

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2020

Carlo Kupila

PIENTAVARALAATIKOSTON VALMISTUKSEN AUTOMATISOINNIN ESISELVITYS

Carlo Kupila

PIENTAVARALAATIKOSTON VALMISTUKSEN AUTOMATISOINNIN ESISELVITYS

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on teollisuuden työpisteitä ja säilytysratkaisuja valmistava Treston oy. Työn tarkoituksena oli tehdä Trestonille esiselvitys pientavaralaatikon valmistuksen automatisoinnin jatkokehittämismahdollisuudesta. Syitä automatisoinnin kehittämiseksi on tuotannon tehokkuuden lisääminen ja työergonomian parantaminen. Treston on hiljattain hankkinut Fanuc 10id12 -teollisuusrobotin, jolla on automatisoitu osa pientavaralaatikon valmistusvaiheista. Toimeksiantajaa tahtoi saada selville, mitä muutoksia, edellytyksiä ja hankintoja valmistuksen automatisoinnin jatkokehittäminen vaatii.

Työssä esitellään tuotannon nykytila ja siinä olevia haasteita automatisoinnin kannalta. Kokoonpanossa tulisi hyödyntää tehtaalle aikaisemmin hankittua Fanuc 10id12 -teollisuusrobotia, jonka työkalujen valinta osoittautui tärkeäksi osaksi selvitystä. Työssä pohditaan muutostarpeita osavalmistukseen ja tuotantotapoihin, jotta kokoonpanon automatisointi olisi mahdollista.

Selvityksessä selvitetään vaihtoehtoja robotin tarttujan valinnalle ja manuaalisten työvaiheiden automatisoinnille. Valmistuksessa käytetyssä robotissa on käytössä pneumaattinen OMIL OPP125 -tarttuja, johon suunniteltiin uudet leuat. Leukojen kokeilu antoi lupaavia tuloksia saman tarttujan käytöstä koko pientavaralaatikon kokoonpanossa.

Esiselvityksessä päästiin johtopäätökseen, että osa pientavaralaatikon kokoonpanovaiheita voitaisiin automatisoida pienillä muutoksilla. Osavalmistuksen automatisointi mahdollistaisi koko laatikon kokoamisen yhdessä valmistussolussa. Täysi automatisointi vaatii layout-muutoksia, kappaleiden paikoitusta ja osavalmistuksen automatisointia. Haasteita syntyy tarttujen valinnasta, tuotantovaiheiden yhdistämisestä ja ruiskupuristettavien osien muodonmuutoksista jäähtymisen aikana.

ASIASANAT:

robotiikka, valmistussolu, automatisointi, kokoonpano

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering

2020 | 35 pages

Carlo Kupila

PRELIMINARY STUDY ON THE AUTOMATION OF MANUFACTURING OF A SMALL PARTS STORAGE CABINET

This thesis was commissioned by Treston oy which provides workbenches and storage systems to industrial purposes. The intention of the thesis is to make a prestudy on the automation of small-parts storage cabinet's manufacturing. The reason to develop the automation is to make the production more efficient and improve the workers' ergonomics. Treston has recently purchased a Fanuc 10id12 -industrial robot to partly automatize the assembly of the storage cabinets. Treston is interested to find out what acquisitions and changes the development of the automation needs.

This thesis shows the current state of the manufacturing process and possible challenges regarding automation. A big part of the automation is to choose the right gripper for the Fanuc 10id12 -robot to assemble the cabinets. The work studies the changes the current machines and processes require for assembly the storage cabinets with a robot.

The thesis presents a few alternatives for a gripper. Because the robot uses a pneumatic OMIL OPP125 -grripper a new pair of gripper arms were designed. The new design was tested and the results look promising for the automation. The reason for developing a new gripper is to avoid to use multiple tools for the assembly.

The work ends up with the conclusion that it is possible to automate the manufacturing process completely. Improvements in the grade of the automation is possible to do with minor investments. It is possible to exploit a lot of already existing devices in the automation process. There will be challenges with designing the layout, gripping the parts and with the transformation of the injection molded parts while cooling.

KEYWORDS:

robotics, manufacturing cell, automation, assembly

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
1 JOHDANTO	1
1.1 Opinnäytetyön tavoite	1
1.2 Toimeksiantaja	1
2 LEAN TUOTANNON KEHITTÄMISEN PERUSTEENA	3
2.1 Lean yleisesti	3
2.2 Leanin hukat	3
3 PIENTAVARALAATIKOSTO	6
3.1 Pientavaralaatikosto 310x180x550 mm	6
3.2 Valmistusprosessi	7
3.3 Osien valmistus	8
3.4 Tuotantotavan ongelmat	9
3.5 Yhteenveto pientavaralaatikostosta ja sen ominaisuuksista	11
4 TUOTANNOSSA KÄYTETYT KONEET	13
4.1 Teollisuusrobotti Fanuc	13
4.2 Ruiskupuristuskoneet – Battenfeld	14
4.3 Lineaarirobotti – Wittmann	15
4.4 Hyllyautomaatti – omavalmiste	15
4.5 Sangantaivutuskone - omavalmiste	16
4.6 Yhteenveto tuotannossa käytetyistä koneista	16
5 TUOTANTOTAPOJEN AUTOMATISOINTI	17
5.1 Robotin työkalun valinta	17
5.2 Tarttujien testaaminen	18
5.3 Manuaalisten koneiden automatisointi	22
5.3.1 Sangan valmistuksen ja asentamisen automatisointi	22
5.3.2 Pohjalevyn asentamisen automatisointi	24
5.4 Osien paikoitus	24
5.5 Yhteenveto tuotantotapojen automatisoinnista	26

6 PIENTAVARALAATIKOSTON VALMISTUS SOLUSSA	27
6.1 Täysin automatisoitu kokoonpano	27
6.2 Osittain automatisoitu valmistus	29
6.3 Layout	29
6.4 Yhteenveto pientavaralaatikoston valmistuksesta	31
7 KOKOAVAA TARKASTELUA	33
LÄHTEET	34

KUVAT

Kuva 1 Lasinkirkas pientavaralaatikosto (Treston 2020).	6
Kuva 2 Koottuja pientavaralaatikostoja odottamassa laatikoiden asentamista.	10
Kuva 3 Parhaiten toimineen tarttujan sivuprofiili.	19
Kuva 4 Robotilla asennettu lista.	20
Kuva 5 Sangantaivutuskone yläpuolelta kuvattuna.	23
Kuva 6 Mahdollinen valmistussolun layout.	30

TAULUKOT

Taulukko 1 Fanuc 10id12 -teollisuusrobotin ominaisuudet	13
Taulukko 2 Eri tarttujatyyppeiden kyky tarttua pientavaralaatikoston osiin	17
Taulukko 3 Ixtur MRP-31F -tarttujan ominaisuudet	21

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

ESD	ESD (Electrostatic discharge) tarkoittaa sähköön purkausta kahden sähköisesti varautuneen kappaleen välillä. ESD-suojauksista tarvitaan sähköpurkauksille herkkien komponenttien kanssa toimittaessa. (Treston 2020)
JIT	Just in time. Tuotantomalli, jossa prosessin edellinen vaihe tehdään valmiiksi juuri silloin kuin seuraava vaihe sitä tarvitsee.
Layout	Tuotantotilan pohjapiirros, jossa näkyy eri koneiden ja objektien sijainti.

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä teollisuuden työpiste- ja säilytysratkaisuja tarjoavalle Treston oy:lle esiselvitys pientavaralaatikoston kokoonpanon automatisoinnin jatkokehittämisestä. Toimeksiantaja tahtoi saada selville, mitä muutoksia ja investointeja pientavaralaatikoston valmistuksen automatisointi vaatii. Selvitys on jatkoa Antti Saaren vuonna 2019 julkaisemaan opinnäytetyöhön ”Yhteistyörobotin käyttökohteet”, jossa käsiteltiin automatisoinnin tarvetta Trestonin tehtaalla.

Kokoonpanon automatisoinnin jatkokehittämisellä on tarkoituksena tehostaa tuotantoa ja parantaa työntekijöitten työergonomiaa. Tuotannon kehittämismallina käytetään lean-filosofiaa, jonka tarkoituksena on listätä tuotannon läpivirtausta ja tehokkuutta vähentämällä prosesseista hukkaa.

Kokoonpanon automatisointivaihtoehtoja kartoitettaessa selvitetään mahdollisuutta käyttää tehtaalle hankittua Fanuc 10id12 -teollisuusrobotia kaikkiin laatikoston kokoonpanovaiheisiin. Työssä pyritään kartoittamaan tapoja, joilla kokoonpano voitaisiin suorittaa mahdollisimman pienin tuotantomuutoksien ja investointien. Selvityksessä pyritään hyödyntämään tehtaalla olevia koneita ja laitteita.

Selvityksessä analysoidaan vanhojen koneiden automatisointiin tarvittavia muutoksia. Olennainen osa työtä oli robotin tarttuvaihtoehtojen kartoittaminen, jotta kokoonpano voitaisiin tehdä sujuvasti ilman ylimääräisiä vaiheita. Työn lopussa esitellään edellytykset ja mahdollisuudet täydelle ja osittaiselle kokoonpanon automatisoinnille.

1.2 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantaja Treston oy on suomalainen yritys, joka valmistaa säilytysratkaisuja ja työpisteitä teollisuuden tarpeisiin. Trestonin tuotteissa yhdistyvät ergonomia ja lean-filosofia. Treston on tunnettu myös ESD-suojattujen ratkaisujen valmistuksesta. Trestonin jälleenmyyntiverkosto kattaa 30 maata ja työllistää maailmanlaajuisesti 275 henkilöä. (Treston 2020.)

Vaasan höyrymylly ja MK-tuote perustivat Trestonin vuonna 1969. MK-tuote valmisti säästölippaita, varastokalusteita ja autotarvikkeita. Erikoistumisena oli kappaleet, joissa yhdistettiin muovin ja metallin käyttö. Tunnetuimpia tuotteita olivat metallikehikkoiset lokerit, joissa oli muovista valmistetut laatikot. Lokerikkojen ja laatikkojen valmistus siirtyi Trestonille, joka valmistaa edelleen vastaavia tuotteita.

Treston toimii Suomen sisällä Jyväskylässä ja Turussa, pääkonttori sijaitsee pääkaupunkiseudulla. Jyväskylän tehtaalle on keskittynyt metalliosien valmistus ja jauhemaalaukset. Turussa valmistetaan muovituotteita, pöytätaasoja ja kootaan kalusteita.

Treston osti Sovella Oy:n osakekannan vuonna 2011. Saman vuoden loppupuolella Sentica Partners ryhtyi pääomasijoittajaksi (Sentica 2020). Kolme vuotta myöhemmin yritykset fuusioituivat. (Treston 2020.)

Keväällä 2020 valmistunut robottisolu on Trestonin ensimmäinen robotisoitu kokoonpanopiste. Robottisoluun kuuluu Fanucin 10id-12 -teollisuusrobotti, joka on asennettu siirrettävälle alustalle. Siirrettävän jalustan ansiosta samaa robottia käytetään ruiskupuristuskoneen yhteydessä reunalistojen irrotukseen muotista.

Kahteen ruiskupuristuskoneeseen on integroitu Wittmannin lineaariliikkeisiin perustuvat robotit, joiden tehtävä on irrottaa valmiit kappaleet muoteista ja asettaa ne liukuhihnalle. Trestonin Jyväskylän tehtaalla on useampi robotisoitu hitsaussolu. Robotiikkaa käytetään Jyväskylän tehtaalla myös levyjen leikkaamiseen ja säilytykseen.

2 LEAN TUOTANNON KEHITTÄMISEN PERUSTEENA

2.1 Lean yleisesti

Treston pyrkii tuotannossa ja sen kehittämisessä noudattamaan lean-ajattelua. Asiakkailla tarjottavissa tuotteissa huomioidaan ergonomian lisäksi leanin aiheuttamat haasteet työpisteiden suunnittelussa. (Treston 2020.) Lean on yksi yritysmaailman ja tuotannon johtamisen perusajatuksista, jossa tuotantoa tehostetaan lisäämällä prosessien läpivirtausta. Välineenä läpivirtauksen parantamiselle käytetään ylimääräisen hukan poistamista prosesseista.

Lean-ajattelu korostaa laatuajattelua ja prosessien tehostamista. Menetelminä käytetään ylimääräisen ja arvoa tuottamattoman työn, sekä turhien vaiheiden poistamista. (QL Partners 2020.) Tärkeä osa leania on yrityksen ja sen toimintamallien jatkuva kehittäminen (Leanyhdistys 2020).

Lean-ajattelu perustuu Toyotan tuotantojärjestelmään, TPS:ään, jota Toyota noudatti 1900-luvulla kasvattaakseen kilpailukykyään. TPS on lyhenne sanoista Toyota Production Systems. (Sixsigma 2020.) Ajattelumalli perustui JIT-ajatukseen (Just In Time), mikä tarkoittaa tuotteen valmistusta oikeaan aikaan seuraavaa tuotantovaihetta varten. Mallilla vähennetään ylituotantoa ja välivarastoinnin tarvetta. TPS:n toinen prioriteetti on laadun varmistaminen. (Toyota 2020.)

2.2 Leanin hukat

Leanin perusajatus on, että kaikki arvoa tuottamaton työ on hukkaa. Hukan tunnistaminen ja poistaminen ovat tärkeä osa yrityksen kilpailukykyyn parantamista (QL Partners 2020). Yrityksen ensisijainen tavoite on kasvattaa tuotantoprosessin arvon nousua ja lyhentää läpimenoaikoja. Välineenä edellä mainituissa tavoitteissa käytetään ylimääräisen hukan poistamista prosesseista. Yrityksen hukka voidaan jaotella kolmeen pääkategoriaan, jotka ovat muda, mura ja muri. (Sixigma 2020.)

Muda tarkoittaa toimenpidettä, joka kuluttaa resursseja ilman, että tuotteelle luodaan lisäarvoa. Muda on yleisin hukan muoto ja se on helposti havaittavissa. Mudaan kuuluva

hukka voidaan jakaa seitsemään eri osa-alueeseen, jotka ovat varastointi, odottaminen, ylituotanto, liike, yliprosessointi, kuljetus ja laatuongelmat. (Sixsigma 2020.)

Kaikki ylimääräinen tuotteiden, raaka-aineiden, työntekijöiden ja työkalujen kuljetus lisää tuotantoprosessissa syntyvää hukkaa. Hukkaan kuuluu yrityksen sisäiset kuljetukset sekä raaka-aineiden ja valmiiden tuotteiden siirtäminen paikasta toiseen. Tuotteiden lisäksi kuljetuksesta aiheutuvaksi hukaksi lasketaan tiedonkulussa esiintyvät turhat vaiheet. Ylimääräiset välikädet tulisi poistaa kaikesta informaationkulusta.

Odottaminen lisää hukkaa valmistusprosesseissa. Odotusaika koskee kaikkia tuotannon vaiheita, mukaan lukien tuotteita, työntekijöitä, osia ja järjestelmiä. Esimerkiksi robotin tai työntekijän joutuessa keskeyttämään työnteko odottamisen takia, arvoa tuottavaan työhön kulunut aika pienenee.

Ylituotannolla tarkoitetaan tuotteen tai osien valmistusta tarvetta ja kysyntää enemmän. Lean pyrkii tuotteiden riittävään valmistukseen, jotta seuraavan tuotantovaiheen ja asiakkaan tavoitteet ja tarpeet kohtaisivat. Ylituotanto sitoo turhia resursseja ja pääomaa.

Mudan hukkiin kuuluu tuotteiden ja prosessien laadusta johtuvat ylimääräiset kulut. Laatuongelmista johtuvat asiakaspalautukset ja valmiiden tuotteiden hylkäämiset aiheuttavat tehokkuuden pienenemistä valmistusprosessissa. Huonolla laadulla tarkoitetaan sitä, että asiakkaan tai valmistavan yrityksen laatustandardit eivät täyty valmiin tuotteen osalta. (Sixsigma 2020).

Varastoinnista aiheutuu turhia kuluja yrityksille. Tarpeeton puolivalmiiden tuotteiden varastointi lisää hukkaa, eikä keskeneräisillä tuotteilla ole täyttä arvoa (Leanrobotic s.54). Ylimääräisten tuotteiden, raaka-aineiden ja osien varastointi lisää välillisesti kustannuksia, koska pääoma on valmiiden tuotteiden sijaan kiinni varastoiduissa osissa. Kysynnän ollessa pieni on riski siitä, että raaka-aineet tai tuotteet vanhenevat varastoon. Ylimääräinen varastotila aiheuttaa suurempia säilytyskuluja yritykselle. (Mflow 2020.)

Tuotteiden ylimääräinen prosessointi tarkoittaa sitä, että valmistuksessa tehdään ylimääräisiä työvaiheita, joita ilman vaaditut kriteerit saavutettaisiin. Liian tarkkojen toleranssien ja pinnanlaatujen käyttö ovat selkeitä esimerkkejä yliprosessoinnista.

Työntekijöiden potentiaalin käyttämättä jättäminen vähentää välillisesti yrityksen tekemää voittoa. Potentiaalin käyttämättä jättäminen näkyy tärkeiden ja tuottavien toimien tekemättä jäämisenä. Tärkeät työt eivät valmistu ajallaan, mikäli työntekijä joutuu suorittamaan pienemmän prioriteetin töitä. (Leanrobotics s.55)

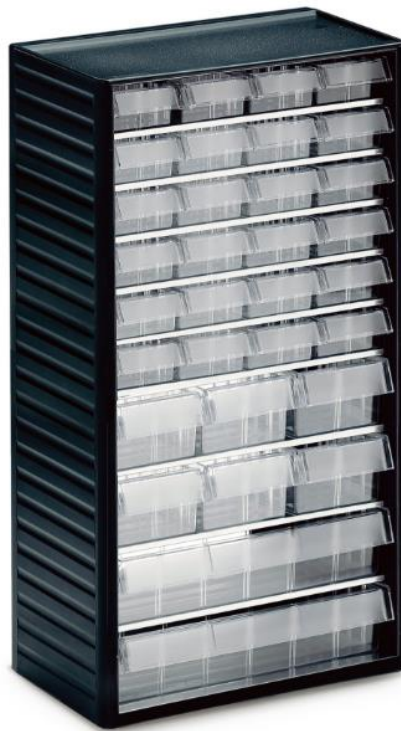
Muri on toinen hukan muoto, jolla tarkoitetaan arvoa kasvattavaa työtä tekevän kohteen ylikuormittamista. Ylikuormitus voi koskea jokaista tuotannon vaihetta, mukaan lukien työntekijää, tuotantolinjaa ja tehdasta. Muri ei yleensä ole itse syy, vaan seuraus muista tekijöistä. Työntekijöillä ylikuormitus saattaa johtua resurssipulasta, oikeiden työvälineiden tai oikean koulutuksen ja kokemuksen puuttumisesta. (Sixsigma 2020.)

Mura tarkoittaa hukkaa, joka johtuu epätasapainosta toiminnassa. Epätasapaino voi koskea kaikkia yrityksessä tehtäviä toimenpiteitä (Sixsigma 2020). Vaihtelu tuotannossa aiheuttaa ongelmia linjan tasapainon löytämisessä, mutta se helpottaa tuotannon ongelmien havaitsemista. Muran eräs piirre on tuotannon huono ennakoiminen, mikä saattaa johtaa töiden keskeyttämiseen äkillisten muutosten sattuessa valmistusprosesseissa. (Leanrobotics s.187)

3 PIENTAVARALAATIKOSTO

3.1 Pientavaralaatikosto 310x180x550 mm

Trestonin muovista ja teräksestä valmistetut pientavaralaatikostot on tarkoitettu pienten komponenttien järjestämiseen ja säilyttämiseen (Treston 2020). Laatikoston voi asentaa seinälle, pyörillä varustettuun vaunuun tai pyörivään telineeseen. Pientavaralaatikostoon kuuluu säilytyslaatikot, sekä laatikoihin kiinnitettävät välilevyt ja etiketit. (Treston 2020.) Kuvassa 1 on pientavaralaatikosto, jossa on lasinkirkkaat laatikot.



Kuva 1 Lasinkirkas pientavaralaatikosto (Treston 2020).

Esiselvityksessä käsitellyn pientavaralaatikoston koko on 310x180x550 mm ja sitä löytyy tuotevalikoimasta yhdeksänä erilaisena variaationa. Laatikostot eroavat toisistaan materiaalin, hyllyvälin ja asennettujen laatikoiden perusteella. Laatikostot voidaan valmistaa myös ESD-suojattuina, jolloin ne soveltuvat sähköille herkkien komponenttien säilyttämiseen. (Treston 2020.)

Laatikostojen rungot on valmistettu värillisestä polypropeenista. Säilytyslaatikot ovat saatavana lasinkirkkaina tai mustina. Tilauksesta laatikot on mahdollista valmistaa myös erivärisinä. Lasinkirkkaat laatikot on valmistettu polystyreenistä ja ESD-suojatut puolijohdavuudesta polystyreenistä. Laatikostoihin on mahdollista tilata halutessaan erimallisia välilevyjä. (Treston 2020.)

Pientavaralaatikostoja valmistetaan vuodessa noin 20 000 kappaletta. Tyypillinen valmistussarjan koko on 1500 kappaletta. Lasinkirkkaita laatikostoja valmistetaan huomattavasti ESD-suojattuja enemmän. Tilatuimmat tuotteet ovat lasinkirkkaat 7 ja 11 -hyllyiset pientavaralaatikostot, joita valmistetaan enemmän kuin muita yhteensä. Laatikoston valmistuksen automatisointia ja tuotannon suunnittelua helpottaa tiettyjen tuotteiden suurempi menekki, jolloin variaatioiden suuri määrä ei aiheuta yhtä suuria haasteita tuotannon automatisoinnille ja suunnittelulle.

3.2 Valmistusprosessi

Pientavaralaatikoston osien valmistus ja kokoonpano tapahtuvat Turun tehtaalla. Ainoastaan pohjalevyjen ja sankojen aihiot tulevat ulkopuolelta. Kokoonpano ja osien valmistus ovat osittain automatisoituja.

Valmistusprosessin vaiheet:

1. Rungon valmistus	automatisoitu
2. Pohjan asennus	käsin
3. Varastointi lavoille	käsin
4. Hyllyjen asennus	automatisoitu
5. Sankojen valmistus	käsin sangantaivutuskoneella
6. Listojen valmistus	automatisoitu
7. Sangan ja listojen asennus	käsin
8. Varastointi lavoille	käsin
9. Laatikoiden asennus	käsin
10. Pakkaus	käsin

Työvaiheisiin voidaan laskea myös laadun valvominen ja mahdollisten purseiden poisto valmistetuista muovituotteista. Työntekijät näkevät suoraan, mikäli valmistetuissa tuotteissa on virheitä. Muita työntekijöille kuuluvia tehtäviä ovat lavojen siirtely, välilevyjen niputtaminen ja valmiiden pientavaralaatikostojen pakkaaminen asiakasta varten.

Kokoonpano tapahtuu suurimmaksi osaksi käsin. Ainoat robotisoidut vaiheet ovat hyllyjen asennus ja listojen irrotus valumuotista. Tuotantoerän valmistumisen kesto vaihtelee osaston muiden töiden kuormituksen mukaan. Nopeimmillaan ensimmäisen rungon valamisesta kaikkien pientavaralaatikostojen valmistumiseen menee hieman reilu viikko. Muiden töiden kuormittaessa osastoa, saattaa saman määrän valmistukseen kulua huomattavasti pidempi aika.

3.3 Osien valmistus

Pientavaralaatikostojen rungot valmistetaan ruiskupuristamalla. Runkoja valmistetaan kahdenlaisia, lasinkirkkaita ja ESD-suojattuja. ESD-suojatut rungot ovat mustia ja lasinkirkkaat muun värisiä. Yhden rungon valmistukseen ruiskupuristuskoneella kuluu 74 sekuntia.

Rungot valmistetaan Battenfeldin HM 650/8800 ruiskupuristuskoneella. Wittmannin lineaariliikkeisiin perustuva pakkausrobotti irrottaa valmiit tuotteet muotista ja nostaa ne liukuhihnalle. Hihna kuljettaa valmiit rungot poiminta-alueelle, työntekijän ulottuville.

Työntekijä nostaa rungot yksi kerrallaan liukuhihnalta, poistaa mahdolliset valmistuksessa aiheutuneet purseet mattoveitsellä ja asettaa sinkitystä pellistä valmistetun pohjalevyn paikalleen. Kokoonpanija taittaa levyn etureunan pneumaattisella taivuttajalla, joka lukitsee pohjan paikoilleen.

Pohjalevyn asentamisen jälkeen rungot nostetaan lavoille. Yhdelle lavalle asetetaan 54 runkoa, jonka jälkeen lava nostetaan syvävarastohyllyyn odottamaan kokoonpanon jatkumista. Rungon reunat vetäytyvät hieman sisäänpäin jäähtymisen aikana.

Hyllyt ovat sinkitystä pellistä valmistettuja kantattuja levyjä, jotka robotti asettaa paikalleen runkoon. Hyllyjen määrä riippuu asiakkaan valitsemasta laatikkokoosta. Hyllyjä kuuluu 5 – 11 kappaletta yhden laatikoston valmistamiseen. Hyllyt valmistetaan hyllyautomaatilla, jonka toimintaa on selostettu luvussa 4.4.

Valmiit hyllyt kulkevat rullarataa pitkin liukuhihnalle, joka pudottaa kappaleet yksi kerrallaan paikoituskulmaan. Fanuc 10id12 -robotti ottaa paikoitetun hyllylevyn ja asentaa sen runkoon. Robotin ohjelmaa vaihdetaan sen mukaan, kuinka monta hyllyä tahdotaan laatikostoon asentaa.

Listat ovat muovisia reunakappaleita, joiden tarkoituksena on pitää hyllyt ja sanko paikallaan kehikossa. Listat antavat pientavaralaatikostolle viimeistellyn ulkonäön ja ne valmistetaan samasta materiaalista kuin itse runko. Vasemman ja oikean puolen listat ovat toistensa peilikuvia ja yhtä laatikostoa kohden kuuluu yksi kummallekin puolelle. Tyypillinen valmistusmäärä valmistuskertaa kohden on 1500 listaa per puoli.

Listat valmistetaan Battenfeld HM 130/525 -ruiskupuristuskoneella. Muotissa valetaan kerrallaan yksi kummankin puolen listoja. Fanuc 10id12 -robotti irrottaa listat muotista yksi kerrallaan. Listoja irrotettaessa täytyy siirrettävällä alustalla oleva robotti kuljettaa ruiskupuristuskoneen viereen ja paikoittaa lattiaan asennettujen kartioiden avulla.

Robotin irrottaessa listoja muotista, pitkä paineilmasyylinteri avaa ruiskupuristuskoneen oven työkierron päätteeksi. Oven ollessa auki sylinterissä oleva anturi tunnistaa sylinterin luistin ja antaa robotille toimintakäskyn. Robotti irrottaa yksitellen listat muotista ja järjestää ne lavoille. Robotin ottaessa toisen listan koneesta, sulkee paineilmasyylinteri oven ja ruiskupuristuskone suorittaa seuraavan työkierron.

Rungot eivät ole täysin tukevia ja suorina valmistuksen jälkeen. Sankoja käytetään laatikoston runkoa jäykistävinä tukina. Sankat on valmistettu 6 mm paksuisesta, sinkitystä kauppalangasta ja ne asennetaan laatikoston yläreunassa olevien lukituskyntien taakse. Sankojen taivutukseen käytetään vanhaa pneumaattisesti toimivaa taivutuskonetta.

Sangan aihiot tulevat suorina, valmiiksi katkaistuina metallitankoina, jotka nostetaan yksitellen taivutus koneeseen. Työn suorittaja laittaa sangan pään vastetta vasten ja lukitsee aihion puristimella paikalleen. Painettuaan kummallakin kädellä taivutus painikkeita, koneen paineilmasyylinterit tekevät työliikkeen taivuttaen sangan oikeaan muotoon. Painikkeiden päästämisen jälkeen sylinterit palautuvat ja koneen käyttäjä avaa puristimen, nostaa sangan telineeseen ja toistaa edellä kuvatut vaiheet seuraavan sangan kanssa.

Asiakkaan valitsevat laatikot asennetaan käsin valmiiksi koottuihin laatikostoihin ennen tuotteiden pakkaamista. Laatikkovaihtoehtoja on useita erilaisia, joten laatikot asennetaan ruiskupuristuskoneiden valmistusaikataulun mukaisesti.

3.4 Tuotantotavan ongelmat

Pientavaralaatikoston valmistusprosessissa syntyy odottamista työvaiheiden välillä. Laatikoston osat valmistetaan erillisissä vaiheissa eri aikoihin, joten kaikkia osia ei voida

asentaa suoraan. Trestonin muoviosastolla valmistetaan pientavaralaatikostojen lisäksi muita muovituotteita. Muiden tuotteiden valmistus viivästyttää laatikostojen kokoamista, koska kaikkiin vaiheisiin ei riitä työntekijöitä osaston työkuormituksen ollessa korkea. Seurauksena kokoonpanoprosessin läpimeno saattaa pitkittyä ideaalilanteeseen verrattuna. Läpimenoaikojen pitkittyminen kasvattaa tuotantoprosesseihin kuluvaan aikaan ja vähentää tuotannon tehokkuutta. Läpivirtauksen hidastuminen ja tuotannon tehokkuuden pieneneminen aiheuttavat ongelmia lean-ajattelun kannalta.

Tuotantoprosessissa on useita turhia työvaiheita. Turhiksi työvaiheiksi lasketaan prosessien ne vaiheet, jotka kuluttavat resursseja aikaansaamatta tuotteelle arvon nousua. Nykyisessä valmistusprosessissa eniten hukkaa syntyy välivarastoinneista ja kappaleiden siirtelystä. Turhat työvaiheet minimoimalla voitaisiin nopeuttaa laatikostojen valmistusajkoja ja lisätä kustannustehokkuutta.

Tuotannon näkyvin ongelma on varastoinnin tarve. Valmistustapa vaatii kaksi välivarastointia, joten yhden tuotantoerän valmistus kuormittaa varastotiloja. Tyhjien runkojen ja osittain koottujen laatikostojen varastointi vie useita lavapaikkoja niille varatuista syvävarastohyllyistä. Lisäksi laatikoston osat valmistetaan eri puolilla osastoa, joten kaikki kappaleet joudutaan kuljettamaan erikseen kokoonpanopisteelle tai varastointipaikkaan. Puoliksi kootut kehykset siirretään pois kokoonpanopisteeltä laatikoiden asennusta varten. Kuvassa numero 2 näkyy, miten puolivalmiita laatikostoja säilytetään tehtaassa lattialla odottamassa säilytyslaatikoiden valmistusta ja asentamista.



Kuva 2 Koottuja pientavaralaatikostoja odottamassa laatikoiden asentamista.

Nykyisessä valmistusprosessissa ei hyödynnetä työntekijöitten täyttä potentiaalia. Laatikoston valmistusmäärät ovat suuria ja valmistus vaatii useita monotonisia työvaiheita. Lisäksi osien valmistumiseen kuuluu odotusaikaa, jonka työntekijät voisivat käyttää tuottavamman työn tekemiseen, mikäli pientavaralaatikoston kokoonpanovaiheet automatisoitaisiin. Työntekijöiden potentiaalia olisi viisaampaa käyttää mielekkäämpiin ja yritykselle enemmän arvoa tuottaviin työtehtäviin.

Työntekijöiden kannalta erityisesti ongelmallista ovat toistuvien vaiheiden ergonomiaongelmat. Pientavaralaatikoston osien valmistuksessa ja kokoonpanossa on useita toistuvia liikesarjoja. Yksipuoliset, toistuvat liikkeet ja paikallaan oleminen ovat yksi suurimmista yksittäisistä terveysongelmien aiheuttajista työelämässä (Launis & Lehtelä 2011, 69).

Pientavaralaatikostoja valmistetaan vuodessa noin 20 000 kappaletta. Työpäiviä vuodessa on 253, joten päivää kohden valmiita laatikostoja tehdään keskimäärin noin 80 kappaletta, joten työpäivän aikana syntyy runsaasti toistoja. Lisäksi sangan ja listojen asentaminen vaatii muovivasaran käyttöä, mikä osaltaan lisää hieman työn fyysistä raskautta.

Leanin kannalta ongelmalliset vaiheet vähentävät tuotannon tehokkuutta, mikä aiheuttaa yritykselle välillisiä kustannuksia. Ihmisen tekemän työn automatisoinnilla säästettäisiin valmistuskustannuksissa ja työn kuormittavuudesta johtuvista sairauspoissaoloissa. Lisäksi turhien työvaiheiden poistamisella tehostettaisiin tuotantoa ja lyhennettäisiin laatikostojen valmistusaikoja. Tuotannon keskittäminen yhteen valmistussoluun eliminoisi ylimääräisen kuljetustarpeen. Osien valmistus pelkkään tarpeeseen vähentää varastointia ja vapauttaisi säilytystilaa muuhun käyttöön.

3.5 Yhteenveto pientavaralaatikostosta ja sen ominaisuuksista

Pientavaralaatikostot ovat muovista ja teräksestä valmistettuja pienten komponenttien järjestämiseen tarkoitettuja säilytysratkaisuja. Laatikostot koostuvat rungosta, hyllyistä, pohjalevystä, tukisangasta, reunalistoista ja säilytyslaatikoista. Laatikostoja valmistetaan vuodessa noin 20 000 kappaletta.

Laatikoston osat valmistetaan Turun tehtaalla pohjalevyä ja sangan aihioita lukuun ottamatta. Osien valmistuksessa käytetään ruiskupuristuskoneita ja metallintyöstökoneita. Käytetyt muovilaadut ovat polystyreeni ja polypropeeni. Metalliosat ovat sinkittyä terästä.

Työvaiheiden välissä syntyy tuotantovaiheiden eriaikaisuuden takia ylimääräistä odotetta ja välivarastoiteja, jotka pidentävät läpivirtaukseen kuluvaan aikaan ja vähentävät prosessin tuottavuutta.

Kokoonpanossa esiintyy useita toistuvia työvaiheita, jotka heikentävät työntekijöiden työergonomiaa. Tuotannon kannattavuutta voitaisiin parantaa automatisoimalla työvaiheita ja keskittämällä työntekijöiden työpanos enemmän arvoa tuottaviin vaiheisiin

4 TUOTANNOSSA KÄYTETYT KONEET

4.1 Teollisuusrobotti Fanuc

Sana teollisuusrobotti tarkoittaa nimensä mukaisesti teollisuuden sovelluksissa käytettyä robottia (Svenskverkstad 2020). Lisämäärittäminen on, että teollisuusrobotti on ohjelmoitava mekaaninen laite ja sen tarkkuusasteen on oltava korkea (Robotics 2020). Teollisuusrobotteja hyödynnetään kuormittaviin, toistuviin ja vaarallisiin työtehtäviin. Etuja robottien käytössä tuotannossa on joustavuus, kustannusten säästö, tehokkuus ja muutettavuus tuotannon tarpeisiin. (Svenskverkstad 2020.)

Trestonin Turun tehtaalla käytetään kahdessa pientavaralaatikon valmistusvaiheessa Fanuc 10id-12 -robottia. Kyseinen robotti on kuusinivelinen ja suhteellisen pienikokoinen (Fanuc 2020). Valmistajan mukaan kyseisen robotin etuja ovat kevyt rakenne, huoltoystävällisyys ja soveltuvuus kompakteihin tuotantolinjoihin. (Fanuc 2020.) Robotin ominaisuudet selviävät taulukosta numero 1.

Taulukko 1 Fanuc 10id12 -teollisuusrobotin ominaisuudet

Kuorma	Tarkkuus	Ylettymä	Omamassa	Ohjain
12 kg	+/- 0,02 mm	1441 mm	145 kg	R-30iB Plus

Trestonin Fanuc 10id-12 -robotti on asennettu siirrettävän kehikon päälle, koska robottia käytetään kahdella työpisteellä. Käyttökohteita ovat pientavaralaatikon hyllyjen asentaminen ja muoviosien irrottaminen ruiskupuristusmuotista. Kehikko asetetaan paikoilleen lattiaan upotettujen paikoituskarttioiden avulla. Koska robotti on siirrettävä, käytetään työpisteen tunnistamiseen lattiaan upotettuja PILZ cs1.19 -antureita. Anturit tunnistavat työalueen ja aktivoivat kullekin työpisteelle ohjelmoidun turva-alueen.

Robotti valvoo työskentelyaluetta kahdella pöytään integroidulla turvaskannerilla. Kokoonpanopisteellä robotin työskentelyalue on suojattu sivuilta suoja-aidoilla ja kokoonpanopisteen takareuna rajoittuu seinään. Robotin etupuolella on vapaa alue. Ruiskupu-

ristuskoneen vieressä alue rajoittuu koneiden runkoihin. Robotin liike hidastuu skanneerien havaitessa liikettä ulommalla turva-alueella. Sisemmällä turva-alueella robotin liike pysähtyy kokonaan.

Robotissa käytetään pneumaattista OMIL OPP125 -tarttujaa, jonka liikkeet ovat lineaari-liikkeitä. Tarttujan tekemä liike on 13 mm (OMIL 2020). Luvuissa 5.1 ja 5.2 on käsitelty robotin tarttujia ja niiden soveltuvuutta laatikoston valmistuksen automatisoimiseen.

4.2 Ruiskupuristuskoneet – Battenfeld

Ruiskupuristuksella ja -valulla tarkoitetaan muovituotteiden valmistustapaa, jossa sula muovi ruiskutetaan teräksiseen muottiin korkealla paineella. Muotti pidetään suljettuna muovin jähmettymiseen asti, minkä jälkeen muotti avataan ja valmis kappale poistetaan. (Esko Laitinen s.200–201.) Kaikki pientavaralaatikoston muoviosat on valmistettu kyseisellä tekniikalla.

Muovi on nestemäisessä tilassa muottiin ruiskutettaessa. Jäähdyessään valetut kappaleet kutistuvat 0,2 – 5 % raaka-aineesta ja ominaisuuksista riippuen. Kappaleiden kutistuminen jatkuu siihen asti, että valettu tuote saavuttaa ympäristön lämpötilan. Tuotteen laatuun voidaan vaikuttaa säätämällä ruiskupuristuskoneen asetuksia. (Suomen muovituote 2020.)

Valmiiden tuotteiden poistamiseen muotista voidaan käyttää joko muottiin integroituja ulostyöntötappeja, irrotusrobotia tai valmiit tuotteet voidaan poistaa käsin. Ulostyöntötapit soveltuvat vain pienten tuotteiden irrottamiseen.

Pientavaralaatikostojen valmistuksessa käytetään useaa ruiskupuristuskonetta. Rungot valetaan Battenfeld HM 650/8800 -ruiskuvalukoneella. Muovilaatikoiden valamiseen käytetään ruiskuvalukonetta Battenfeld HM 130/525, joka on runkojen valamiseen käytettyä konetta pienempi. Kaikkien Trestonin ruiskupuristuskoneiden käyttöjärjestelmä on Unilog B6.

Pientavaralaatikoston osat ovat usein tasalaatuisia ja laatuvirheitä esiintyy vain poikkeustapauksissa. Koneiden asetukset optimoimalla voidaan tuotteiden vääntymistä ja purseiden muodostumista vähentää, mikä helpottaa laatikoston valmistuksen automatisointia.

4.3 Lineaarirobotti – Wittmann

Yritykset Wittmann ja Battenfeld yhdistyivät vuonna 2005 (Wittmann 2020). Yritys tarjoaa ruiskupurituskoneiden lisäksi koneisiin integroituja automaatoratkaisuja. Mallistossa on useita erilaisia robotteja, joihin saa erilaisia tarttuvia ja manipulaattoreita. (Wittmann 2020.)

Wittmannin 5-akselisia robotteja, jonka liikkeet perustuvat lineaariliikkeisiin, on integroitu kahteen ruiskupurituskoneeseen. Robotti liikkuu X-, Y- ja Z-suunnissa, minkä lisäksi manipulaattori liikkuu A- ja B-suunnissa. Robottien tehtävä on irrottaa valmiit kappaleet ruiskupurituskoneen muotista ja asettaa ne liukuhihnalle. Pientavaralaatikon runkojen irrotukseen muotista käytetään imukuppitarttujaa. Tarttujien rungot on valmistettu profiilista, joten niihin on helppo tehdä muutoksia.

Kappaleiden automatisoitua irroitusta ei hyödynnetä tehtaalla tehokkaasti. Pakkaaja ottaa robotin asettelemat kappaleet liukuhihnalta ja pakkaa ne jatkotoimia varten. Kappaleet ovat valmiiksi paikoitettuna robotin siirtäessä ne liukuhihnalle, mitä voitaisiin hyödyntää tuotannon automatisoinnissa.

4.4 Hyllyautomaatti – omavalmiste

Hyllyautomaatti on laite, joka katkaisee ja särmää hyllylevyt oikean muotoisiksi rullana toimitettavasta sinkitystä pellistä. Automaattiin tehtiin työkalumuutos ja lisättiin rullarata hyllyjen asennuksen automatisoinnin yhteydessä. Muutoksen seurauksena hyllyjen etureunaan syntyi viiste, joka auttaa hyllyn paikoittamista runkoon.

Pelti, joka toimitetaan 400 kg rullina, syötetään koneen takaosasta sisään. Automaatissa on kolme työkalua, jotka muotoilevat peltilevyt hyllyiksi. Hyllyautomaattia voi käyttää käsikäytöllä vaihe kerrallaan, automaatti- tai robottikäytöllä. Yhden hyllyn valmistus kestää kahdeksan sekuntia.

Käsikäyttöä käyttävät vain asentajat ja koneenkäyttäjät huollon tai peltirullan vaihdon yhteydessä. Automaattikäyttöä käytetään silloin, kun robotti ei ole käytössä, mutta hyllyjä halutaan ajaa varastoon esimerkiksi Trestonin valmistavaa pienempää pientavaralaatikon varten. Robottikäytöllä hyllyautomaatti valmistaa hyllyjä kokoonpanon tarpeen

mukaan. Robottikäytöllä hyllyautomaatti tuottaa hyllyjä automaatin takana olevalle rullaradalle, joka johtaa robotin alueella olevaan paikoituskulmaan. Hyllyautomaatti käynnistyy, kun rullaradalla on jäljellä viisi hyllyä. Automaatti sammuu, kun radalle kertyy 14 hyllyä.

Rullaradan päässä on kuljetushihna, joka pudottaa yhden hyllyn kerrallaan robotin otettavaksi paikoituskulmaan. Paikoituskulmassa on kaksi anturia, joista ensimmäinen pysäyttää hihnan estäen useamman hyllyn putoamisen kerralla. Toinen anturi, joka antaa robotille tiedon uudesta hyllystä, sijaitsee paikoituskulman alareunassa.

4.5 Sangantaivutuskone - omavalmiste

Sangantaivutuskone on pientavaralaatikoston tukisankojen taivutukseen käytetty laite. Sangat ovat halkaisijaltaan 6 mm ja ne on valmistettu sinkitystä teräksestä. Sankojen aihiot toimitetaan Trestonille määrämittäisinä tankoina.

Koneen käyttäjä syöttää sankojen aihiot yksi kerrallaan taivutuskoneeseen. Sanka paikoitetaan takavastetta vasten ja lukitaan puristimella paikalleen. Molempia käsikytkimiä yhtä aikaa painettaessa koneen paineilmasylinterit tekevät työliikkeen taivuttaen sangan muotoonsa. Taivutuksen jälkeen puristin avataan ja sanko siirretään valmiiden joukkoon. Sankojen valmistus on esitelty luvussa 3.2.

4.6 Yhteenveto tuotannossa käytetyistä koneista

Pientavaralaatikoston osien valmistamiseen käytetään useita koneita. Keskeisimmät koneet ovat muovituotteita valmistavat Battenfeldin ruiskupuristuskoneet, joista runkoja valmistavaan koneeseen on integroitu Wittmannin lineaariliikkeisiin perustuva robotti.

Hyllyjen asentamiseen käytetään Fanucin 10id12-teollisuusrobottia, jota hyödynnetään tuotannon jatkokehittämisessä. Teollisuusrobotti on asennettu siirrettävälle jalustalle ja sitä voidaan liikuttaa pumppukärryillä.

Sangan taivuttamiseen käytetään pneumaattista taivuttajaa. Sangat taivutetaan yksi kerrallaan.

5 TUOTANTOTAPOJEN AUTOMATISOINTI

5.1 Robotin työkalun valinta

Jotta mahdollisimman suuri osa kokoonpanoa voidaan suorittaa tehtaalle hankitulla Fanuc 10id12 -robotilla, täytyy jokaiseen pientavaralaatikon osaan pystyä tarttumaan kunnolla. Tarttujien valinta on olennainen osa tuotannon automatisointia. Kappaleiden eriävät muodot ja materiaalit aiheuttavat haasteita kokoonpanossa käytetyn työkalun valinnalle.

Työkalulta ja tarttujalta vaaditaan monenlaisia ominaisuuksia. Suurin haaste on yhdistää samaan työkaluun kyky irrottaa lista muotista ja asettaa se paikalleen samalla tarttujalla. Ongelmana on saman työkalun käyttäminen kaikkien osien asentamiseen niiden eriävien ominaisuuksien takia. Tarttujan pituutta rajoittaa hyllylevyjen asennus. Hyllyjä voidaan asentaa korkeintaan 270 mm pitkällä tarttujalla, mutta listojen asentamista helpottaa pidemmän tarttujan käyttö. Ulkomitoiltaan pieni tarttuja helpottaa osien paikoittamista, mutta suurikokoisella tarttujalla saa osista paremman otteen.

Työn tehokkuuden ja läpivirtauksen kannalta olisi edullisinta käyttää samaa tarttujaa kokoonpanon jokaisessa vaiheessa, jolloin välttyttäisiin työkaluvaihtajan tai kaksiosaisen työkalun hankintakustannuksilta ja valmistusprosessiin kuluvaan ajan lisääntymiseltä.

Fanuc 10id12 -robotin työkaluna käytetään tällä hetkellä OMIL OPP125 -paineilmatarttujaa, jossa on itsetehdyt leuat. Muita tarttuvaihtoehtoja ovat magneettiset- ja alipaine-käyttöiset tarttumat. Tarttujien kykyä tarttua pientavaralaatikon eri osiin on tarkasteltu alla olevassa taulukossa (Taulukko 2).

Taulukko 2 Eri tarttujatyyppeiden kyky tarttua pientavaralaatikon osiin

	Tarttuminen kappaleisiin		
	Imukuppitarttuja	Mekaaninen tarttuja	Sähkömagneettinen tarttuja
runko	kyllä	kyllä	ei
hylly	kyllä	kyllä	kyllä
pohjalevy	kyllä	kyllä	kyllä
listat	ei	kyllä	ei
sanka	ei	kyllä	ei

Kuten taulukosta nähdään, voidaan ainoastaan mekaanisella tarttujalla ottaa kiinni kaikista pientavaralaatikoston osista. Imukuppi- ja sähkömagneettisen tarttujan käyttö vaatii kahden työkalun käyttöä kokoonpanossa. Sähkömagneettisen tarttujan voisi integroida mekaanisen tarttujan leukoihin, mikä kasvattaisi tarttujan kokoa ja hankaloittaisi tarttujan suunnittelua ja muiden osien kokoonpanoa.

Työkaluvaihtajan käyttö mahdollistaisi usean erityyppisen työkalun käytön kokoonpanoprosessin aikana. Työkalun vaihtaminen lisää valmistukseen kuluvaan aikaan vajaa 10 sekuntia, joten useasti toistuva työkalun vaihto vähentää tuotannon läpivirtausta ja tehokkuutta. Työkaluvaihtaja lisää robotin viimeisen nivelen pituutta ja kannateltavaa kuormaa. Työkaluvaihtaja mahdollistaisi saman robotin joustavaa käyttöä muiden tuotteiden kokoonpanossa, koska manuaalista työkalun vaihtoa ei tarvittaisi. Toinen etu työkaluvaihtajan käyttämiselle on uusien tarttujen testausmahdollisuudet ilman, että koko työkalua joudutaan irrottamaan robotista. Työkaluteline olisi mahdollista integroida robotin siirrettävään alustaan, jossa ne kulkisivat robotin mukana valmiina käyttöä varten.

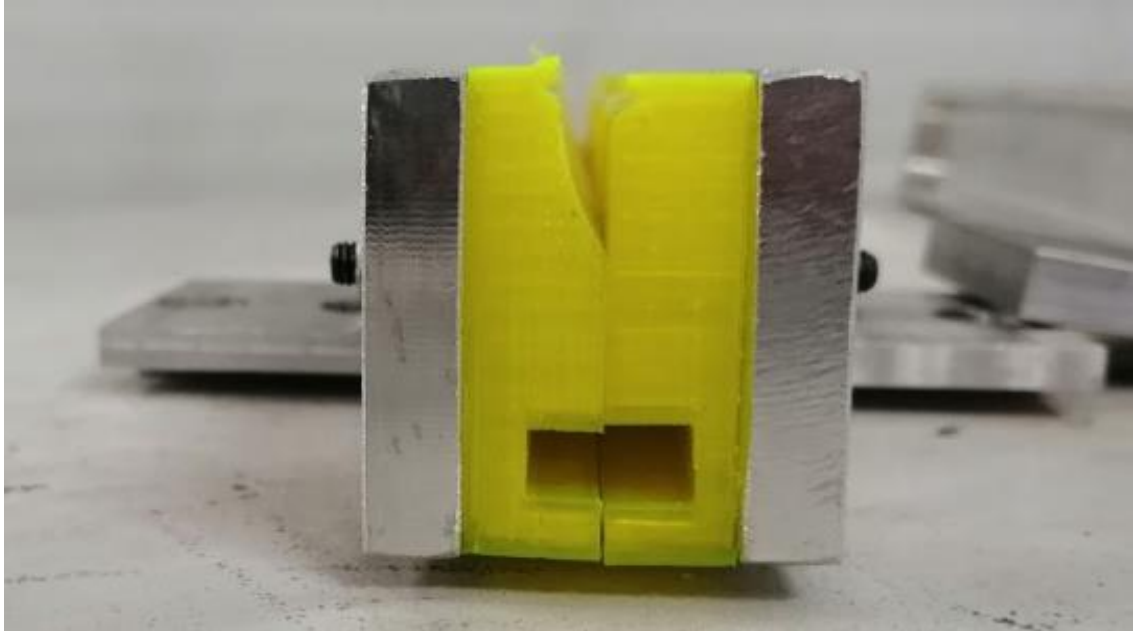
Moniosainen työkalu mahdollistaa usean tarttujan käytön samassa robotissa ilman työkaluvaihtajaa. Pientavaralaatikoston kokoonpanoon riittäisi kahden työkalun käyttäminen. Tarttujen leukojen suunnittelu ja valinta helpottuvat, jos jokaista työvaihetta ei tarvitse tehdä samalla työkalulla. Haittapuolina moniosainen työkalu lisää robotin viimeisen nivelen painoa, kokoa ja automatisoinnin investointikustannuksia.

5.2 Tarttujen testaaminen

Jotta Trestonin teollisuusrobotin OMILOPP125 -tarttujalla voidaan suorittaa jokainen kokoonpanovaihe, täytyy siihen vaihtaa erilaiset leuat. Tällä hetkellä robotissa käytetään kaksia erilaisia leukoja, jotka on muotoiltu käyttötarkoituksiin sopiviksi.

Leukojen eri muotoja kokeiltiin 3d-tulostamalla erilaisia profiileja ja kiinnittämällä ne alumiinisiin tukiin, jotka asennettiin työkaluun. Parhaiten toiminut muotoilu näkyy kuvassa 3. Tarttujan vasemmanpuoleiseen leukaan on muotoilu ura listaa varten. Kummankin leuan kärjessä on viistemäiset upotukset sankaan tarttumista varten. Suorakaiteen muotoisilla koloilla kokeiltiin mahdollisuutta tarttua sekä hyllyyn, että pohjalevyyn.

Pientavaralaatikoston osien asentamisen kokeilu 3d-tulostimella valmistetuilla tarttujilla antoi lupaavia tuloksia OMIL125 OPP -tarttujan käytöstä kokoonpanossa. Tarttujalla koitettiin asentaa lista, pohjalevy, hyllyt ja laatikoston tukisanka.



Kuva 3 Parhaiten toimineen tarttujan sivuprofiili.

Lista oli suhteellisen helppo asettaa oikeaan kohtaan, mutta se saatiin painettua kiinni ainoastaan tarttujan kohdalta. Kokeillut tarttujat olivat vain 200 mm pitkiä tulostusalan koon takia. Tarttujen suurin mahdollinen mitta on 270 mm, mikä toimisi todennäköisesti hieman paremmin. Tarttujen pituutta rajoittaa hyllylevyjen asentamisen edellytys samalla tarttujalla. Listojen asentaminen vaatii tarkkuutta paikoitukseen ja listojen laatuun. Mikäli osat eivät olleet tarpeeksi hyvin kohdistettuja, ei listan takaosassa oleva tappi osu rungossa olevaan koloon.

Kuvassa 4 näkyy, miten lista on asettunut pohjaan asti ainoastaan tarttujan tarttumalta alueelta. Listojen päihin on jäänyt rako listan ja rungon väliin, jonka kiinni painamiseen pitäisi käyttää robottia tai ulkoisia puristimia. Esimerkiksi Destaco valmistaa pneumaattisia puristimia, jotka voisivat soveltua auki jääneiden kynsien kiinni painamiseen.



Kuva 4 Robotilla asennettu lista.

Listojen irrotus ruiskupuristuskoneesta onnistui kokeillulla tarttujalla. Hieman pitempien leukojen käyttäminen helpottaisi valmiiden listojen irrottamista muotista.

Sankojen asennus onnistui 3d-tulostetulla tarttujalla. Tarttujan etuosassa oleva ura piti sangan suorassa, eikä sanka päässyt robottia liikutellessa liikkumaan. Sanka asennettiin tarttumalla sangan pitkältä sivulta kiinni ja laittamalla sangan vapaat päät rungossa oleviin koloihin. Paikoitettu sanka käännettiin samaan tasoon laatikoston yläreunan kanssa ja asetettiin paikoilleen painamalla sangan yläreunaa alaspäin tarttujan yläpinnalla. Sanka asettui paikoilleen ja lukittui rungossa olevien kynsien taakse. Asentamisesta helpottaisi uran muotoilu tarttujan leuan yläpintaan, jotta sanka ei pääse painamisen aikana liikkumaan.

Oleellinen asia sankojen asennuksessa on hyllylevyjen keskittäminen. Hyllyt asennettiin käsin runkoon ensimmäistä testiä varten, joten yksi sivuun asetettu hylly osui sankaan ja sanka asettui vinoon. Hyllylevyt keskitettäessä sangan laitto onnistui ongelmitta. Lisäksi sankojen taitokset tulee olla tasan 90°, jotta ne asettuvat paikoilleen hyllylevyissä etureunoissa oleviin koloihin.

Hyllylevyjen asennus onnistui testatulla työkalulla samalla tavalla kuin nykyisessä asennuksessa käytetyllä tarttujalla. Uusi tarttuja on vanhaa tarttujaa huomattavasti leveämpi, joten hyllylevyjen paikoitus vaatisi uudelleen suunnittelemisen.

Muita kuin tehtaalle hankittua tarttujaa ei valitettavasti päästy testaamaan covid-19 -viruksesta johtuvien poikkeusolojen takia. Magneettisia tarttuvia valmistavan yritysten edustajan kanssa käydyn sähköpostikeskustelun avulla saatiin käsitys magneettisen tarttujan mahdollisuuksista pientavaralaatikoston kokoonpanossa.

Ixtur LTD valmistaa pneumaattisesti ja sähköisesti ohjattuja magneetteja, joiden tartuntavoimat yltävät 180 kg asti. Ixturin magneettitarttumat perustuvat neodiumi-magneetteihin. Ixturin maahantuoja sijaitsee Kaarinassa. (Ixtur 2020).

Valmistajan edustaja ehdotti Ixtur MRP-31F -tarttujan käyttämistä sangan asentamiseen. Tarttujan ominaisuudet on lueteltu taulukossa 3. Magneettisella tarttujalla voisi mahdollisesti asentaa myös hylly- ja pohjalevyt. Jatkonapojen avulla tarttujalla pystyttäisiin pitämään kiinni sangasta tarpeeksi jämekästi, jotta sitä voidaan kuljettaa ja liikutella. Ongelmana on tarttujaan mahdollisesti jäävä jäännösvoima, joka johtuisi jatkonapojen asennuksesta. Jäännösvoima aiheuttaisi tuskin ongelmia sangan asentamisessa, koska sanka lukittuu rungossa olevien kynsien taakse paikalleen, jolloin se ei pääse nousemaan tarttujan irrottamisen yhteydessä. Sangan leveyden ja paksuuden takia jouduttaiisiin käyttämään varta vasten kokoonpanovaihetta varten suunniteltuja jatkonapoja.

Taulukko 3 Ixtur MRP-31F -tarttujan ominaisuudet

Korkeus	Leveys	Pituus	Paino	Voima	Ohjaustapa
76,0 mm	54,8 mm	80,0 mm	1,74 kg	max 3 kg	paineilma

Magneettisen tarttujan käyttö kokoonpanossa aikaansaisi tarpeen useamman työkalun käytölle, koska magneetilla ei voi tarttua muoviin. Hyllylevyjen asentamista haittaa Ixtur MRP-31F -tarttujan ulkomitat ja mahdollisesti napoihin jäävä jäännösvoima. Tarttujalla olisi kuitenkin mahdollista tarttua ohutlevyihin yksi kerrallaan, mikä helpottaa pohjalevyjen paikoittamista asentamista varten.

Erillinen sähkömagneetti olisi mahdollista asentaa mekaanisen tarttujan leukoihin. Magneetista olisi hyötyä peltilevyjen siirtämisessä ja asentamisessa. Haittapuolena on tarttujan koon kasvu ja monimutkaistunut rakenne.

Imukuppitarttujen on magneettitarttujen monikäyttöisempi, koska sillä voidaan tarttua kaikkiin materiaaleihin. Pintojen täytyy olla kuitenkin suorina, joten sankaa ja reunalistaa ei voida sillä asentaa. Imukuppitarttujen käytössä on sama ongelma kuin magneettisen tarttujan kanssa; kokoonpano vaatii kahden tai useamman työkalun käyttöä.

5.3 Manuaalisten koneiden automatisointi

Ensimmäisen pientavaralaatikon valmistuksen automatisointivaiheessa automatisoitiin hyllyautomaatin toiminta robottikäytöllä sekä listojen irrotus ruiskupuristusmuotista. Robotisoinnin helpottamiseksi ja ihmisten tekemän työn vähentämiseksi pitäisi sangan taivutus, sekä pohjalevyn ja listojen asennus uudistaa.

5.3.1 Sangan valmistuksen ja asentamisen automatisointi

Sangantaivutuskoneen ominaisuuksia ja sankojen valmistuksen nykytila selitetty tämän työn luvuissa 3.2 ja 4.4. Sankoihin käytettävää lankaa kuluu 600 mm kehikkoa kohden, joten 1500 pientavaralaatikon valmistusta varten kuluu huomattava määrä lankaa. Sankojen valmistuksen automatisointi olisi perusteltua työergonomian ja valmistuksen tehokkuuden lisäämiseksi. Sanka on valmiiksi paikoitettu sangantaivutuskoneessa, joten sen ottaminen olisi helppo automatisoida. Sanka puristetaan paikoilleen mekaanisella puristimella, joka näkyy kuvassa 5. Koneen automatisointi vaatisi pneumaattisten puristimien käyttöä mekaanisella tilalla. Koska kone toimii pneumaattisesti, mutta koneen toiminta olisi helppo muuttaa elektroniseksi. Nykyisenään pitäisi sangantaivutuskoneen keskelle tehdä tilaa robotin työkalulle, jotta siihen voidaan tarttua. Tilan tarve riippuu käytettävästä tarttujasta. Toinen vaihtoehto on käyttää vain yhtä taivutinta ja syöttää lankaa koneeseen syöttölaitteella. Ensimmäisen taitoksen jälkeen syötettäisiin lankaa lisää ja tehtäisiin sangan toinen taitos. Sangan pitkä osuus, josta tarttujalla otetaan kiinni, jää koneen ulkopuolelle, mikä helpottaa sankaan tarttumista ja yksinkertaistaa taivutinta.

Sangat toimitetaan Trestonille määrämittäisinä aihioina. Sangantaivutuskone pystyy taivuttamaan vain yhden sangan kerralla, joten sangat joudutaan laittamaan paikalleen yksitellen. Robotti kykenee nostamaan sangat koneeseen, mutta yksittäin asettelu vaatisi sankojen paikoitusvälineen, johon työntekijä voisi panostaa suuren määrän aihioita kerralla robotin saataville.

Valmiit sangat voitaisiin asentaa suoraan paikoilleen laatikostoon sangan taittamisen jälkeen. Vaihtoehtona on pakata sangat paikoitustelineeseen, josta ne voitaisiin poimia myöhemmin kokoonpanovaiheessa. Paikoitustelinettä käytettäessä voitaisiin sangat taittaa myös käsin.



Kuva 5 Sangantaivutuskone yläpuolelta kuvattuna.

Sanka-aihioiden käyttämiseltä vältyttäisiin, mikäli sangat valmistettaisiin suurvyyhdeissä toimitetusta kauppalangasta. Metritavarasta valmistaminen vaatii langan suoristamisen, syöttölaitteen ja katkaisuvälineen lisäämisen sangantaivutuskoneeseen. Edellä luetellut laitteet asennettaisiin lankakelan ja taivutuslaitteen väliin. Koska nykyinen sangantaivutuskone on rakenteeltaan yksinkertainen, olisi siihen helppo integroida tarvittavat lisävarusteet, jolloin ei olisi syytä ostaa valmiiksi katkaistuja aihioita tai investoida uuteen koneeseen. Mikäli muutostöitä ei haluta tehdä, on mahdollista hankkia valmis taivutuslaite, jossa yhdistyy kaikki edellä luetellut ominaisuudet.

Valmiita langan suoristus-, syöttö-, taivutus- ja katkaisuyksiköitä on saatavilla eri valmistajilta ja niitä voi ostaa erikseen. Langan syöttölaitteita valmistaa sveitsiläinen Elmotech. Langan suoristuslaitevalmistajia ovat Sjogren Industries ja NOVO Precision. P/A Industries Inc valmistamat molempia edellä mainittuja laitteita.

Sinkittyä kauppalankaa valmistaa esimerkiksi Jokioisten Lankatehdas oy. Sinkittyä teräslankaa on saatavilla 5 kg, 25 kg rullissa tai yli 500 kg painavissa suurvyyhdeissä.

(Lankatehdas 2020). Suurvyöhdin käyttö vaatisi kestävästä telineen käyttöä ja edellyttäisi syöttölaitteelta vahvaa rakennetta. Suuremman rullan käyttö vähentäisi rullien vaihtoon kuluva aikaa ja materiaalikustannuksia.

5.3.2 Pohjalevyn asentamisen automatisointi

Pohjalevyn asennusta on kuvailtu luvussa 3.2. Pohjalevyn etureuna taitetaan asennuksen jälkeen pneumaattisella taivutuskoneella. Pohjalevyn asennus ja taitto olisivat helppo automatisoida. Kokoonpanoon käytetty Fanuc 10id12 -robotti voisi asentaa pohjalevyn paikalleen rungosta valmistamisen jälkeen. Runkoa joudutaan joka tapauksessa siirtämään, joten rungosta liikuttelun yhteydessä voitaisiin pohjalevyn etureuna taittaa.

Pohjalevyt valmistetaan Trestonin tehtaalla Jyväskylässä. Pohjalevyjen aihiot lähetetään Turkuun, jossa ne asennetaan kehikoihin. Pohjalevyt ovat kooltaan lähes samankokoisia kuin hyllylevyt, mutta niissä on taitos ainoastaan etureunassa.

Pohjalevyt asentamiseen voitaisiin paikoittamisen jälkeen käyttää samaa OMIL OPP125 -tarttujaa, jota käytetään hyllylevyjen asentamiseen. Levyjen asentaminen onnistuu myös imukuppi- ja magneettitarttujilla. Pohjalevyt saapuvat Turun tehtaalle Jyväskylästä, joten haasteena on levyjen syöttö robotille. Levyt voitaisiin siirtää robotin ulottuville esimerkiksi rullarataa pitkin tai laittamalla ne nipuittain lavalle tai telineeseen. Rullaradasta on vaikea saada täysin tarkkaa, mikä aiheuttaa haasteita levyihin tarttumisella.

5.4 Osien paikoitus

Mikäli kaikkien osien valmistusta ei voida suorittaa samassa valmistussolussa, tulee muualla valmistetut osat paikoittaa tarkasti, jotta robotti pystyy käsittelemään niitä. Paikoitusta vaatisivat sankat, pohjalevy, reunalistat ja rungot. Hyllyjen paikoitukseen käytetään nykytuotannossa peltistä paikoituskulmaa, joka on helppo tapa paikoittaa kappaleita.

Mikäli sangan valmistusta ei automatisoida voidaan sangat edelleen valmistaa käsin, mikä vaatisi valmiiden sankojen paikoittamisen. Valmiit sangat voitaisiin nostaa esimerkiksi telineeseen, jossa ne lepäävät kahden orren varassa. Kallistamalla orsia, valuisivat sangat telineen takaseinää vasten. Ohjelmoimalla robotti ottamaan telineestä yksi sanko kerrallaan, voitaisiin sankojen asentaminen automatisoida. Tarvittaessa sangat voidaan

käyttää paikoitustelineen kautta. Valmistustapa vaatisi työntekijän, joka taivuttaa sangat ja asettelee ne telineisiin. Paikoituksen täytyisi olla erittäin hyvä, koska sangat ovat vain 6 mm leveitä, eikä asentovirheille olisi juurikaan varaa.

Pohjalevyn paikoittamisessa olevia ongelmia on käsitelty tarkemmin luvussa 5.1. Suurin ongelma on osien valmistus tehtaan ulkopuolella, joten pohjalevyt vaativat kuljetuksen ja käsin asettelemisen rullaradalle tai valmistussoluun.

Mikäli kokoonpanoa ei automatisoida täysin, on mahdollista, että työntekijä lavoittaisi valmiit rungot suoraan liukuhihnalta samaan tapaan kuin ennen. Lavoittamisen yhteydessä voitaisiin pohjalevy asentaa samalla tavalla kuin nykykokoonpanossa, joten muutoksia ei tarvittaisi. Haasteena on välivarastoinnin ja tarve, mikä lisää ylimääräistä arvoa tuottamattoman työn määrää. Myös työntekijän työpanosta voitaisiin hyödyntää paremmin.

Robotti ottaa reunalistat muotista. Listat ovat valmiiksi paikoitettuna irrotusvaiheesta, joten ne olisi mahdollista nostaa suoraan kuljetus/paikoitus telineeseen. Telineen olisi hyvä tukea listaa, ettei se pääse vetäytymään ja kieroutumaan jäähtymisen aikana. Listoja valmistetaan kerralla 1500 kappaletta per puoli, joten telineestä tulisi aika kookas. Telineen tulisi olla siirrettävä ja helposti paikoitettavissa.

Vaihtoehtona olisi rakentaa paikoitustelineet kokoonpanopaikan yhteyteen. Tällöin työntekijä joutuisi asettelemaan listat telineisiin käsin. Valmistussolun lattiaan kiinteästi asennettua telinettä ei täytyisi erikseen paikoittaa. Lisäksi kiinteä teline olisi todennäköisesti varmatoimisempi kuin siirrettävä paikoitusväline. Yhdelle lavalle mahtuu 54 laatikostoa, joten lavan vaihdon yhteydessä voitaisiin paikoitusta vaativat osat asettaa telineisiin. Haittapuolena paikoittamisesta ja osien asettelusta syntyisi uusia monotonisia työvaiheita. Myös tuotantoon kuuluva aika pitenisi.

Robotti voisi nostaa tyhjät rungot lavoilta kokoonpanotelineeseen. Robotti saa otettua rungot lavalta lavausohjelmalla. Kokoonpanotelineeseen nostaminen lavalta vaatisi paikoituskulman käyttöä, koska käsin asetellut rungot eivät ole tarkasti paikoitettuja. Valmiiksi kootut laatikostot voitaisiin siirtää suoraan tyhjälle lavalle, mikä vähentää ihmisen tekemän työn määrää.

Runkojen välivarastointi lavoille lisäisi ylimääräisen arvoa tuottamattoman välivaiheen valmistusprosessiin. Lisäksi työntekijät joutuisivat siirtelemään lavoja robotin työskentelyalueelle ja sieltä pois. Työvaiheilta vaaditaan suurempaa tarkkuutta, kun robotti joutuu

ottamaan tuotteet lavoilta. Kätevämpää olisi, että robotti ottaa valmistetut rungot liukuhihnalta, johon pakkausrobotti asettaa ne muotista irrottamisen yhteydessä.

5.5 Yhteenveto tuotantotapojen automatisoinnista

Oleellista kokoonpanon automatisoinnin mahdollistamisessa on työkalun valinta robotille. Nykytuotannossa käytettyyn OMIL OPP125 -tarttujaan suunniteltiin uudet leuat, joiden soveltuvuutta kokoonpanoon kokeiltiin. Testin lopputuloksena todettiin, että samalla tarttujalla pystytään tarttumaan jokaiseen kappaleeseen. Listojen asentamisessa joudutaan käyttämään apuna esimerkiksi paineilmasyylintereitä, jotta lista saadaan painettua pohjaan asti koko matkalta. Sankojen asennus vaatii tarkkuutta ja tasaista laatua kokoonpanoprosessilta.

Mikäli kaikkia osien valmistusvaiheita ei automatisoida tehtäväksi samassa valmistusso- lussa, saadaan tarve osien paikoittamiselle automatisoinnin onnistumiseksi. Koneiden muuttaminen lisää tuotannon automatisoinnin investointeja, mutta samalla tehostaisi tuotantoa ja sen läpivirtausta. Paikoituskulmien käyttö ja pelkän kokoonpanon automati- sointi onnistuvat halvemmalla, mutta vaativat ylimääräistä paikoitusta. Paikoitustelinei- den käyttö lisää valmistukseen kuluvaan aikaa ja työntekijän tekemää työtä.

6 PIENTAVARALAATIKOSTON VALMISTUS SOLUSSA

6.1 Täysin automatisoitu kokoonpano

Pientavaralaaatikoston valmistuksen automatisoinnissa pyritään mahdollisimman monta vaihetta suorittaa tehtaalle hiljattain hankitulla Fanuc 10id12 -robotilla. Jotta mahdollisimman paljon voitaisiin koota samalla robotilla, täytyy kaikkien kokoonpanoon tarvittavien osien olla robotin saatavilla. Osavalmistus automatisoimalla olisi mahdollista suorittaa suurin osa työvaiheista samassa valmistussolussa. Tällä välttyttäisiin ylimääräiseltä varastoinnilta, kuljettamiselta, paikoittamiselta ja työvoiman käyttämiseltä arvoa tuottamattoman työn tekemiseen.

Täysin automatisoidussa kokoonpanossa koneet suorittavat kaikki kokoonpanovaiheet. Työntekijöiden tehtävänä olisi hoitaa koneita ja ohjata tuotantoa. Valmistussolussa voitaisiin pientavaralaaatikostot koota laatikoiden asentamista vaille valmiiksi.

Valmistussolun työvaiheet:

1. Rungon ruiskupuristus	automatisoitu
2. Pohjalevyn asennus	automatisoitu
3. Hyllylevyjen valmistus ja asennus	automatisoitu
4. Sangan taivutus ja asennus	automatisoitu
5. Listojen valmistus ja asennus	automatisoitu
6. Siirtäminen lavalle/ hihnalle	automatisoitu

Valmistussolussa Trestonin hankkima Fanuc 10id12 -robotti suorittaa kaikki kokoonpanovaiheet. Työntekijöille jää tehtäväksi lavojen siirtely ja laadun valvonta. Lisäksi työntekijöiden vastuulla olisi varmistaa raaka-aineiden riittävyys valmistussolussa.

Jotta kokoonpano voidaan suorittaa yhdellä robotilla, on välttämätöntä, että robotti kykenee tarttumaan asennettaviin kappaleisiin. Osien tulee olla paikoitettuja ja robotin ulottuman alueella, jotta kokoonpano onnistuisi. Paikoituksessa voidaan käyttää apuna erilaisia paikoitustelineitä. Automatisointiin vaadittavia edellytyksiä on esitelty luvussa 5, jossa syvennytään tarttujen valintaan ja koneiden automatisointiin.

Valmistamalla koko pientavaralaaatikosto alusta loppuun yhdessä valmistussolussa saadaan useita tuotantovaiheita karsittua pois valmistusprosessista. Osien ja puolivalmiiden

laatikostojen varastoimiselta välttyttäisiin, mikä lisäisi tilan käytön tehokkuutta ja vähentäisi säilytyksestä aiheutuvia kustannuksia.

Automatisoidussa valmistussolussa työntekijät eivät joudu tekemään pitkiä monotonisia työsarjoja, mikä parantaisi työn mielekkyyttä ja ergonomiaa, minkä lisäksi sairauspoissaolot vähenisivät. Työntekijät voisivat keskittyä mielekkäämpiin ja enemmän arvoa tuottaviin työvaiheisiin. Lopputuloksena työntekijöiden potentiaali saataisiin hyödynnettyä mielekkäämpiin ja enemmän arvoa tuottaviin tehtäviin.

Pientavaralaatikostojen kokoonpanoaika lyhenisi, mikä nopeuttaa pientavaralaatikostojen läpimenoaikoja ja tehostaa tuotantoa. Kysyntään vastaaminen parantuisi ja osien ja puolivalmiiden laatikostojen varastoinnista aiheutuvat ongelmat pienenisivät. Lisäksi työjärjestelijöiden tehtävät helpottuisivat, kun työntekijöiden kuormitus on vähäisempää. Kuormituksen pieneminen johtaisi siihen, että osaston muut työt saataisiin tehtyä ilman yksittäisten työvaiheiden tai työntekijöiden ylikuormittamista.

Valmistussolun vahvuutena on, että kaikkia koneita voidaan käyttää edelleen entiseen tapaan. Oleellista on, että ruiskupuristuskoneilla voitaisiin valmistaa muita tuotteita silloin, kun pientavaralaatikostoja ei valmisteta. Robotti on edelleen siirrettävällä jalustalla, joten se pystyy tekemään muita tehtäviä silloin, kun pientavaralaatikostoja ei valmisteta.

Suurin haitta täydessä automatisoinnissa on vaadittavat muutokset layouttiin. Valmistussolun rakentaminen vaatii ainakin yhden ruiskupuristuskoneen ja hyllyautomaatin siirtämistä. Toisaalta suurilta laitehankinnoilta välttyttäisiin, koska kokoonpanon automatisoinnissa voitaisiin käyttää hyödyksi tehtaalla olevaa kalustoa. Automatisoinnissa voitaisiin hyödyntää liukuhihnoja, pakkausrobotteja ja nostimia, mikä vähentää uusien koneiden investointitarvetta. Suurimmat investoinnit tulisivat sangantaivutuskoneen muutostöihin ja kuljetusratojen rakentamiseen.

Jotta valmistussolu voisi toimia, tulee kokoonpanoon tarvittavat osat valmistaa riittävän nopeasti, jotta kokoonpanovaiheiden välillä ei jouduta odottamaan. Pientavaralaatikon rungon valmistus kestää 74 sekuntia, mikä on valmistusprosessin pisin yksittäinen työvaihe. Kokoonpano tulee kestämään nopeimmillaankin rungon valua kauemmin, joten osavalmistuksen kesto ei muodostu ongelmaksi kokoonpanon kannalta. Haasteena on ruiskupuristeteisiin tuotteisiin jäähdytyksen aikana syntyvät muodonmuutokset. Mikäli kappaleiden lämpötilat ja muodot asennettaessa vaihtelevat, voi kokoonpano hankaloitua. Koneiden asetukset optimoimalla voidaan muodonmuutoksia pienentää.

6.2 Osittain automatisoitu valmistus

Osittain automatisoidussa kokoonpanossa osat valmistetaan eri paikoissa ja tuodaan lavoilla ja paikoitustelineissä robotin ulottuville. Tavoitteena on koota pientavaralaatikoita mahdollisimman pienillä laiteinvestoinneilla ja layout-muutoksilla. Tämä tarkoittaisi työvaiheiden tekemistä käsin, välivarastointien tarvetta ja ylimääräisiä työvaiheita. Etuna olisi, että tehtävät muutokset olisivat kevyitä ja suhteellisen helppoja toteuttaa, eikä kaikkea osavalmistusta tarvitse automatisoida. Osa vaiheista voidaan halutessaan jättää automatisoimatta.

Työvaiheet osittaisessa automatisoinnissa:

1. Runkojen valmistus	automatisoitu
2. Pohjalevyn asennus	automatisoitu/käsin
3. Rungon pakkaus lavalle	automatisoitu/käsin
4. Lavoitettujen runkojen välivarastointi	automatisoitu/käsin
5. Rungon paikoittaminen kokoonpanopisteellä	automatisoitu/käsin
6. Hyllyjen, sangan ja listojen asennus	automatisoitu
7. Valmiiden tuotteiden lavoitus	automatisoitu

Lueteltujen työvaiheiden lisäksi työntekijät valmistavat sangat ja paikoittavat ne telineeseen. Myös reunalistat täytyy paikoittaa. Haluttu automatisoinnin aste vaikuttaa siihen, mitkä vaiheet suoritetaan käsin.

Osittainen automatisointi olisi helppo toteuttaa pienillä investoinneilla, koska ainoastaan kokonpano automatisoitaisiin. Osat voitaisiin valmistaa samalla tavalla kuin ennen, ja työntekijän tekemä kokoonpanotyö voitaisiin suorittaa robotilla. Kokoonpanoprosessi jäisi kuitenkin riippuvaiseksi työntekijöiden valmistamista ja siirtämistä osista.

Vaikka kokoonpanovaihe olisi automatisoitu, jää jäljelle samoja ongelmia kuin mitä nykyprosesseissa on. Valmistukseen jäisi arvoa tuottamattomia vaiheita, osien siirtely ja varastointi. Paikoitustelineitten käyttö aikaansaisi työntekijöille uusia työtehtäviä.

6.3 Layout

Ruiskupuristuskoneiden ja hyllyautomaatin käytössä ja huolloissa on tarve käyttää nostinta työkalujen ja muottien irrottamiseen. Lisäksi koneiden täytyy sijaita lähellä toisiaan,

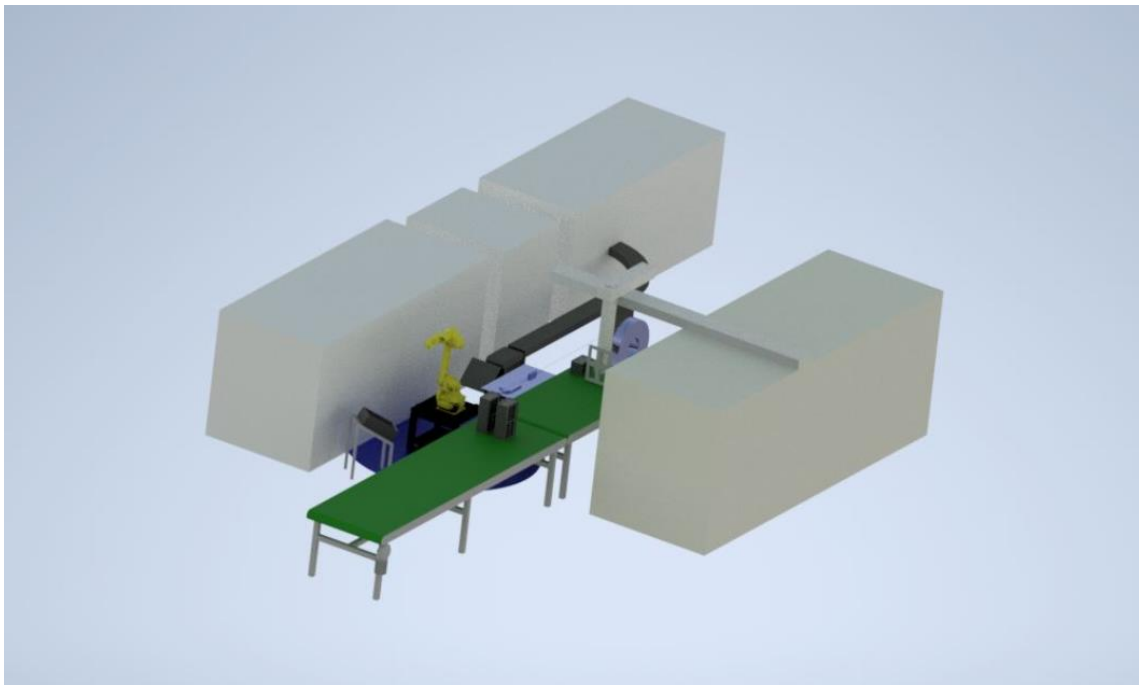
jotta kokoaminen onnistuu robotilla, eikä lavojen siirtelyä ja monimutkaisia rullaratoja tarvita. Layoutin tulee olla selkeä ja mahdollistaa joustava tuotanto.

Ruiskupuristuskoneilla pitää pystyä tekemään muita tuotteita silloin, kun pientavaralaatikostoja ei valmisteta. Nykyisten koneiden yhteydessä on liukuhihnoja, joita ei tarvitse välttämättä muuttaa. Liukuhihnat eivät estä valmistussolun toimintaa, mutta mahdollistavat muiden tuotteiden valmistuksen silloin, kun pientavaralaatikostoja ei valmisteta. Liukuhihnoja voidaan hyödyntää valmistuksen automatisoinnissa.

Koneiden ympärille tulee jättää tarpeeksi tilaa, jotta ne pystytään huoltamaan. Ruiskupuristuskoneet ja hyllyautomaatti tarvitsevat tilaa ympärilleen muottien ja työkalujen irtottamista varten.

Robotin ympärille pitää jättää tarpeeksi tilaa, jotta robotin ei tarvitse väistellä kokoonpanoalueella olevia esteitä. Robotin täytyy ylettyä kaikkiin kokoonpanon kannalta olennaisiin kohteisiin, jotta osien kokoonpano ja siirtely onnistuisivat.

Robottisolun yksi sivu täytyy jättää auki, jotta robotti voi asettaa valmiiksi kootut kehiöt lavoille. Lavoja täytyy siirrellä, ellei robotti aseta valmiita laatikostoja liukuhihnalle. Robotti on asennettu siirrettävälle alustalle, joten sen liikuttamiselle tulee jättää tilaa.



Kuva 6 Mahdollinen valmistussolun layout.

Kuvassa 6 on hahmoteltu vaihtoehto valmistussolun toteutukselle. Soluun on yhdistetty kaksi ruiskupuristuskonetta, sekä hyllyjen, pohjalevyjen ja sankojen valmistus ja asennus. Layouttia suunniteltaessa on käytetty pääosin tehtaalla jo olevaa kalustoa. Kuvan 6 mukaista valmistussolua varten joutuu tekemään merkittäviä muutoksia layouttiin.

Solussa Wittmannin lineaariliikkeisiin perustuva robotti irrottaa rungon muotista ja nostaa sen liukuhihnalle. Fanuc 10id12 -robotti ottaa rungon hihnalta, asentaa pohjalevyn ja nostaa asennustelineeseen. Hyllyt asetetaan samalla tavalla kuin nykytuotannossa. Hyllyjen asennuksen jälkeen, robotti ottaa taivutuskoneelta sangan ja asettaa sen paikalleen pientavaralaatikostoon. Robotin välittömässä läheisyydessä on listoja valmistava ruiskupuristuskone, josta robotti ottaa suoraan listat ja asentaa paikalleen. Valmiiksi kootun kehikon robotti nostaa liukuhihnalle. Vaihtoehtoisesti liukuhihnaa tai asennuskehikkoa voi siirtää ja robotti voi nostaa laatikostot suoraan lavalle.

Osittaisessa automatisoinnissa voidaan käyttää samaa layoutin pohjaa, mutta korvata osavalmistuksessa automatisoidut vaiheet paikoituskuililla ja työntekijän tekemällä työllä. Layoutissa voitaisiin tehdä muutoksia rullaratojen ja koneiden sijoittelun suhteen. Tärkeimmät layoutin ominaisuudet ovat, että Fanuc 10id12 -teollisuusrobotti ylettyy ottamaan listat suoraan muotista ja rungot liukuhihnalta, jolloin listojen paikoittamiselta vältytään. Alueen etuosaan voi jättää halutessaan lavapaikkoja, jolloin robotti pystyy asettamaan valmiit rungot lavoille.

6.4 Yhteenveto pientavaralaatikoston valmistuksesta

Pientavaralaatikosto olisi mahdollista valmistaa yhdessä valmistussolussa, joka keskittäisi kaikkien osien tuotannon ja kokoonpanon samalle alueelle tehtaalla. Valmistussolun rakentaminen vaatisi muutoksia layouttiin ja kuljettimien käyttöä osien siirtämiseen robotin alueelle.

Täysin automatisoitua valmistussolua kevyempi ratkaisu olisi pelkän kokoonpanon automatisointi, mikä onnistuisi pienemmin investoinnein. Mahdollista olisi myös automatisoida ainoastaan osa työvaiheista. Manuaalisten työvaiheiden jättäminen prosessiin ylläpitää osittain samoja ongelmia, joita nykytuotannossa esiintyy.

Haasteina osavalmistuksessa on kokoonpanoon kuluva aika. Koneiden työsyklit ovat kokoonpanoa huomattavasti nopeampia, joten tehollinen työaika vähenee. Ruiskupuristetuihin tuotteisiin syntyy muodonmuutoksia jäähtymisen aikana, mikä saattaa hankaloittaa laatikoston osien kokoonpanoa.

7 KOKOAVAA TARKASTELUA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä esiselvitys Treston oy:lle pientavaralaatikon kokoonpanon automatisoinnin jatkokehittämisestä. Selvityksessä keskityttiin automatisoinnin tuomiin haasteisiin osavalmistuksessa ja kokoonpanossa. Työssä pyrittiin noudattamaan lean-ajattelua ratkaisuja pohdittaessa.

Pientavaralaatikostoja valmistetaan vuodessa noin 20 000 kappaletta, joten automatisoinnin lisääminen laatikostojen valmistuksessa on perusteltua tuotannon tehokkuuden ja työergonomian kannalta. Automatisointiin tuo haasteita laatikoston osat, jotka poikkeavat toisistaan muodoiltaan ja materiaaleiltaan. Lisäksi pientavaralaatikostoja valmistetaan yhdeksänä eri variaationa, mikä hankaloittaa tuotannon suunnittelua ja automatisointia.

Laatikon valmistuksessa voidaan käyttää tehtaalle hiljattain hankittua Fanuc 10id12 -robottia. Kokoonpanossa voitaisiin käyttää nykyistä tarttujaa uudelleen suunnitelluilla leuoilla. Työkalun suunnittelua ja käyttöä helpottaisi työkaluvaihtajan tai kaksiosaisen työkalun käyttö. Useampi työkalu kuitenkin lisää valmistukseen kuluvaa aikaa ja automatisoinnin investointikustannuksia. Työkaluvaihtajan hankkiminen helpottaisi robotin käyttöä muissa automatisoiduissa tehtävissä, koska työkalujen vaihtaminen olisi joustavaa työpisteen vaihtamisen yhteydessä. Käyttöastetta parantaa mahdollisuus käyttää samaa robottia muihin tehtäviin silloin, kun pientavaralaatikostojen valmistukselle ei ole tarvetta.

Työssä esitetään mahdollisuus kokonaisen valmistussolun perustamiselle. Valmistusso- lussa kaikkien osien valmistus ja kokoonpano tapahtuvat samassa paikassa. Valmistus- solu olisi tehokas tapa koota pientavaralaatikostot, mutta vaatisi investointeja ja layout- muutoksia. Valmistussolun hyviin puoliin kuuluu mahdollisuus käyttää kaikkia koneita entiseen tapaan muutoksista huolimatta. Vaihtoehtoisesti pelkkä kokoonpano on mah- dollista automatisoida, mikä kuitenkin jättäisi valmistusprosessiin osan nykyisistä ongel- mista.

LÄHTEET

2-Finger parallel grippers, pneumatic - series OPP, OMIL:n esite 2020. Viitattu 19.04.2020

Company history. Wittman-groupin WWW-sivut 2020. Viitattu 16.04.2020 <https://www.wittmann-group.com/company/history.html>

Defining The Industrial Robot Industry and All It Entails. Robotic Industries Association WWW-sivut 2020. Viitattu 10.04.2020. <https://www.robotics.org/robotics/industrial-robot-industry-and-all-it-entails>

ESD-suojaus parantaa laatua. Treston oy:n WWW-sivut. Viitattu 06.04.2020. https://www.treston.fi/toimiva-tyoymparisto/esd-suojaus-parantaa-laatua?gclid=CjwKCAjwpqv0BRABEiwA-TySwd401j2DEvzhidw4uEx__YYkTn8JQKUq3vLuDNZPYi-Y6FTP7hms_xoCHKEQAvD_BwE

Esko Laitinen. 1998. Konetekniikan materiaalioppi, Edita.

Fast, slim and accurate handling robot. Fanucin esite 2020. Viitattu 10.04.2020

Industrirobotar- Vad är de? Svenskverkstadin WWW-sivut 2020. Viitattu 10.4.2020. <https://www.svenskverkstad.se/industrirobotar-vad-ar-det>

Ixtur magnets. Ixturin WWW-sivut 2020. Viitattu 25.04.2020

JIT ja TPS periaatteet. Toyota Globalin WWW-sivut 2020. Viitattu 04.04.2020 <https://global.toyota/en/company/vision-and-philosophy/production-system/>

Launis, M. Lehtelä, J. 2011. Ergonomia. Tampere: Tammerprint oy.

Lean tuo tehoa tuotantoon. Trestonin WWW-sivut 2020. Viitattu 07.04.2020. <https://www.treston.fi/toimiva-tyoymparisto/lean-tuo-tehoa-tuotantoon>

Leanin hukat: Muda, Muri ja Mura. Sixsigman WWW-sivut 2020. Viitattu 04.04.2020. <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/lean-ja-hukka-muda-mura-ja-muri/>

Leanin perusajatus. Viitattu 04.04.2020. QL-Partnersin WWW-sivut 2020. <https://www ql.fi/missiomme/mita+on+lean/>

Leanin tärkein osa-alue. Lean-yhdistyksen WWW-sivut 2020. Viitattu 04.04.2020. <https://www.leanyhdistys.fi/>

M-10iD/12. Fanucin WWW-sivut 2020. Viitattu 10.04.2020

Kahdeksan hukkaa. Mflown WWW-sivut. Viitattu 05.04.2020. <https://mflow.fi/kahdeksan-hukkaa/>

Mitä on TPS? Sixsigman WWW-sivut 2020. Viitattu 04.04.2020. <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/>

Robots and Automation Systems, Reliable and Fast Part Handling. Wittmann-groupin WWW-sivut 2020. Viitattu 16.04.2020 https://www.wittmann-group.com/uploads/tx_wpsidebar/CNC-Robots_english_2019-09_KORR-2020-01-03_lowres.pdf

Ruiskupuristus eli ruiskuvalu. Suomen muovituote oy:n WWW-sivut 2020. Viitattu 07.04.2020. <https://www.suomenmuovituote.fi/tuotanto/ruiskupuristus-ruiskuvalu>

Sentica Partners Trestonin enemmistöosakkaaksi. Sentica Partnerssin WWW-sivut 2020. Viitattu 26.04.2020. <https://sentica.fi/uutiset/sentica-partners-trestonin-enemmistoomistajaksi/>

Sinkityt kauppalangat. Lankatehtaan WWW-sivut 2020. Viitattu 25.04.2020

Sovellan historia juontaa juurensa yli 100 vuoden taakse. Sovella oy:n WWW-sivut 2020. Viitattu 1.4.2020. <https://www.sovella.fi/tietoa-meista/sovellan-historia-juontaa-juurensa-yli-100-vuodentaakse>

Trestonin historia. Treston oy:n WWW-sivut 2020. Viitattu 01.04.2020. <https://www.treston.fi/tietoa-meista/historia>

Trestonin muovilaatikat ja laatikostot. Treston oy:n WWW-sivut 2020. Viitattu 06.04.2020. https://www.treston.fi/sailytys/muovilaatikat-ja-laatikostot?gclid=CjwKCAjwpqv0BRABEiwATySwdNivZ88ykwVZIVRYKMeYFPj77-F9PgVXz4PbqK8vUc4NIFai22BpRoC5zoQAvD_BwE

Trestonin pientavaralaatikosto. Treston oy:n WWW-sivut 2020. Viitattu 06.04.2020. <https://www.treston.fi/sailytys/muovilaatikat-ja-laatikostot/pienavaralaatikostot#listing-639>

Trestonin pientavaralaatikon vaihtoehtoiset laatikat. Treston oy:n WWW-sivut 2020. Viitattu 06.04.2020. <https://www.treston.fi/sailytys/muovilaatikat-ja-laatikostot/varastolaatikat-poiminta-ja-pikkulaatikat/pikkulaatikko>