

Pontus Salonen

ROBOTITARRAIMIEN SUUNNITTELU

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2017**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Toukokuu 2017	Tekijä Pontus Salonen
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka		
Työn nimi ROBOTTITARRAIMIEN SUUNNITTELU		
Työn ohjaaja Mika Kumara		Sivumäärä 23+4
Työelämäohjaaja Hans Nikula		
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin RobotiON Oy:lle. Opinnäytetyössä tehtävänäni oli suunnitella robottisoluun 5 erilaista tarrainta. Työn alussa sain tiedon tarraintyypeistä, jotka tulevat suunniteltavaan robottisoluun. Työssä käydään läpi tarraimien perusasioita, suunnittelussa huomioon otettavia asioita ja valitut komponentit. Opinnäytetyö tehtiin pitkälti yleisellä tasolla.</p> <p>Tietoa tarrainten suunnittelusta sain yritykseltä sekä alan kirjallisuudesta. Tarraimiin liittyvät komponentit hain valmistajan sivuilta, josta CAD-kuvat löytyivät. Työn päätarkoituksena oli tuottaa Solidworksillä piirretyt CAD-kuvat yritykselle.</p>		
Asiasanat tarrain, tartunta		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date May 2017	Author Pontus Salonen
Degree programme Mechanical and Production Engineering		
Name of thesis DESIGNING ROBOT GRIPPERS		
Instructor Mika Kumara	Pages 23+4	
Supervisor Hans Nikula		
<p>This thesis was commissioned by Oy RobotiON Ltd. In this thesis, the subject was to design five different robot grippers. At the beginning of thesis work, information about the different gripper types which should be included in the robot cell was gathered. The thesis includes the basic information about grippers, factors which should be taken into account in designing and components which were chosen. The thesis was written on a general level.</p> <p>The information was found from RobotiONs and literature. Cad pictures of gripper components were from the manufacturers websites. The main purpose of the thesis was to design CAD pictures with SolidWorks.</p>		
Key words gripper, gripping		

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	1
2 OY ROBOTION LTD	2
3 TEOLLISUUSROBOTTI	3
3.1 Teollisuusrobotin työkalut.....	3
3.2 Fanuc M-710iC/45M -robotti	3
4 TARRAIMET.....	4
4.1 Tarraintyypit	4
4.1.1 Mekaaniset tarraimet.....	4
4.1.2 Imukuppi-/ Alipainetarrain.....	5
4.1.3 Magneettitarrain	6
4.2 Vakiotarraimet	6
4.3 Älykkäät tarraimet.....	7
4.4 Työkalunvaihtojärjestelmä	7
4.5 Tarrainten tehtäviä	8
5 SUUNNITTELU.....	9
5.1 Tartuntamenetelmä, -olosuhteet ja -voima.....	9
5.1.1 Tarraimen toiminnalliset ja rakenteelliset asiat.....	10
5.1.2 Työkappaleessa huomioitava asiat	11
5.2 Tartuntastrategia	12
5.3 Sormien suunnittelu	12
5.4 Yleiset turvallisuusvaatimukset	13
6 SUUNNITELTAVAT TARRAIMET	14
6.1 Kaksisormitarrain.....	14
6.1.1 Tarraimen runko.....	16
6.1.2 Tarrainten mallit	16
6.2 Kolmisormitarrain	16
6.3 Alipainetarrain	17
6.3.1 Ejektorin ja imukupin valinta.....	17
6.3.2 Imukupin halkaisijan laskeminen	17
6.4 Magneettitarrain	18
7 TARRAINKOMPONENTTIEN VALINTA	19
7.1 Tarrain 1/ Kaksisormitarraimet	19
7.2 Tarrain 2/ Kolmisormitarrain	20
7.3 Tarrain 3/ Imukuppitarrain.....	21
7.4 Tarrain 4/ Magneettitarrain.....	22
7.5 Paineilmasylinteri.....	22
7.6 Työkalunvaihtojärjestelmä	22
8 POHDINTA	23

LÄHTEET	24
LIITTEET	

KUVAT

KUVA 1. Oy RobotioON Ltd:n toimitilat	2
KUVA 2. Alipainetarrain Schmalz FXP.....	6
KUVA 3. Shunk LOG -tarrain.....	7
KUVA 4. Nelisormitarraimen ote.....	15
KUVA 5. UZB.....	16

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Suunniteltavat tarraimet.....	14
TAULUKKO 2. Vaatimuslista.	14

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Oy RobotiON Ltd:lle. Yrityksen päätuotteena ovat robottisolut, jotka ovat lähes aina yksittäiskappaleita. Tehtäväkseni valikoitui tarrainten suunnittelu, joka sopii hyvin insinööriopintoihini. Opinnäytetyö aiheena tarrainten suunnittelu on suhteellisen yksinkertaista, sillä jonkinlaiset tarraimet saa varmasti suunniteltua. Todellisessa ympäristössä toimivat tarraimet vaativat kuitenkin enemmän ajatustyötä.

Työn tarkoituksena on suunnitella mahdollisimman monipuoliset tarraimet, joilla pystytään tarttumaan moniin eri muotoisiin ja kokoiisiin kappaleisiin. Työn päätarkoituksena on mallintaa tarraimet SolidWorks-ohjelmalla. Mallintamisen lisäksi oma tarkoitukseni on oppia tarraimista ja yleisesti suunnittelusta.

Opinnäytetyön alussa on Oy RobotiON Ltd:n esittely ja lyhyt teollisuusrobotin käsittelykappale. Tämän jälkeen luvussa 4 käsitellään tartuntoihin ja tarraimiin liittyviä perusasioita. Luku 5 käsittelee tarrainten suunnitteluun liittyviä asioita, missä syvennytään tarraimen ominaisuuksiin ja työkappaleen vaikutukseen tarraimen suunnittelussa sekä lyhyeen katsaukseen robotin turvallisuusvaatimuksista. Luvussa 6 syvennytään toteutettaviin tarraimiin lähemmin ja mietitään, mitä komponentteja ja osia ne tarvitsevat. Seitsemännessä luvussa kerrotaan, mitä osia tarraimiin valittiin ja viimeinen luku on pohdinta. Työssä käytetään lähteinä alan kirjallisuutta sekä valmistajien katalogeja, joista löytyy tuotteiden tekninen tieto.

2 OY ROBOTION LTD

RobotiON on Kruunupyyn Teerijärvellä sijaitseva yritys, jonka erityisalaa ovat teollisuuden robotti-, automaatio- ja kuljetusjärjestelmät. Yritys kykenee tekemään projektin kaikki vaiheet: suunnittelusta käyttöönottoon. Robotion tekee yhteistyötä Fanuc Nordicin kanssa, joka on robottien toimittaja. Pitkäaikaisen kokemuksen myötä Robotionilta löytyy ratkaisut esimerkiksi: pakkaus, lavoitus, taivutus, jyr-sintä, hitsaus, sorvaus ja rimankäsittely sovelluksiin. Yritys valmistaa soluja, jotka sisältävät 3D-kamerajärjestelmän ja Force sensor -järjestelmän, minkä ansiosta solu kykenee täysin automaattiseen ajoon. Valmistuksen lisäksi yritys huoltaa linjat ja laitteet, jotka se on valmistanut. (Oy RobotiON Ltd. 2016.)



KUVA 1. Oy RobotiON Ltd:n toimitilat (Oy RobotiON Ltd. 2016)

3 TEOLLISUUSROBOTTI

Teollisuusrobottien ympäristö on järjestäytyntä, minkä ansiosta robotin ohjelmointi on helppoa, koska ympäristössä ei ole tuntemattomia muuttujia. Teollisuudessa robotit ovat usein kiinteästi työpisteisiin asennettuja, jonne työt liikkuvat esimerkiksi liukuhihnoja pitkin. Robotti voidaan myös asentaa radalle, jota pitkin se voi tehdä sille ohjelmoituja töitä. (Lahden ammattikorkeakoulu 2016, 9,11)

Teollisuusroboteissa tarkkuutta voidaan pitää yhtenä tärkeänä asiana. Lähes kaikki robotit pääsevät pääsääntöisesti ± 1 mm:n tarkkuuteen, mutta kokoonpanorobotin on kyettävä $+ 0,05-0,01$ mm:n asemointitarkkuuteen. Toisena tärkeänä asiana voidaan pitää robotin käsittelykykyä. Käsittelykyky lähtee muutamista kiloista ja päättyy jopa tuhansiin kiloihin. (Lahden ammattikorkeakoulu 2016, 9). Esimerkiksi Fanucilta löytyy M-2000 -sarja, joka on raskaan sarjan teollisuusrobotti. Tämä robotti kykenee käsittelemään, jopa 2300 kg:n painoisia kappaleita ulottuen 4,7 metrin päähän. (Fanuc Nordic AB a, 2017.)

3.1 Teollisuusrobotin työkalut

Teollisuusrobotin työkalut ratkaisevat merkittävästi robotin käyttökohteen. Työkalu on se mekaaninen osa, jota robotti liikuttaa asemasta toiseen. Tavallisin työkalu on tarrain, joka siirtää, pakkaa ja kokoaa työkappaleita. Toinen ryhmä on prosessiin osallistuvat työkalut, joita ovat esimerkiksi maaliruisku ja hitsauspistooli. (Kuivanen 1999, 60.)

3.2 Fanuc M-710iC/45M -robotti

Tässä opinnäytetyössä tarraimet suunnitellaan Fanuc M-710iC/45M -robotille, jonka ominaisuudet ovat noin 2,6 metrin ulottuvuus ja 45 kg:n hyötykuorma. Mallissa on kapea runko ja ranne, josta on hyötyä monissa sovelluksissa. Se voidaan asentaa myös ylösalaisin, jolloin säästyy lattiapinta-alaa. Robotti voidaan tavallisen lattia sijoituksen lisäksi asentaa kallistettuna. Malli sopii hyvin nopeutensa ja ulottuvuutensa ansiosta suurnopeudella tapahtuviin siirtoihin. (Fanuc Nordic AB a, 2017.)

4 TARRAIMET

Robottitarrainta suunniteltaessa on hyvä tuntea tarraintyypit ja tartuntatavat. Tarraintyypillä ja tartuntatavalla on suuri merkitys tehokkuuteen ja toimintakykyyn. Erilaisia tartuntoja ovat muotosulkeinen tartunta, kitkasulkeinen tartunta eli puristusvoimaan perustuva tartunta ja vetovoimaan perustuva tartunta, joka voidaan toteuttaa magneetilla tai alipaineella. Magneetti- ja alipainetartunnat esitellään tarraintyypit kohdassa, koska ne ovat sekä tartuntoja, että tarraintyyppejä. Seuraavassa kappaleessa keskitytään muihin tartuntoihin.

Muotosulkeisessa tartunnassa käytetään hyväksi kappaleen omia muotoja. Tartuttavat muodot voivat olla kappaleen pyöreät muodot, erilaiset kohoumat tai urat kappaleen pinnassa, jotka antavat tarraimelle riittävän hyvän tartunnan kappaleen turvalliseen liikutteluun. Kitkasulkeisessa tartunnassa tarrain puristaa kappaletta leukojensa välissä tarpeeksi kovalla voimalla, jotta kappale pysyy kiinni tarraimessa. Kitkasulkeistartunnassa tartuntavoimat saattavat herkästi rikkoa kappaleen, minkä takia sitä ei suositella pienten kappaleiden tartuntoihin. Muotosulkeisessa tartunnassa tartuntavoimat ovat pienemmät kuin kitkasulkeistartunnassa ja näin ollen kappale pysyy paremmin ehjänä. Tartunta voi olla myös näiden kahden edellä mainitun yhdistelmä. Muotosulkeinen tartunta mahdollistaa hyvän tuen tarraimen ja kappaleen välille. Tämän ansiosta kappaletta voidaan kitkasulkeisen tartunnan avulla puristaa kovalla voimalla. (Kuivanen 1999, 67–68)

4.1 Tarraintyypit

Tarraimet voidaan ryhmitellä usealla eri tavalla. Seuraava ryhmittely on toteutettu Robottiikka-kirjan tavalla.

4.1.1 Mekaaniset tarraimet

Mekaaniset tarraimet koostuvat toimilaitteesta, mekanismista, sormista ja kynsistä. Näiden edellä mainittujen osien valinnoilla on merkittävä merkitys tarraimen liikealueeseen. Valitsemalla oikeanlaiset osat, saadaan tarraimesta muuntautumiskykyinen ja moneen tehtävään sopiva laite. Mekaaniset tarraimet

ovat yleensä sormitarraimia. Pääsääntöisesti tarrain sisältää kahdesta neljään sormeaa, mutta useampi sormisia tarraimia on. Tarraimet voivat olla joko avautuvia tai sulkeutuvia. (Kuivanen 1999, 60, 63.)

4.1.2 Imukuppi-/ Alipainetarrain

Alipainetarrain tarvitsee pääsääntöisesti sileän, tasaisen, puhtaan ja tiiviin pinnan, johon se pystyy tarttumaan. Näiden vaatimusten takia tarrain ei sovellu kaikkiin kohteisiin, koska esimerkiksi pöly voi tukkia järjestelmän ja estää turvallisen tartunnan. Tartuntavoima tarraimen ja kappaleen välille tuotetaan imukuppien tai laaja-alaisten alipainetarrainpintojen avulla. Tartuntavoiman suuruutta saadaan kasvatettua lisäämällä imukuppeja. Imukupit toimivat myös joustoelementteinä. Yleiseltä rakenteeltaan alipainetarrain on yksinkertainen ja luotettava, koska siinä on vähän liikkuvia osia. Alipainetarrain tarttuu työkappaleeseen yleensä vain yhdeltä suunnalta, minkä takia on tärkeää huomioida kappaleeseen vaikuttavat sivuttaisvoimat. Sillä sivuttaisvoimia vastustaa ainoastaan tarraimen ja kappaleen välinen kitkavoima. Suurien sivuttaisvoimien ehkäisemiseksi on tärkeää nostaa kappaletta painopisteen kohdalta. Väärän tartuntakohdan lisäksi imukuppitartunnassa jo yhden imukupin irtoaminen riittää aiheuttamaan alipaineen häviämisen ja kappale pääsee irti tartunnasta. (Kuivanen 1999, 63–64.)

Alipainetarraimia käytetään kappaletavaran käsittelyprosesseihin. Näitä ovat esimerkiksi lavojen pakkaamiset, purkamiset, kappaleiden valinnat ja tuotteiden järjestelemiset. Alipainetarrain on usein hyvin modulaarinen. Useita imukuppeja voidaan liittää samaan järjestelmään, joten tartuntapinta-alasta saadaan juuri sen kokoinen kuin on tarve. Kuvassa 1 nähdään tarrain, jossa on kaksi erillistä tartuntapintaa, jossa kummassakin on 16 kappaletta imukuppeja. Mikäli tarvitaan suurempaa nostokykyä, voidaan imukuppien halkaisijaa kasvattaa tai lisätä niitä. Robottitarraimiin alipainetarraimet soveltuvat keveytensä sekä pienen koon ansiosta. Vaikka tarrain vaatii pääsääntöisesti tasaisen pinnan, kykenee osa tarraimista muodostamaan tartunnan epätasaisiin ja karheisiin pintoihin, joten puutavaraa voidaan käsitellä alipainetarraimella. (Schmalz, 2016.) Jotkut alipainetarraimet kykenevät tarttumaan öljyn tai veden aiheuttamasta liukkaudesta huolimatta kappaleeseen turvallisesti ja siirtämään kappaletta.



KUVA 2. Alipainetarrain Schmalz FXP. (Mukaiillen Schmalz A 2016)

4.1.3 Magneetitarrain

Magneetitarraimessa magneettina käytetään kesto- tai sähkömagneettia. Sähkömagneetin etu kestmagneettiin verrattuna on sen nopea irrotuskyky työkappaleesta. Sähkömagneetissa virran suunnan kääntäminen päästää kappaleen irti. Kestomagneetissa irrottamiseen vaaditaan erillinen irrotuslaite. Sähkömagneetti saattaa lämmetä käytössä, mikä heikentää nostokykyä. Sähkömagneettia käytettäessä on suunniteltava työkierto niin, että lämpötila pysyy tarpeeksi alhaisena, jotta magneetin nostokyky pysyy hyvänä. (Kuivanen 1999, 64.)

Magneetin nostovoimaan vaikuttavat magneetin lämpötilan lisäksi kappaleen materiaali, muoto, pinnanlaatu ja ilmarako. Magneeteilla nostettaessa on tärkeää löytää tasainen nostoalue. Mikäli nostoalue ei ole tasainen, tarraimen ja kappaleen väliin syntyy ilmarako, joka pienentää magneetin nostovoimaa. (Kuivanen 1999, 64.)

Magneetitarrain voidaan tukea alipainetarrainsysteemiä kohteissa, jotka vaativat hyvin dynaamisen peltien käsittelyn. Magneetitarraimia käytetään karkeiden metallilevyjen, reiällisten levyjen ja monimutkaisesti käsiteltyjen peltien käsittelyyn. (Schmalz, 2016.)

4.2 Vakiotarraimet

Standarditarraimia löytyy paljon, minkä ansiosta usein ei tarvitse tehdä kokonaan uutta tarrainta. Tarraimen toteutuksessa voidaan käyttää vakiokomponentteja, mutta pääsääntöisesti aina joudutaan vähintään sormet tai kynnet muotoilemaan työkappaleelle sopivaksi. Vakiotarrainten hyvänä puolena on niiden modulaarisuus. Valmistajilta löytyy todella paljon osia, jotka sopivat suoraan keskenään ja näin ollen

muokattavuus on hyvä. (Kuivanen 1999, 64.) Shunkilla on paljon erilaisia kaksisormi- ja kolmisormi-tarraimia. Valikoimasta löytyy myös magneettitarraimia sekä erikoisempia tarraimia kuten reikä-tarraimia, jotka näkyvät kuvassa 3.



KUVA 3. Shunk LOG -tarraimia. (Mukaiillen SHUNK GmbH & Co.KG a, 2017)

4.3 Älykkäät tarraimet

Mukautuvat tarraimet, joita voidaan myös kutsua älykkäiksi tarraimiksi, tarvitsevat toimiakseen integroitua tai ulkoisia antureita. Integroidut anturit mittaavat kappaleen ja tarraimen välistä tartuntaa. Anturi huomaa kappaleen irtoamisen tarraimesta ja pystyy ottamaan uuden otteen. Voima-anturit kertovat robotille tiedon otteen voimasta. Voima-antureita käytetään paljon ohutseinäisten kappaleiden tartunnoissa, koska niiden avulla välttyään muodonmuutoksilta siirrettävässä kappaleessa. Erilaisia antureita käyttämällä voidaan valmistaa joustavampia tartuntastrategioita. Antureita tarvitaan, jotta tarrain tunnistaa työkappaleen ympäristön ja aseman työtilassa, pystyäkseen saavuttamaan kappaleen ja välttymään törmäyksiltä. Yksittäisen tartuntavaiheen sekvenssin toiminnan tuottamisen ja toteutumisen mahdollistavat anturit, takaavat vaakaan otteen. (Monkman ym., 28.)

4.4 Työkalunvaihtojärjestelmä

Työkalunvaihtojärjestelmän avulla robotista saadaan tehtyä entistä modulaarisempi. Työkalunvaihtojärjestelmässä on kaksi perusosaa, jotka robotin työkalulaippaan kiinnitettävä osa sekä tarraimen asennettava osa. Työkalunvaihtojärjestelmän tarkoitus on järjestää paineilma, sähköinen tehonsyöttö, signaalit antureille ja toimilaitteiden ohjaaminen. (Kuivanen 1999, 74–75.) Työkalunvaihtojärjestelmän ansiosta samaan robottisoluuun voidaan rakentaa erilaisia tarraimia, joita robotti kykenee vaihtamaan tilanteen mukaan.

Työkalunvaihtojärjestelmän lisäksi robottiin voidaan asentaa monitoimi- tai revolveripäitä. Näissä voi olla omia moottoreita, joiden avulla haluttu työkalu kääntyy käytettäväksi. Vaihtoehtoisesti robotin oma akseli voi kääntää halutun tarraimen käytettäväksi. (Kuivanen 1999, 75.)

4.5 Tarrainten tehtäviä

Teollisuusroboteissa tarraimia käytetään kappaleiden käsittelemiseen. Automaatioteollisuus käyttää tarraimia kokoonpanossa, pienkokoonpanossa, koneistuksessa ja pakkaamisessa. NC-koneissa työkalunvaihtaminen voidaan toteuttaa tarraimen avulla. Käsiohjattavat laitteet lääketieteessä, avaruusteknologiassa ja merenkulkuteollisuudessa käyttävät tarraimia erilaisten oman alan ominaisten työtehtävien suorittamiseen. (Monkman, Hesse, Steinmann & Shunk 2007, 1–2.)

5 SUUNNITTELU

Robottitarrainta suunniteltaessa on hyvä muistaa kaksi asiaa. Ensimmäinen on, ettei vertaa ihmistä robottiin ja näin kopioi ihmisen tekemää työtä. Vaikka robotteihin saa nykyisin valtavasta erilaisia aisti-järjestelmiä, ei robotti pysty samankaltaisiin asentoihin ja tartuntoihin kuin ihminen. Toisena asia on, että miettii kokonaisuutta. (Kuivanen 1999, 64)

Robottitarrainten perusominaisuuksien toiveista ensimmäisenä voidaan sanoa yksinkertainen rakenne. Tämä helpottaa tarraimen rakentamista ja myöhemmin tapahtuvaa kunnossapitoa. Yksinkertaisen rakenteen lisäksi tarraimen pieni koko ja paino mahdollistavat tarraimen suuremman nostokyvyn, koska robotilla on tietty nostokyky, jota raskas tarrain pienentää. (Kuivanen 1999, 65)

Tarraimen turvallisuuteen läheisesti liittyvä asia, on luotettava tartunta. Tarraimen on kyettävä poimimaan kappale niin, ettei kappale missään vaiheessa pääse irtoamaan, eikä myöskään liian suuresta voimasta puristu kasaan tai hajoa. (Kuivanen 1999, 65)

Tarraimessa on oltava oikeanlaiset sormet. Esimerkiksi jossain tapauksissa tarpeeksi pitkät sormet helpottavat kappaleen poimintaa. Edellä mainittu tarraimen pieni koko voi mahdollistaa hyvän luoksepäästävyden. Luoksepäästävyden lisäksi, tarraimen on tiedettävä, miten kappale on otettu kiinni. Tartuntaa suunniteltaessa on mietittävä, pystyykö tarrain sormillaan keskittämään kappaleen vai tarvitaanko siihen erillistä keskityspöytää. (Kuivanen 1999, 65)

5.1 Tartuntamenetelmä, -olosuhteet ja -voima

Tartunnalla tarkoitetaan perusteellista liikettä, joka koostuu otteesta ja sen säilymisestä. Kappaleeseen tarttuminen voidaan jakaa neljään vaiheeseen. Ensimmäisenä valmistellaan kappale tartuntaan. Valmistelusta esimerkkinä voidaan pitää liukuhihnan päässä keskittävää rakennetta, jossa kappale asettuu aina samalla tavalla ja tarrain pystyy ottamaan aina samasta kohdasta kiinni. Nykyisin voidaan robotissa käyttää konenäköä, jolloin robotti kykenee itse tarttumaan kappaleeseen. Tarrain voi olla keskittävä, jolloin ei välttämättä tarvitse ohjata työkappaletta niin tarkasti. Toisena vaiheena on itse tartunta. Tar-

raimen ja työkappaleen kosketuspinnat kohtaavat, jolloin itse tartunta syntyy. Tässä vaiheessa työkappale altistetaan staattiselle voimille. Kolmannessa vaiheessa tarrain liikuttaa työkappaletta alkupisteestä määränpäähän. Tarraimen tartuntavoima on asetettava niin, ettei työkappaleeseen synny muodonmuutoksia tartunnan aikana. Mutta sen on oltava kuitenkin niin suuri, ettei työkappale irtoa tarraimen liikkeen tai pyörimisen aiheuttamien dynaamisten voimien ja momenttien takia. Neljäntenä on työkappaleen saapuminen määränpäähän, jolloin esine vapautetaan tartunnasta esim. avaamalla sormet, sulkemalla alipaineensyöttö, demagnetoimalla magneetti tai käyttämällä ulostyöntäjää. (Monkman, Hesse, Steinmann & Shunk 2007, 36)

5.1.1 Tarraimen toiminnalliset ja rakenteelliset asiat

Tarraimen toiminnalliset asiat tulee huomioida tarrainta suunniteltaessa. Tarraimella voi tavallisen nostotyön lisäksi olla lisätehtäviä, jotka ovat mittaaminen, tarkastaminen, tunnistaminen ja mukautuminen erilaisille kappaleille. Näille toiminnoille löytyy erilaisia antureita ja toimilaitteita, joiden avulla haluttu lisätehtävä voidaan suorittaa. Näiden lisäksi tarraimen on tiedettävä missä asennossa kappale on tarraimessa. Asentotieto on tärkeää esimerkiksi kokoonpanossa. (Kuivanen 1999, 67)

Tarraimen työskentelyssä on myös seuraavia asioita: hallittu jousto, jäykkyys, välykset ja kuluminen. Näiden asioiden summana voi syntyä epätarkkuutta aiheuttavia tekijöitä. Suunnittelussa on hyvä kiinnittää asioita myös asennukseen, kunnossapitoon, yhteensopivuuteen, turvallisuuteen ja luotettavuuteen. Asennuksen helppous syntyy yksinkertaisesta ja helposta kiinnityksestä robottiin sekä sähkö- ilma- ja muiden liitännöiden helposta tuonnista tarraimen. Samat asiat toimivat kunnossapidon apuna, jolloin pysytään helposti irrottamaan toimilaitteita tarraimesta ja huoltamaan tai vaihtamaan niitä. (Kuivanen 1999, 67)

Toiminnallisten ominaisuuksien jälkeen on kyettävä yhdistämään halutut ominaisuudet, tarraimen rakenteeseen. Pieni koko ja keveys ovat asioita, jotka on mainittu jo useaan otteeseen, mutta niiden tärkeys tulee ilmi vasta todellisessa tilanteessa, jossa huomataan: onko tarrain sopiva työtehtävään. Näiden lisäksi tarraimen tulisi olla mekaanisesti jäykkä. Jäykkyys pitää robotin koordinaatistotiedon oikeana ja robotti kykenee tekemään työnsä tarkasti. Tarrain on myös liitettävä robotin työkalulaippaan tukevasti. (Kuivanen 1999, 67)

Tässä opinnäytetyössä suunniteltavien robottitarraimien suunnittelussa on huomioitava, että tarrainta käytetään monen eri kokoisen kappaleen liikutteluun. Hyvä modulaarisuus mahdollistaa erilaisten komponenttien kiinnittämisen tarraimen. Jos tarraimen valmistukseen käytetään vakiotarraimia tai -osia, kannattaa ne ottaa samalta valmistajalta, jolloin ne sopivat toisiinsa ja tulevaisuudessa on helppo lisätä tai vaihtaa osia. Modulaarisuutta lisää työkalunvaihtojärjestelmä, jonka avulla tarrain voidaan vaihtaa nopeasti toiseen ja työ jatkuu lähes katkoitta. (Kuivanen 1999, 67)

Suunnitteluvaiheessa on hyvä pyrkiä suunnittelemaan sormien vaihtaminen helpoksi, varsinkin jos joudutaan kehittämään sormet itse. Vakiosormissa on yleensä yksinkertainen kiinnitys ruuveilla, jotka avautuvat helposti, ja näin ollen sormien vaihto tapahtuu nopeasti. Muita huomioon otettavia asioita kaapeleiden sijoitus, ohjauselektronikan pakkaus, suojaukset sekä antureiden ja toimilaitteiden sijoitus. (Kuivanen 1999, 67)

5.1.2 Työkappaleessa huomioitava asiat

Tarrantyyppi määritetään työkappaleen perusteella. Työkappaleessa koko, muoto ja massa määrittelevät pääpiirteet. Tartuntavoima on tärkeä määritellä oikeaksi, jotta kappaleeseen saadaan luotettava tartunta. (Kuivanen 1999, 67) Kappale voidaan mallintaa ja simuloida tietokoneohjelmalla, mikäli ei ole tietoa kappaleen kestävydestä. Näin saadaan selville, kuinka hauras tai kestävä kappale on, ja löydetään oikea tartuntavoima.

Tartuntavoiman aikaan saamiseksi tarvitaan toimilaitteita. Usein käytettävät toimilaitteet ovat sormitarttujia, joilla saadaan kappaleeseen hyvä ote. Sormien liike tuotetaan pääosin lineaarisesti, mutta liike voi olla myös erilaisin nivelmekanismein tai kulmatarraimin toteutettu. Työkappaleen ja tarraimen välinen tartunta, koostuu myös painopisteestä, pinnanlaadusta ja toleransseista. (Kuivanen 1999, 67)

Kappaleiden erilaiset materiaalit ovat tarraimen suunnittelussa tärkeitä huomion aiheita. Tartuntaperiaatetta valitessa on tiedostettava materiaali lujuus, pintapaineen kestävyys ja kitkakerroin. Näiden asioiden pohjalta voidaan miettiä, että tartutaanko muotosulkeisella vai kitkasulkeisella tartunnalla. Muita huomioitavia asioita ovat tunnistettavuus sekä materiaalivakiot. Materiaalivakioita ovat lämmönjohtavuus, eriste vai johde ja magneettisuus. Magneettinen kappale antaa aina mahdollisuuden käyttää magneettitarrainta. (Kuivanen 1999, 67)

Mikäli kappale voi olla ennen tartuntaa useassa eri asennossa aiheuttaa tämä haasteensa. Robotin on kyettävä etsimään kappale ja saamaan luotettava tartunta siihen. Robotin on myös kyettävä erottamaan kappale muista asioista. (Kuivanen 1999, 67)

5.2 Tartuntastrategia

Täydellisessä tartuntastrategiassa on oltava täydellinen otesuunnitelma. Otesuunnitelmassa otetaan huomioon kaikki mahdolliset epävarmuustekijät, jotka liittyvät prosessiin. Strategian päätarkoituksena on toteuttaa ohjelmoitu tai itsenäinen ote. Valitun tartuntapaikan ominaisuudet ovat tärkeitä.

- Kiinteä tartuntapiste: makasiinista tai pinosta
- Muuttuva tartuntapiste: tartunta liikkuvalla kuljetinhihnalta
- Värähtelevä tartuntapiste: tartunta edestakaisin liikkuvalla tartuntakohdalta
- Tuntematon tartuntapiste, joka määritetään aistijärjestelmällä, joka sisältää uudelleen tarttumisen kappaleen tipahtaessa
- Tuntematon kolmiulotteinen tartuntapiste: ”Ota pois laatikosta”. (Monkman ym. 2007, 27)

Tartunta annettuun työkappaleeseen voi olla ennalta määrätty, jolloin tarttuja tarttuu samanlaisten kappaleiden samasta kohdasta. Eli tarttuja on esiohjelmoitu niin, että tartunta tapahtuu aina samalla tavalla. Toiminta vaatii luotettavan pidon, jotta työkappale pysyy tarttujassa. Toinen tartuntatapa on muuttuva tartunta. Siinä operaatiot ovat määritetty lyhyesti ja antureilta saatava tieto voidaan sovittaa adaptiivisesti tilanteen mukaan. Tällöin pystytään tarttumaan eri kappaleisiin eri asennoissa. (Monkman ym. 2007, 28)

5.3 Sormien suunnittelu

Kaksi- ja kolmisormitarrainiin on tarkoitus kehittää mahdollisimman monipuoliset sormet. Sormitarraimilla on yleensä aika pieni liikealue, jolloin perussormien mahdollistama otteiden laajuus jää pieneksi. Pelkästään sormien muotoilulla voidaan laajentaa tarttumismahdollisuuksia. Otetaan esimerkiksi PGN-plus 80 -tarrain. Tarraimen jalan liike on 8 mm, eli yhteensä leuat liikkuvat 16 mm. Jos tähän asetetaan perussormet, jotka kiinniasennossa koskettavat toisiaan niin tartuntaväli on 0–16 mm. Jos tässä tapauksessa halutaan laajentaa mahdollisia tarttumisia, voidaan sormi suunnitella niin, että siinä on 8

mm porrastus. Tämä jälkeen tartuntaväli kasvaa 0–32 mm:iin. Ja kolmen portaan sormet tarttuvat jo välillä 0–48 mm. Mikäli tiedetään, että työkappaleiden nostokohdan minimipaksuus on esimerkiksi 22 mm, niin suunnitellaan sormet niin, että ne ovat esimerkiksi 20 mm:n etäisyydellä toisistaan leuat kiinni asennossa. Tällöin kolmen portaan sormilla kyetään nostamaan kappaleita 20–68 mm:n välillä.

Sormien muodot ovat tärkeässä asemassa suunnittelussa. Kaksisormitarraimissa käytetään pääosin kanttisia sormia, joilla voidaan tarttua kanttisiin kappaleisiin. Jos kaksisormitarraimella nostetaan samankokoisia pyöreitä kappaleita, voidaan sormet muotoilla saman säteen omaaviksi, jolloin tarraimella saadaan tartuttua tukevasti kappaleesta. Kolmisormitarraimissa voidaan käyttää niin kanttisia kuin pyöreitä sormia. Kanttiset sormet soveltuvat pyöreiden kappaleiden ulkopuolelta tarttumiseen. Pyöreät sormet mahdollistavat tarttumisen pyöreisiin kappaleisiin, kuten putkiin, niin ulko- kuin sisäpuolelta. Sen lisäksi pyöreäsorminen kolmisormitarrain kykenee tarttumaan epäsäännöllisen muotoisista työkappaleista.

5.4 Yleiset turvallisuusvaatimukset

Voimansiirtoelimet on suojattava, joko kiinteillä tai avattavilla suojuksilla. Näitä elimiä ovat esim. akselit hammaspyörät, käyttöhihnat tai vivustot. Avattavissa suojuksissa täytyy olla turvajärjestelmä, joka estää vaarallisten liikkeiden muodostumisen, kun suojus on avattu. (SFS-EN ISO 10218-1 2011)

Robottiin kytkettävien sähkön, hydrauliiikan, pneumatiikan tai alipaineen syötön katoaminen tai muuttuminen ei saa aiheuttaa vaaraa. Mikäli vaara voi aiheutua robotin suunnittelusta huolimatta, on käytettävä muita suojaamistoimenpiteitä. Myös robotin rakenneosien irtoamisen, löystymisen tai varastoituneen energian purkautumisen vahingot on saatava mahdollisimman pieniksi. Rakenneosat voidaan suunnitella, rakentaa, varmistaa tai pitää paikoillaan niin, että vaaroja syntyy vähän. (SFS-EN ISO 10218-1 2011)

Robotissa on kyettävä irrottamaan vaarallinen energialähde. Keino voi olla lukitseminen tai muuten varmistaminen, että energialähde pysyy erotetussa tilassa. Energialähteiden lisäksi energiaa voi olla varastoituneena pneumaattisissa tai hydraulisissa paineakuissa, kondensaattoreissa, akuissa, jousissa, jne. Varastoituneen vaarallisen energian hallittuun purkamiseen on oltava sopivat välineet. (SFS-EN ISO 10218-1 2011)

6 SUUNNITELTAVAT TARRAIMET

Suunnittelun alussa annettiin suunnittelulle raamit, joiden sisällä suunnittelu tehdään. Taulukosta 1 nähdään suunniteltavat tarraimet.

TAULUKKO 1. Suunniteltavat tarraimet

Määrä	Tyyppi
2 kpl	Kaksisormitarrain
1 kpl	Kolmisormitarrain
1 kpl	Imukuppitarrain, jossa 2 imukuppia
1 kpl	Sähkömagneettitarrain, jossa 2 sähkömagneettia

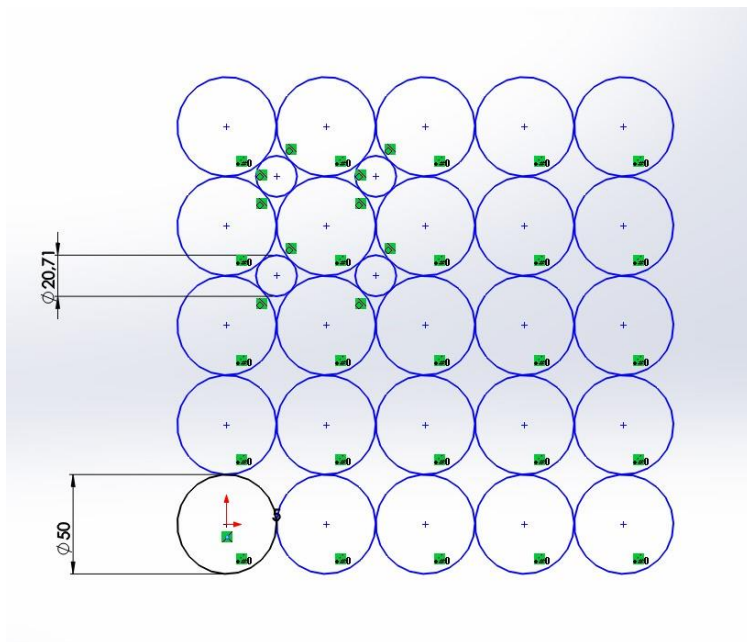
Tarraimia suunniteltaessa voidaan aloittaa ajatustyö tekemällä tarraimille yleinen vaatimuslista. Listassa tulee ilmi tärkeimmät tarraimiin liittyvät ominaisuudet. Vaatimuslistaan on tarkoituksena kirjata tuotteen elinkaaren aikana tulevat tarpeet. Vaatimuslistalla voi olla selviä asioita, kuten asiakkaan sopimuksessa olevat asiat. Kaikkea toiminnallisuutta ei saada suunnittelun alussa, vaan vaatimuslista kehittyy suunnittelun ja viimeistään, kun tarrainta testataan todellisessa tilanteessa. (Lyytinen 2014, 15)

TAULUKKO 2. Vaatimuslista

Vaatimuslista	
1.	Työkappaleeseen tarttuminen
2.	Otteen säilyttäminen siirron aikana
3.	Työkappaleesta irrottautuminen
4.	Sormitarttujen monipuoliset otteet
5.	Tarrainten vaihtaminen: työkalunvaihtojärjestelmä
6.	Tarrain pystyttävä jättämään työkalutelineeseen
7.	Robotin kelluminen työkappaleen asettamisessa monitoimikoneeseen

6.1 Kaksisormitarrain

Suunniteltavaan robottisoluun tulee kaksi kappaletta kaksisormitarraimia. Toinen kaksisormitarraimista pidetään kaksi sormisena. Toinen taas muokataan nelisormiseksi, tekemällä tarraimen liikkuviin leukoihin palat, joiden avulla samaan leukaan saadaan kiinnitettyä kaksi sormea. Nelisormitarraimen edut verrattuna kaksi- ja kolmisormitarraimeen ovat esimerkiksi pyöreiden tankojen ottaminen laatikosta, jossa tangot ovat vierekkäin useammassa rivissä.



KUVA 4. Nelisormitarraimen ote

Kuvasta 4 nähdään, kuinka nelisormitarraimella pystyy poimimaan pyöreitä tankoja. Kuvassa 50 mm halkaisijaltaan olevat ympyrät ovat pyörötankoja ja 20,71 mm halkaisijaltaan olevat ympyrät ovat tarraimen sormia. Kuten kuvan esimerkistä huomaa, että jos tangot ovat 50 mm halkaisijaltaan, niin tällöin pyöreisiin tankoihin voidaan tarttua pyöreillä sormilla, joiden halkaisija on 20,71 mm:ä tai pienempi.

Tarkoituksena on käyttää kahta kaksisormitarrainta samassa tarraimessa. Tarkoituksena on, että nelisormitarrain vie pyörötankoja työstettäväksi ja kaksisormitarrain hakee valmiit osat ja vie ne mahdolliseen jäysteenpoistoon. Nelisormitarraimen on kyettävä nostamaan raskaimpia kappaleita. Tarraimilla on rajallinen leukojen liikevara, joka rajoittaa tartuntaa kappaleisiin. Mikäli sormien muotoilulla ei saada tarpeeksi hyviä tartuntoja erikokoisiin kappaleisiin voidaan käyttää myös muita lisävarusteita. Tarraimen voidaan itse tehdä reikälevyjä, joiden ansiosta sormia voidaan siirtää XY-suunnassa tarraimen sormien kiinnityspintaan nähden. Tällöin esimerkiksi nelisormitarraimessa sormien etäisyyttä voidaan muuttaa kahteen suuntaan, mikä mahdollistaa usean kokoisten kappaleiden tartunta. Toisena vaihtoehtona on

valmistajan omat sormien säätömekanismit. Shunkilla on UZB-sarja, jonka avulla sormia saadaan liikutettua 20–111 mm, riippuen tarrainmallista. Kuvassa 5 on UZB-komponentti.



KUVA 5. UZB. (Mukaillen SHUNK GmbH & Co.KG b, 2017)

6.1.1 Tarraimen runko

Työnvaatimuksien takia kaksi tarrainta täytyy liittää toisiinsa. Tarrainten liittäminen toisiinsa onnistuu tekemällä rungosta T-kappale. T-kappaleen suunnittelussa täytyy ottaa huomioon tarrainten tekemä työ ja miettiä minkälainen t-kappale sopii parhaiten sovellukseen. Ajatuksena on selvittää, että minkälaisissa kulmissa toisiinsa nähden nämä rungon tarraimen kiinnityskohdat ovat.

6.1.2 Tarrainten mallit

Kaksisormitarraimia tulee kaksi kappaletta robottisoluuun. Tarraimiksi voidaan valita kaksi kappaletta samanlaisia tarraimia. Tässä hyödytään esimerkiksi robotin sormissa, jotka sopivat tällöin molempiin tarraimiin. Toisena vaihtoehtona on kahden eri kokoisten tarraimien valinta. Suurempi tarrain täytyy mitoittaa niin, että se nostaa vähintään sovelluksen painavimmat kappaleet jokaisessa tilanteessa. Toinen tarrain voidaan suunnitella niin, että se nostaa näppärästi pieniä kappaleita.

6.2 Kolmisormitarrain

Kolmisormitarrainta käytetään epäsäännöllisiä muotoja omaavan työkappaleen liikutteluun. Kolmisormitarrainen sormet liikkuvat keskustaan kohti, jolloin epäsäännöllisen kappaleen ote saadaan pidettyä hyvänä.

6.3 Alipainetarrain

Alipainetarrain toteutetaan imukupeilla. Tarkoituksena on valita oikeanlaiset imukupit ja ejektorit. Ejektorit on laite, joka muuttaa paineilman imuksi.

6.3.1 Ejektorin ja imukupin valinta

Ejektorin kannalta merkittävä asia on tyhjiötaso. Liian suurityhjiötaso lisää energiankulutusta ja lyhentää imukupin kestoikää. Tämän takia kannattaa tyhjiötaso määrittää oikealle tasolle. Usein on järkevämpää suurentaa imukupin pinta-alaa kuin nostaa tyhjiötasoa. Esimerkkinä voidaan sanoa, että jos nostetaan tyhjiötasoa 60 %:sta 90 %:iin, niin imukupin pitovoima lisääntyy saman verran eli puolitoistakertaistuu. Tilanteen heikkoutena on suurempi energiankulutus, joka voi kasvaa 10-kertaiseksi. (Hulkkonen 2007, 11)

Toisena valintaan vaikuttava tekijä on tyhjennysaika. Mitä suurempi alipaine halutaan, sitä pidemmäksi tyhjiöaika muodostuu. Suora selitys sille on, että suuri alipaine vaatii enemmän imettävää ilmaa. Kuitenkin tyhjiön kasvaessa ilmamäärä, jonka ejektorit imee aikayksikössä, pienenee. Kun halutaan kasvattaa tyhjiötä, vaatii se suuremman syöttöpaineen. Nykyisillä ejektoreilla maksimityhjiö saavutetaan noin neljän barin syöttöpaineella. Vaikka neljän barin jälkeen syöttöpainetta kasvatettaisiin, niin usein ilman kulutus kasvaa, mutta tyhjiö saattaa huonontua. Valmistajilla on ejektoreille suositeltu syöttöpaine, jota kannattaa noudattaa. (Hulkkonen 2007, 11–12)

Kolmantena asiana todetaan pitovoima, joka määrittää nostokyvyn. Pitovoimaan vaikuttaa alipaineen suuruus ja imukuppien pinta-ala. Pitovoima suurenee, kun kasvatetaan näitä edellä mainittuja. Valmistajien taulukot ja diagrammit ovat hyviä välineitä imukuppien valintaan. Imukupin koko voidaan selvittää myös laskemalla. (Hulkkonen 2007, 12)

6.3.2 Imukupin halkaisijan laskeminen

Imukupin halkaisijan laskukaava on

$$d = 113 \sqrt{\frac{m*s}{p*n}} \quad (1)$$

jossa

d= imukupin halkaisija mm:nä

m= massa kg:na

s= varmuuskerroin; työkappaleen ollessa vaakasuorassa s=2 ja pystysuorassa s=4

p=alipaineprosentti

n= imukuppien lukumäärä

6.4 Magneetitarrain

Magneetitarraimen rakentamiseen tullaan käyttämään kahta sähkömagneettia, joiden molempien nostokapasiteetti tulee olla 10 kg. Magneetitarraimet ovat yleisesti pienikokoisia komponentteja, joten niiden suunnitteleminen on melko yksinkertaista. Magneetitarraimen on kyettävä nostamaan halutut työkappaleet niin lavan reunoilta kuin työkappaleiden ollessa keskellä vierekkäin.

7 TARRAINKOMPONENTTIEN VALINTA

Tässä luvussa kerrotaan tarraimiin suunnitellut komponentit. Liitteestä 3 löytyy lista tarraimiin kuuluvista osista ja kuvat tarraimista löytyvät Liitteestä 4.

7.1 Tarrain 1/ Kaksisormitarraimet

PGN-Plus-kaksisormitarraimen esivalintana käytettiin Shunk-tarrainvalmistajan omaa tietoa. Esimerkiksi PGN-Plus 160 -tarraimen tiedoista löytyy suurin suositeltu työkappaleen massa, joka on 8,2 kg:a. Tämä vaikuttaa sopivalta, kun painavimmat työkappaleet painavat 8 kg. Valmistajan kertoma suosittelema työkappaleen massa lasketaan lepokitkakertoimella 0,1 ja varmuuskertoimella 2, kun työkappaleen irtipääsyn kiihtyvyys on g. Kun tarraimessa käytetään noin 40 mm pitkiä sormia, saadaan kappaleeseen kohdistettua valmistajan antama 1640 N puristusvoima. Sormien pidentäminen maksimipituuteen eli 220 mm pienentää puristusvoiman noin 1000 N. Tämä tarkoittaisi sitä, että valmistajan suosittelema työkappaleen massa olisi pisimmillä sormilla enään 5 kg:aa. Molemmat puristusvoimat löytyvät valmistajan katalogista.

Lepokitkakerroin 0,1 tarkoittaa rasvaisten teräspintojen tartuntaa. Kuivilla teräspinoilla lepokitkakerroin on 0,6 ja jos varmuuskertoimena käytetään kahta, niin tarrain kykenee nostamaan noin 50 kg:n painoisen kappaleen. (Kuivanen 1999, 68)

Kaavasta 2 saadaan laskettua voimat ja sitä kautta massat. Esimerkkinä voidaan laskea 1000 N:n puristusvoiman suurin suositeltu massa. 1000 Newtonia kerrotaan 0,1:llä, joka on kitkakerroin. Tästä saadaan 100 Newtonin suuruinen kitkavoima, joka kohdistuu kappaleen ja tarraimen väliin. Mikäli kappaleeseen kohdistuvat voimat ovat noin g:n suuruisia, jaetaan 50 Newtonia kymmenellä ja saadaan vastaukseksi 10 kg:aa. Käyttämällä varmuuskertoimena kahta, puolittuu suositeltava nostettavan kappaleen massa ja lopulliseksi vastaukseksi saadaan 5 kg. Edellä mainittu esimerkki voidaan laskea suoraan kaavalla 3.

$$F_k = \mu F_p \quad (2)$$

jossa

F_k = kitkavoimakappaleen ja tarraimen välillä

F_p =kappaleeseen kohdistuva kohtisuora puristusvoima, tässä valmistajan antama puristusvoima

μ =pintojen välinen puristusvoima (kuivilla teräspinoilla 0,6 ja rasvaisilla teräspinoilla 0,1)

$$m = \frac{\mu F_p}{n} \quad (3)$$

jossa

m=raskain suositeltu kappale

n=varmuuskerroin

g=vastavoiman suuruus g:n suuruutena, esim. g tai 3g ja esimerkissä g on 10

Muut arvot Kaavasta 2.

T-kappaleen toiseen päähän asennetaan Shunkin PGN-Plus 100, joka nostaa rasvaisella teräksien kosketuksella 3,3 kg: aa varmuuskertoimella kaksi. Puhtailla teräspinoilla nostettaessa kitkakerroin on 6-kertaa suurempi, joten tarrain nostaa kuusi kertaa suuremman kuorman. Eli tarrain nostaa vielä kahdenvarmuuskertoimella noin 20 kg: aa (laskettu kaavasta 3).

Robottitarraimella nostettaessa voi liikemassa ja momentti nousta kolmikertaiseksi lepotasoon verrattuna. Esimerkiksi rasvaisilla pinnoilla nostettaessa PGN-Plus 160 saisi nostaa varmuuskertoimella kaksi ja kolme kertaa g:n suuruisella vastavoimalla voimalla enään kolmasosan eli noin 2,7 kg: aa. Suurista momenteista huolimatta PGN-Plus 160 -tarrain voidaan käyttää robottisolussa, kun robotti ohjelmoidaan niin, ettei liian suuria momenteja pääse syntymään. Vastaus saadaan sijoittamalla arvot kaavaan 3.

Tarraimiksi valittiin PGN-Plus 100 ja 160 paineilmakäyttöiset yleistarraimet. Tarraimet asennetaan T-kappaleeseen, jolloin robotin J6-akselilla valitaan haluttu tarrain.

7.2 Tarrain 2/ Kolmisormitarrain

Kolmisormitarraimeksi valitaan PZN-plus 125. Tämän kolmisormitarraimen avaus- ja sulkuvoimat ovat 3100 N ja 3330 N, jotta nostavat 0,1 kitka- ja 2 varmuuskertoimella 15,5 kg. Kolmisormitarrain kiinnitetään suoraan työkalunvaihtojärjestelmään. Tarraimen liittäminen suoraan robotin työkalulaippa pin-

taan, mahdollistaa tarraimen pyörittämisen J6-akselilla työkappaleeseen nähden. PZN-plus 125 -tarraimen reilu mitoitus mahdollistaa pitkien sormien käytön tarraimessa. Sillä vielä 180 mm pitkillä sormilla tarrain kykenee 1500 N:n sulkuvoimaan. Tämä vastaa valmistajan suosituksena noin 7,5 kg:n painoisen kappaleen nostamista.

Tarraimen ja sormien väliin asennetaan UZB-lisäosat, jotka mahdollistavat sormien liikuttelun 0-85,1 mm päähän sormien paikoista. Sormet koneistetaan pyöreiksi, jotta tartunta epäsäännöllisiin kappaleisiin saadaan mahdollisimman hyväksi. Tarrain kiinnittyy työkalunvaihtojärjestelmään välirungon avulla. Rungon toisessa päässä on sopiva laippa tarraimelle ja toisessa päässä työkalunvaihtojärjestelmälle sopiva laippa.

7.3 Tarrain 3/ Imukuppitarrain

Imukuppitarraimen imukoppien koon laskemisessa otetaan huomioon alipaineprosentti, imukoppien lukumäärä, työkappaleen ja nostettavan työkappaleen massa. Näiden neljän ominaisuuden summana saadaan määritettyä imukopin tarvittava halkaisija. Imukuppitarrain tulee kiinnittää sellaiseen runkoon, jolla päästään nostamaan työkappale kuormalavalta pois. Tehtävää voi vaikeuttaa lavalla olevat 20 cm korkeat kaulukset. Tällöinkin tarraimen on kyettävä nostamaan työkappaleet sekä reunoilta että nurkista. Imukoppien paikkojen liikuttelu mahdollistaa erikokoisten kappaleiden nostamisen. Imukoppien etäisyyttä voidaan muokata tilanteen mukaan, kun imukopit kiinnitetään palasiin, joita voidaan liikuttaa pultteja avaamalla.

Litteät imukopit mahdollistavat työkappaleen nostamisen niin pysty- kuin vaakatasossa. Paljeimukopit soveltuvat ainoastaan vaakatasossa tapahtuviin nostoihin. Paljeimukopin etuna on sen muotoutuminen epätasaisille työkappaleen pinnoille. (FIPA 2014, 759) Mikäli kappaletta nostetaan pelkästään vaakatasossa, litteä kuppi on parempi valinta, koska tartuntapaikka saadaan pidettyä tarkempana kuin paljeimukoppia käytettäessä. Imukupeiksi valikoitui FIPAn valikoimasta SM-P –imukopit, joita käytetään metallikappaleiden käsittelyyn ja ne kestävät öljyjä. Liitteessä 2. lasketaan imukopin halkaisija erilaisilla arvoilla. Halkaisijoiksi valikoitui 30 mm ja 40 mm. Imukopin koko määritellään lopullisesti käytännöntesteillä. Tarraimessa käytetään FIPAn 65.102A -ejektoria, jonka maksimi alipaine on 85 % ja optimi linjapaineena on 4 baria.

7.4 Tarrain 4/ Magneetitarrain

Magneetitarraimeksi valikoitui FIPA–valmistajalta MG35 –sähkömagneetitarrain. Tarraimen nostovoima on 160 N. Tarrain nostaa noin 16 kg:n kappaleita, sen halkaisijan ollessa vain 35 mm ja painon 200 g. Tarrain kykenee nopeisiin sykleihin, koska magneetin pois päältä kytkemisen jälkeen magneetin jäännösnostovoima on saatu alle yhteen Newtoniin. Kuten alipainetarraimenkin kohdalla, magneetitarraimen on kyettävä nostamaan kappale kuormalavalta pois lavakauluksista huolimatta. Magneetitarraimen magneettien kiinnitykset on suunniteltu niin, että magneettien välistä etäisyyttä voidaan muokata nostotilanteen mukaan.

7.5 Paineilmasyylinteri

Alipainetarraimessa ja sähkömagneetissa käytetään paineilmasyylinteriä. Sylinterin tarkoituksena on mahdollistaa tarraimen kohtaaminen työkappaleeseen pehmeästi. Ilmasyylinterissä sylinterin painautuessa kasaan, robotti tunnistaa kappaleeseen törmäämisen tietyssä kohdassa ja tartunta voidaan aloittaa. Alipainetarrain tapauksessa alipaineen tuotto ja sähkömagneetissa sähkövirran kytkeminen päälle. Paineilmasyylinteriksi valikoitui MGPM20-25 –sylinteri.

7.6 Työkalunvaihtojärjestelmä

Alkuperäisenä tarkoituksena oli käyttää Zimmer WWR40 -työkalunvaihtojärjestelmää, jonka suositeltu käsittelykyky olisi ollut 20 kg. WWR40-työkalunvaihtojärjestelmä näkyy liitteessä 4 olevissa tarraimien kuvissa. Liitteestä 1 nähdään, että raskain tarrain on massaltaan 9,25 kg, jolloin tämä järjestelmä olisi sopiva, koska tarraimen ja työkappaleen suurimmaksi massaksi olisi tullut 8+9,8 kg eli 17,8 kg:a, mikä jää alle 20 kg:n. Loppujen lopuksi työkalunvaihtojärjestelmäksi vaihtui saman sarjan suurempaan WWR80 –järjestelmään, joka kantaa 70 kg:n kuorman. Robotin suositeltu nostokapasiteetti on 45 kg:a, jolloin 70 kg:a kantava työkalunvaihtojärjestelmä antaa hyvän varmuuskertoimen raskaammissa nostoissa. Esimerkiksi robottisolun kolmisormitarrain kykenee nostamaan jopa 90 kg:n painoisia kappaleita, kun varmuuskerroin on kaksi sekä työkappaleen ja tarraimen sormien väliset teräspinnat ovat kuivia. Suurempi työkalunvaihtojärjestelmä mahdollistaa suurempien työkappaleiden nostot solussa, vaikka suunnittelussa käytettiin tietona 8 kg:n työkappaleita.

8 POHDINTA

Opinnäytetyössä tarkoituksena oli suunnitella viisi eri tarrainta haluttuun robottisoluun. Yritys halusi suunniteltavista tarraimista Solidworksillä suunnitellut kuvat, jotka piirsin heille. Tarraimia olivat kaksi kaksisormitarrainta liitettynä toisiinsa T-kappaleella, yksi kolmisormitarrain, yksi imukuppitarrain, jossa on kaksi imukuppia ja yksi sähkömagneettitarrain, jossa on kaksi sähkömagneettia.

Suunnittelutyö on loputonta ideoiden keksimistä ja yhdistämistä. Työn tekeminen vaatii halua kehittyä ja tietoa monenlaisista mekanismeista. Aloittelevana suunnittelijana täytyisi imeä mahdollisimman paljon tietoa ympäristöstä ja osata yhdistää ne järkeviksi komponenteiksi. Mikäli aloittaisin työn uudelleen, etsisin enemmän tietoa erilaisista tarraimista ja niiden toiminnoista, sillä suunnittelutyö on sellaista, ettei tietoa voi olla liikaa. Tiedon puuttuminen taas vaikuttaa työskentelyyn suunnittelutyötä hidastavasti. Kaikkea tietoa ei myöskään löydy internetistä, vaan osa tiedosta on kokemusperäistä, joka on kehittynyt vuosien työskentelystä alalla.

Hyvästä suunnittelusta huolimatta todellisuudessa suunnittelutehtävän lopullinen arvosana voidaan antaa vasta käytännöntestien jälkeen. Moni tuote voi tuntua todella hyvältä suunnittelupöydällä, mutta todellinen toimintaympäristö näyttää kehittämisasiat.

Opinnäytetyönaihe itsessään antoi minulle mahdollisuuden oppia roboteista ja robottiteollisuudesta. Robotti on loppujen lopuksi edullinen investointi, joka nopeuttaa teollisuuden toimintaa. Parhaassa tapauksessa tehdasta pystytään käyttämään suuremmalla kapasiteetilla, koska robotti poistaa pullonkaulat tehtailta. Robotti investoinnissa itse robotti ei ole suuri investointi, sillä tarrainten suunnittelu ja solun lisälaitteiden toteutus saattaa maksaa 2–3 kertaa enemmän kuin pelkkä robotti. Tarraimen suunnittelun merkitys on robotin toimintakyvyn kannalta on suuri, koska sillä määritellään robotin toiminta-alue, vaikka se yksi helpoimmista suunnittelutehtävistä olisikin.

LÄHTEET

- Fanuc Nordic AB a. 2017. Saatavissa: <http://www.fanuc.eu/fi/fi/robotit/robottisuodatinsivu/m-710-sarja/m-710ic-45m>. Viitattu: 17.1.2017.
- Fanuc Nordic AB b. 2017. Saatavissa: <http://www.fanuc.eu/fi/fi/robotit/robottisuodatinsivu/m-2000-sarja>. Viitattu: 2.2.2017.
- FIPA. 2014. FIPA Vacuum Technology. Tuotekatalogi. Munchen: Fipa GmbH.
- Hulkkonen, V. 2007. FLUID klinikka. Tyhjiötekniikka. Ejektorit. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://asiakas.kotisivukone.com/files/fluidfinland.kotisivukone.com/FluidKlinikat/2.tyhjiotekniikka-ejektorit.pdf>. 14.2.2017.
- Kuivanen, R. 1999. Robotiikka. Vantaa: Talentum Oyj/Metallitekniikka.
- Lahden Ammattikorkeakoulu. 2016. Automaatiotekniikka. Luennot. Robotiikka. Pdf-tiedosto. Saatavissa: http://miniweb.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/Robotiikka_yleinen.pdf. Viitattu 2.2.2017.
- Lyytinen, J. 2014. Mukautuvan tarttujan suunnittelu robottisovelluksessa. Tampereen teknillinen yliopisto, Automaatiotekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.
- Monkman, G J., Hesse, S., Steinmann, R. & Shunk, H. 2007. Robot grippers. Weinheim: Wiley-WHC.
- Oy RobotioON Ltd. 2016. Oy RobotioON Ltd:n internet-sivut. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.robotion.fi/fi/>. Viitattu: 5.1.2017.
- Schmalz A. 2016. Alipainetarraimet tehostamaan automatisoituja prosesseja. Saatavissa: <http://www.schmalz.fi/tuotteet/alipainetarrainsysteemit.html>. Viitattu: 5.1.2017.
- Schmalz B. 2016. Erikoistarraimet. Saatavissa: <http://www.schmalz.fi/tuotteet/alipainekomponentit/erikoistarraimet.html>. Viitattu: 20.1.2017.
- SFS-EN ISO 10218-1. Robotit ja robottilaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Teollisuusrobotit. 2011. Helsinki: Suomen standardisointiliitto SFS.
- SHUNK GmbH & Co.KG a. 2017. PGN-plus-P. Saatavissa: http://fi.schunk.com/fi_en/gripping-systems/series/pgn-plus-p/. Viitattu 5.1.2017.
- SHUNK GmbH & Co.KG b. 2017. UZB. Saatavissa: https://fi.schunk.com/fi_en/gripping-systems/series/uzb/. Viitattu 2.2.2017.

Tarrainten massat

	Tarrain 1	Tarrain 2	Tarrain 3	Tarrain 4
Tarraimet	3,4 kg	2,5 kg	0,3 kg	0,4 kg
Runko+laipat	1,8 kg	2,1 kg	1,1 kg	1,7 kg
Sormet+lisävarusteet	4,0 kg	3,4 kg	0,7 kg	0,7 kg
Työkalunvaihtojärjestelmä	0,6 kg	0,6 kg	0,6 kg	0,6 kg
Yhteensä	9,8 kg	8,6 kg	2,7 kg	3,4 kg

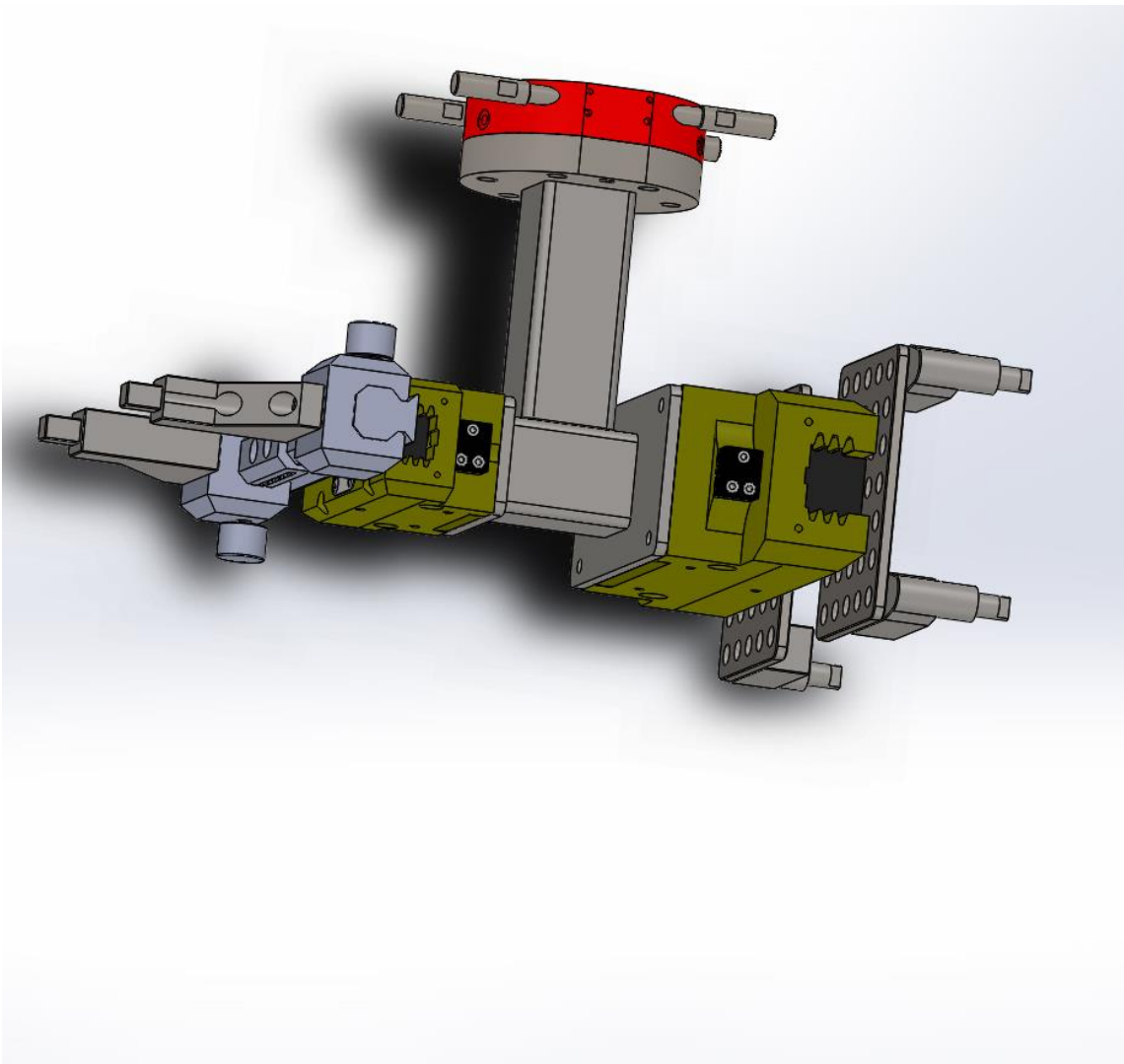
Imukuppitarraimen laskuja

Massa, m	Varmuusluku, s	Alipaineprocentti, p	Imukuppien li- kumäärä, n	$d = 113 \sqrt{\frac{m * s}{p * n}}$
8 kg	2	60	2	41,26 mm
8 kg	2	80	2	35,73 mm
8 kg	1,5	60	2	35,73 mm
8 kg	1,5	80	2	30,95 mm

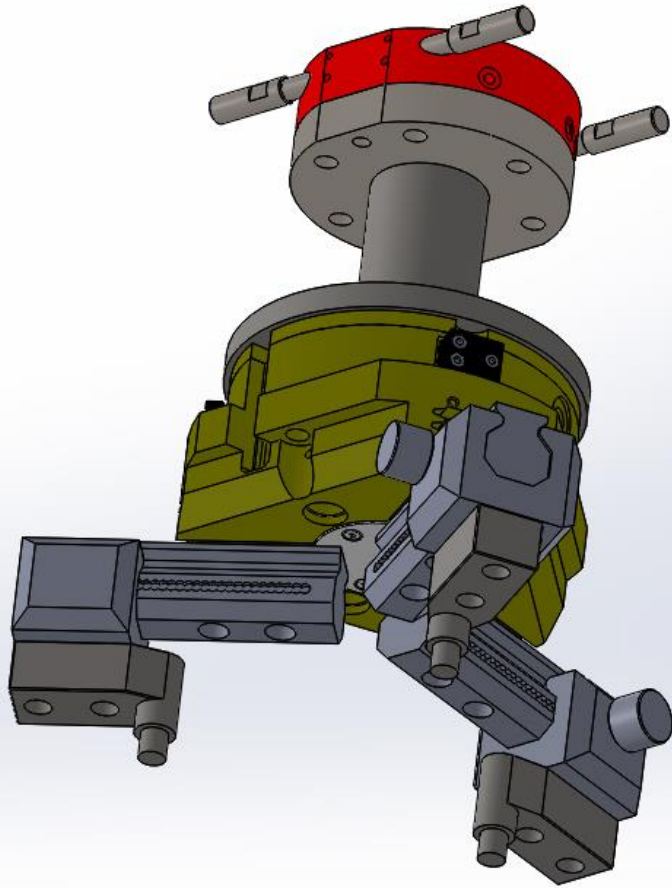
Tarraimiin sisältyvät osat

Osa	Selitys	Määrä
Shunk PGN-plus 100	Kaksisormitarrain	1
UZB 100	Sormien etäisyyden säätö	2
Shunk PGN-plus 160	Kaksisormitarrain	1
Shunk PZN-plus 125	Kolmisormitarrain	1
UZB 125	Sormien etäisyyden säätö	3
SM-P 30 ja 40	Imukuppi	2
SZ-NIV-I	Jousi	2
MG35	Sähkömagneetti	2
MGPWM20-25	Paineilmasyylinteri	2
WWR80	Työkalunvaihtojärjestelmän työkalupäitä	4
WWR80	Työkalunvaihtojärjestelmän robottipäitä	1

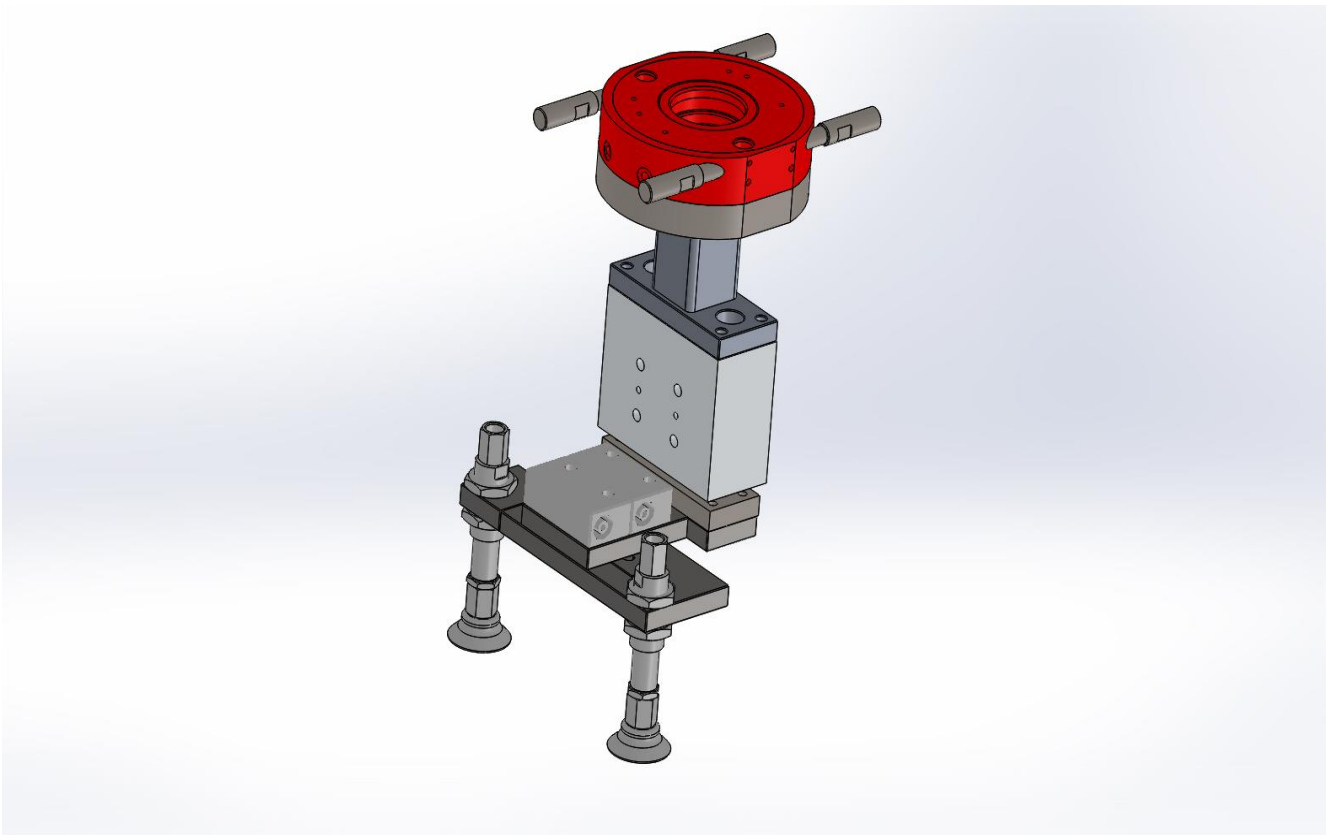
Tarrain 1



Tarrain 2



Tarrain 3



Tarrain 4

