



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ari-Pekka Pulkkis

TUOTANTOROBOTIN SUUNNITTELU

Case Petec Engineering

Tekniikka
2017

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Ari-Pekka Pulkkis
Opinnäytetyön nimi	Tuotantorobotin suunnittelu
Vuosi	2017
Kieli	suomi
Sivumäärä	23 + 2 liitettä
Ohjaaja	Timo Gröndahl

Opinnäytetyössä suunnitellaan yksinkertainen tuotantorobotti PeTec Engineerin-
gille. Robotin on tarkoitus koneistaa yrityksen prototyyppituotetta, jonka työstämi-
seen yrityksellä ei vielä ole toimivaa ratkaisua.

Lähtökohtina robotin suunnittelulle oli robotin valmistuksen yksinkertaisuus ja
edullisuus. Tarkoitus on se, että robotti voidaan valmistaa ja kasata yrityksen toi-
mesta.

Suunniteltu robotti koostuu kahdesta erillisestä runkokokonaisuudesta sekä useasta
erillisestä standardiosasta. Robotin alaosa vastaa robotin liikkumisesta, kun yläosa
työstää. Robotin erikoisuus on rungon yläosa ja sen poikkeava ratkaisu tehonsiir-
rossa.

Lopullinen suunnitelma sekä kaikki piirustukset ovat kokonaisuudessaan erillisinä
liitteinä, joita ei julkisteta. Robottia ei ole opinnäytetyön julkaisuhetkellä raken-
nettu. Lopullisen suunnitelman ulkopuolelle jäi robottia ohjaavan logiikan toteutus.

ABSTRACT

Author	Ari-Pekka Pulkkis
Title	Design of a Production Robot
Year	2017
Language	Finnish
Pages	23 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Timo Gröndahl

PeTec Engineering has designed a new prototype product which they cannot yet manufacture. The objective of this thesis is to make plans for a simple robot which can be used in manufacturing the prototype product.

Plans for the robot are based on machining techniques, material knowledge and mechanical power calculations. Although the robot plans do not include the programming of the control unit, the plan includes material about microcontrollers.

The robot frame is to be constructed of standard stainless steel. The robot design also includes three different types of electric motors, drive chain and cogged V-belt power transmission and a custom design machining tool. The specialty of the design is the upper part of robot frame and the special power transmission, which allows the robot to function in narrow spaces.

The robot plan is not to be published, and it is as an over 40 pages long appendix. The plan also includes mechanical and assembly drawings, as a separate appendix.

The finished robot design is not yet constructed. Before the robot can be used, even after its construction, the controller programming is still needed.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	6
2	PETEC ENGINEERING.....	7
	2.1 Yritys.....	7
	2.2 Tuotteet	7
3	LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET.....	9
4	KEHITTÄMISPROSESSIN KUVAUS	10
	4.1 Vaatimusten selvitys	10
	4.1.1 Työstöarvojen laskenta.....	10
	4.2 Rungon suunnittelu	12
	4.3 Tehonsiirron suunnittelu	13
	4.3.1 Laakerointi	13
	4.3.2 Hihnat.....	13
	4.4 Sähkö- ja paineilmalaitteet.....	14
	4.4.1 Ohjausyksikkö.....	15
	4.5 Kokoonpanon suunnittelu	17
5	KEHITTÄMISTOIMINNAN TULOKSEN KUVAUS.....	19
	5.1 Suunnittelun lopputulos	19
	5.2 Robotin tulevaisuus.....	20
6	YHTEENVETO JA ARVIOINTI	21
	LÄHTEET.....	22

LIITTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Jäätymätön vesijohto	7
Kuvio 2. Havainnollistava malli koneistettavasta alueesta	11
Kuvio 3. Esimerkki hammashihnasta	14
Kuvio 4. Raspberry Pi 2 -tietokone	16
Kuvio 5. Arduino Uno -mikrokontrolleri	17

1 JOHDANTO

Tuotekehityksessä voi syntyä tuotteita, joiden tuotanto ei ole nykyisillä välineillä mahdollista. Uuden tuotteen toimivuus selviää lopullisesti vasta käytännön kautta, eikä tuotantovälineiden puutteen tarvitse olla este uuden tuotteen syntymiselle.

Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää PeTec Engineeringin robotti, joka koneistaa yrityksen uudenlaista tuotetta. Robotin suunnittelussa on tavoitteina koneistuksen suorittaminen tarkasti, kustannustehokkaasti ja nopeasti. Vaikka robotin tarkoitus ei ole olla tuotannossa pysyvä ratkaisu, kestävyys ja pitkäikäisyys ovat robotille toivottuja ominaisuuksia.

Opinnäytetyössä tehty suunnitelma on toteutettavissa sellaisenaan. Suunnitelmassa on kuitenkin tuotu esiin seikkoja, joiden avulla robottiin voidaan soveltaa erilaisia ratkaisuja. Tämä jättää mahdollisuudet auki jatkokehitykselle.

2 PETEC ENGINEERING

Opinnäytetyö tehdään Mustasaarella sijaitsevalle yritykselle, PeTec Engineerin- gille. Kyseessä on muovituotantoon erikoistunut yritys, jolla on sekä omaa tuotan- toa että tarjoaa konsultointia.

2.1 Yritys

PeTec Engineering on Mustasaarella sijaitseva pienyritys, jonka henkilöstön määrä on alle 10 henkeä sekä liikevaihto on alle miljoona euroa per vuosi.

2.2 Tuotteet

PeTec Engineering on muovituotteita valmistava yritys, joka tarjoaa myös koulu- tusta sekä konsultointia muovituotannon yrityksille. PeTec engineering myös edus- taa muovintuotantokoneita myyviä yrityksiä. Yrityksen tunnetuimmat tuotteet ovat tukkeutumattomat TehoDrain- salaojaputket, jäätymättömät vesijohdot (**Kuvio 1.**) sekä eläinten lämmitettävät juomakupit.

PeTecillä on myynnissä myös kuluttajille suunnattuna tuotteena vesiputkien ympärille tai sisäpuolelle asetettavaa kaapelia, joka pitää vesiputket sulana. Tuotetta käy- tetään myös PeTecin jäätymättömissä vesijohdoissa.



Kuvio 1. Jäätymätön vesijohto

TehoDrain- salaojaputket ovat tukkeutumattomia ja huoltovapaita salaojaputkia. Niiden konsepti esiteltiin jo vuonna 1980, jolloin S-Drain – nimellä esitelty tuote voitti Geneven keksintömessuilla kultamitalin parhaana uutena innovaationa. Tuotetta myydään Ruotsissa nimellä ESS-Drän.

3 LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

Opinnäytetyötä aloittaessa PeTec Engineeringillä ei ollut toistaiseksi käytössä yhtään konetta, joka voisi koneistaa ja valmistaa uutta tuotettaan. Yrityksellä oli omia suunnitelmiaan robotin suhteen, mutta niitä ei käytetty pohjana tätä opinnäytetyötä tehdessä, että saavutetaan mahdollisimman hyvät lähtökohdat uuden robotin suunnitteluun.

Työn tavoitteena on suunnitella robotti, jolla kyetään valmistamaan yrityksen uutta prototyyppituotetta. Robotin suunnitelmien tulee myös toimia pohjana, mikäli yritys jatkokehittää tuotantorobottia. Itse robotin on tarkoitus olla edullinen ja mahdollisimman pitkälle yrityksen itse valmistettavissa.

Pitkän tähtäimen tavoitteena on saada robotin avulla valmistettua prototyyppituotetta ja näin päästä testaamaan itse prototyyppituotetta käytännössä. Mikäli uusi tuote on toimiva ja herättää markkinoilla kiinnostusta, yritys voi valita tehokkaammat ja pitkäaikaisemmat tuotantovaihtoehdot.

Suunniteltu robotti valmistaa tuotetta lastuamalla, minkä etuna on se, että lastuavan työstön voi aloittaa heti robotin valmistuttua ja kun ohjausyksikkö on ohjelmoitu. Lastuavan robotin vaatimat investoinnit ovat pieniä verrattuna tehokkaisiin teollisiin tuotantomenetelmiin. (Järvinen, 2008)

4 KEHITTÄMISPROSESSIN KUVAUS

Koko tuotteen kehitys alkoi hahmottelemalla robotin toiminnalle asetettuja vaatimuksia sekä robotin mahdollista rakennetta. Robotilla on muista olosuhteista johdun rajallinen tila jossa toimia, joten rungon sekä liikkuvien osien suunnittelu vaatii poikkeuksellisia ratkaisuja.

Robotin suunnitteluprosessin eri vaiheissa on pyritty ottamaan huomioon se tosiasia, että robottia suunniteltaessa on mahdotonta ottaa kaikki tekijät huomioon. Vaikka on helppoa saada suunniteltua ja rakennettua toimiva robotti, on huomattavasti vaikeampi saada riittävän hyvin ja tavoitteidenmukainen toimiva robotti. (Predko 2003, 362-363)

4.1 Vaatimusten selvitys

Robotin suunnittelun ensimmäinen vaihe on määrittää robotin ominaisuuksille rajat, joiden sisällä robotin tulee ominaisuuksiltaan sopia. Fyysisten mittojen lisäksi, vaatimuksia asettivat tarjolla olevat sähkö- ja paineilmaratkaisut.

Robotin kokoon vaikutti robotin työstettävän tuotteen sille asettamat rajoitukset. Koneistettavan tuotteen muoto ja koko ovat tekijöitä, joihin ei voida vaikuttaa, joten ne rajoittavat merkittävästi sekä robotin rungon että kaikkien liitälaitteiden käyttöä.

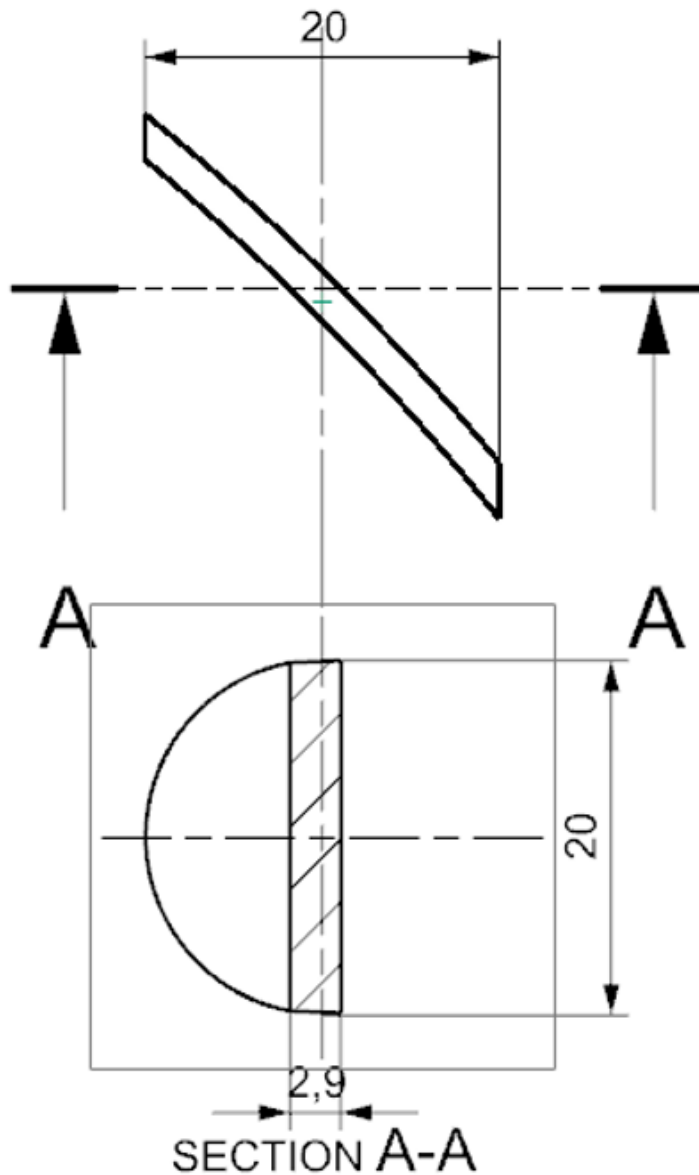
Robotin liikerata on kuusi metriä, jolloin virtajohdot ja paineilmaletkut täytyy kyetä asettamaan niin, etteivät ne sotkeudu robottiin tai muihin kappaleisiin. Kuuden metrin liikerata vaikuttaa myös voimalähteeseen, tehden erittäin haastavaksi käyttää robotin ulkopuolella sijaitsevaa voimanlähdettä.

Koneistusta varten voimansiirto oli suunniteltava yksinkertaiseksi ja toimintavarmaksi. Työstössä syntyvät lastut ovat yksi voimansiirtoon kohdistuvista riskeistä.

4.1.1 Työstöarvojen laskenta

Koska työstettävä materiaali on muovia, sille on valittava tarkkaan sopivimmat työstöarvot. Muovien lastuava työstö on mahdollista kullekin muoville ominaisilla

työstöarvoilla. (Järvinen, 2000) Nämä työstöarvot on saatavissa valmiista työstötaulukoista.



Kuvio 2. Havainnollistava malli koneistettavasta alueesta

Työstössä otetaan huomioon se, ettei työstettävä pinta ole tasainen. Työstö tapahtuu vinosti materiaalipintaa vasten kuviossa 2 näkyvällä tavalla, jolloin voidaan laskea työstettävä pinta-ala.

Robotin koneistavan voimanlähteen tehontarve ei ole yksiselitteisesti määritettävissä. Työstökoneen tehontarve on kokeellisesti mitattavissa ja esimerkiksi koneistuskoneiden myyjien kotisivuilta löytyy teräksen sekä muiden metallien lastuttavuuden lukuarvoja, muovimateriaaleista ei vastaavanlaisia ohjearvoja löydy. Termoplastisilla muoveilla on hyvin pieni ominaislastuamisvoima (Wiley, 2011, 943) mutta ilman tarkkoja arvoja, ei voida työstökoneen tehontarvetta määritellä. Muovien kanssa työstökoneen teho ei ole yleinen ongelma, mutta suunnittelutyössä tähdätään kompaktiin ratkaisuun, mikä asettaa rajoitteita työstökoneen koolle.

Muovimateriaalien kanssa tärkeimmät lastuavan työstön suositusarvot, työstömenetelmästä riippuen, ovat päästökulma, rintakulma, leikkuunopeus ja syöttö. Eri työstömenetelmille ja muovimateriaaleille kyseiset arvot ovat keskenään poikkeavia. Esimerkiksi pyörösahaa käytettäessä leikkuunopeuden suositus PVC –muovilla on 3000-4000 m/min kun taas ABS –muovilla suositus on 1000 m/min. (Järvinen, 200)

4.2 Rungon suunnittelu

Koko robotin perusta on runko, jonka ympärille voidaan tarvittaessa muuttaa ja muokata muita robotin osia ja yksityiskohtia. Rungon materiaalivalintaan vaikuttaa helppo saatavuus, edullisuus ja kestävyys. Koska runkomateriaalilla ei tule olla mitään erityisominaisuuksia, on mikä tahansa ruostumaton teräs helposti saatavilla oleva ja edullinen vaihtoehto.

Suurin osa ruostumattomista teräksistä on austeniittisiä ruostumattomia teräksiä, jolloin tällaista terästä käyttäessä tulee robotin rungon rakentamisessa ottaa huomioon tiettyjä seikkoja. Austeniittisten terästen hitsaaminen on altis hitsausjännityksien aiheuttamille muodonmuutoksille sekä sulana ruostumaton teräs on melko juoksevaa. Hitsausjälkeen syntyy hitsatulle alueelle tummentuneita vyöhykkeitä jotka aiheuttavat esteettisen haitan sekä heikentää syöpymiskestävyyttä. (Lepola & Makkonen, 2005)

Runko muodostuu valmiina kahdesta eri kokonaisuudesta, joita ei kiinnitetä kiinteästi toisiinsa. Alempi osa rungosta muodostuu päädyistä ja näiden väliin muodostuvasta kelkasta, johon sijoitetaan robottia liikuttavat moottorit. Ylemmässä osassa on kaikki koneistukseen liittyvät osat.

4.3 Tehonsiirron suunnittelu

Valittaessa sopivimpia vaihtoehtoja tehonsiirtoon, vaikuttavina tekijöinä olivat mahdolliset toimintaa haittaavat lastut sekä voimansiirron fyysiset esteet. Robotin poikkeukselliset ratkaisut ja muodot luovat tarpeen tehonsiirrolle, joka sopii robotin rakenteisiin tiiviiden tilojen vuoksi.

Pahimmat ongelmat lastujen kanssa on estettävissä koteloidulla tietyt osat, mutta täyttää toimintavarmuutta ei koteloinnin avulla saavuteta. Siksi valitussa ratkaisussa on tähdätty toteutukseen, jossa arvioidulla lastujen koolla nämä lastut putoavat ongelmakohtien ohi.

4.3.1 Laakerointi

Laakerointia suunnitellessa vaikuttavina tekijöinä oli kompaktiuden lisäksi huoltovapaus sekä toimivuus tavoitellulla pyörimisnopeuden alueella. Yhtenä esimerkkinä vierintälaakereissa on pieni voitelun tarve ja pieni aksiaalinen tilantarve. Suunnittelu voitelemattomien laakerien kanssa olisi yksinkertaisempaa, vaikkakin tällainen ratkaisu vaatisi myös suuremman käynnistysmomentin. (Airila, Karjalainen, Mantovaara, Nurmi, Ranta & Verho, 1985)

4.3.2 Hihnat

Olellainen tehonsiirron osa on hihna, kun suoraa siirtoa hammaspyörien kautta ei voida toteuttaa tilan puutteen takia. Koska käytettävät nopeudet tai voimat eivät ole suuria, tärkeimmäksi tekijäksi hihnan valinnassa jää hihnan käyttöönoton helppous sekä liukumattomuus.

Laattahihna on yksinkertaisin suunnitella ja ottaa käyttöön, mutta ongelmana on hihnan luistamisen riski. Kiilahihnassa on parempi pito kuin laattahihnassa, minkä

lisäksi kiilahihna tarvitsee pienemmän tilan kuin laattahihna. Ylivoimainen luistamattomuus on kuitenkin hammashihnassa (**Kuvio 3**). Se on kehitetty nimenomaan poistamaan hihnan luistamista. (Ansaharju & Maaranen, 1997)



Kuvio 3. Esimerkki hammashihnasta

4.4 Sähkö- ja paineilmalaitteet

Suunnitellussa robotissa on useita erilaisia sähköosia, kuten sähkömoottoreita sekä pieni mikrotietokone. Yksittäisen sähkömoottorin vaadittavaa tehoa varten käytetään tässä opinnäytetyössä kaavaa $T_m = 9,55 * 10^3 * (P \text{ [kW]} / n \text{ [r * min}^{-1}]) \text{ [Nm]}$. (ABB 2001)

Voimanlähteessä olennaista on saavuttaa materiaalin koneistuksen vaatimukset. Robottiin asetetaan erikseen voimanlähteet robotin liikuttamiseen sekä työstöön.

Sähkömoottorien eduksi katsotaan tasainen ja varma toiminta, sekä riittävän suuret kierrosnopeudet ja vääntömomentti. Ongelmaksi sähkömoottoria valitessa muodostuu kuitenkin tehokkaiden sähkömoottorien suuri koko, mikä vaikeuttaa kompaktin robotin suunnittelua.

Vaihtoehtoisena voimanlähteenä voi käyttää paineilmaa, jolloin saavutetaan robotissa selkeitä tilansäästöjä, sillä itse voimalähteenä toimiva kompressori voi olla robotin ulkopuolella. Tällöin vain paineilmalla toimiva työkalu tulisi saada robotin kyytiin. Ongelma paineilmaa käytettäessä on kompressorin huono hyötysuhde sekä se, miten paineilmaporan pyörimisnopeus laskee nopeasti kuormituksessa. (Hulkonen, 1976)

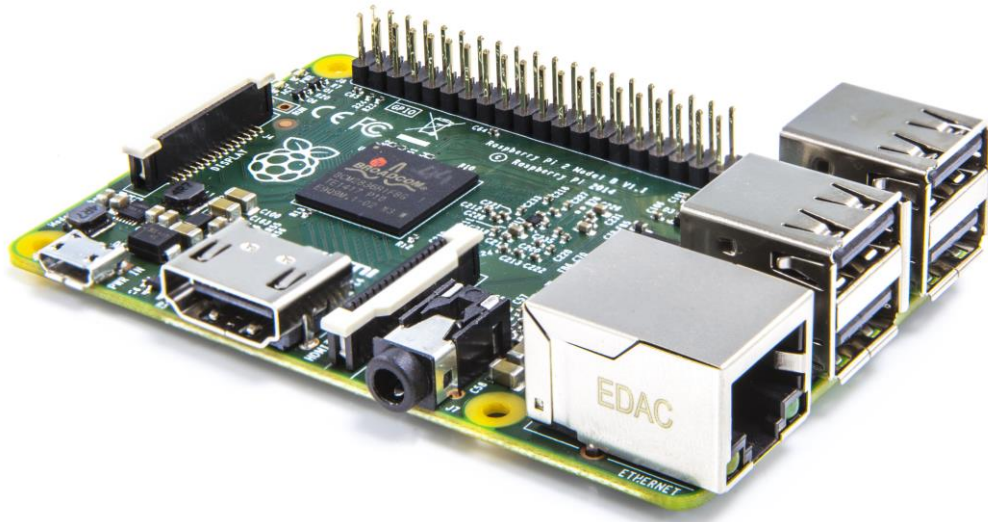
Koneistava työstö vaatii ehdottomasti vakaan ja tasaisen voimanlähteen, sillä työstön aikainen toimintahäiriö pilaa koneistettavan kappaleen. Toimintahäiriön riski aiheuttaa erityisen haasteen paineilmamootoria käytettäessä, sillä tasainen ilmanpaineen ylläpito vaatii laadukkaan kompressorin.

4.4.1 Ohjausyksikkö

Ohjain tai mikro-ohjain ovat laajoja käsitteitä, joille ei ole selkeää määritelmää. Kyseessä on yksinkertaistettuna ohjelmoitavissa oleva ohjaava yksikkö, joten esimerkiksi yksittäinen valoon reagoiva kytkin ei ole ohjain, sillä sitä ei voi ohjelmoida. Vaikka taas tietokonetta voidaan käyttää ohjaimena, kaikki tietokoneet eivät sovellu hyvin ohjainyksiköksi. (Predko 2003, 2-5)

Robotin toimintaa ohjaa keskusyksikkö, johon on valmiiksi ohjelmoitu toimintalogiikka. Keskusyksikkö toimii yhdessä yhden tai useamman anturin kanssa saadakseen tietoa ympäristöstä ja robotin toiminnasta. Anturien toimintana voi olla esimerkiksi työstön ohjaaminen tai työstön etenemisen seuranta, robotin sijainnin seuranta tai työkalujen asennon määrittäminen.

Anturien käytössä epävarmuustekijänä ovat anturien tyyppikohtaiset heikkoudet. Esimerkiksi ultraäänen käytössä ongelmana on menetelmän herkkyys mekaanisille häiriöille sekä ultraäänen etenemisnopeuden riippuvuus mitattavassa aineessa olevista koostumuksen muutoksista sekä lämpötilasta. (Ikonen, Lehto, Wallin & Äijälä 2000, 45-46)



Kuvio 4. Raspberry Pi 2 -tietokone

Yleisimmät kompaktit keskusyksiköt robotille ovat mikrotietokoneet tai mikro-ohjaimet, kuten Raspberry Pi (**Kuvio 4.**) tai Arduino (**Kuvio 5.**). Raspberry Pi on tunnetuin kompakti tietokone, jonka voi ohjelmoida kattavasti ja monipuolisesti ohjaamaan robottia. Tällainen mikrotietokone on kahdesta vaihtoehdosta selvästi monipuolisempi ohjelmoinnin mahdollisuuksien kannalta.

Mikro-ohjain, kuten Arduino, on yksinkertaisempi, mutta robotin ohjauksessa liitännöiltään monipuolisempi sekä selkeämmin suunnattu yksinomaan toimimaan robotin logiikkana.



Kuvio 5. Arduino Uno -mikrokontrolleri

4.5 Kokoonpanon suunnittelu

Robotin eri osat on tarkoitus koota kolmella eri liitostavalla. Osa ostettavista osista kiinnitetään ruuveilla, muttereilla tai vastaavilla ostettavissa olevilla standardiosilla. Esimerkiksi paineilmasylinterit, sähkömoottorit sekä laakeriryksiköt ovat yksinkertaisimmillaan kiinnitettävissä näillä standardiosilla.

Toinen kiinnitystapa on kutistusliitos, joka toteutetaan kuumentamalla napaa ja jäädyttämällä akselia. Lämpötilan muutokset kutistavat tai laajentavat materiaalia, jolloin kappaleet voidaan sovittaa yhteen. Navan ja akselin kokoero luo paine- ja kitkavoimat, jotka pitävät osat toisissaan kiinni ja siirtävät voimaa. (Airila, Karjalainen, Mantovaara, Nurmi, Ranta & Verho 1985, 348-349)

Hitsausliitos on tapa, jolla itse rungon osat kiinnitetään toisiinsa. Hitsillä liitetään kappaleet toisiinsa siten, että metallien rakeet liittyvät toisiinsa muodostaen kiin-

teän liitoksen. Vaarana on, että hitsauksen lämpötilamuutokset aiheuttavat rakenteessa muodonmuutoksia kuumenemisen ja jäähtymisen johdosta. (Lepola & Makkonen 2005)

Kokoonpanoa varten luodaan piirustusten lisäksi kokoonpanopiirustuksia, jotka ohjaavat kokoonpanoa. Vaarana on silti, että kokoonpanossa sattuu virheitä, jotka eivät ole yksinkertaisesti korjattavissa.

5 KEHITTÄMISTOIMINNAN TULOKSEN KUVAUS

Tuotteen suunnitelmien lopputulos on kokonaisuudessaan opinnäytetyön liitteenä, joka ei tule julkisesti nähtäville. Opinnäytetyössä suunnitellun robotin toimintaa ei voida taata, sillä toiminnan kannalta avoimia kysymyksiä jää eikä niitä voi kokeilematta selvittää. Näiden seikkojen kokeilukin vaatisi yksistään robotin rakentamista, tai hyvin vastaavan rakenteen rakentamista ja useimpien osien ostamista.

5.1 Suunnittelun lopputulos

Robotissa käytettävä sensori jää kysymysmerkiksi, sillä käytettävien ratkaisujen kanssa ei välttämättä saavuteta toivottavaa toimintatarkkuutta. Tämä voidaan selvittää vain kokeellisesti, mitä toistaiseksi ei ole tehty.

Useimmat vaihtoehtoiset ratkaisut sisältävät muita ongelmia, jotka eivät kykene takaamaan niiden toimivuutta. Ainoa varmasti toimiva ratkaisu vaatii toista robottia avuksi, mikä tuo merkittävästi lisätyötä ja kustannuksia.

Kirjallisuudesta ei löytynyt tarpeeksi tietoa muovimateriaalien lastuttavuudesta, että robottia varten saataisiin tarpeeksi tehokas sähkömoottori lastuavaan työstöön. Metalleista on tarjolla tietoa ominaislastuamisvoimista, mutta muovimateriaaleissa sitä ei ole tarjolla. Useimmiten lastuavat työstökoneet ovat tarpeeksi tehokkaita kyetäkseen lastuamaan muovia, mutta ahdas tila aiheuttaa rajoitteita työstökoneen koolle.

Koska työstössä tarvittavaa voimaa ei saada tarkasti laskettua, ei voida määrittää kuinka tehokas moottori on riittävä voimanlähde työstölle. Tämä aiheuttaa epävarmuutta voimanlähteen valinnassa. Epävarmuuden estämiseksi robotin suhteen valitaan mieluummin liian tehokas moottori, ettei jouduta tilanteeseen jossa valittu moottori ei ole riittävä.

Robotin suunnitelma sisältää kehitysehdotuksia ja vaihtoehtoja, joiden avulla robotti saatetaan saada toimimaan, mikäli ongelmia ilmenee. Vaihtoehtoiset ratkaisut aiheuttavat kuitenkin lisäkustannuksia eivätkä ole todennäköisesti tarpeellisia. Tämän vuoksi niitä ei ole sisällytetty itse suunnitelmaan.

5.2 Robotin tulevaisuus

Opinnäytetyön esityksen aikana robotti ei ole toistaiseksi toteutunut. Robotin tulevaisuus on epäselvä, eikä sitä välttämättä toteuteta suunnitelman mukaisesti.

Vaikka robotti valmistettaisiin ja kasattaisiin, robotille ei ole ohjelmoitu ohjaavaa logiikkaa. Kuten on aiemmin mainittu, ilman toimivaa ohjausyksikköä robotti ei kykene toimimaan lainkaan.

6 YHTEENVETO JA ARVIOINTI

Opinnäytetyön robotin suunnittelu jätti toiminnan epävarmaksi, sillä kaikista toimivuuteen vaikuttavista tekijöistä ei löydy riittävästi jo tutkittua tietoa, eikä yrityksessä toistaiseksi ole päästy kokeilemaan ratkaisujen toimivuutta.

Suunnittelussa olisi voitu saavuttaa parempi lopputulos selvittämällä ennakkoon kriittisten osien toimivuus, mutta koska ne jäävät nyt epävarmoiksi, osa suunnittelutyöstä saattaa mennä lopulta hukkaan. Suurin osa suunnitelmista on silti hyödynnettävissä.

Opinnäytetyötä tehdessä robotin suunnitteluun vaikutti poikkeavat käsitykset robotin suunnittelussa tärkeistä tekijöistä sekä siitä, millaiset tekniset ratkaisut ovat mahdollisia.

LÄHTEET

ABB Tekninen opas nro 7 – Sähkökäytön mitoitus. 2001. ABB:n verkkosivut.

Viitattu 24.4.2017. https://library.e.abb.com/pub-lic/b11d4fe92973be93c1256d2800415027/Tekninen_opasnro7.pdf

Airila M., Karjalainen J. A., Mantovaara U. Nurmi L, Ranta A. & Verho A. 1985. Koneenosien suunnittelu 2 Liitokset. Helsinki. WSOY.

Airila M., Karjalainen J. A., Mantovaara U. Nurmi L, Ranta A. & Verho A. 1985. Koneenosien suunnittelu 3 Tehonsiirto. Helsinki. WSOY.

Ansaharju T. & Maaranen K. 1997. Koneistus. Helsinki. WSOY.

Hulkkonen, V. 1976. Pneumatiikka 1. Keuruu. Kustannusosakeyhtiö Otava.

Ikonen E., Lehto A., Wallin P. & Äijälä A. 2000. Anturitekniikan perusta. 3. korjattu painus. Helsinki. TKK, Mittaustekniikan laboratorio.

Järvinen, P. 2000. Muovin suomalainen käsikirja. Sipoo. Muovifakta Oy.

Järvinen, P. 2008. Uusi muovitieto. Sipoo. Muovifakta Oy.

Lepola P. & Makkonen M. 2005. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. Helsinki. WSOY.

Predko, M. 2003. Programming Robot Cotrollers, New York. McGraw-Hill.

John Wiley & Sons, Inc. 2011. Processing and Finishing of Polymeric Materials, 2 Volume Set. Hoboken, New Jersey. John Wiley & Sons Inc.

LIITELUETTELO**LIITE 1.** Tuotantorobotin suunnitelmat**LIITE 2.** Piirustukset