCR, 2019. 5 Benefits of Industrial Painting Robots [verkkodokumentti]. FCR. Saatavissa: <https://www.firstchoicerobotics.com/5-benefits-of-industrial-painting-robots.php> [viitattu 16.11.2019]

Fronius, 2019. PLASMA [verkkodokumentti]. Fronius. Saatavissa: <https://www.fronius.com/en/welding-technology/products/robotic-welding/plasma-welding/plasma/plasma> [viitattu 17.12.2019]

Groover M, 2019. Automation [verkkodokumentti]. Encyclopedia Britannica. Saatavissa: <https://www.britannica.com/technology/automation/Manufacturing-applications-of-automation-and-robotics> [viitattu 9.11.2019]

IFR, 2019a. Robot History [verkkodokumentti]. IFR. Saatavissa: <https://ifr.org/robot-history> [viitattu 19.10.2019]

IFR, 2019b. Executive Summary World Robotics 2019 Industrial Robots [verkkodokumentti]. IFR. Saatavissa: <https://ifr.org/downloads/press2018/Executive%20Summary%20WR%202019%20Industrial%20Robots.pdf> [viitattu 10.12.2019]

IFR, 2019c. Industrial Robots: Robot Investment Reaches Record 16.5 billion USD [verkkodokumentti]. IFR. Saatavissa: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-investment-reaches-record-16.5-billion-usd> [viitattu 10.12.2019]

Kawasaki, 2019. Robotic Painting [verkkodokumentti]. Kawasaki. Saatavissa: <https://robotics.kawasaki.com/en1/applications/robotic-painting/> [viitattu 16.11.2019]

RIA, 2017. The Evolution of Robotic Welding [verkkodokumentti]. RIA. Saatavissa: <https://www.robotics.org/blog-article.cfm/The-Evolution-of-Robotic-Welding/33> [viitattu 26.10.2019]

RIA, 2018. Robotic Machine Tending for Beginners [verkkodokumentti]. RIA. Saatavissa: <https://www.robotics.org/blog-article.cfm/Robotic-Machine-Tending-for-Beginners/79> [viitattu 30.11.2019]

RIA, 2019. Unimate – The First Industrial Robot [verkkodokumentti]. RIA. Saatavissa: <https://www.robotics.org/joseph-engelberger/unimate.cfm> [viitattu 19.10.2019]

RobotWorx, 2019. Reinventing Automotive Assembly with Robots [verkkodokumentti]. RobotWorx. Saatavissa: <https://www.robots.com/articles/reinventing-automotive-assembly-with-robots> [viitattu 9.11.2019]

Schweder J, 2017. Mobile Robots Deliver Material Handling Flexibility [verkkodokumentti]. Automation World. Saatavissa: <https://www.automationworld.com/factory/robotics/article/13317873/mobile-robots-deliver-material-handling-flexibility> [viitattu 2.11.2019]

SFS-EN ISO 10218-1, 2011. Robotit ja robotiikkalaitteet, turvallisuusvaatimukset, osa 1: teollisuusrobotit. 3. painos. Metalliteollisuuden standardisointiyhdistys ry: 89+40 s.

SFS-EN ISO 10218-2, 2011. Robotit ja robotiikkalaitteet, turvallisuusvaatimukset, osa 2: robottijärjestelmät ja niiden yhdistelmät. Metalliteollisuuden standardisointiyhdistys ry: 77+26 s.

Shrijit G, 2019. Classification of Welding Processes [verkkodokumentti].

YourArticleLibrary. Saatavissa: <http://www.yourarticlelibrary.com/welding/classification-of-welding-processes-7-types-metallurgy/97844> [viitattu 17.12.2019]

Tongue F, 2017. Seven reasons why your business needs to automate its machine tending processes [verkkodokumentti]. The Manufacturer. Saatavissa: <https://www.themanufacturer.com/articles/seven-reasons-why-your-business-needs-to-automate-its-machine-tending-processes/> [viitattu 30.11.2019]

TWI, 2019. Robotic Arc Welding [verkkodokumentti]. TWI. Saatavissa: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/job-knowledge/robotic-arc-welding-135#ref2> [viitattu 26.10.2019]

Wallen J, 2008. The history of the industrial robot [verkkodokumentti]. Linköping University. Saatavissa: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:316930/FULLTEXT01.pdf> [viitattu 2.11.2019]

Wikipedia, 2019a. Kaarihitsaus [verkkodokumentti]. Wikipedia. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Kaarihitsaus> [viitattu 26.10.2019]

Wikipedia, 2019b. Automated guided vehicles [verkkodokumentti]. Wikipedia. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Automated_guided_vehicle [viitattu 2.11.2019]

Wikipedia, 2019c. Paint robot [verkkodokumentti]. Wikipedia. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Paint_robot [viitattu 17.12.2019]