

Mikko Taskinen

**OHUTLEVYTUOTTEEN VÄLIVARASTOINNIN
JA IDENTIFIOINNIN MENETELMÄKEHITYSTYÖ**

OHUTLEVYTUOTTEEN VÄLIVARASTOINNIN JA IDENTIFIOINNIN MENETELMÄKEHITYSTYÖ

Mikko Taskinen
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, koneautomaatio

Tekijä: Mikko Taskinen

Opinnäytetyön nimi: Ohutlevytuotteen välivarastoinnin ja identifioinnin menetelmäkehitystyö

Työn ohjaajat: lehtori Timo Väyrynen ja Matti Väyrynen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2015 Sivumäärä: 52 + 4 liitettä

Työssä tutkittiin ohutlevytuotteiden identifioimisen ja välivarastoinnin automatisointia Stofix Montage Teamin toimeksiannosta. Työn tavoitteena oli kehittää menetelmäratkaisut pakattujen ohutlevytuotteiden identifioimiseen ja niiden kuljettamiseen välivarastoon.

Stofixilla ohutlevytuotteet identifioidaan ja välivarastoidaan manuaalisesti, mikä sitoo työntekijän samanaikaisesti kahteen eri työvaiheeseen. Tuotteet identifioidaan käyttäen tussikynää ja teippiä ja se on havaittu yrityksessä hitaaksi identifiointimenetelmäksi. Välivarastoidessa pakatut tuotteet nostetaan seinään vasten varastointitilaan, mikä altistaa tuotteet virumiselle ja vaurioitumiselle. Lisäksi tuotteen painon ylittäessä työturvallisuusmääräyksen salliman maksimipainon joutuu työvaiheeseen sitomaan kaksi työntekijää.

Ongelmanratkaisuun ja kehitystyöhön käytettiin aikaisempien vuosien robotiikkaa käsitteleviä insinööritöitä sekä automatisoinnin suunnitteluohjekirjoja. Välivarastoinnin ja identifioinnin nykyinen prosessi analysoitiin lähtötilanne-, prosessi- ja kappaleanalyysin pohjalta, jonka kautta menetelmille valittiin komponentteja vertailua varten. Projektin läpiviemiseen käytettiin projektihallinnan aikataulu- ja projekti-suunnitelmapohjia sekä budjettilaskelman muodostavia hintavertailuja tarjouspyynnöistä. Analyysin perusteella menetelmän toteuttamiseen valittiin kattoon sijoitettava lineaarijohteella paikoittava kuusiakselinen robottikäsivarsi ja automaattisesti tulostava tarroituskone.

Työn lopputulokseksi tuli robotiikalla ja alipainetarttujalla tehtävä tuotteiden välivarastointi sekä automaattisella tarroituskoneella tapahtuva identifiointi. Työ onnistui odotetusti, ja se tuotti yritykselle robottikäsivarren, alipainetarttujan ja tarroituskoneen komponenttivalinnat budjetoinnin lisäksi. Yritys voi hyödyntää työn tuloksia, kun tuotantoprosessia aletaan automatisoida. Työn jatkokehityskohteena voidaan tehdä robottisolun turvallisuussuunnitelma ja ohjelmointi, lineaarijohteen komponenttivalinnat ja robotin kiinnitysrakenteen mekaniikkasuunnittelu.

Asiasanat: tuotantoautomaatio, robotiikka, lineaariyksikkö, tarttuja

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Stofix Montage Teamin tilauksesta syksyn 2014 ja kevään 2015 aikana. Opinnäytetyön aikana Stofix Montage Teamille tehtiin opintomatka, jonka aikana tutustuttiin yrityksen tuotantotiloihin ja kartoitettiin, mihin menetelmäkehitystyö pyrkii. Matka kustannettiin opetus- ja kulttuuriministeriön rahoittamalla BOSS-hankkeella (From Borders to Shared Space). BOSS-hanketta koordinoi Saimaan ammattikorkeakoulu yhteistyössä Oamkin ja Haaga-Helian ammattikorkeakoulun kanssa. BOSS-hankkeella rakennetaan toimivia ja pysyviä tutkimus- ja kehittämisverkostoja Suomen raja-alueilla ammattikorkeakoulujen, yritysten, tutkimus- ja kehittämisorganisaatioiden sekä kansainvälisten korkeakoulukumppaneiden välille.

Haluan kiittää Stofix Montage Teamin toimitusjohtaja Matti Väyrystä mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyön hänen yrityksensä ja oppia samalla tekemään insinöörityötä työelämässä. Kiitos kuuluu myös ohjaavalle opettajalleni lehtori Timo Väyrykselle ammattitaitoisesta ohjaamisesta opinnäytetyön aikana. Haluan myös osoittaa kiitollisuuteni vaimolleni Mirkalle, joka ei lopettanut kannustamasta minua työni aikana, ja tutkijatohtorille sekä ystävälleni Kari Jänkälälle Oulun yliopiston fysiikan laitokselta, joka väsymättä jaksoi ohjata ja opastaa minua, kun tavoittelin unelmaani.

Oulussa 10.6.2015

Mikko Taskinen

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| TIIVISTELMÄ | 3 |
| ALKUSANAT | 4 |
| SISÄLLYS | 5 |
| 1 JOHDANTO | 7 |
| 2 STOFIX MONTAGE TEAM AB | 8 |
| 3 OHUTLEVYTUOTTEEN VALMISTAMINEN | 9 |
| 4 OHUTLEVYTUOTTEEN IDENTIFIOINTI | 10 |
| 4.1 Nykyinen identifiointimenetelmä | 10 |
| 4.2 Identifioimisen menetelmäratkaisut | 10 |
| 5 OHUTLEVYTUOTTEIDEN VÄLIVARASTOINTI | 12 |
| 5.1 Nykyinen välivarastointimenetelmä | 12 |
| 5.2 Lineaariyksiköt | 12 |
| 5.2.1 Lineaariyksikkötyypit | 13 |
| 5.2.2 Kuularuuvilineaariyksikkö | 13 |
| 5.2.3 Servotekniikka | 15 |
| 5.2.4 Ohjelmoitava logiikka | 16 |
| 5.2.5 Paikoitusohjaus | 17 |
| 5.3 Robotit kuljettimena | 17 |
| 5.3.1 Robotiikka | 17 |
| 5.3.2 Robotisointi tuotannossa | 17 |
| 5.3.3 Robottityypit ja rakenteet | 19 |
| 5.3.4 Vapausaste | 24 |
| 5.3.5 Liiketyypit ja liikkeiden ohjaus | 24 |
| 5.3.6 Käyttövoima | 25 |
| 5.4 Turvallisuus | 25 |
| 5.5 Tarttujat | 27 |
| 5.5.1 Tarttujan esisuunnittelu- ja valintaprosessi | 28 |
| 5.5.2 Multitarttujat | 29 |
| 5.5.3 Alipainetarttujat | 31 |

| | |
|---|----|
| 5.5.4 Esisuunnittelu | 33 |
| 5.5.5 Prosessi- ja kappleanalyysi | 34 |
| 5.6 Menetelmäratkaisujen ja komponenttityyppien valinnat | 35 |
| 5.6.1 Välivarastoinnin menetelmäratkaisu | 35 |
| 5.6.2 Tarttujan menetelmäratkaisu ja tyyppivalinta | 38 |
| 6 ESIVALITUT KOMPONENTIT JA LOPPUTULOKSET | 42 |
| 6.1 Robotti Kuka KR125 | 42 |
| 6.2 VMECA:n V-Grip-alipainetarttuja | 44 |
| 6.3 Brother PT9800PCN-tarroituskone | 45 |
| 7 LOPPUSANAT | 47 |
| LÄHTEET | 50 |
| Liite 1 Lähtötietomuistio | |
| Liite 2 Sähköposti Matti Väyryseltä | |
| Liite 3 Komponenttien hintavertailu Stofix Montage Teamille | |
| Liite 4 Komponenttien hintatiedot ja spesifikaatiot | |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on kehittää toimivat menetelmäratkaisut ohutlevytuotteiden identifiointiin ja välivarastoinnin automatisointiin. Opinnäytetyön on tyypiltään menetelmäkehitystyö, jonka lopputuloksena tuotetaan yritykselle suuntaa antava budjetti komponenttien tyypeillä ja malleilla. (Liite 1.)

Tuotteiden identifiointi ja välivarastointi toteutetaan nykyisellä yrityksessä manuaalisesti, mikä on havaittu aikaa vieväksi, hankalaksi ja tehottomaksi. Ohutlevytuotteiden nykyinen välivarastointimenetelmä voi aiheuttaa tuotteissa virumista, milloin tuote voi vaurioitua vakavasti ja tulla reklamoiduksi. Välivarastoinnissa on käytettävä kahta työntekijää, jos tuotteen paino kasvaa yli työturvallisuusmääräyksien asettaman maksimiarvoa korkeammaksi, joten välivarastoinnin automatisointi vähentää työntekijöiden kiinnittämisen samaan työtehtävään samanaikaisesti.

Tuotantoprosessia on pyritty tehostamaan asteittain viimeisen vuoden aikana. Tuotantolinjan osaksi on hankittu automaattinen pakkauskone, joten luonnollisena jatkosuunnitelmana on haluttu automatisoida myös tuotteen identifiointi ja välivarastointi. Työssä analysoidaan yrityksen nykyinen ohutlevytuotteiden valmistusprosessi. Analysoinnilla voidaan osoittaa tarkasti tuotantoprosessin ongelmakohdat ja suunnitella tuotantoprosessin rationalisointi identifiointista välivarastointiin asti.

2 STOFIX MONTAGE TEAM AB

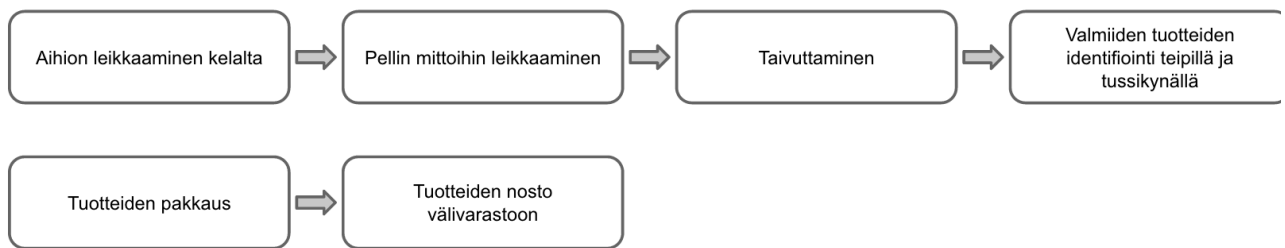
Stofix Montage Team Ab valmistaa rakennusteollisuuteen tilaajan toiveisiin räätälöityjä ohutlevytuotteita. Valmistus tehdään pääasiallisesti CNC-ohjatulla leikkurilla ja levyn taivutuskoneella. Yritys palvelee Ruotsissa Tukholman Norsborgin kaupunginosassa ja työllisti noin viisi henkilöä vuonna 2014.

Vuonna 2014 Stofix valmisti 5 400 tuotekokonaisuutta. Kaikkiaan valmistettiin 20 000 m² ja 80 000 kg ohutlevyä. Tuotantolinjan läpi kulkee noin 93 000 erilaista ohutlevytuotetta, jotka paketoidaan noin 3,7 neliömetrin kokoiisiin paketteihin.

Yhtiö on ostanut toisen ohutlevytuotteita valmistaman yrityksen tilat ja liiketoiminnan, joilla on tarkoitus kasvattaa yhtiön toimintaa vuonna 2015. Laajennuksen myötä yhtiö alkaa tuottamaan lisäksi yksityisen kuluttajan tarpeisiin suunnattuja ohutlevytuotteita. Tulevat tuotantotilat on tarkoitus automatisoida tulevaisuudessa, kun tuotantomääriä on pystytty seuraamaan ja statistiikan analysoinnin pohjalta tekemään automatisointipäätös.

3 OHUTLEVYTUOTTEEN VALMISTAMINEN

Ohutlevytuote valmistetaan leikkaamalla tarvittava määrä peltiä kelalta ja taivutetaan asiakkaan haluamiin mittoihin. Valmiit tuotteet asetellaan toistensa päälle ja samalla mahdollisuuksien mukaan tasapainotetaan paketti niin, että paino asettuu paketin toiseen päähän. Valmiit ohutlevyniput kuljetetaan manuaalisesti pakkaus-koneelle, joka paketoi tuotteet pakkausmuovilla ja syöttää ne rullakuljettimelle, mistä työntekijä nostaa ne välivarastoon odottamaan jatkokuljetusta. (Kuva 1.) Tuotteita valmistetaan viikossa noin 150 ja tuotteiden materiaalina käytetään joko pinnoitettua terästä tai alumiinia, joiden ainevahvuus vaihtelee 0,5 - 2,0 mm:n välillä.



KUVA 1. Ohutlevytuotteen nykyinen valmistusprosessi

4 OHUTLEVYTUOTTEEN IDENTIFIOINTI

4.1 Nykyinen identifiointimenetelmä

Pakatut ohutlevytuotteet identifioidaan manuaalisesti käyttäen tussikynää, jolla kirjoitetaan teippiin asiakkaalle asetettu viitenumero. Menetelmä on havaittu epäkäytännölliseksi ja tehottomaksi, joten identifioiminen olisi tehokkainta toteuttaa automatisoidusti.

Minimiehdoksi identifioimiselle asetettiin, että tarroituskone tulostaisi valmiin tarran tuotteelle, joka asetetaan manuaalisesti tuotteeseen. Yritykselle on tulossa tuotannonhallintajärjestelmä, ja tarroituskoneen tulisi olla ominaisuudeltaan sellainen, että se voidaan liittää osaksi järjestelmää tulevaisuudessa.

4.2 Identifioimisen menetelmäratkaisut

Tuotteen identifioimisen suunnittelulähtökohtana oli, että tarroituskoneen voisi liittää osaksi tulevaa tuotannonohjausjärjestelmää. Laite voisi olla aluksi työntekijän itse käytettävänä siten, että laite tulostaa valmiiksi käsiteltävälle tuotteelle tarran ja se asetetaan tuotteeseen manuaalisesti. Tuotannonohjausjärjestelmän käyttöönoton jälkeen laite voitaisiin integroida pakkaus koneeseen, jolloin tuotteen tarroitus tapahtuisi pakkausprosessin aikana. Tarroituskoneen integroiminen pakkaus koneen sisään vaatii kuitenkin yksityiskohtaisempaa suunnittelua kuin pöytätasolle asetettava tarroituskone. Integroimisen toteuttaminen pitää käyttää tarkkaan harkittua komponenttivalintaa, koska se pyritään sijoittamaan pakkaus koneen sisälle osaksi jo olemassa olevaa automaatioita.

Identifioiminen voidaan suorittaa joko manuaalisesti tai automaattisesti osana pakkausautomaatioita. Manuaalisesti suoritettuna työntekijä ottaa valmiin tarratuloksen tarrakoneesta ja asettelee tarran tuotteen pinnalle. Manuaalisesti aseteltuna tarra saadaan paikoitettua työntekijän toimesta siten, että se on kuljetuksen ja kiinni pysymisen kannalta edullisessa paikassa. Automaattinen tarroitus täytyy suunnitella siten, että tarratuloste asettuu aina samalle ennalta määrätylle paikalle, jolloin

paikoitus hoidetaan käyttämällä tunnistimia. Automaattisen tarroituksen toteuttaminen vaatii huomattavasti enemmän mekaniikkasuunnittelua ja tarkkaa paikoitusmenetelmää kuin manuaalisen tarroittamisen.

Markkinoilla on tarroituskoneita omilla kuljettimilla, jotka ovat jo itsessään kokoluokaltaan suuria tai keskisuuria. Kuljettimilla varustetut tarroituskoneet ovat kokonsa puolesta jo niin suuria, että ne vaativat oman paikkansa linjaston suunnittelussa huomioonotettavan pinta-alan käytössä. Opinnäytetyössä tulisi käyttää pöydällä sopivaa tai erikseen pakkauskoneen tukirakenteisiin kiinnitettävää tarroituskonetta, jolloin tuotantotilojen layout-suunnittelussa tarrakoneen vievää tilaa ei tarvitse ottaa huomioon lattiapinta-alassa.

5 OHUTLEVYTUOTTEIDEN VÄLIVARASTOINTI

5.1 Nykyinen välivarastointimenetelmä

Pakatut ohutlevytuotteet nostetaan työntekijän toimesta välivarastoon nojaamaan seinää vasten, mistä ne nostetaan kuormalavalle jatkokuljetusta varten. Välivarastointimenetelmä on levyjen ehjänä säilymisen kannalta erittäin riskialtista, koska pakattujen levyjen toinen pää koskettaa lattiaa ja pitkät ohutlevyt nojaamalla altistuvat virumiselle. Tuotteiden paino voi maksimipituudessaan ylittää työturvallisuusmääräyksien painolle asetetun maksimiarvon, joten tuotteen turvalliseen nostamiseen tarvitaan kaksi työntekijää.

Analysoitaessa ohutlevytuotteiden valmistusprosessia joustamattomin tuotantoprosessin vaihe on levyjen taivutus levytyöstökeskuksella ja levymateriaalin rullaaminen peltikelasta. Ohutlevyaihioiden saapuessa levytyöstökeskukselle tuotantoprosessi seisahtuu tarpeettoman kauaksi aikaa ja aiheuttaa tuotantoprosessin hidastumisen. Opinnäytetyön rajaukseen kuitenkin sisältyi vain tuotteen identifioimisen ja välivarastoinnin tuotantoprosessin rationalisoiminen, joten levytyöstökeskuksen ja peltikelojen rullaamisen vaikutusta ei tule huomioida analyysissa. (2.)

5.2 Lineaariyksiköt

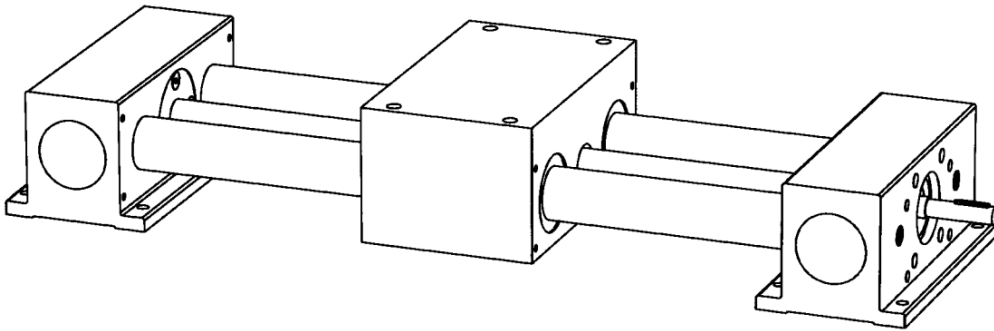
Lineaariyksiköt toimivat osana automatisoitua tuotantojärjestelmää, ja ne voivat kuljettaa yhtä tai useampaa tuotetta samanaikaisesti riippuen tarttujasovelluksen tyypistä. Yleisesti kuljettimet voidaan jaotella lineaariyksiköihin ja perinteisellä ketju- tai hihnakäytöllä toimiviin kuljettimiin. Lineaariyksikköä käytetään yleisemmin tarttujasovelluksen kanssa yksittäisten tai useiden kappaleiden siirtämiseen, ja perinteinen moottorivetoinen kuljetin käsittelee suurena massana kulkevaa tuotejoukkoa.

Lineaariyksiköiden ja kuljettimien vahvuutena on niiden liikeradan tasalaatuinen toistettavuus ja käyttövarmuus. Liikeratojen muokkaaminen jälkeenpäin on fyysi-

sesti hankalaa, koska toimilaitteet ovat kiinteästi asennettuja ja vaativat uudelleen suunnittelua, jos tuotteiden geometriat muuttuvat oleellisesti.

5.2.1 Lineaariyksikkötyypit

Lineaariyksiköt ovat alumiiniprofiiliin rakennettuja toimilaitteita, joilla voidaan muuttaa moottorin pyörimisliike johdekelkan suoraviivaiseksi liikkeeksi. Yleisimmät käytöt lineaariyksikössä ovat hammashihna-, liukuruuvi- tai kuularuuvikäyttöiset lineaariyksiköt. Kuularuuvissa pienet kuulat välittävät liikkeen ruuvin ja mutterin välillä. Rakenteen etuina ovat pieni kitkakerroin ja tarkka välyksetön liike. Kuularuuvilla saavutetaan noin 90 %:n hyötysuhde. (Kuva 3.) (9, s. 11.)



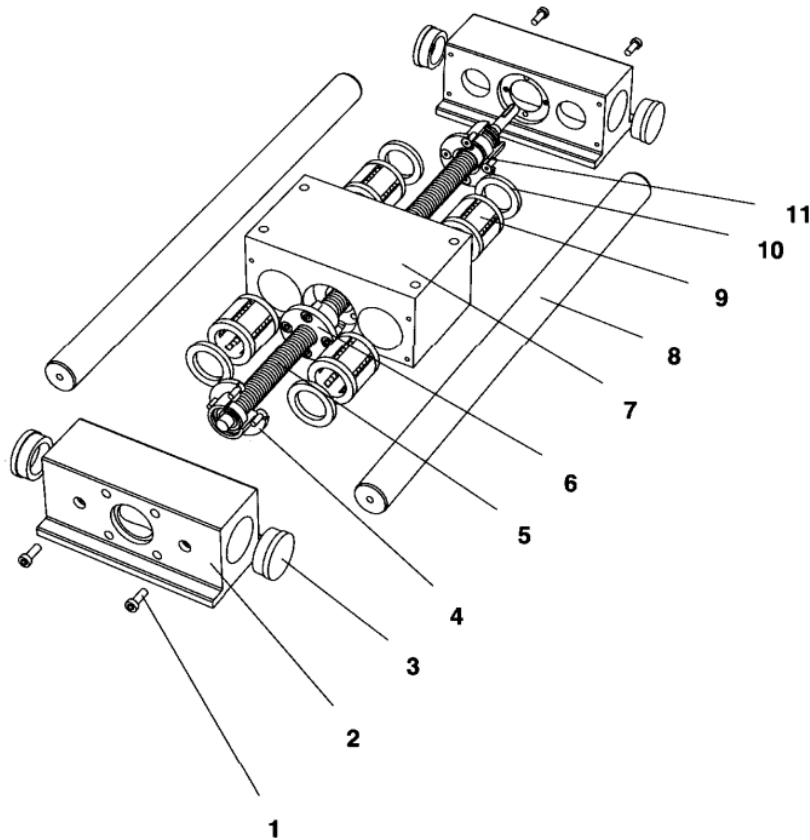
KUVA 3. Kuularuuvilla toimiva lineaariyksikkö

Lineaariyksiköiden käyttövoimana käytetään yleisesti AC-servomoottoreita. Servomoottoreiden käyttö mahdollistaa lineaariyksikön paikoituksen takaisinkytkennän avulla. Lineaariyksiköiden paikoitustarkkuus vaihtelee sen johdetyypin mukaisesti, jolloin tarkkuus on 0,05 - 0,2 mm. (9, s. 11)

5.2.2 Kuularuuvilineaariyksikkö

Kuularuuvilla varustettu lineaariyksikkö on teollisuudessa yleisesti käytetty motorisoitu lineaarijohde. Lineaariyksikkö koostuu rakenteellisesti päätelementeistä,

kuularuuvijohteesta, johdepöydästä ja laakeroinnista. Lineaariyksikön runkorakenne on yleisesti alumiininen U-profiili, jonka päähän kiinnitetään haluttu sähkömootori. (Kuva 4.)



KUVA 4. Kuularuuvilla toimiva lineaariyksikön räjäytyskuva

Nykyaikaisessa kuularuuvijohteessa laakeroinnin kuulien väliin on sijoitettu muovielementit, jotka estävät kuulia hankautumasta toisiaan vasten, mikä vähentää kitkaa ja ääntä. Kuularuuvijohde soveltuukin erinomaisesti teollisuuden tarkkoihin ja suurta kantokykyä vaativiin tehtäviin. Kuularuuvijohteella toimivat lineaariyksiköt pystyvät 36 - 1 511 mm:n matkalla paikoittamaan toistotarkkuudella $\pm 0,003$ mm. Työskentelynopeus niillä ylittää parhaimmillaan 1,48 m/s:iin, ja ne pystyvät kantamaan ~1 400 kg staattista ja ~700 kg dynaamista kuormaa. (Kuva 5.) (12, s. 13.)



KUVA 5. Kuularuuvin laakeripesän periaatekuva

5.2.3 Servotekniikka

Servo on asemointiin tarkoitettu toimilaitteen ohjauspiiri, jossa on takaisinkytkentä asema-anturiin. Mitä kauempana servo-ohjattu laite on tavoiteasemasta, sitä suuremmalla voimalla se pyrkii siihen. Servo-ohjattuja toimilaitteita voidaan toteuttaa pneumaattisesti, hydraulisesti ja sähköisesti. Hydraulisia servoventtiilejä käytetään liikkuvissa työkoneissa. Sähköiset servot ovat tyypillisiä työstökoneissa, teollisuusroboteissa, muissa roboteissa ja radio-ohjatuissa laitteissa. Servokytkentä on eräänlainen voiman vahvistin ja se mahdollistaa sen, että kevyellä ohjaussauvan liikkeellä pystytään ohjaamaan esimerkiksi kaivinkoneen kauhaa tai saada ohjaustehostin toimimaan. (10.)

Servomoottori on itse moottorin kanssa samaan kokonaisuuteen sijoitettu yleensä pulssityyppinen anturi akselikulman mittaamiseksi ja pyörimiskertojen laskemiseksi. Servomoottoria ohjataan elektronisen servo-ohjaimen avulla. Servo-ohjain ohjaa servomoottoria vastaanottamalla servomoottorin asematiedon ja vertaamalla sitä haluttuun asematietoon. Tämän tiedon perusteella se ohjaa servomoottorin pyörimistä. Servomoottoreita on monilla periaatteilla toimivia, kuten DC-servomoottori, harjaton DC-servomoottori ja AC-servomoottori. (10.)

5.2.4 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitava logiikka eli PLC on pieni tietokone, jota käytetään automaatioprosessien ohjauksessa. Ohjelmoitavat logiikat otettiin alun perin käyttöön autoteollisuudessa, jossa ohjelmistopäivitykset korvasivat ohjausjärjestelmien uudelleenjohtotukset. Yksi logiikka voi korvata helposti satoja aiemmin käytettyjä releitä ja ajastimia. (9.)

Ohjelmoitavat logiikat ovat yleisimpiä ohjauslaitteita. Maailman logiikkamarkkinoita hallitsevat monikansalliset yritykset, joista merkittävimpiä ovat Siemens, Mitsubishi, Omron, Allen Bradley ja GE Fanuc. Logiikka ohjainlaitteena ottaa tuloon kytketyltä anturilta saamansa informaation vastaan ja reagoi saamansa tiedon perusteella ohjelman määräämällä tavalla asettamalla lähdöt. Reagointi ilmenee toimilaitteiden tarkoituksenmukaisena toimintana. Reagointitapa riippuu lähes yksinomaan ohjelmoijan tekemästä ohjelmasta ja reagointinopeus logiikan ominaisuuksista. (11.)

Logiikat jaetaan perinteisesti pieniin kompakteihin ja modulaarisiin logiikoihin. Pienet kompaktit logiikat ovat edullisia, rajallisesti laajennettavia noin 10 - 30 tuloa ja lähtöä (Input/ Output) käsittäviä laitteita. Ne on tarkoitettu yhden pienen koneen ohjaukseen. Modulaarinen logiikka rakentuu jännitelähdeyksiköstä, prosessoriyksiköstä ja sovellukseen vaadittavasta määrästä erilaisia I/O-yksiköitä. (9.)

5.2.5 Paikoitusohjaus

Ohjelmoitavaan logiikkaan voidaan liittää paikoitusohjain, joka ohjaa servomootteita. Ohjaimen mallista mukaisesti paikoitusohjain mahdollistaa esimerkiksi usean akselin suoraviivais- ja ympyränkaari-interpoloinnin, nopeuden ja kiihtyvyyden säädön. Paikoitusohjaus perustuu servomoottorin enkooderin lähettämiin pulsseihin. Yksi moottorin akselin kierros voi enkooderin mallista riippuen sisältää useita tuhansia pulsseja. Mitä enemmän pulsseja on, sen tarkempi paikoitus saadaan. (9.)

5.3 Robotit kuljettimena

Teollisuusrobottien työtehtäviä ovat yleisesti asennus- ja asettelutyöt. Robotteja voidaan kuitenkin myös käyttää kuljettimena, jos työtehtävän liikerata on haastava tai liikeradan suunnittelukustannukset ovat huomattavasti korkeammat lineaariyksiköllä. Robotti mobilisoidaan kiinnittämällä se moottoroituun lineaariyksikköön, joka laajentaa robotin x-akselin suunnassa tapahtuvaa liikettä. Lineaariyksikön kanssa toimiva robotti mahdollistaa liikealueen laajennuksen siten, että robotti voi liikutella tuotteita suuressakin tuotantolaitoksessa. (2.)

5.3.1 Robotiikka

Teollisuusrobotteja on valmistanut tähän mennessä noin 500 yritystä. Valmistajien valikoimaan on kuulunut useita robottimalleja, joillakin jopa yli kymmenkunta. Yksittäisen mallin elinkaari on kestänyt keskimäärin neljä vuotta. Rakenteita on jouduttu muuttamaan patenttien ja eri sovellusten vuoksi, mikä tarkoittaa sitä, että erilaisia teollisuusrobotteja on valmistettu jopa useita tuhansia. Valmistajien keskittyessä tiettyihin malleihin on vaihtoehtojen määrä hieman supistunut viime vuosina. (1.)

5.3.2 Robotisointi tuotannossa

Robotisointi on yleistynyt automatisointimenetelmä nykyajan tuotantoteollisuudessa ja sillä pyritään pitkällä aikavälillä modernisoimaan tuotantolaitoksen tekniikkaa. Robotisoinnin lyhyen aikavälin tavoitteina voidaan pitää tuottavuuden kasvu, kustannuksien pienentäminen ja joustavuus tuotemuutoksille. (1.)

Robotisoinnin ylivoimaisin etu on se, että sen on helppo joustaa ja mukautua muuttuviin tuotantomääriin ja tiloihin. Robottijärjestelmien hankintaan vaikuttavia syitä voi olla monia ja robottijärjestelmien suunnittelu ja hankinta täytyy perustua todelliseen tuotannon rationalisointitarpeeseen. Automatisoinnin onnistunut toteutus ja käyttö edellyttävät henkilöstön laajamittaista koulutusta, asenteiden muutosta ja kasvamista. Automatisoinnissa tulisi myös pohtia, mitkä ovat pitkän ja lyhyen aikavälin perustelut sen hankinnalle. (1.)

Teollinen yritys voi pyrkiä parantamaan kannattavuuttaan ja kilpailukykyään monin erilaisin toimenpitein. Automaation ja robotisoinnin käytön voidaan tässä suhteessa katsoa liittyvän käsitteen rationalisointi piiriin. Rationalisointia voidaan puolestaan tavoitella tuottavuuden nostotarkoituksessa esimerkiksi seuraavin yleisin keinoin, kuten

- tuotantoa koneellistamalla ja automatisoimalla
- uudenaikaistamalla koneistusta
- poistamalla tuotannon kitkatekijöitä
- parantamalla organisaation toimintakykyä informaation, työnjaon ja ohjausjärjestelmän kautta
- parantamalla henkilökunnan työtehoa koulutuksella, ohjauksella ja motiivoinnilla. (8, s. 15.)

Automatisointi ja robotisointi ovat lähinnä rationalisointi-investointeja, ja ne kuuluvat kahteen edellä mainittuun rationalisointitoimenpideryhmään, joskin mainittuihin toimenpiteisiin saattaa myös liittyä laajennusinvestoinnin tunnusmerkkejä. Robotti on joustava automaatiokomponentti lähinnä helpon ohjelmoitavuutensa ja monipuolisten liikkeidensä takia. (8, s. 15.)

Automatisointipäätös on valinnan suorittamista. Päätöksentekoprosessi voidaan periaatteessa katsoa koostuvan kronologisesti toisiaan seuraavista systemianalyttisistä vaiheista, joita ovat seuraavat:

- automaatiopäätöksen muodostaminen
- ongelmien analysointi kuten prosessi- ja kappleanalyysi

- toimintavaihtoehtojen painoarvoindeksi
- ratkaisujen tuottaminen
- ideoiden kehittäminen toteutettaviksi vaihtoehdoiksi
- vaihtoehtojen arviointi ja valinta sekä päätös
- toimeenpano ja seuranta. (8, s. 15.)

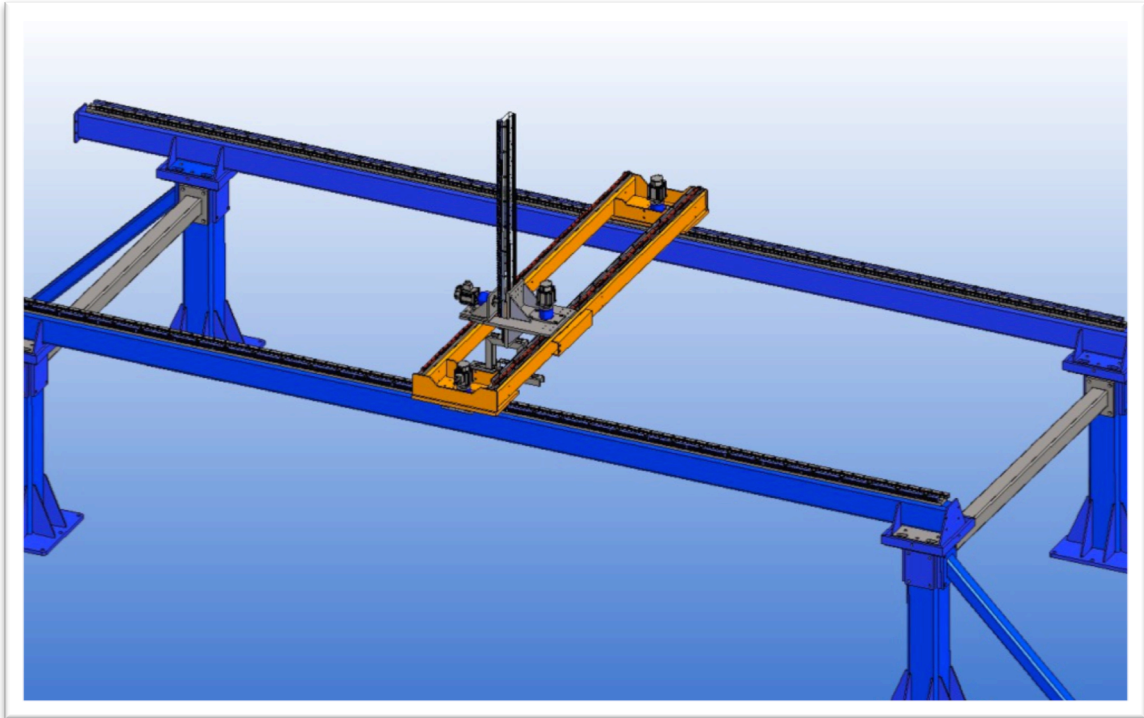
Robotisoinnin suunnittelu aloitetaan lähtötilanteen analysoinnilla. On tärkeää, että manuaalisen tai koneellisen tuotantovaiheen eri prosessit analysoidaan mahdollisimman tarkasti. Tuotantoprosessin lähtötilanteen analysoinnissa käydään läpi seuraavat asiat:

- kappaleiden tila
- kappaleiden siirrot
- oheislaitteiden sijoittelu
- työvaiheiden looginen eteneminen
- liittymät muihin tuotantoympäristöihin
- miehitys
- ympäristöolosuhteet. (1.)

5.3.3 Robottityypit ja rakenteet

Kansainvälisen robottiyhdistyksen määrittelyn mukaan robotti on uudelleen ohjelmoitavissa oleva monipuolinen kolminivelinen mekaaninen laite. Robotin tulisi olla uudelleenohjelmoitavissa liikuttamaan työkappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita. Uudelleenohjelmoitavuus on kuitenkin vain robotin yksi ominaisuuksista ja nykyaikaiselta robotilta vaaditaan työympäristön ja tuotteen suunnittelutietojen tiedostaminen antureiden avulla. Tietojen mukaan robotti muokkaa liikeratojansa. Yksinkertaistettuna teollisuusrobotti on mekaaninen kone, joka siirtää työkalujen kiinnityslaippaa ohjelmoinnin mukaisesti. Robotin liikerata voi olla kokonaan etukäteen määritetty, toimintaympäristön perusteella toteutettava tai antureiden antamien tietojen mukaan liikkeiden aikana määritetty.

Vakiintuneita robottityyppejä ovat suorakulmaiset eli portaalirobotit, scara-robotit, kiertyväniveliset robotit eli käsivarsirobotit ja sylinterirobotit. Suorakulmaisten robottien kolme vapausastetta ovat lineaarisia, jolloin robotti voi nimensä mukaisesti liikkua vain näissä vapausasteissa suoraviivaisesti. (Kuva 6.)



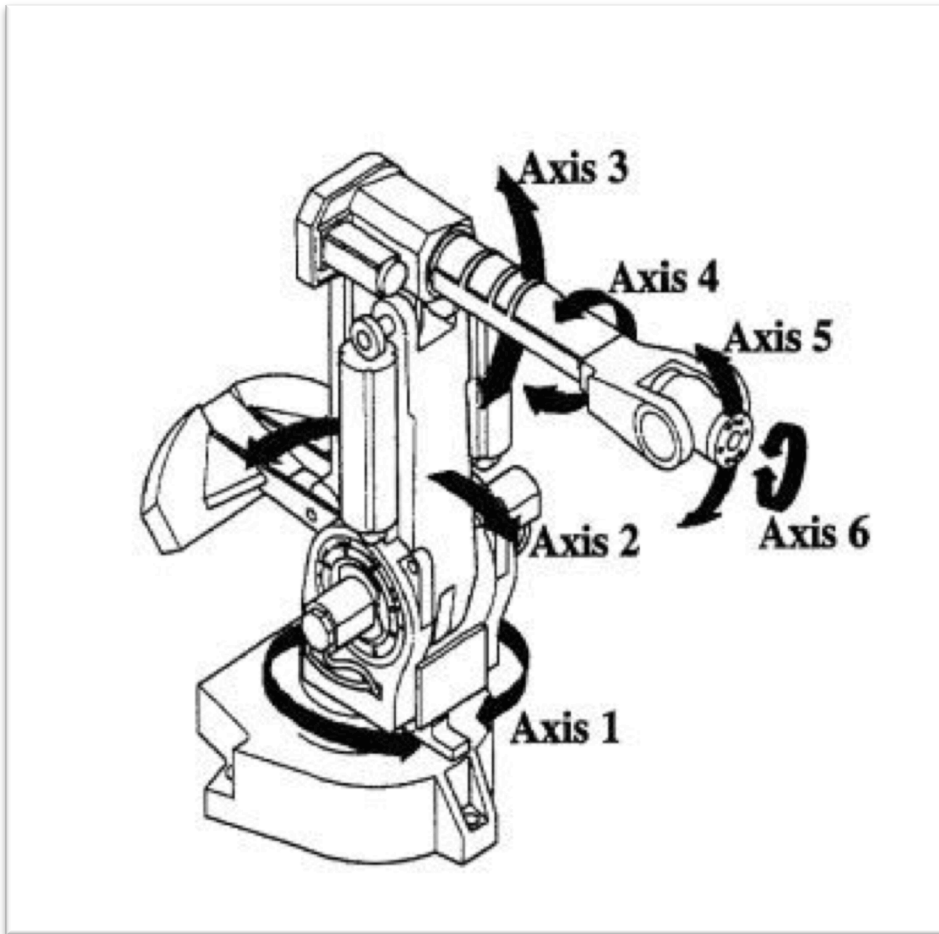
KUVA 6. Portaalirobotin periaatekuva

Scara-robotit eli Selective Compliance Assembly Robot Arm, tiettyyn suuntaan joustava kokoonpanorobottikäsivarsi on varustettu kolmella kiertyvällä nivelellä, joten se muistuttaa hieman vaakatasossa liikkuvaa ihmisen käsivartta. Kiertyvillä nivelillä työkalu tai tarttuja saadaan oikeaan kohtaan ja kiertymäkulmaan. (Kuva 7.)

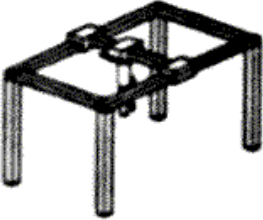

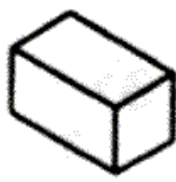
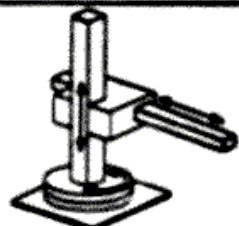


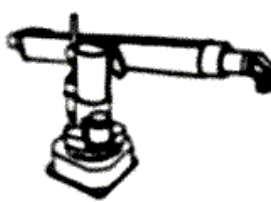


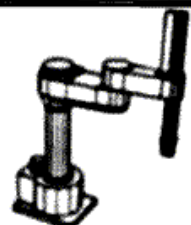
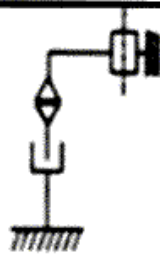






KUVA 7. Mitsubishiin Scara-robotti

Kiertyvänivelisessä robotissa kaikki vapausasteet ovat kiertyviä ja niitä ovat tavallisimmat teollisuusrobotit. (Kuva 8.) Sylinterirobotin nimitys on luonnollisesti peräisin sylinterikoordinaatistosta. Nykyiset teollisuusrobotit perustuvat lähes poikkeuksetta mekaniikkaan, jossa tukivarret on kytketty peräkkäin. Autoteollisuuteen on myös kehitetty täysin ympäristöään aistivia robotteja, jotka antureiden avulla kartoittavat ympäristöä ja muuttavat liikealuetta ja ratojansa sen mukaisesti. Standardi ISO 8373 määrittelee teollisuusrobottien sanastoa, käsitteitä ja myös yleisimpien robottimallit niiden rakenteen mukaan. (Kuva 9.) (2, s. 17; 6, s. 19 - 21)



KUVA 8. Kiertyvänivelinen robotti

| Principle | Kinematic Structure | Workspace |
|---|---|--|
|  <p>Cartesian Robot</p> |  |  |
|  <p>Cylindrical Robot</p> |  |  |
|  <p>Spherical Robot</p> |  |  |
|  <p>SCARA Robot</p> |  |  |
|  <p>Articulated Robot</p> |  |  |

KUVA 9. Robottityypit niiden rakenteen mukaan (ISO 8373-standardi) (1.)

5.3.4 Vapausaste

Robotin liikkeet muodostuvat vapausasteista koostuvista liikesarjoista. Vapausaste tarkoittaa yksittäistä ja itsenäistä osaliikettä, jolla robottia voidaan tarvittaessa ajaa riippumatta tai vaihtoehtoisesti samanaikaisesti yhdessä muiden vapausasteiden puitteissa. Liikemahdollisuuksien monipuolisuus riippuu suoraan vapausasteiden määrästä. Mikäli robotin tarttuja halutaan pitää missä asennossa tahansa tai ajaa sen liikealueen vapaavalintaiseen pisteeseen, tarvitaan siihen vähintään kuusi vapausastetta. (6, s. 17 - 18)

Kuuden vapausasteen robotin ongelmana on sen useiden vapausasteiden aiheuttama singulariteettiongelma, eli robottikäsi menettää kyvyn ajaa tarttuja halutulla radalla ja halutussa asennossa. Singulariteettiongelma ilmenee silloin, kun kaksi vapausastetta eli akselia kulkevat lineaarisesti toisiinsa nähden. Ongelma esiintyy yleensä robotin ohjauksen suorittaessa paikoitusta koordinaatistoarvoina X-, Y-, Z-, RX-, RY- ja RZ-akseleita. (6, s. 17 - 18)

Robotin ajaessa singulariteettiasemaan ohjausyksikkö ei yleensä salli sen aseman muuttamista, joten robotti tavallisesti pysähtyy ja antaa virheilmoituksen. Singulariteettiongelmaa ei voidaan kokonaan välttää, mutta jotkut robottityypit pystyvät paremmin toimimaan singulariteettiasemien lähellä. Singulariteettiasemissa Jacobin matriisilla ei ole kääntematriisia, joka fyysikaalisesti tarkoittaa sitä, ettei robotti kykene ajamaan näihin pisteisiin, milloin se menettää yhden vapausasteen. (6, s. 17 - 18)

5.3.5 Liiketyypit ja liikkeiden ohjaus

Vapausaste eli liiketyyppien monimuotoisuus koostuu yleensä kiertoliikkeestä tai lineaariliikkeestä. Kiertoliikkeessä tarttuja pyörii nivelakselin ympäri poikittain robotin runkoon nähden ja lineaariliikkeessä robotin rakenneosan suuntaisesti tai poikittain rakenteisiin nähden. Tarttujan yleisiin liikkeisiin kuuluu ranteen taivutus ja kierto sekä tarttujan kierto. Liiketyyppien lukumäärällä ja ominaisuudella voidaan vaikuttaa vahvasti robotin ominaisuuksiin. Lineaariliikkeet ovat helpompia ohjelmoida

ja ne soveltuvatkin paremmin yksinkertaisiin tehtäviin, esimerkiksi kuormalavojen ladontaan. Kiertoliikkeet ja niiden ohjelmointi vaativat suunnittelijalta huomattavasti enemmän, joten on pyrittävä suorittamaan liikkeet lineaarisina, jos vain mahdollista. (6, s. 19.)

Vapausasteiden toteutuksessa puhutaan servo-ohjauksesta, jolla tarkoitetaan robotin kykyä asettua tietyllä tarkkuudella mielivaltaiseen pisteeseen liikealueella. Jatkuvan takaisinkytkennän avulla servo-ohjaus tietää jatkuvasti, missä se on liikealueella, jolloin robotin paikoitus voidaan toteuttaa portaattomasti. Servo-ohjauksen vastakohtana on pistekoordinaatteihin perustuva rata, toisin sanoen manuaalinen ohjaus, jonka robotin ohjaus ajaa läpi. Manuaalisen ohjauksen aikana liike voidaan pysäyttää ennalta määrättyihin pisteisiin, joissa ei yleensä käytetä takaisinkytkentää. (6, s. 19.)

5.3.6 Käyttövoima

Robotin käyttövoimana voidaan käyttää pneumatiikkaa, hydraulikkaa tai sähköä. Sähkön suurimpana etuna on sen siisteys ja käyttövarmuus. Sähkökäyttöisessä robotissa servo-ohjaus ja säädettävyys onkin helposti toteutettavissa. Hydraulikka ja pneumatiikka ovat huomattavasti kalliimpia vaihtoehtoja sähköön verrattuna niiden monimutkaisemman suunnittelun ja järjestelmän takia. Toisaalta sähkö ei pysty nostamaan yhtä suuria massoja kuin esimerkiksi hydraulikka pystyy. Hydraulikan vahvuus korostuu suurien kuormien nostamisessa sen hyvän hydraulisten käyttölaitteiden teho-painosuhteen vuoksi. (6, s. 19.)

5.4 Turvallisuus

Suomessa tuotteiden turvallisuuden lainsäädäntö yhdenmukaistettiin vuoden 1993 lopussa. Keskeinen valtioneuvoston päätös on ns. konepäätös (Valtioneuvoston päätös koneiden turvallisuudesta, joka vastaa konedirektiiviä ja sen muutoksia). Konepäätöstä sovelletaan pääasiassa uusiin koneisiin ja ETA-alueen ulkopuolelta tuleviin käytettyihin koneisiin. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että kone, joka täyttää vaatimukset Suomessa, voidaan samanlaisena myydä ETA-alueella.

Tuotantoautomaation kannalta on oleellista, että koneeksi lasketaan myös koneyhdistelmä. Robottijärjestelmä on siis yksi kone. Robotti erillisenä toimitettuna sen sijaan voi olla joko osakone tai kone, riippuen automaation loppusovelluksesta. Perusmääritelmän mukaan robottijärjestelmä lasketaan yhdeksi koneeksi, joka turvallistetaan yhtenä kokonaisuutena. Konejärjestelmä voidaan suojata yhtenä kokonaisuutena. Silloin koko järjestelmä merkitään yhdellä CE-merkillä. (1, s. 160 - 161)

Koneita koskevat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset ovat konepäättökseen liitteessä 1 ja ne on kirjoitettu yleisessä muodossa tiivistettynä 150 vaatimukseen. Kaikki kohdat on syytä käydä läpi, kun suunnitellaan robottijärjestelmää. Konedirektiiviin liittyvässä harmonisoidussa standardissa SFS-EN 775 teollisuusrobottien turvallisuus kohdentuu robottiin lähinnä laitteena eikä suoranaisesti kohdennu robotin ympäristössä piileviin vaaroihin. Standardi kuitenkin määrittelee muutamia järjestelmää koskevia suojauskohtia, joten suunnittelijan on hyvä tarkistaa ne suunnittelun yhteydessä. (1, s. 163.)

Robottijärjestelmän turvallisuussuunnittelussa on kaksi pääperiaatetta, joilla pyritään vähentämään tapaturmariskejä, millä

- poistetaan läsnäoloa vaativat tehtävät vaara-alueelta tai
- vähennetään vaara-alueella työskentelyn vaaroja turvalaitteiden avulla.

(1, s. 166.)

Toimenpiteet tapaturmariskien vähentämiseksi voivat vaikuttaa mm. tuotannon-suunnitteluun, layout-suunnitteluun, työsuunnitteluun tai tuotesuunnitteluun. Yleinen tapa on estää ja valvoa pääsyä turvalaitteiden valvomalle automaation toiminta-alueelle, joka on esimerkiksi mekaanisesti rajattu automaatiokoneen maksimitoiminta-alueesta. Robotin kaltaisten automaatiokoneiden alueiden rajaamisessa on olennaista tunnistaa, mikä on

- maksimitoiminta-alue
- rajattu toiminta-alue
- turvalaitteiden valvoma alue. (1, s. 166.)

Opinnäytetyö ei kuitenkaan sisältänyt turvallisuussuunnittelun tekoa, joten turvallisuuden suunnittelu ja sen toteuttaminen jäivät ulkopuolisen toimijan tehtäväksi.

5.5 Tarttujat

Tarttuja eli tartuntaelin on se osa robotista tai kuljettimesta, jonka toiminta tai työmenetelmä kohdistuu suoraan käsiteltävään työkappaleeseen. Robotissa on yleensä kolme vapausastetta ja tarttujassa kahdesta kolmeen. Itse tarttujan liikettä ei yleisesti lasketa robotin vapausasteeksi, vaan tarttujan kiinnitysstukka, joka pyörittää tarttujaa.

Tartuntaelimet teollisuudessa ovat varsinaiset tarttujat, työkaluin varustetut tarttujat ja työkalut. Varsinaiset tarttujat ovat yleisesti mekaanisia jäykkiä tarttuvia tai imu-, magneetti- tai tyhjiötarttuvia. Työkaluin varustettuihin tarttujiin integroidaan yleisesti mittauselimiä, leikkureita tai taivuttimia. Työkalutarttujat suorittavat useasti jonkin tuotantoprosessin vaiheen, kuten pistehitsauksen tai hionnan. Tarttujan suunnittelussa ja valintatyössä on tunnettava hyvin tarttujatyypit ja tartuntatavat. Tarttujat voidaan jaotella seuraavanlaisiin ryhmiin, jotka ovat

- avautuvat ja sulkeutuvat: yleensä tartutaan ulko- tai sisäpuolelta
- kiertyväsormiset ja rinnakkain lineaarisesti liikkuvilla sormilla varustetut tarttujat
- pneumaattiset, hydrauliset tai sähköiset tarttujat toimilaitteen tyyppin mukaan
- liikkuvien sormien lukumäärän mukaan kaksi-, kolmi- ja useampisormiset tarttujat
- jäykät ja joustavat tarttujat
- kappalekohtaiset tai yleistarttujat sen kappalemäärän mukaan, johon tarttujalla voidaan tarttua
- keskittävät tarttujat
- magneettiset tarttujat
- alipainetarttujat
- sisäisesti laajenevat tarttujat

- yksittäinen, kaksois- tai revolveritarttuja eli multitarttujan sen sormiryhmän lukumäärän mukaan
- älykkäät antureilla varustetut tarttijat
- erikoistarttijat. (1, s. 60 - 67)

5.5.1 Tarttujan esisuunnittelu- ja valintaprosessi

Tarttujan suunnittelu on yksi osa robottijärjestelmän suunnittelua, joten suunnittelijan täytyy sisäistää koko prosessin kokonaisuus. Robotti ei kykene aistimaan ympäristöä yhtä monipuolisesti kuin ihminen, joten suunnittelun täytyy tähdätä koko automatisointitehtävän toteuttamiseen. Tärkeimmät ominaisuudet tarttujalle ovatkin yksinkertainen rakenne, pieni koko ja paino, luotettava tartunta, tartuttavien kappaleiden keskitys ja perustilassa oleva tarttuja. Virheettömän toiminnallisuuden kannalta tärkeimmät asiat ovat robotin hyötykuorma, tartuntamenetelmä, toleranssi-analyysi, tarttujan esteetön lähestyminen ja kunnossapitonäkökohdat. Huomioitava on se, että tarttuja ja siirrettävä työkappale muodostavat robotin hyötykuorman, jolloin painava tarrain vähentää sitä. (2, s. 6 - 1)

Tarttujan suunnittelu- ja valintaprosessi voidaan jaotella kolmeen eri peruselementtiin. Suunnittelijan täytyy pohtia, miten kappaleeseen tartutaan, miten nopeasti sitä täytyy siirtää tai millaisiin laitteisiin työkappaleita siirretään. Tarttujan ja työkappaleen suunnittelijan täytyy tehdä yhteistyötä, että työkappaleesta suunnitellaan helposti tartuttava, jos vain mahdollista. Se helpottaa huomattavasti tarttujan suunnittelijan työtä, koska on kustannustehokkaampaa suunnitella tarttuja standardiosista, kuin räätälöidä työkappaleella oma tarttuja. (2.)

Tarttujan valintaprosessissa pitää ottaa huomioon teknologiset vaatimukset, työkappaleen parametrit ja työpisteen ympäristölliset vaatimukset. Teknologiset vaatimukset pitävät sisällään sen, kuinka kauan kappaleen siirtämiseen on aikaa, siirtomatkan, voiman aiheuttaman keskipakoisvoiman ja kuinka monta kappaletta täytyy nostaa samanaikaisesti. (2.)

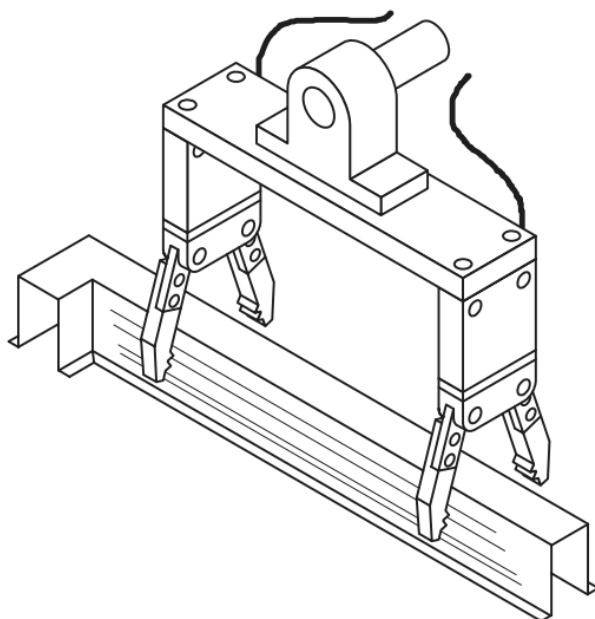
Työkappaleen mekaaniset ominaisuudet ovat myös suuri osa tarttujan valinta- ja suunnitteluprosessia. Tartuttavan kappaleen suureet ovat

- massa
- muoto
- toleranssit
- massakeskipiste
- massastabiliteetti
- pintaominaisuudet
- materiaali
- rasko
- lämpötila. (4, s. 17.)

Työympäristölliset parametrit koostuvat työstövaiheen voimista, tilasta, josta tarttuminen pitäisi tapahtua, asennustavasta ja lian, kosteuden sekä värähtelyn esiintymisestä. Suunnittelijan täytyy kuitenkin ymmärtää, ettei aina voida tarttua joka puolelta työkappaletta, joten suunnittelua voidaan laajentaa siten, että tartuttava tuote ohjataan mahdollisimman edullisessa asennossa tarttujalle. (2.)

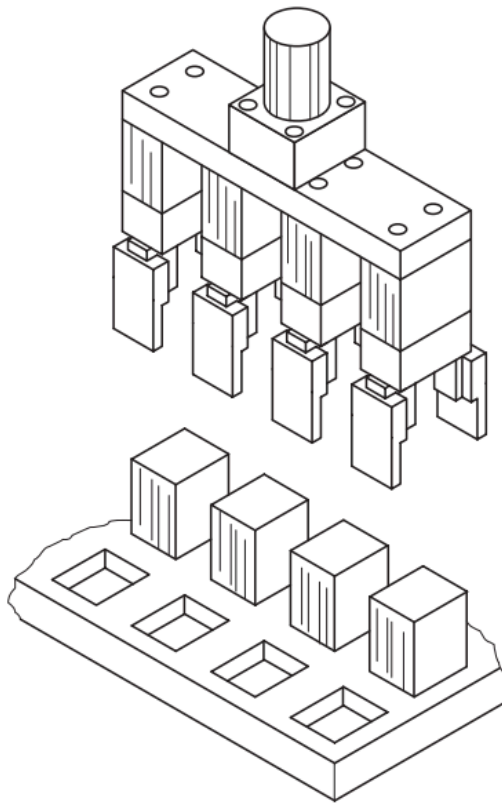
5.5.2 Multitarttujat

Multitarttujasovellutuksia (Kuva 10.) tarvitaan silloin, kun työkappaleita joko pyritään nostamaan useampi yhtä aikaa tai sen pituus ylittää 200 mm, mikä on hankala yksittäisen tarttujan hoidettavaksi. Työkappaleen tartunta tulisi toteuttaa siten, että massakeskipiste sijoittuu mahdollisimman tarkasti tarttujen puoliväliin. Multitarttujasovellukset ovat yleisesti kuitenkin standardisoituja, joten tarttujen kiinnitysjohteen geometriassa tämä on jo otettu huomioon. Koska multitarttujat toimivat yhtäaikaaisesti monessa eri koordinaatiopisteissä, siirrettävien työkappaleiden asennot pitää standardisoida aina tarkasti. (5, s. 17 - 18)



KUVA 10. Multitarttujasovellus pitkille työkappaleille

Tartuttaessa moneen eri tuotteeseen samanaikaisesti (Kuva 11.) tarttujan on lähestyttävä tartuttavaa tuotetta siten, ettei se vahingoita sitä tartuttaessa. Tämä ongelma voidaan ratkaista sijoittamalla tarttujan nivelmekanismiin tarvittava väliskomponenttien avulla, lisäämällä anturoinnin määrää ja vähentämällä lähestymisliikkeen nopeutta lähestyttäessä tartuttavaa tuotetta. Ongelma ilmenee yleensä, kun tarttujan on nostettava tuotteita kohteesta, johon tuotantolinja syöttää valmiita tuotteita, jolloin useamman eri toleranssin arvo aiheuttaa poikkeamia paikoituksessa. (5, s. 17 - 18)



KUVA 11. Multitarttuja-sovellus usealle työkappaleelle

5.5.3 Alipainetarttijat

Imuun tai tyhjiöön eli alipaineeseen perustuvia tarttuvia käytetään sellaisissa käyttökohteissa, joissa mekaaninen tarttuja voi vahingoittaa tuotetta tai tuotteen materiaalia ja geometriaa ei ole mahdollista muuttaa tarttujan toiminnan kannalta edulliseksi. Alipainetartunnassa työkappaleeseen tartutaan yleensä vain yhdeltä suunnalta. Tartuntavoimaa voidaan kasvattaa helposti lisäämällä imukuppeja tai tartuttavan pinnan pinta-alaa. Alipainetarttijat vaativat riittävän tasaisen, sileän, puhtaan ja tiiviin pinnan tarttumista varten. Imuvoima on paine-eron ja imupinta-alan tulo. Alipainetarttujaan ei saa kohdistua suuria kohtisuoria sivuttaisvoimia, koska tarttujan synnyttämä sivuttaisliikettä vastustava voima riippuu tarttujan ja kappaleen kitkakertoimesta. Tartunta kannattaakin toteuttaa keskeisesti, kappaleen painopisteen kohdalle, jos mahdollista. (1, s. 62 - 63)

Engelberger esittää kokeellisesti hyväksi havaittuna arviona, että vaakasuhtaisessa työkappaleen siirrossa kappaleen dynaaminen paino tulee ottaa kaksinkertaisena huomioon tartuntavoimaa määriteltäessä. Pystysuuntaisessa liikkeessä tartuntavoima tulee arvioida kolminkertaiseksi. Tartuntaan tuleva liikkeestä aiheutuva kuorma voidaan laskea myös tarkemmin voimatasapainon kaavan avulla.

Tartunnan voimatasapainon kaava (2.)

KAAVA 1

$$F = m * \mu * (a_{max} + g) * e$$

F = tarvittava tartuntavoima (kgm/s^2)

m = kappaleen massa (kg)

a_{max} = suurin kiihtyvyys (m/s^2)

g = maan vetovoiman aiheuttama kiihtyvyys (m/s^2)

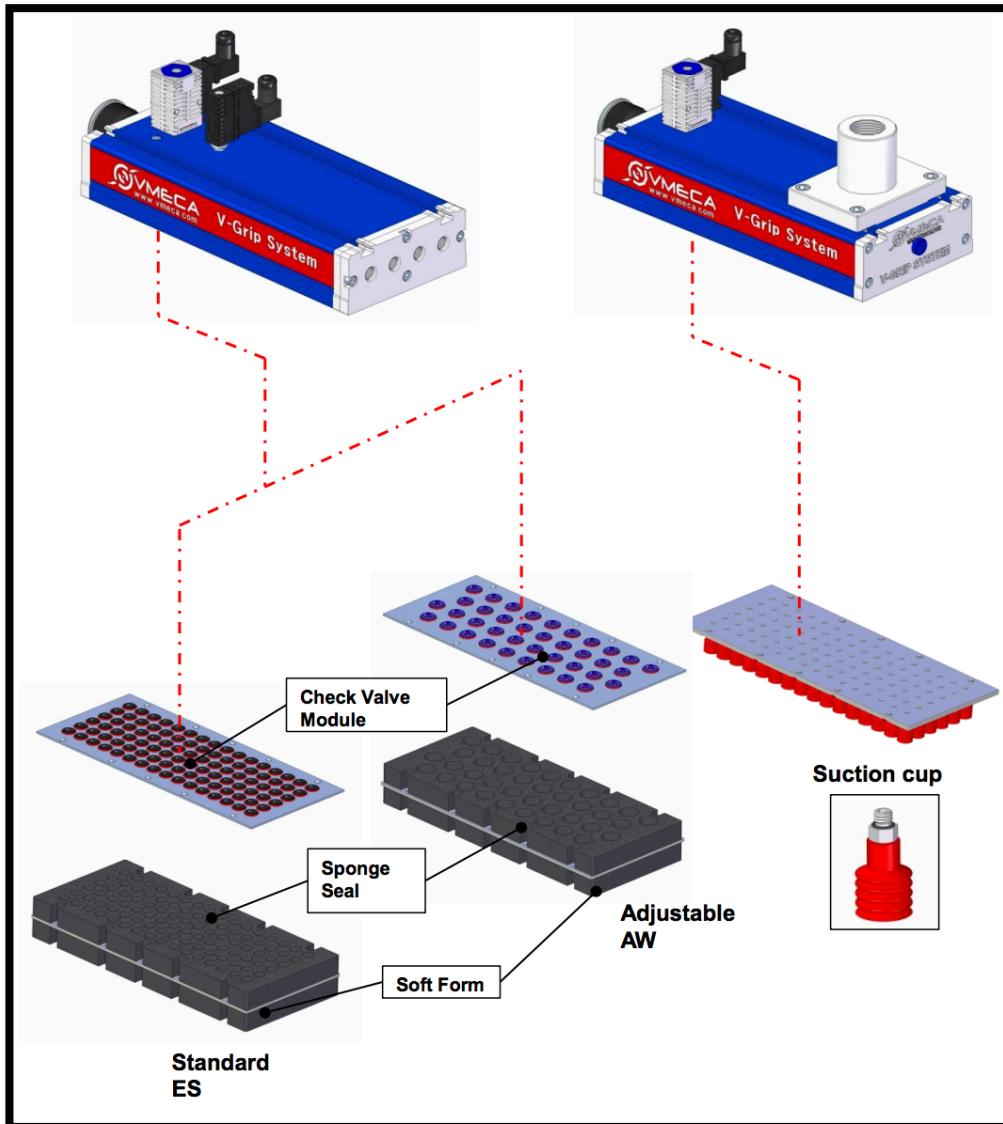
μ = kitkakerroin tarttujan ja työkappaleen välillä

e = varmuuskerroin

F on tarvittava tartuntavoima, m kappaleen massa ja a_{max} suurin kiihtyvyys, jonka kappale voi saada työkierron aikana. Pystysuuntaisessa liikkeessä g on maan vetovoiman aiheuttama kiihtyvyys $9,81 m/s^2$ ja muunlaisessa liikkeessä liikkeen suunnassa vaikuttavat maan vetovoiman aiheuttama kiihtyvyysskomponentti. Kitkakerroin tarttujan ja työkappaleen välillä on μ ja e on varmuuskerroin, joka on suuruudeltaan 1,2 - 2,0. (2.)

Alipaineen muodostamiseen käytetään kahta päätapaa, venturia ja ejektoria eli alipainekehittämiä tai erillistä alipainepumppua. Imukupin etuna on se, että sen rakenne on yksinkertainen ja yleensä luotettava, koska siinä on vähän liikkuvia osia. Imukupit toimivat myös kappaletta lähestyttäessä joustoelementtinä ja soveltuvat erittäin hyvin puhdistiloihin. Haittapuolena on paineen laskiessa mahdollinen irtaaminen nostettavasta työkappaleesta. Lisäksi pöly voi tukkia järjestelmän ja aiheuttaa toimintahäiriön. Markkinoilla onkin alipainetarttuvia, joissa työkappaleeseen

kiinnittyminen tapahtuu suorakaiteen muotoisella imukuppimatolla. Vaihtoehtona alipainetarttujalle on usein magneettitarttuja. (2.) (Kuva 12.)



KUVA 12. Imukuppimatolla varustettu alipainetarttuja (16.)

5.5.4 Esisuunnittelu

Tarttujan esisuunnittelun pohjana on prosessi- ja kappaleanalyysi. Analyysissä tutkitaan prosessia tarttujan kannalta. Esisuunnittelussa etsitään periaatetta, jolla prosessi toteutetaan ja luonnostellaan mahdollisia ratkaisuja. Työkappaleen koko, muoto ja materiaali määräävät käytettävän mekanismin ominaisuudet. Ominaisu-

det ovat tartuntapisteet, voimanvälitys, liikealue ja antureiden liittämismahdollisuudet. Toisaalta myös tarttujan toimintaympäristö, robotin käsivarsi, valmistusprosessi ja kokoonpano asettavat omat reunaehdonsa suunnittelulle. (2, s. 66 - 67)

5.5.5 Prosessi- ja kappleanalyysi

Tarttujan mekaanista suunnittelua tai laitevalintoja ennen on hyvä tehdä tarkistuslista prosessi- ja kappleanalyysistä, milloin tutkitaan kappaleen ja prosessin parametreja. Analyysin jälkeen tarttujan suunnittelu ja toteutus on helpompi tehdä, koska analyysi antaa tarkemmat viitteet tarttujan ominaisuuksille työkappaleen mekaanisten ominaisuuksien kautta.

Opinnäytetyössä työkappaleen ominaisuudet vaihtelivat enemmän pituuden ja pintageometrian osalta, joten tarttujan tärkein ominaisuus komponenttivalinnoissa on sen joustavuus. Työkappaleet kuljetetaan motorisoimattomalla rullakuljettimilla välivarastoinnilla saakka, mistä robottikäsivarsi poimii ne välivarastoon. Rullakuljettimen päältä nipun poimiminen tavanomaisella pihtimäisellä tarttujalla voisi vahingoittaa tuotetta, sekä se vaatisi nipun tarkkaa paikoitusta poimintaa varten. Nipun poimimisen suunnittelu perinteisellä pihtitarttujalla lisää oleellisesti suunnittelukustannuksia sen tarkan paikoituksen tuoman tunnistinkomponenttien ja suunnittelun johdosta. Nipun nostaminen ylhäältäpäin alipainetarttujalla on työkappaleelle välttämättömyyden ja turvallisimmin ratkaisu, koska nostovoima toteutetaan alipaineella, jolloin nostamisesta aiheutuva vaurioituminen on hyvin pieni tai olematon.

Alipainetarttujan käyttäminen tuotteiden nostamisessa on myös kaikista joustavin tapa, koska alipainetarttuja voidaan varustaa tunnistimilla, jotka havaitsevat ympäristön esteet ja reagoivat siihen ohjausjärjestelmän kautta väistämällä ne. Tarttujan ei myöskään tarvitse koskettaa koko imupinta-alalla tuotetta, jotta se saavuttaisi vakuumin nostettavan tuotteen ja imupinnan väliin, koska imukuppimaton jokainen imukuppi toimii omana yksikkönään. Kun imukupit toimivat omana yksikkönään, voidaan nostaa tuotteita, joiden pintageometriat ovat vaihtelevia tai niiden geometria ei salli niiden nostamista koko imupinta-alalla.

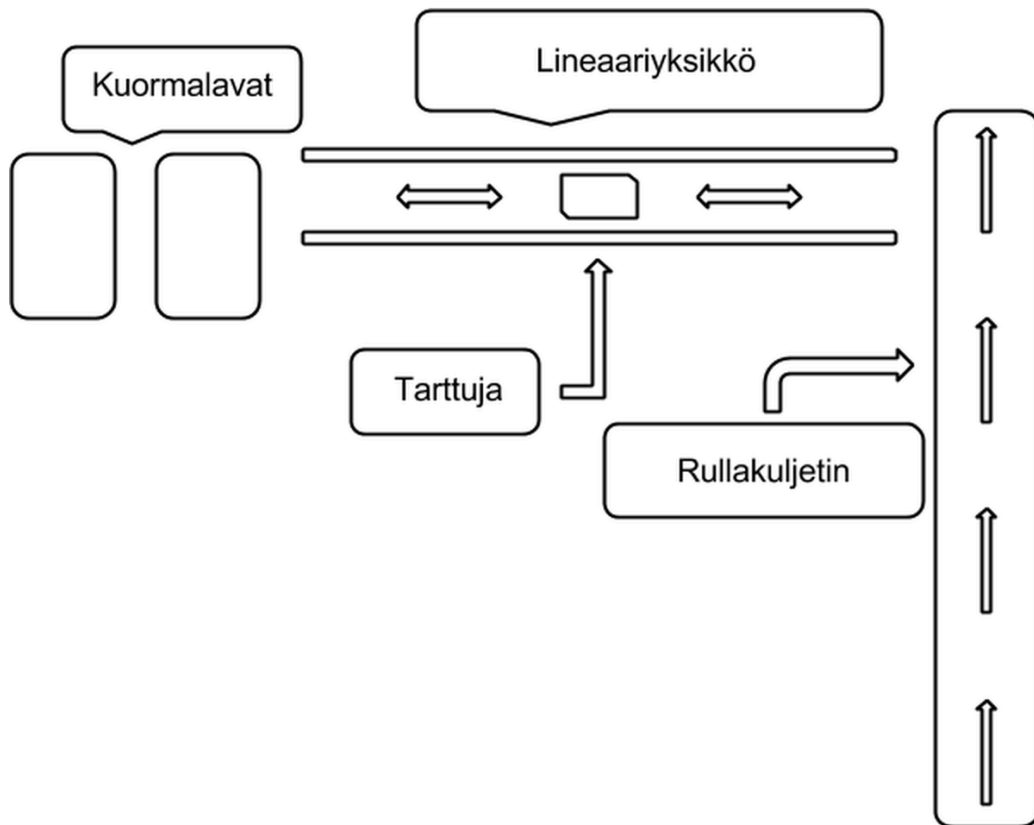
5.6 Menetelmäratkaisujen ja komponenttityyppien valinnat

5.6.1 Välivarastoinnin menetelmäratkaisu

Välivaraston automatisoinnin menetelmäratkaisuksi voidaan soveltaa robotisointia tai räätälöityä automaatiota. Vaihtelevien tuotegeometrioiden käsittely vaatii automaatioilta joustavuutta, johon räätälöity automatisointi kykenee, jos muutokset ovat sen liikealueiden sisällä. Materiaalivirtojen ollessa tasaisia räätälöity automatisointi on paras vaihtoehto sen toimintavarmuuden ja tasaisuuden ansiosta. Robotisoinnin useiden vapausasteiden tuoma joustavuus ja ohjelmistollinen muokattavuus taipuvat helpommin muuttuviin tuoteparametreihin.

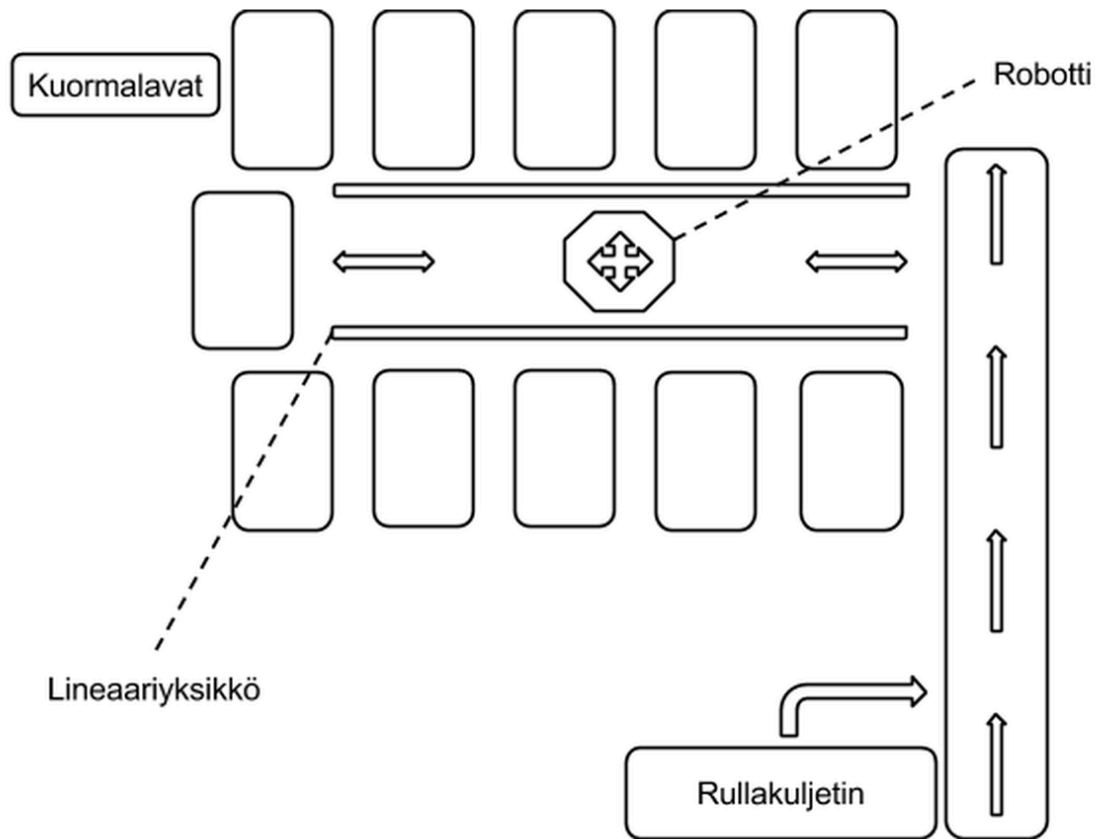
Räätälöidyssä automaatioissa pyritään toteuttamaan automatisointi mahdollisimman vähillä komponenteilla. Räätälöidyn automaation etuna on se, että saadaan haluttu toiminta, mutta räätälöinnin hinta voi kasvaa suuremmaksi suunnittelukustannuksien takia. Robotti ei tarvitse niin paljon mekaniikkasuunnittelua toimilaitteiden osalta, koska liikeradat voidaan suunnitella ohjelmistossa käyttäen hyväksi useita eri vapausasteita käyttäen. Vapausasteiden määrä tuo kuitenkin robotiikassa enemmän huoltokustannuksia, mutta niitä pystytään hillitsemään huolto- ja kunnossapitosuunnitelmalla, joka sisältää robotin määräaikaisen tarkistuksen ja tarvittavan ylläpidon. Kuormalavoille pakattavien ohutlevytuotteiden määrä ja sijoituspaikka lattialla voi vaihdella eri akselien suuntaisesti, joten räätälöidyn automaation joustavuus ei riittäisi tämän toiminnon suorittamiseen.

Räätälöity automaatio toteutettaisiin lineaariyksikön ja alipainetarttujan yhteissovelluksella. Sovellus sisältäisi multitarttujan, kuularuuvilinearijohteen ja sen tarvitsemat toimilaitteet. Tarttuja kuljettaisi ohutlevytuotteen lineaarirataa pitkin sille määrätulle lavapaikalle. (Kuva 13.) Lavapaikkojen paikoitus pitäisi toteuttaa ainoastaan yhden akselin suuntaisesti, milloin se aiheuttaa rajoitteita tuotantotilan suhteen. Räätälöity automaatio toimii ainoastaan siinä tilassa, mihin se on suunniteltu alun perin, joten yrityksen uusien tuotantotilojen myötä jouduttaisiin lineaariyksikön liikeradat ja mekaniikka suunnittelemaan alusta asti uudestaan.



KUVA 13. Lineaariyksikön multitarttajasovelluksen periaatekuva

Välivarastoinnin menetelmäratkaisuksi esivalittiin, että robotin tulisi kulkea sille suunnitellussa teräsrakenteessa lineaariyksikön avulla, jotta robotin liikeradoista ja ulottuvuudesta saadaan paras mahdollinen hyöty irti. (Kuva 14.) Tuotteiden maksimipituus on 4 metriä, joten robotin sijoittaminen lattialle olisi ollut ohjelmoinnin ja suunnittelun kannalta hankalaa, koska pisimmän tuotteen liikerata on varsin suuri nähden robotin ulottuvuuteen. Tuotteiden liikuttaminen lattiaan tai seinään asennetulla robottikäsivarrella altistaa tuotteen niiden kallistamisesta aiheutuvalla momentilla ja asettaa mekaniikkasuunnittelulle suuremman vastuun, jolloin suunnittelijalla on voitettavana suuremmat voimamomentit ja liikeradat. Kattoon kiinnitetty robotti nostaa tuotetta ainoastaan pysty- ja sivusuunnassa, milloin tuote ei kallistu eikä ole vaarassa irrota robotin siirtonopeuden pysyessä mahdollisimman hitaana.



KUVA 14. Robottikäsivarrella toteutetun välivarastoinnin layout-periaatekuva

Robotisointi voidaan hoitaa joko kuudella vapausasteella varustetulla robottikäsi-
varrella tai kolmella vapausasteella toimivalla portaalirobotilla. Portaalirobotin huol-
tokustannukset ovat pitkällä aikavälillä pienemmät verrattuna kuuden vapausas-
teen omaavaan robottikäsi-varreen, koska vapausasteiden vähentyessä robotin
huollettavat komponentit vähenevät. Portaalirobotti pystyy kulkemaan omat vapa-
usasteensa ainoastaan lineaarisesti, joten välivaraston kuormalavojen paikat täytyy
sijoitella siten, että robotti pääsee esteettä sijoittamaan ohutlevytuotteet niille line-
aarisesti akselinsa suuntaisesti. Kolmen vapausasteen liikealueet rajoittuvat kui-
tenkin X-, Y- ja Z-akselille, jolloin robotti ei kykene kallistamaan tuotetta sitä kuljet-
taessa. Ohjelmoinnin haasteena onkin paikoitus ja asemointi, jos tuotteen asettelu
vaatii sitä.

Kuuden vapausasteen robottikäsivarren vahvuus on sen liikeratojen joustavuuden ääretön muokattavuus. Robotti pystyy kiertämään tuotteen jokaisen vapausasteen ympäri, milloin liikealueet ja radat omat muokattavissa halutunlaiseksi. Robotti soveltuu erinomaisesti hankalien ja tarkkuutta vaativien liikeratojen ajamiseen, milloin sen hankinnan jälkeen suunnittelun pääpaino on ohjelmoinnissa. Robotin pitkän aikavälin huoltokustannukset voivat kuitenkin olla suuremmat sen vapausasteiden tuoman rakenteellisen monipuolisuuden johdosta.

Opinnäytetyön osapäämääränä oli myös tilansäästäminen tuotantotiloissa, jolloin komponenttivalinta määräytyi sen mukaan, miten haluttu robotti voidaan sijoittaa kattoon. Portaalirobotti ja robottikäsivarsi voidaan sijoittaa kattoon, mutta ainoastaan käsivarsityyppinen robotti on mahdollista sijoittaa seinään, kattoon tai lattiaan. Robottikäsivarren sijoitusmahdollisuuden monipuolisuus on etu verrattuna portaalirobottiin, joten komponentiksi päätettiin valita joustavin ja monipuolisin ratkaisu. Tuotannon automatisoinnin ensiaskeleena robotisointi on pitkän aikavälin sijoituksena kustannustehokas ratkaisu, koska robottikäsivarsi voidaan uudelleenohjelmoida ja sijoittaa uuteen työtehtävään tuotantolaitoksessa.

5.6.2 Tarttujan menetelmäratkaisu ja tyyppivalinta

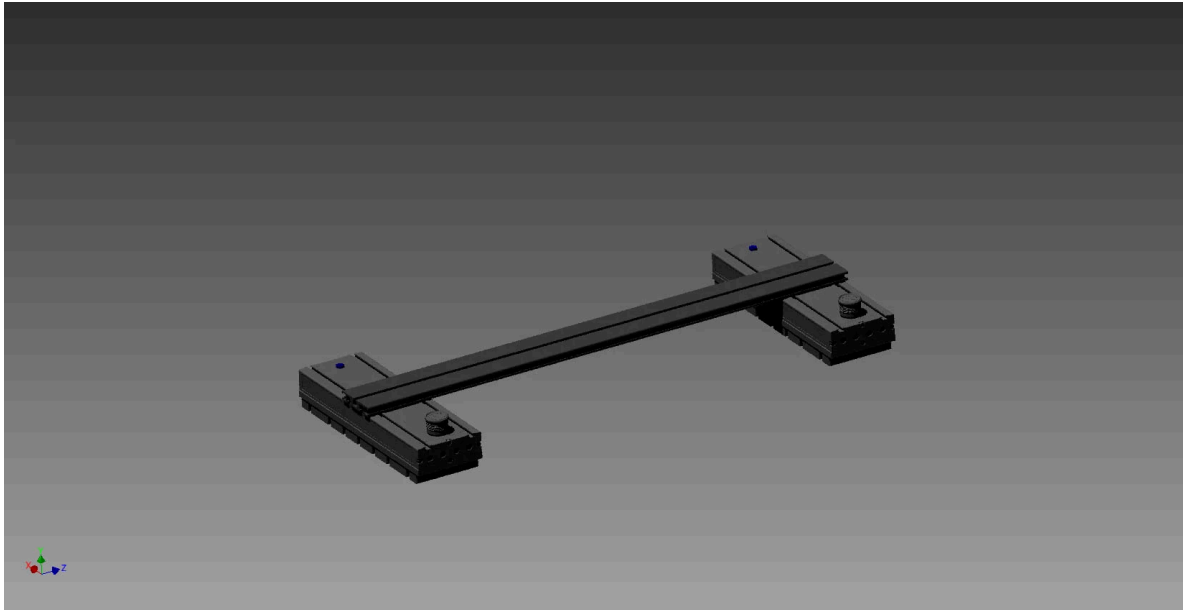
Tarttujan laite- ja tyyppivalinta määräytyi tarttujan esisuunnittelun analysoinnin mukaan, joka sisälsi karkean prosessi- ja kappaleanalyysin, koska tarttujan pääsuunnittelutyö hankitaan alihankinnalla. Analysoitavaksi opinnäytetyöhön jäi tuotteen pintageometrian, painon ja tarttumapinta-alan analysointi, jonka kautta tehtiin valinta käyttää alipainetarttujaa. Suurta osaa tuotteista ei valmisteta standardien mukaisesti, vaan ne räätälöidään asiakkaan tarpeen mukaan. Tuotannon vaihtelevuuden kannalta oli syytä valita tarttuja, joka pystyy käsittelemään mahdollisimman paljon erilaisia ohutlevyprofiileita.

Ohutlevytuotteen pintageometrian vaihtelua varten paras ratkaisu oli valita tarttuja, joka pystyy joustamaan pinnan epätasaisuuden muuttuessa. Joustavuus voidaan toteuttaa tarttujan nivelmekanismiin sijoitetun välyksen kanssa tai tunnistimilla varustetulla alipainetarttujalle, jonka pintamateriaali mukailee tuotetta. Ohutlevytuot-

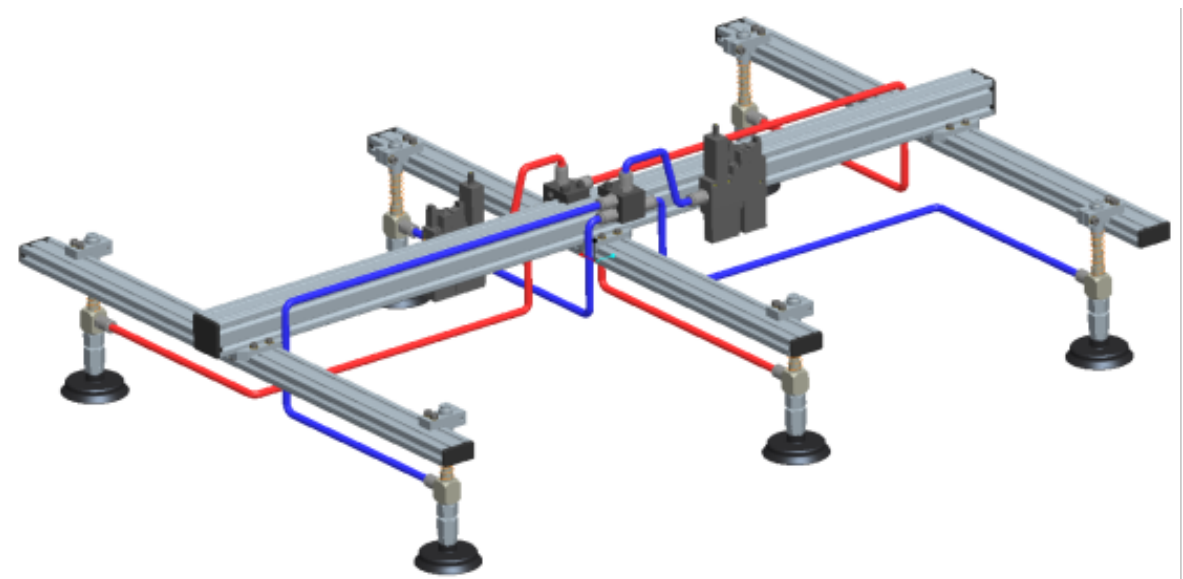
teet valmistetaan sisätiloissa, jossa epäpuhtauksien määrä on vähäinen tai olematon, milloin alipainetarttuja on tuotteen geometristen ominaisuuksien ja ympäristön olosuhteiden perusteella paras vaihtoehto. Tuotteet pakataan pakkausmuoviin, joten alipainetarttujan pitää pystyä tuottamaan vakuumin tuotteen pinnan ja imu-pinnan väliin, vaikka koko tarttujan tartuntapinta-ala ei koskettaisi tuotetta.

Alipainetarttuja soveltuu hyvin herkästi vaurioituville ja hankalasti tavallisilla pihti-tarttujilla tartuttaville työkappaleille, koska tarttuja nostaa tuotetta ainoastaan sen pinnasta. Pihtimäisillä tarttujilla varustettu kuljetin vaatii yleensä tuotteen asettelun ja tarttumisen paikoituksen kannalta huomattavasti tarkempaa suunnittelua, joten alipainetarttujan valinnan kautta suunnittelutyö jää vähäisemmäksi. Tavallinen pih-timäinen tarttuja voisi vaurioitumisherkkyuden takia nostaessa vahingoittaa tuotet-ta, koska tarttuja joutuu käyttämään puristusvoimaa työkappaleen pintaa vasten.

Tuotteiden pituuden ja painon vaihdellessa suuresti on tarttujan kestettävä pituu-desta ja painosta aiheutuvaa rotaatiovoimamomenttia. Voimamomentin vaikutusta voidaan kompensoida paikoitukseen käytettävän siirtonopeuden pienentämistä tai alipainetarttujan hyötykuorman suurentamista sopivalla suunnittelussa huomioon-otettavalla varmuusluvulla. Usean eripituisen tuotteen nostamiseen voidaan suunnitella alumiiniprofiiliin kiinnitettävää multitarttujasovellusta, joka oikealla paikoituk-sella hoitaa koko tuotannon eripituiset tuotteet. Alipainetarttujasovellus voidaan toteuttaa joko kahdella imukuppimatolla toimivalla multitarttujasovelluksella (Kuva 15.) tai kustomoidulla useamman imukupin sisältävällä ratkaisulla (Kuva 16.).



KUVA 15. Imukuppimatolla varustettu multitarttujasovellus



KUVA 16. Useamman imukupin multitarttujasovelluksen periaatekuva

Imukuppimatolla varustettu multitarttujasovellus soveltuu parhaiten epätasaisten ja vaurioitumisherkkien tuotteiden käsittelyyn. Imukuppimaton päällä on sienimäinen osa, joka varmistaa sen, että kun tarttuja nostaa tuotteen, se ei vahingoita sitä. Imukuppimatto on suunniteltu toimimaan siten, ettei koko imupinta-ala tarvitse koskettaa tuotetta, jotta se voisi tuottaa vakuumin. Tartuntapinta-alan vähentyminen

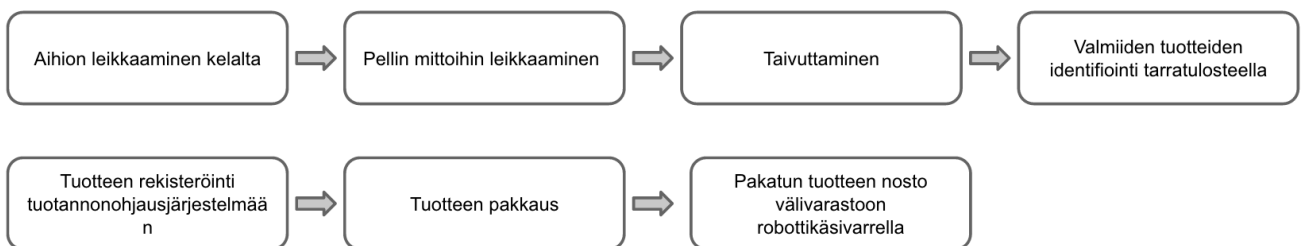
vaikuttaa tarttujan hyötykuorman nostovoimaa alentavasti, milloin tarttujaa valitessa on otettava huomioon tarpeeksi suuri varmuuskerroin turvallista käyttöä ajatellen. Tarttujalla voidaan myös nostaa useita pienempiä tuotteita samanaikaisesti. Imukuppimatolla varustettu tarttuja on suunniteltu toimimaan yksittäisenä kokonaisuutena, joten suunnittelun pääpaino hankinnan yhteydessä kohdistuu enemmän multitarttujan vaatiman alumiiniprofiilin lujuuslaskelmiin ja toimilaitteisiin.

Useammalla imukupilla varustettu multitarttujasovellus pystyy nostamaan useita tuotteita yhtäaikaisesti ilman, että kaikkien imukuppien täytyisi olla vakuuissa. Alumiiniprofiilin integroitu tarttujasovellus soveltuu hyvin pitkien tuotteiden nostamiseen sen tarttujien etäisyyden säädeltävyyden ansioista. Yksittäisten imukuppien käyttövarmuus pakkausmuoviin käärittyjen ohutlevytuotteiden nostossa tulisi selvittää empiirisesti ennen käyttöönottoa. Yksittäisen imukupin materiaali täytyisi olla sellaista, että se mukailee parhaiten epätasaista ohutlevyn pintaa ja kykenee muodostamaan vakuumin muovin ja levyn päälle. Yksittäisten imukuppien kustanne on yksittäiskomponentteina edullisempi, mutta kokonaisuudeksi suunniteltuna kustannus voi nousta suuremmaksi suunnittelun ja komponenttien määrän myötä.

Menetelmäratkaisun ja komponenttien tyyppivalinnan määräsi ohutlevytuotteen pintaprofiilin epätasaisuus ja pakkausmateriaali, mikä muodostaa haasteen perinteiselle yksittäiselle imukupille. Yksittäisten imukuppitarttujien toimivuus täytyisi kokeilla empiirisesti, mikä aiheuttaisi lisäkustannuksia hankinnan yhteydessä, kun imukuppimatolla varustettu tarttuja toimisi itsessään jo valmiina tuotteena. Lisäkustannusten minimointi, tarttujan monipuolisuus ja turvallisuus olivat tärkeimmät valintaparametrit, joten komponenttityypiksi ja menetelmäratkaisuksi valittiin yhteisymmärryksessä tilaajan kanssa imukuppimatolla toimiva multitarttujasovellus.

6 ESIVALITUT KOMPONENTIT JA LOPPUTULOKSET

Tuotantoprosessin menetelmäkehitys muutti tuotantoprosessia siten, että työntekijä identifioi valmiit ohutlevy tuotteet asettamalla valmiin tarratulosteen tarrakoneesta, ja syöttää ne paketoitinkoneeseen. Paketoinnin jälkeen järjestelmä tunnistaa tuotteen saapuneeksi rullakuljettimen päähän ja aktivoi robottikäsivarren. Robottikäsivarsi tarttuu tuotteeseen ja nostaa sen ohjelman määräämälle lavalle välivarastoon. (Kuva 17.)



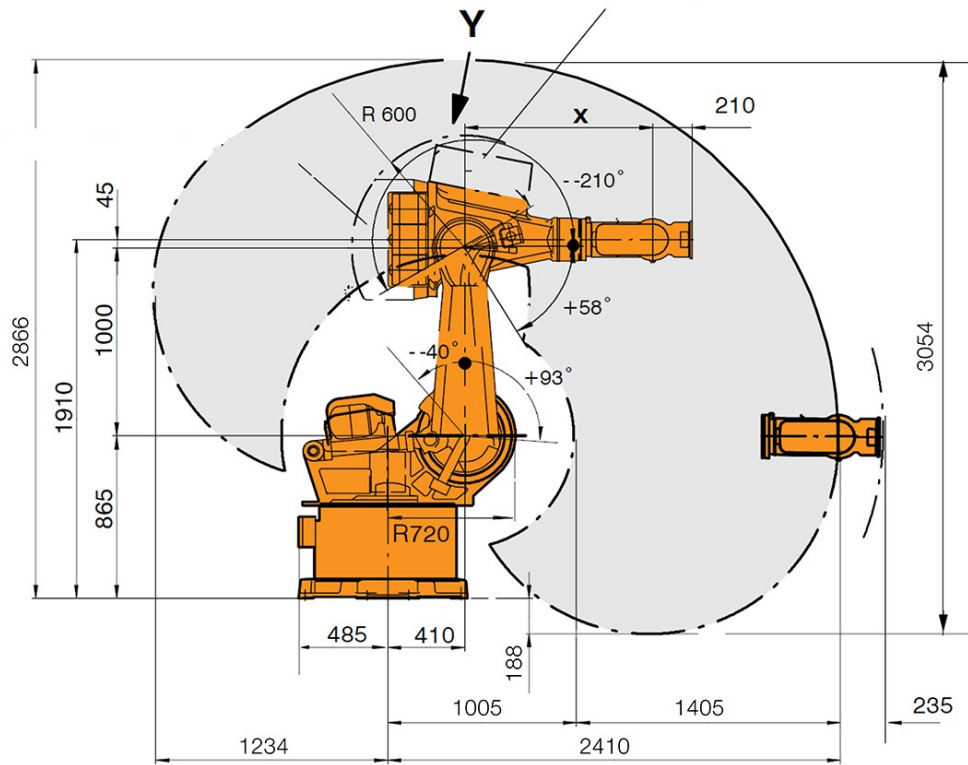
KUVA 17. Menetelmäkehitystyön tuottama rationalisoitu tuotantoprosessi

6.1 Robotti Kuka KR125

Ohutlevy tuotannon välivarastoinnin automatisoinnin kuljettimeksi esivalittiin Kuka KR125 -käsivarsirobotti KRC2-ohjausyksiköllä, joka soveltuu keskisuurien massojen nostamiseen. Robotissa on kuusi vapausastetta, joka mahdollistaa robotin liikumisen haluttuun pisteeseen sen koordinaatistossa työkalulaipan halutussa asennossa.

Robotin hyötykuorma on 125 kg, ja sen paikoitustarkkuus on 0,2 mm. Työkalulaipan suurin ulottuma on sen kiinnitysrungon keskipisteestä 2 410 mm Vapausasteiden liikealueet ovat A1 $\pm 185^\circ$, A2 $+93^\circ / -40^\circ$, A3 $+58^\circ / 210^\circ$, A4 $\pm 350^\circ$, A5 120° , A6 $\pm 350^\circ$. Vapausasteiden nopeudet ovat A1 $100^\circ/s$, A2 $100^\circ/s$, A3 $100^\circ/s$, A4 $154^\circ/s$, A5 $167^\circ/s$ $251^\circ/s$. Robotin käyttövoimana toimivat jarruilla varustetut AC-servomoottorit.

KRC2-ohjausyksikkö toimii pc:llä, jota voidaan ohjata Windows-käyttöjärjestelmällä. Ohjausyksikössä on 16 sisään- ja ulostuloa, joita voidaan helposti laajentaa lisäosilla maksimissaan 1 024:ään. Robotti voidaan myös ohjelmoida toimimaan offline-tilassa, joka kuitenkin vaatii laitevalmistajan erillisen Simpro-ohjelman. (Kuva 18.) KUKA KR125-robottikäsivarren (Kuva 19.) ja sen mukana tulevan KRC2-ohjausyksikön yhteishinta käytettynä on 9 500 puntaa, ja päivän valuutan vaihtokurssilla hinta olisi noin 13 000 euroa. (14.)



KUVA 18. Kuka KR125 -robottikäsivarren ja liikealueiden mitat (14.)

6.2 VMECA:n V-Grip-alipainetarttuja

Alipainetarttujaksi valittiin VMECA:n V-Grip G130x300-L3-ES-A3-R3-DL - alipainetarttuja. V-Grip-alipainetarttuja on suunniteltu toimimaan niin, ettei niiden tarvitse koskettaa nostettavaa tuotetta koko imupinta-alaltaan, joten ne soveltuvat hyvin useiden tuotteiden tai hankalien pintojen käsittelyyn ja nostamiseen. Tarttujaan käytetään multitarttuja-sovellusta, koska työkappaleiden pituus voi vaihdella 1 - 4 m:n välillä, milloin tarttuja eivät saa olla riippuvaisia toisistaan nostohetkellä. Tarttuja asennetaan alumiiniprofiiliin, joka kannattelee joko yhtä lyhyttä tai pitkää tuotetta kerralla. (Kuva 19.)



KUVA 19. VMecan V-Grip-alipainemultitarttuja alumiiniprofiililla (16.)

VMECA VGRIP-alipainetarttuja G130x300-L3-ES-A3-R3-DL soveltuu parhaiten sen joustavuuden kannalta geometrialta vaihtelevien tuotteiden käsittelyyn. Tarttumat pystyvät nostamaan molemmat ~26 kg, joka on 1,2-kertainen varmuuskerroin maksimikuormaan 45 kg:n nähden. Multitarttujasovelluksena Vgrip-tarttuja pystyy käsittelemään useita eri tuotteita, pintageometrialta vaihtelevia tai pitkiä tuotteita hyvin yhtäaikaisesti. Tartuntapinta ei vaadi sen koskettavan tuotetta koko pinta-alaltaan, että se saavuttaa alipaineen pintojen välille. Vgrip-tarttujan imukuppimaton ja tartuttavan pinnan väliin tulee sienimäinen osa, joka takaa, että tuote ei vahingossa vaurioidu, kun sitä nostetaan. Tuotteen arvonlisäverollinen hinta on 4 225 euroa toimilaitteiden kanssa, kuitenkin ilman asennusta ja multitarttujan alumiini-profiilia.

6.3 Brother PT9800PCN-tarroituskone

Tarroituskoneeksi valittiin pöydälle sijoitettava Brother PT9800PCN -tarroituskone, koska levyjen koot ja geometriat vaihtelevat suuresti ja tuotantomäärät eivät ole niin suuria, että ne vaatisivat suurnopeuksista tarroituskonetta. Tarroituskoneen integroiminen paketoitukoneeseen aiheuttaisi tarpeettoman paljon suunnittelutyötä tarran paikoituksen takia ja ennen kaikkea se voi olla vaikeaa sijoittaa sen sisälle. Useimmat teollisuuden suuriin tuotantomäärien käsittelyyn tarkoitetut tarroituskoneet ovat itsessään jo suuria toimilaitteilla varustettuja koneikkoja. Edullisinta on siis, että työntekijä asettaa tarran parhaaksi katsomalleen paikalle. Työntekijän suorittaman identifioinnin myötä ei synny riskiä siitä, että pakkauslaitteet peittäisi tarran tai pahimmassa tapauksessa irrottaisi sen vahingossa.

Brother PT-9800PCN -tarroituskone on tarkoitettu teollisuuden vaatimaan tarroituskäyttöön. Tarroituskoneessa on suuri tarrarulla, joten laitetta voi käyttää suurien tuotantoerien identifioimiseen ilman, että tarrarullaa tarvitsisi vaihtaa useasti työpäivän aikana. Tarroituskonetta voidaan ohjata USB-, ethernet-yhteyden tai verkkokaapelin kautta. Pöytämallinen P-touch 9800PCN -verkkotarratulostin on suunniteltu pysyviä tarroja vaativiin sovelluksiin, ja se tulostaa kestäviä laminoituja tarroja, jotka on suojattu kemikaaleja, kosteutta, kuumuutta, kylmyyttä ja kulumista vas-

taan. Nämä laadukkaat laminoidut tarrat tulostetaan 360 dpi:n tarkkuudella ja niissä on kiiltävä kirkas pinnoite. Näin tuotteiden identifiointitarra pysyy takuuvarmasti tuotteen pinnalla siihen asti, kun se asennetaan. Tuotteen arvonlisäverollinen hinta on 676,07 euroa. (Kuva 20.)



KUVA 20. Brother 9800PCN -tarroituskone (18.)

7 LOPPUSANAT

Opinnäytetyössä suunniteltiin pakattujen ohutlevytuotteiden identifiointi ja väli-varaston automatisointi. Opinnäytetyön tyyppinä oli menetelmäkehitystyö, joka sisälsi tuotteiden identifiointi laitetyyppien ja komponenttien valinnat ja väli-varaston automatisoinnin menetelmäratkaisut. Työn tavoitteena oli rationalisoida tuotantoprosessin vaiheet, jotka tuottavat tarpeetonta työtä ja altistavat ohutlevytuotteet vaurioitumiselle nykyisessä väli-varastoinnissa.

Menetelmäkehitystyö saavutti sille asetetun tavoitteen, joka oli ohutlevytuotteen identifiointi ja väli-varastoon siirtämisen menetelmäratkaisut, komponenttivalinnat ja budjetointi. Kehitystyön tuottamat laitteistovalinnat ja laadittu budjetointilaskelma hyödynnetään, kun tuotantoprosessin automatisointi tulee ajankohtaiseksi.

Tuotantoprosessin rationalisointi aloitetaan aina lähtötilanneanalyysillä, jossa tutkitaan koko prosessia ja sen vaiheita. Analyysin tarkoitus on saattaa esille ne ongelmakohdat, jotka hidastavat prosessia ja tekevät siitä tehottoman. Analyysin pohjalta yleensä tehdäänkin lopullinen päätös siitä, onko yrityksellä tarve automatisoida tuotantonsa vaiheita.

Opinnäytetyössä lähtötilanteen analyysia ei tehty kuin pintapuolisesti, koska tilaajayritys oli jo tehnyt päätöksensä tuotantonsa automatisoinnista. Opinnäytetyön tuottama menetelmäratkaisu vastasi yrityksen toivetta automatisoinnista, ja siinä vertailtiin eri tuotantoautomaatiikan ja tarratulostimien laitetyppejä. Tuotetun menetelmäratkaisun avulla väli-varastoinnissa tarvittavat työntekijät voidaan vapauttaa muihin tehtäviin, koska väli-varastointi voidaan hoitaa täysin automatisoidusti komponenttivalintojen perusteella. Työntekijän vastuulle jää tarratulosteen kiinnittäminen tuotteeseen ja tuotteen syöttäminen pakkauskoneeseen. Tulevan tuotannonohjausjärjestelmän myötä tuotteen rekisteröinti tietokantaan voidaan toteuttaa työntekijän toimesta tai standardisoida tarratulosteen paikka tuotteessa, jolloin järjestelmä voi identifioida tuotteen automaattisesti.

Budjetin sisältämien komponenttivalintojen hintavertailu olisi voitu tehdä kattavamaksi, jos hintavertailuun olisi sisällytetty kustomoitu automatisointi robotisoinnin rinnalle. Räätelöidyn automatisoinnin suunnittelu- ja komponenttikustannukset ovat huomattavasti hankalampi yksinkertaisesti hinnoitella, koska automatiikka suunnitellaan aina juuri käyttökohdetta ajatellen. Tarkan hinta-arvion tuottaminen vaatisi kokonaisuuden ja komponenttivalintojen tarkempaa suunnittelua.

Jos robotisointia ja kustomoitua automatisointia olisi voitu vertailla opinnäytetyön vaatimalla tarkkuudella, olisi opinnäytetyön rajausta pitänyt muuttaa kapeammaksi komponenttivalinnoilta, jolloin projektin pääpaino olisi ollut välivarastoinnin menetelmäratkaisujen ja komponenttivalintojen suunnittelu. Opinnäytetyön uudelleensäätämisen jälkeen välivarastoinnin menetelmäratkaisujen hintavertailuun olisi voitu käyttää enemmän resursseja, jolloin budjetointia olisi voitu tarkentaa alihankkijoiden arvioita käyttämällä. Opinnäytetyön tuloksia voidaan kuitenkin käyttää viitteenä tulevalle automatisoinnille, mutta piilokustannuksien suuruutta ei pysty tämän projektin perusteella arvioimaan tarkasti. Ainoastaan piilokustannuksien nimikkeet voidaan eritellä pääpiirteittäin.

Tuotantoprosessin rationalisoinnin opinnäytetyön kohteeseen voisi toteuttaa myös alhaisemmalla budjetilla, mikä vaatisi automatisoinnin yksinkertaistamista ja tuotannon yksityiskohtaisempaa organisointia ja läpiajoa. Toiminto voitaisiin suorittaa siten, että valmistettavat tuotteet tulisivat pakattavaksi asiakaskunnittain, jolloin ne ohjattaisiin tuote kerrallaan oikealle lavalle tai alkuperäisellä robottikäsivarrella tuote nostettaisiin kuljettimilla tuotavalle kuormalavalle tuotantoerittäin.

Asiakaskunnittain toteutetussa välivarastoinnissa tuotteet kuljetettaisiin tuotantolinjaston päähän kuljettimia pitkin halutun korkeussuunnassa nousevan lavapaikan kohdalle, jolloin työntekijän ei tarvitsisi välttämättä nostaa tuotetta vaan ohjata se kuormalavan päälle. Kun asiakaskohtainen tuotanto on ajettu läpi, lava laskettaisiin alas ja kuljetettaisiin välivarastoon odottamaan kuljetusta. Robottikäsivarrella toteutetussa yksinkertaistetussa välivarastoinnissa kuormalava kuljetettaisiin kuljettimen avulla robottikäsivarren liikealueen sisälle, jolloin lineaariyksikköä ei tarvitsisi robo-

tin liikuttamiseen. Tuotantoerän lopussa lava siirtyisi pois lastauspaikalta ja automatiikka kuljettaisi uuden lavan tilalle.

Komponenttivalintoja tehdessä kustomoituun automatisointiprojektiin on huomattava, että komponenttien kokonaiskustannusten arvioiminen on haasteellista. Komponenttien määrä ja tyyppi voi vaihdella suuresti suunnittelun aikana, mikä aiheuttaa budjetoinnin suuripiirteisyyden. Suuripiirteisyyttä voisi vähentää sillä, että opinnäytetyö olisi toteutettu suurempana projektina, johon olisi jäsennelty syventyvämpiä osaprojekteja. Osaprojektit voisivat keskittyä tiettyihin osa-alueisiin, jolloin tuotoksena olisi tarkempi ja huomattavasti kattavampi suoraan käyttöön tuleva kokonaisuus tai ratkaisu ilman piilokustannuksia, joita ilmeni tässä projektissa.

LÄHTEET

1. Aalto, Heikki – Heilala, Juhani – Hirvelä, Tuomas – Kuivanen, Risto - Laitinen, Mika – Lehtinen, Hannu – Lempiäinen, Juhani – Lylyoja, Ari – Renfors, Juha – Selin, Keijo – Siintoharju, Tero – Temmes, Jaakko – Tuovila, Tommi – Veikkolainen, Mikko – Vihinen, Jorma – Virtanen, Ari 1999. Robotiikka. Helsinki: Talentum.
2. Salmelin, Bror – Temmes, Jaakko – 1985. Robottiautomaatio. Helsinki: Insinööritieto Oy – Suomen Sääntöteknillinen seura Ry.
3. From borders to shared space - raja-alueiden TKI-verkoston vahvistaminen. 2014. Haaga Helia ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://www.haaga-helia.fi/fi/node/1892/kaynnissa-olevat-hankkeet/boss>. Hakupäivä 10.3.2015.
4. Väyrynen, Matti 2014. Stofix Montage Teamin tuotantotilan layout-suunnitelma. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Jukka Säkkinen. 18.10.2014.
5. Huhtanen, Pentti 2014. T316203. Mekanisointiyksiköt 3 op. Kurssimateriaali. Tarttajasovellukset, Gripper applications. Oulu Oulun ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://www.tekniikka.oamk.fi/~penttihu/mekanisointiyksikot/gripperapplication.pdf>. Hakupäivä 6.6.2015
6. Ilmonen, Markus 2004. Sulakkeen ladonnan robotisointi. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, kone- ja kuljetustekniikka.
7. Koskinen, Jussi 2007. Robotisoidun hitsaussolun toiminnan kehittäminen. Tutkintotyö. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikka. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/8762/Koskinen.Jussi.pdf?sequence=2>. Hakupäivä 30.4.2015

8. Aakkula, Jarkko – Erkinharju, Ari – Mieskonen, Jari – Matti Spolander 1985. Robotiikka ja Tuotantoautomaatio. Vantaa: Insinööritieto Oy – Konepajatalouden kerho.
9. Lassila, Tomi 2014. Alipainehitsauskammion suunnittelu ja toteutus. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, kone- ja tuotantotekniikka. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/73622>. Hakupäivä: 6.6.2015
10. Laakso, Hannu 2013. T320103 Sähkökäytöt 3 op. Sähkö- ja servomootorit. Kurssimateriaali. Oulun ammattikorkeakoulu. Oulu.
11. Takalo-Kippola, Heikki. 2014. T320407 Ohjausjärjestelmät 7 op. Ohjelmoitavat logiikat. Kurssimateriaali. Oulun ammattikorkeakoulu. Oulu.
12. Tuotteet. Mekaaninen. Lineaariyksiköt. Movetec. Saatavissa: [http://www.hiwin.tw/download/tech_doc/robot/Single_Axis_Robot-\(E\).pdf](http://www.hiwin.tw/download/tech_doc/robot/Single_Axis_Robot-(E).pdf). Hakupäivä: 13.5.2015.
13. IRB 4400. 2015. Industrial robotics. ABB robotics. Robotics. Saatavissa: <http://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-4400>. Hakupäivä: 6.6.2015
14. Kuka KR125. 2015. Robots. Global robots Ltd. Saatavissa: <http://www.globalrobots.com/product.aspx?product=22206>. Hakupäivä: 6.6.2015
15. Fanuc M410i. 2015. Robots. Global robots Ltd. Saatavissa: <http://www.globalrobots.com/product.aspx?product=22741>. Hakupäivä: 6.6.2015
16. V-grip systems. 2015. Tarttuja katalogi. Vmeca.. Saatavissa: http://www.vmeca.com/catalog/en/vgrip/V_Grip_Systems.pdf. Hakupäivä: 6.6.2015
17. NS70-suctioncups. 2015. Handling technology. Technologies and components. Zimmer group. Saatavissa: http://www.zimmer-group.de/dbassets/hht_dok_mak_hht_dok_mak_ns__sen__aqu__v1.pdf. Hakupäivä: 6.6.2015

18. Tarratulostimet. 2015. Tarratulostimet teollisuuskäyttöön. Brother. Saatavissa: <http://www.brother.fi/labelling-machines/high-volume>. Hakupäivä: 6.6.2015
19. KL 250-3-lineaariyksikkö. 2015. Tuotteet. Lineaariyksiköt.Kuka robotics. Saatavissa: http://www.kuka-robotics.com/finland/fi/products/addons/linearunits/PA_KL250_2_Detail.htm. Hakupäivä: 6.6.2015
20. Lineaariyksikkö QME. 2015. Tuotteet. Rollco. Saatavissa: <http://rollco.fi/wp-content/uploads/2012/07/Linear-Unit-QME-2014-05.pdf>. Hakupäivä: 6.6.2015

LÄHTÖTIETOMUISTIO

| | | |
|--|--|---|
| Työn tiedot | Tekijä ¹ Mikko Taskinen, tltami00@students.oamk.fi | Tilaaaja ² Stofix Montage Team Ab |
| | Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot ³ Matti Väyrynen, matti.vayrynen@stofix.se, | |
| Työn nimi ⁴ Pakatun ohutlevytuotteen identifioiminen ja varastoinnin automatisointi | | |
| Työn kuvaus ⁵ Tuotantolinja valmistaa taivutettuja ohutlevyprofileja, jotka siirtyvät pakkauskoneeseen. Pakkauskone pakkaa tuotteet ja syöttää ne rullaradalle. Tuotteet identifioidaan manuaalisesti ja ne nostetaan rullaradalta varastoitavaan tilaan nojaamaan seinää vasten odottamaan kuljetusta. Pakkauksen jälkeen tuotteet ruuhkautuvat rullaradalle ja vaurioittavat jo rullaradalle olevia tuotteita, jos pakkaaja ei kerkeä siirtämään niitä pois tieltä. Tuotteiden väliaikainen varastointi vie tuotantotilasta tarpeettoman paljon tilaa ja on epäkäytännöllinen tuotteen seuraavaan logistisen toimenpiteen kannalta, koska tuotteet pitää nostaa käsin tai koneellisesti uudestaan ja asetella kuormalavalle kuljetusta varten. Tuotteet identifioidaan manuaalisesti, joka tuo yhden ylimääräisen työvaiheen tuotteen viimeistelyyn. | | |
| Työn tavoitteet ⁶ Pakattu tuote identifioidaan automaattisesti sen siirryttyä rullaradalle, jossa automatiikka nostaa tuotteen ja siirtää sen välivarastoon odottamaan kuljetusta. | | |
| Tavoiteaikataulu ⁷ Työn tulisi olla valmiina kevätlukukauden 2015 loppuun mennessä | | |
| Päiväys ja allekirjoitukset ⁸ | | |
| Tekijän allekirjoitus | | Tilaaajan allekirjoitus |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite. 2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi. 3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta. 4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan. 5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat. 6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet. 7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa. 8. Lähtötietomuiستio päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö. | | |

Lähettäjä: Matti Väyrynen <matti.vayrynen@stofix.se>
Päivämäärä: tiistai 18. marraskuuta 2014 13.19
Vastaanottaja: Jukka Säkkinen <Jukka.Sakkinen@oamk.fi>
Aihe: Re: tuotantotilan layout suunnitteluun opiskelija-apuja?

Terve Jukka,

Olemme nyt viimein saavuttamassa päämäärää meidän kiinteistö/tonttihankinnassa. Timo Väyrysen kanssa porisimme asiasta ja laitan sinulle tässä muutamia lähtötietoja. Mikäli suunnittelu lähtötietojen jälkeenkin on mielenkiintoinen niin voidaan asiassa siirtyä eteenpäin.

Taustatietoa:

Olemme ostaneet vanhan peltisepän verstaan ja kiinteistön/tontin Tukholman eteläpuolelta. Tontin ala on 1618m². Tällä hetkellä tontilla on peltisepän vanha verstaas joka puretaan pois ja tilalle rakennetaan uusi toimitila vastaamaan meidän peltitoimintaa ja peltisepän verstaan toimintaa.

Opiskelijat voisivat olla mukana jo rakennuslupa vaiheessa suunnittelemassa tilan muotoa juuri sopivaksi.

Aikataulu:

- Aloitus Tammikuu 2015 (raamit tuotantotilalle) rak.luvat sisään
- Konekannan päivitys yhdessä Timo Väyrysen ohjaamien oppilaiden kanssa Tammikuu 2015
- Layout suunnitelmat Helmi-,Maalis-,Huhtikuu 2015
- Huhtikuu 2015 rakennuksen käynnistys
- Muutto uusiin tiloihin Elo-,Syyskuu 2015
- Tuotannon käynnistäminen uusissa tiloissa Loka-,Marraskuu 2015

Toimen kuvaus:

- Peltisepän verstaas yhtenä osana kokonaisuutta
- Peltituotteiden valmistus mittatilaustyönä.
 - Ikkunapellit
 - Parvekepellit
 - Julkisivupellit
 - Kattolista pellit

Määriä:

- Tänä vuonna 20 000m² peltiä
- Joka painaa yhteensä 80 000kg
- Jonka keskileveys on 120mm ja keskipituus on 1800mm.
- Eli noin 93000kpl erilaista peltiä menee tänä vuonna läpi meidän nykyisen tuotannon. Ensivuonna lisää peltisepän verstaan oston myötä.
- Paketoidaan paketteihin noin 3,7m² per paketti = 5400 pakettia.

Konekanta:

Mikko Taskinen
Oulun Ammattikorkeakoulu,
Tekniikan- ja luonnonvara-alan yksikkö
2015

Insinöörityö

Komponenttien hintavertailu Stofix Montage Teamille

Olen koonnut kaikista ennalta sovitusta komponenttivalinnoista listan ja merkinnyt niihin tarjoukset/ hinnat mitä olen saanut haettua niille. Robottikäsivarsien hinnat ovat arvioita, koska hinnat on poimittu sen hetkellä myynnissä olleilla käytetyillä robottikäsivarsille ja muunnettu hakupäivän mukaisella valuuttakursilla euroiksi.

Tarttujen tarjoukset ovat suoraan osoitettu minulle ja olen pyytänyt ne henkilökohtaisesti tarttuvia valmistavien yritysten myyntiosastolta. Tarratulostimien hinnat ovat poimittu suomalaiselta tulostimien sivuilta.

Kaikki hinnat ovat arvonlisäverollisia ja ne eivät sisällä asennus- tai muita kustannuksia. Lisäkustannuksiksi voidaan siis laskea robottikäsivarren ja tarttujen asennustöiden suunnittelu, sekä robotin ohjelmointi ja turvallisuus-suunnittelu komponenttivalintoineen robottisoluun.

Kaikilla komponenttien tarjoajilla on edustajat Ruotsissa ja heiltä voi tilata suoraan hintavertailussa tarjottavia tuotteita, lukuunottamatta robottikäsivarsia, koska kyseessä on kansainvälinen robottikäsivarsia välittävä internetportaali.

Mikko Taskinen
Oulun Ammattikorkeakoulu,
Tekniikan- ja luonnonvara-alan yksikkö
2015

Robottikäsi

[ABB IRB 4400](#) -robottikäsi (Kuva 1.) hyötykuorma on 45kg ja se yltää maksimissaan 1,95 metriä. Robottikäsin hinta käytettynä on 12500 puntaa, joka nykyisellä kurssilla olisi noin 17 500 euroa. Pakettiin kuuluu myös SC4-ohjausyksikkö, eli robotin komentoyksikkö. Paketin hinta on huomattavasti korkeampi ohjausyksikön takia. Robotilla on kuusi vapausastetta, joten se voi liikkua saumattomasti useampaan eri suuntaan yhdistäen eri vapausasteita. (13.)



Kuva 1. ABB IRB 4400 -robottikäsi

Mikko Taskinen
Oulun Ammattikorkeakoulu,
Tekniikan- ja luonnonvara-alan yksikkö
2015

[KUKA KR125](#) -robottikäsiarven (Kuva 2.) hyötykuorma on 125kg ja se ylittää maksimissaan 2,4 metriä. KUKA-robottikäsiarven ja sen mukana tulevan KRC2-ohjausyksikön yhteishinta käytettynä on 9 500 punttaa ja nykyisellä kurssilla hinta olisi noin 13 000 euroa. Robottikäsiarven on kuusiakselinen, joten sen vapausasteiden määrä on kuusi. (14.)



Kuva 2. KUKA KR125 -robottikäsiarven

Mikko Taskinen
Oulun Ammattikorkeakoulu,
Tekniikan- ja luonnonvara-alan yksikkö
2015

[FANUC M410i](#) -robottikäsiarven (Kuva 3.) hyötykuorma on 60kg ja sen maksimiulottovuus on noin 3,1 metriä. Robottikäsiarven hinta on noin 7 500 puntaa, joka nykyisellä kurssilla on noin 10 300 euroa. Huomattavaa on se, että robotilla on neljä akselia, joten sen vapausasteiden määrä on vähäisempi ja sen hinta on huomattavasti korkeampi ilman ohjausyksikköä. Vapausasteiden määrä riittää insinööriyön määrittelemään tehtävään, mutta mitä enemmän vapausasteita on robotilla, on sen helpompi suoriutua sille annetuista tehtävistä. (15.)

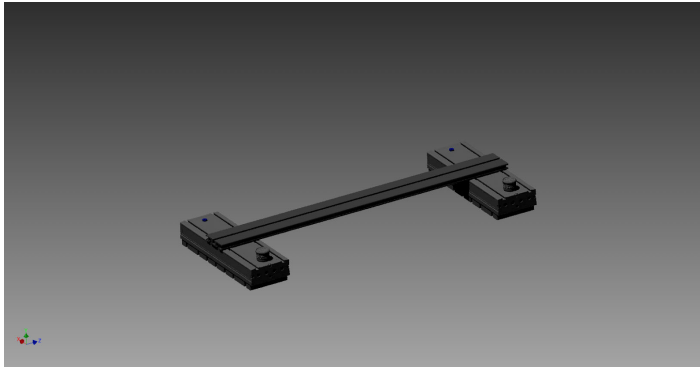


Kuva 3. FANUC M410i -robottikäsiarvi

Mikko Taskinen
Oulun Ammattikorkeakoulu,
Tekniikan- ja luonnonvara-alan yksikkö
2015

Tarttuja

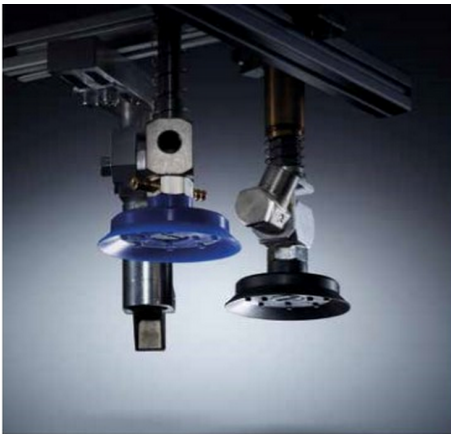
[VMECA VGRIP](#) -alipainetarttuja G130x300-L3-ES-A3-R3-DL (Kuva 4.) ([ruotsalaiset yrityksen sivut](#)) soveltuu parhaiten sen joustavuuden kannalta geometrialta vaihtelevien tuotteiden käsittelyyn. Tarttujat pystyvät nostamaan molemmat ~26kg, joka 1,2 kertainen varmuuskerroin maksimikuormaan (45kg) nähden. Multitarttuja-sovelluksena Vgrip-pystyy käsittelemään useita eri tuotteita, pintageometrialta vaihtelevia tai pitkiä tuotteita hyvin yhtäaikaaisesti, koska tartuntapinta ei vaadi sen koskettavan tuotetta koko pinta-alaltaan, jotta se saavuttaa alipaineen pintojen välille. Vgrip-tarttujan imukuppimaton ja tartuttavan pinnan väliin tulee sienimäinen osa, joka takaa sen, että tuote ei vahingossa vaurioidu, kun sitä nostetaan. Siksi sen vahvuusalue onkin vaurioitumisherkkien ja hankalien pintageometrioiden teollisuudessa. Tuotteen arvonlisäverollinen hinta on 4225,00 euroa toimilaitteiden kanssa, kuitenkin ilman asennusta ja multitarttujaprofiilia. (16.)



Kuva 4. [VMECA VGRIP](#) -multialipainetarttuja alumiiniprofiililla

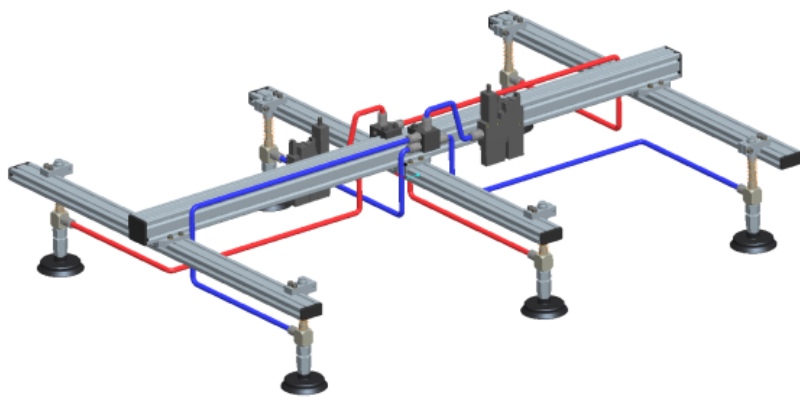
Mikko Taskinen
Oulun Ammattikorkeakoulu,
Tekniikan- ja luonnonvara-alan yksikkö
2015

[ZIMMER](#) NS-sarjan NS70 -alipainetarttujen multitarttujaosovellus on toteutettu kahdella tai useammalla erillisellä imukupilla, milloin se pystyy tarttumaan tarkasti oikeaan kohtaan nostettavan tuotteen pinnalla. Oikealla komponentti valinnalla imukupit voidaan ohjata toimimaan riippumattomina toisistaan, joten se soveltuu erinomaisesti geometrisesti vaihtelevien tuotteiden nostoon. Imukupit kiinnitetään alumiiniprofiiliin halutulle etäisyydelle toisistaan, mikä vastaa tuotteiden geometriaa. Zimmer-tarttujen toiminta muovisen pakkausmateriaalin kanssa pitäisi kuitenkin todeta empiirisesti, että ne pystyvät nostamaan sille halutun taakan turvallisesti. Zimmer-alipainetarttuja myyvä United Components arvioi, että komponenttien hinta olisi noin 774€, joka ei sisällä letkuja, kaapeleita, ilmajakelua ja asennusta sekä komponenttien määrä voi vaihdella suuresti, koska kyseessä on kustomoitu ratkaisu.



Kuva 5. ZIMMER NS-sarjan NS70 -alipainetarttijat

Mikko Taskinen
Oulun Ammattikorkeakoulu,
Tekniikan- ja luonnonvara-alan yksikkö
2015



Kuva 6. Luonnos Zimmer-multitarttuja-sovelluksesta (ei lopullinen)

Mikko Taskinen
Oulun Ammattikorkeakoulu,
Tekniikan- ja luonnonvara-alan yksikkö
2015

Tarroituskone

Valitsin tarroituskoneeksi pöytämallisia, koska levyjen koot ja geometriat vaihtelevat suuresti, jolloin tarroituskoneen integroiminen paketoitukoneeseen aiheuttaisi tarpeettoman paljon suunnittelutyötä ja ennen kaikkea se voi olla vaikeaa sijoittaa sen sisälle. Useimmat teollisuuden suuriin tuotantomäärien käsittelyyn tarkoitetut tarroituskoneet ovat itsessään jo suuria toimilaitteilla varustettuja koneikkoja.

Edullisinta on siis, että työntekijä asettaa tarran parhaaksi katsomalleen paikalle, silloin ei synny riskiä siitä, että pakkauskone peittäisi tarran tai pahimmassa tapauksessa irrottaisi sen vahingossa.

[Brother PT-9800PCN](#) -tarroituskone on tarkoitettu teollisuuden vaatimaan tarroituskäyttöön.

Tarrakoneessa on suuri tarrarulla, joten aikaa ei kulu tarrarullan vaihtamiseen.

Tarroituskonetta voidaan ohjata USB-, Ethernet-, tai verkkokaapelin kautta.

“Pöytämallinen P-touch 9800PCN verkkotarratulostin on suunniteltu pysyviä tarroja vaativiin sovelluksiin ja se tulostaa kestäviä laminoituja tarroja, jotka on suojattu kemikaaleja, kosteutta, kuumuutta/kylmyyttä ja kulumista vastaan. Nämä laadukkaat laminoidut tarrat tulostetaan 360 dpi:n tarkkuudella ja niissä on kiiltävä kirkas pinnote. “ Joten tuotteiden identifiointitarra pysyy takuuvarmasti tuotteen pinnalla siihen asti, kun se asennetaan. Tuotteen arvonlisäverollinen hinta on 676,07 euroa. (Kuva 7.) (18.)



KUVA 7. Brother PT-9800PCN -tarroituskone

Mikko Taskinen
Oulun Ammattikorkeakoulu,
Tekniikan- ja luonnonvara-alan yksikkö
2015

[Brother PT-9700PC](#) -tarroituskone on ominaisuuksiltaan hieman sama, kuin edeltävä 9800-malli. 9700-mallissa ei ole mahdollisuutta yhdistää tarroituskonetta Ethernet-yhteydellä, joten sitä voi ei käyttää niin saumattomasti suuren yrityksen sisällä kuin edeltävää mallia. Hintaki onkin tästä syystä hieman edullisempi, verrattuna paremmin varustellussa 9800-mallissa. Tuotteen arvonlisäverollinen hinta on 405,64 euroa. (Kuva 8.) (18.)



KUVA 8. Brother PT-9700PC -tarroituskone.

Mikko Taskinen
Oulun Ammattikorkeakoulu,
Tekniikan- ja luonnonvara-alan yksikkö
2015

Lineaariyksikkö

Työtilan kattoon sijoitetun robotin liikuttaminen vaatii lineaariyksikön, joka paikoittaa robotin sivusuunnassa, yksikkö voidaan asentaa joko lattiaan, kattoon tai seinälle. Lineaariyksikön tehtävänä on ottaa paikoituskäskyjä ohjelmalta ja siirtää robottikäsivarsi sen mukaisesti, milloin se toimii robotin liikeradan jatkeena, mahdollistaen tuotteiden siirtämisen pitempien matkojen päähän. Robottikäsivarsi kiinnitetään johteeseen, joka liikkuu lineaariyksikön sisällä, kommunikoiden robotin ohjausyksikön kanssa.

KUKA-lineaariyksikkö

Insinööriyön yhtenä komponenttivalintana oli KUKA:n robottikäsivarsi ja KUKA tarjoaa myös roboteilleen lineaariyksiköitä, jotka ovat helppo integroida jo olemassa olevaan tuotantotilaan. (Kuva 8.) Lineaariyksikkö ohjelmoidaan toimimaan robotin ohjelman lisäakselina, joten sen liikeratojen yhdistäminen itse ohjelmaan on vaivatonta ohjelmoinnin suunnittelun kannalta. (19.)

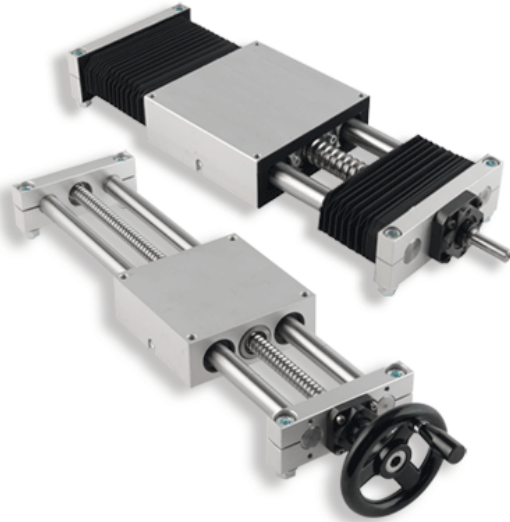


KUVA 9. KUKA:n KL 250-3 -mallin lineaariyksikkö

Mikko Taskinen
Oulun Ammattikorkeakoulu,
Tekniikan- ja luonnonvara-alan yksikkö
2015

Rollco QME -lineaariyksikkö

Suomessa toimiva Rollco-yritys valmistaa teollisuuteen kustomoituja lineaariyksiköitä. Lineaariyksikkö [QME](#) ovat valmiita, kuula- tai trapetsiruuvilla varustettuja lineaariyksiköitä, joissa on kaksi akselia ja yhteensä neljä kuulaholkkia. Toimitetaan vakiokokoisina 12, 20 ja 30 mm. Piirustusten mukaan voidaan valmistaa myös muun kokoisina. (Kuva 9.) (20.)



KUVA 9. Rollco:n QME-mallin lineaariyksikön trapetsiruuvijohdeet

| Robotti | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------|-----------------------|------------------------------|-------------|--------|------------|----------|------------------|-------------|
| Valmistaja | Tyyppi | Malli | Vapausasteet | Hyötykuorma | Paino | Ulottuvuus | Tarkkuus | Kotelointiluokka | Hinta-arvio |
| ABB | käsivarsi | IRB 4000 + SC4* | 6 | 45kg | 1040kg | 1,95m | 0,19mm | IP54 | 17 000 € |
| Kuka | käsivarsi | KR125 + KRC2* | 6 | 125kg | 1300kg | 2,4m | 0,2mm | IP65 | 13 000 € |
| Fanuc | käsivarsi | M4101i RJ2 | 4 | 60kg | 2000kg | 3,1m | 0,5mm | - | 10 300 € |
| | | *ohjausyksikkö | | | | | | | |
| Tarttuajat | | | | | | | | | |
| Valmistaja | Tyyppi | Malli | | | | | | | Hinta |
| Vmeca | alipaine | VGRIP | | | | | | | 4 225€ |
| Zimmer | alipaine | NS70 | | | | | | | 774€ |
| Tarroituskone | | | | | | | | | |
| Valmistaja | Tyyppi | Malli | Liitettävyys | | | | | | Hinta |
| Brother | pöytä | Brother PT-9800PCN | USB/ Ethernet/ verkkokaapeli | | | | | | 676,70€ |
| Brother | pöytä | Brother PT-9700PC | USB/ / verkkokaapeli | | | | | | 405,64€ |
| Lisäkustannukset | | | | | | | | | |
| Nimi | asennus | mekaniikkasuunnittelu | toimilaitteet | ohjelmointi | | | | | |
| Robotti | x | x | x | x | | | | | |
| Tarttuja | x | x | x | | | | | | |
| Tarrakone | | | | x | | | | | |
| Turvallisuus | | x | | | | | | | |
| Lineaariyksikkö | x | x | x | | | | | | |