



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TARRAINTEN SUUNNITTELU

Konepaja-automaation oppimisympäristö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Harri Leskinen			
Työn nimi Tarrainten suunnittelu			
Päiväys	16.11.2013	Sivumäärä/Liitteet	33/4
Ohjaaja(t) lehtori Pertti Kupiainen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savon koulutuskuntayhtymä/ Hydroline Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli tarrainten suunnittelu konepaja-automaation oppimisympäristöön. Oppimisympäristö on osa Savon koulutuskuntayhtymän toteuttamaa Automaatiota konepajoihin –hanketta, jonka puitteissa pyritään parantamaan Pohjois-Savon alueen kone- ja metallialan yritysten kilpailukykyä tukemalla alueen automaatiokoulutusta ja saattamalla se nykyaikaiselle tasolle.</p> <p>Työn toteutus aloitettiin perehtymällä tarrainsuunnittelun ja koneensuunnittelun teorioihin. Tietoja kerättiin muun muassa tarraintyypeistä, tartuntatavoista, tartuntavoimien mitoituksesta ja tarrainen anturoinnista. Huomioon otettiin kaikkien koneensuunnittelun projektien mukaisesti myös turvallisuusnäkökohdat, jotka tässä työssä korostuivat oppilaitoskäytön vuoksi. Näitä suunnittelun periaatteita noudattamalla tiedettiin lopullisten tarrainten täyttävän kaikki niille osoitetut vaatimukset ja määräykset.</p> <p>Teoriaosuuden jälkeen aloitettiin tarrainten esisuunnittelu. Esisuunnittelun aluksi perehdyttiin Hydroline Oy:llä tarrainten sijoitusympäristöön ja käsiteltäviin kappaleisiin. Kerättyjen tietojen pohjalta laadittiin prosessi- ja työkaluanalyysit, jotka toimivat vaatimusluettelon pohjana. Analyysien ja vaatimusluettelon perusteella arvioitiin, millaisia tarraimia oppimisympäristö tarvitsi toimiakseen mahdollisimman tehokkaasti. Tarraimiksi valikoituivat kolmieleukatarrain ja magneettitarrain, joista laadittiin luonnokset, minkä jälkeen niitä alettiin kehittää tarkemmin.</p> <p>Tarrainten tarkempi suunnittelu jaettiin koskemaan kumpaakin valittua tarrainmallia. Kolmieleukatarraimena päädyttiin käyttämään tunnetun tarrainvalmistajan tuotetta. Magneettitarraimessa päädyttiin ratkaisuun, jossa tarrain koostuu käsikäyttöisestä magneettinostimesta ja paineilmasylinteristä. Nostimen rakenne suunniteltiin uudelleen niin, että sylinteri hoitaa magneetin magnetoinnin ja demagnetoinnin. Lisäksi tarraimen suunniteltiin kiinnityslevy, joka mahdollistaa tarrainen kiinnityksen tarttujanvaihtajaan.</p> <p>Työn tuloksina saatiin suunniteltua vaatimukset ja määräykset täyttävä tarrainjärjestelmä, jonka avulla oppimisympäristöä voidaan käyttää mahdollisimman tehokkaasti. Lisäksi tarrainen suunnitteluprosessi on kirjattu helpottamaan mahdollisia tulevaisuudessa tapahtuvia tarrainen suunnitteluprojekteja.</p>			
Avainsanat konepaja-automaatio, kappaleenkäsittely, tarrain, robotiikka			
Julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Harri Leskinen			
Title of Thesis Gripper Design			
Date	November 16, 2013	Pages/Appendices	33/4
Supervisor(s) Mr Pertti Kupiainen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Savo Consortium for Education/ Hydroline Oy			
<p>Abstract</p> <p>The topic of this final year project was gripper design for a machine shop learning environment. The learning environment is a part of the AUKOPA-project run by Savo Consortium for Education. The aim of the AUKOPA-project is to improve competitiveness of the machine and metal industry companies in Northern Savo by supporting the automation education in the area and by making it to meet today's standards.</p> <p>The work began by studying the principles of machine and gripper design. Like in every other machine design project, special attention was paid to safety. A process analysis and a work piece analysis were also carried out. Based on the analyses the types of grippers to be used in the learning environment were selected during predesign. A magnetic gripper and a 3-finger gripper were then taken through the precise design phase, during which the grippers were designed to meet all the requirements.</p> <p>As a result, a gripper system meeting all the requirements was designed. With the gripper system it is possible to use the learning environment efficiently. Also the gripper design process was thoroughly tested and documented to ease possible gripper design projects in the future.</p>			
Keywords machine shop automation, workpiece handling, gripper, robotics			
Public			

ESIPUHE

Kiitos Savon ammatti- ja aikuisopiston koulutuspäällikkö Hannu Miettiselle tämän opinnäytetyön tarjoamisesta. Kiitokset myös Sakkyn ja Hydroline Oy:n hankkeessa mukana olleelle henkilöstölle kaikesta tuesta ja avusta opinnäytetyön teon aikana, sekä opinnäytetyön ohjaajalle Pertti Kupiaiselle.

Kuopiossa 16.11.2013

Harri Leskinen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn tarkoitus	7
1.2	Savon koulutuskuntayhtymä	7
1.3	Automaatiota konepajoihin -hanke	7
1.4	Hydroline Oy	8
2	TARRAIMEN SUUNNITTELUN TEORIA	9
2.1	Tartuntatavat	9
2.2	Tarraintyypit.....	10
2.2.1	Mekaaniset tarraimet.....	10
2.2.2	Magneettitarraimet.....	10
2.2.3	Alipainetarraimet.....	11
2.2.4	Erikoistarraimet.....	11
2.2.5	Vakiotarraimet	12
2.2.6	Älykkäät tarraimet.....	12
2.3	Suunnitteluprosessi	13
2.3.1	Työkappaleanalyysi	13
2.3.2	Prosessianalyysi	13
2.4	Esisuunnittelu	14
2.5	Suunnittelu.....	14
3	AUTOMAATIOTA KONEPAJOIHIN -HANKKEEN OPPIMISYMPÄRISTÖ	15
3.1	Osasto 1: Koneistus	15
3.2	Osasto 2: Mittahuone	17
3.3	Osasto 3: Kokoonpano, pesu ja merkkkaus	18
4	TARRAIMEN ESIVALINTA JA LUONNOSTELU.....	19
4.1	Malli 1: Magneettitarrain.....	19
4.2	Malli 2: Kaksisorminen lineaaritarrain	19
4.3	Malli 3: Kolmileukatarrain	20
5	TARRAINTEN TARKEMPI SUUNNITTELU	21
5.1	Kolmileukatarraimen valinta.....	21
5.2	Magneettitarraimen suunnittelu	22
5.2.1	Magneetin valinta.....	22

5.2.2	Käyttölaitteen valinta.....	23
5.2.3	Mekanismin suunnittelu	25
5.2.4	Rakenteen suunnittelu	26
6	TULOKSET JA JATKOTOIMENPITEET	30
7	YHTEENVETO.....	31

LÄHTEET

LIITTEET

Liite 1. Vaatimusluettelo

Liite 2. Schunk laskentatiedot

Liite 3. Laskut

1 JOHDANTO

1.1 Työn tarkoitus

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella tarraimet kappaleenkäsittelyrobotille. Kappaleenkäsittelyrobotti tulee osaksi automatisoitua konepajaoppimisympäristöä, joka toteutetaan Savon ammatti- ja aikuisopiston toteuttaman Automaatiota konepajoille -hankesuunnitelman mukaisesti Hydroline Oy:n tiloihin Siilinjärvelle. Oppimisympäristöön tulee sijoitettavaksi kolme kappaleenkäsittelyrobotia, joilla alustavan suunnitelman mukaan käsitellään pyörähdyskappaleita, joiden halkaisijat vaihtelevat 100 ja 300 mm välillä ja paino on maksimissaan noin 50 kg. Robotit on sijoitettu kolmelle eri alueelle, joista kussakin tapahtuu oma tuotannon vaiheensa. Osastolla 1 sijaitsee 5-akselinen Mazak-sorvauskeskus, jolla kappaleet koneistetaan. Osastolla 2 sijaitsee Zeiss 3-D – koordinaattimittauslaite, joka suorittaa kappaleiden dimensiotarkistukset. Osastolla 3 on lasermerkaus- ja ultraäänipesulaitteistot. Osasto 3 toimii samalla myös kokoonpano-osastona. Suunniteltavat tarttujat tulevat jokaisen osaston käyttöön, ja ne joutuvat näin ollen täyttämään monia erityyppisiä vaatimuksia.

Aluksi työssä tutustutaan erilaisiin tarrain- ja tartuntatyyppeihin, joiden tunteminen on tärkeä osa tarraimen suunnittelua. Myös tarraimen suunnittelun periaatteisiin ja turvallisuuteen perehdytään työn edetessä. Teoriaosuuden jälkeen keskitytään itse tarraimen suunnitteluun, pitäen mielessä koneensuunnittelun ja tarraimen suunnittelun periaatteet. Lopuksi esitetään mahdolliset jatkokehitysehdotukset ja arvioidaan työn tuloksia.

1.2 Savon koulutuskuntayhtymä

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Savon koulutuskuntayhtymä (Sakky). Savon koulutuskuntayhtymä on perustettu elokuussa 2003, ja nykyään kuntayhtymän koulutuspalveluihin kuuluvat Savon ammatti- ja aikuisopisto sekä Varkauden lukio. Lisäksi tarjontaan kuuluvat Savon oppisopimuskeskuksen palvelut. Vuonna 2011 ammatillisen peruskoulutukseen osallistui 5 859 opiskelijaa, aikuiskoulutukseen 1 843 opiskelijaa ja oppisopimuskoulutukseen 2 100 opiskelijaa. Vuonna 2011 ammatillisen peruskoulutuksen aloituspaikkoja oli 2 010 kappaletta ja ensisijaisia hakijoita 2 750. (Sakky 2013 A.)

1.3 Automaatiota konepajoihin -hanke

Syyskuussa 2012 Sakky käynnisti AUKOPA-EAKR -hankkeen. Hanke on investointihanke, ja siinä kehitetään uusia tuotantoautomaation oppimisympäristöjä, joita hyödynnetään tutkimus-, tuotekehitys- ja opetuskäytössä. Hanke tukee vastaavan AUKOPA-ESR -hankkeen toteuttamista ja siinä kehitettävien uusien tuotteiden syntymistä. Yritykset saavat mahdollisuuden henkilöstön kehittämiseen ja oppilaitokset voivat kouluttaa opiskelijoita ja henkilöstöään aidoissa tuotantoympäristöissä. (Sakky 2013 B.)

Hankkeen tavoitteina ovat konepaja-automaation oppimisympäristöjen luominen, edellytysten luominen maakunnan yritysten kilpailukyvyyn ja tehokkuuden parantamiseksi, yritysten automaatiotason kehittämisen tukeminen, alan koulutuksen kehittäminen maakunnassa sekä konepaja-automaation koulutustason nostaminen nykyaikaiselle tasolle. Lisäksi Metallialan Innotehdas ja Muovialan Oppimistehdas -projekteissa hankittujen koneiden käytettävyyttä tehostetaan ja parannetaan rakentamalla kyseisten koneiden ympärille automaattista kappaleiden käsittelyä sekä automaattisia viimeistelytyökaluja. Hankkeen tuloksena syntyy yritysten tiloihin sijoitettuja, nykyaikaisia tuotantoautomaation oppimisympäristöjä, joita yritykset ja oppilaitokset voivat hyödyntää toimintansa kehittämisessä. (Sakky 2013 B.)

Hankkeen kohderyhmänä ovat tuotantoautomaation kehittämisestä kiinnostuneet Pohjois-Savon kone- ja metallialan yritykset ja niiden henkilöstö. Lisäksi kohderyhmään kuuluvat ammatillisten oppilaitosten ja ammattikorkeakoulun kone- ja metallialan opettajat, opiskelijat sekä muu henkilöstö. (Sakky 2013 B.)

1.4 Hydroline Oy

Hydroline Oy on vuonna 1962 perustettu hydraulikka-alan yritys, joka suunnittelee ja valmistaa keskeisiä, vaativaan käyttöön tarkoitettuja hydraulisynterejä. 1960-luvun alussa metallisorvaamona aloittanut yritys on nykyään hydraulikka-alan edelläkävijä ja korkealuokkainen, erikoistunut tuotantolaitos, jonka palveluksessa on noin 200 työntekijää. Hydroline on Suomessa alan johtava yritys ja yksi nykyaikaisimmista toimijoista kansainvälisesti. Yrityksen tavoitteena on kasvaa edelleen laajentamalla toimintaa maailmanlaajuisesti ja yrityksellä onkin jo myyntikonttori Kiinan Shanghaista. (Hydroline Oy 2013.)

Hydroline Oy toimii hankkeen rahoittajana yhdessä Pohjois-Savon liiton, Siilinjärven kunnan ja Savon koulutuskuntayhtymän kanssa. Hankkeen rahoittamisen lisäksi yritys toimii läheisenä yhteistyökumppanina hankkeen toteuttamisessa, sillä oppimisympäristö sijoitetaan yrityksen tiloihin Siilinjärvelle.

2 TARRAIMEN SUUNNITTELUN TEORIA

Tarrain on robotin yleisin ja yksinkertaisin työkalu eli se robotin mekaaninen osa, jota robotti liikuttaa asemasta toiseen ja jolla robotti vaikuttaa kappaleeseen. Yleensä tarraimella on vain kaksi toimintoa, avautuminen ja sulkeutuminen. (Jazar 2010, 6.)

Tarraimen suunnittelu on robottisovelluksissa järjestelmäsuunnittelun keskeisimpiä osia, ja suunnittelun avuksi on useita lähteitä, joiden teoriaosioihin on hyvä perehtyä ennen suunnittelun varsinaista aloittamista. Teoriatietoa on saatavilla niin tartuntatavoista ja tarraintyypeistä, kuin myös tarraimen suunnitteluprosessista ja siinä huomioitavista asioista. Tässä luvussa esitellään edellä mainitut kohdat, joiden pohjalta aloitetaan varsinainen suunnittelu.

2.1 Tartuntatavat

Tartuntatapojen tunteminen on oleellinen osa tarraimen suunnittelua. Tartuntatavat voidaan jakaa kolmeen ryhmään sen mukaan, miten tarrain vaikuttaa käsiteltävään kappaleeseen. Nämä ryhmät ovat kitkasulkeinen tartunta, muotosulkeinen tartunta ja vetovoimaan perustuva tartunta. (Kuivanen 1999, 67 - 68.)

Kitkasulkeisessa tartunnassa kappaleeseen vaikuttaa suora mekaaninen voima kahdesta tai useammasta suunnasta (Monkman, Hesse, Steinman, Schunk 2007, 61). Kappale pidetään paikallaan riittävällä kappaleen ja tarraimen sormien tai kynsien välisellä kitkavoimalla. Kitkavoiman on oltava suurempi kuin voimat, jotka aiheutuvat esimerkiksi gravitaatiosta ja robotin liikkeistä. Kitkavoimaan kappaleen ja tarraimen välillä vaikuttavat kitkakerroin ja puristusvoima. (Kuivanen 1999, 68.)

Muotosulkeisessa tartunnassa käytetään hyväksi kappaleessa olevia muotoja, kuten ulokkeita ja uria, riittävän tartunnan aikaansaamiseksi. Muotosulkeisessa tartunnassa tartuntavoimat voivat olla pienemmät kitkasulkeiseen tartuntaan verrattuna, minkä vuoksi muotosulkeista tartuntaa voidaan hyödyntää pieniä ja hauraita kappaleita käsiteltäessä. Kappale tulee kuitenkin pystyä pitämään paikoillaan luistamatta ja siksi tarraimen sormiin voidaankin lisätä esimerkiksi kumia paremman kitkan aikaansaamiseksi. Tällaisissa tapauksissa täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että kappaleen keskittämiskyky heikkenee kitkan kasvaessa. (Kuivanen 1999, 67 - 68.)

Vetovoimaan perustuvat tartunnat voidaan jakaa sähköiseen ja magneettiseen vetovoimaan sekä imu- tai tyhjiövoiman käyttöön. Vaikka sähköistä vetovoimaa voidaankin käyttää lähes kaikille materiaaleille, niin sähköä johtaville kuin johtamattomille, sen käyttö rajoittuu kuitenkin suhteellisen kevyisiin kappaleisiin. Magneettiseen vetovoimaan perustuvat tarraimet mahdollistavat suuret tartuntavoimat mutta niiden käyttö rajoittuu magneettisiin materiaaleihin, kuten rauta ja nikkeli. Imu- tai tyhjiötartunnalla saavutetaan myös hyviä tartuntavoimia ja sitä voidaan käyttää lähes kaikille materiaaleille. Rajoituksena imu- ja tyhjiötartunnassa on tarkat pinnanlaadun vaatimukset. (Monkman et al. 2007, 61.)

2.2 Tarraintyypit

Tarraintyypien tunteminen on tartuntatapojen ohella tärkeää tarrainta suunniteltaessa. Tässä opin- näytetyössä tarraimet jaotellaan kuuteen ryhmään, jotka ovat mekaaniset tarraimet, magneettitar- raimet, alipainetarraimet, erikoistarraimet, vakiotarraimet ja älykkäät tarraimet. Tarraimet voidaan jaotella usealla muullakin tavalla, esimerkiksi tartuntatavan, tarraimen mekanismin tai toimilaitteen mukaan.

2.2.1 Mekaaniset tarraimet

Mekaaniset tarraimet koostuvat toimilaitteesta, mekaniemistä ja sormista tai kynsistä. Osien yhdis- täminen on mahdollista yksinkertaisissa konstruktioissa, jolloin tarraimen painoa voidaan saada pu- dotettua. Tarraimen sormien liikkeisiin ja liikealueeseen voidaan vaikuttaa toimilaitteen ja mekanis- min valinnalla. Yleisimmät mekaanisen tarraimen mekaniemit ovat nivelmekaniemit, hammaspyörä ja hammastanko – sovellukset, epäkeskomekaniemit, ruuvimekaniemit ja vaijeriväkipyörämekaniemit. Lisäksi löytyy joukko sekalaisia mekaniemeja. (Kuivanen 1999, 60 - 63.)

2.2.2 Magneettitarraimet

Kuten jo aiemmin todettiin, voidaan magneettitarraimia käyttää vain magneettista materiaalia olevil- le kappaleille. Vaikka magneeteilla voidaankin saavuttaa suuria nostovoimia, riippuu nostovoiman suuruus monesta asiasta, kuten kappaleen materiaalista, muodosta, pinnanlaadusta ja magneetin lämpötilasta. Lisäksi magneetin ja kappaleen välinen ilmarako vaikuttaa nostovoiman suuruuteen, sillä magneettikenttä heikkenee nopeasti ilmaraon kasvaessa. Tämä magneetin ominaisuus asettaa kappaleelle vaatimukseksi riittävän suuren ja tasaisen tartuntapinnan. Vaikka magneettitarraimen tartunta onkin nopeaa, on irrotus hidasta jäännösmagnetismin vuoksi. Kestomagneettia käytettäessä tarvitaan irrotukseen erillinen irrotuslaitte. Sähkömagneettia käytettäessä irrotuslaitetta ei tarvita, sil- lä irrotus voidaan tehdä magneettikentän suuntaa kääntämällä. Sähkömagneetin käyttöä rajoittaa sen lämpeneminen käytössä, joka asettaa rajoituksia työkierrolle. (Kuivanen 1999, 64.) Kuvassa 1 on esitetty yhdentyypinen magneettitarrain.



KUVA 1. Magneettitarrain (Advanced Vacuum & Lift, 2013.)

2.2.3 Alipainetarraimet

Alipaineeseen perustuvia tarraimia (kuva 2) voidaan käyttää kohteissa, joissa mekaanisten tarrainten käyttö on vaikeaa ja magneettitarraimia ei voida esimerkiksi materiaalista johtuen käyttää. Alipainetarrainten toiminta perustuu alipaineen muodostamiseen käyttäen erillistä alipainepumppua tai venturia / ejectoria. Imukupit vaativat toimiakseen riittävän puhtaan, tasaisen ja tiiviin pinnan. Imuvoiman kasvattaminen alipainetarraimissa on helppoa, sillä imuvoima on paine-eron ja imupinta-alan tulo. Tämä tosin edellyttää riittävän suurta kappaletta. Alipainetarrainta käytettäessä tartunta tulisi toteuttaa keskeisesti, mahdollisimman läheltä kappaleen painopistettä. Etuna alipainetarrainten käytössä on yksinkertainen ja luotettava rakenne liikkuvien osien vähyyden vuoksi. Kumisten tai muovisten imukuppien käytössä etuna on lisäksi niiden toimiminen joustoelementtinä ja soveltuvuus puhdistiloihin. Lisäksi nostopinnan naarmuuntuminen vältetään käyttämällä kumisia tai muovisia imukuppeja. Usean imukupin järjestelmässä tulee huomioida alipaineen katoaminen, mikäli yksikin imukuppi irtoaa kappaleen pinnasta. Tämä johtaa kappaleen irtoamiseen jos käytössä ei ole varolaitteita. Imukupitarrainten käytössä tulee huomioida myös se, että tarraimen ei saa kohdistua suuria, tarrainta vastaan kohtisuoria sivuttaisvoimia. Näitä sivuttaisvoimia vastustava tarraimen synnyttämä voima riippuu tarraimen ja kappaleen välisestä kitkakertoimesta. (Kuivanen 1999, 63 - 64.)



KUVA 2. Alipainetarrain (Schmalz 2013.)

2.2.4 Erikoistarraimet

Erikoistarraimilla tarkoitetaan tarraimia, joissa tartuntaelin laajenee tai mukautuu tartuttavan kappaleen mukaiseksi. Kappaleeseen tarttuva ja mukautuva elementti voi olla lamelli tai jokin muu mekaanisesti muotoutuva elementti. Muotoutuva elementti voi perustua paineen avulla muokattavaan granulaattiin tai sähkömagneetilla säädettävään magneettipulveriin. Tarvittava tartuntavoima voidaan tuottaa käyttämällä liimaa tai muuta adheesiomekanismia. (Kuivanen 1999, 64.) Kuvassa 3 on esitettyä erikoistarrain, jonka toiminta perustuu lateksipallon sisällä olevien kahvinpurujen kovettamiseen alipaineen avulla.



KUVA 3. Esimerkki erikoistarraimesta (IEEE Spectrum 2013.)

2.2.5 Vakiotarraimet

Vakiotarraimet ovat robotin valmistajien tarjoamia standarditarraimia. Myös robottitarrainten valmistajilla on omia vakiotarraimia. Vaikka valikoima onkin lähivuosina kasvanut, täytyy tarraimia silti suunnitella kappaleiden mukaan, joko käymällä läpi koko suunnitteluprosessi ja valmistamalla kokonaan uusi tarrain tai muokkaamalla vakiotarraimia. Yksinkertaisimmillaan vakiotarraimen muokkaus tarkoittaa tarraimen tartuntapintojen uudelleenmuotoilua. (Kuivanen 1999, 64.)

2.2.6 Älykkäät tarraimet

Älykkäät tarraimet luetaan joskus erikoistarraimiin, mutta tässä työssä ne käsitellään omana ryhmänään. Älykkäällä tarraimella tarkoitetaan tarrainta, joka sisältää mekaanisten osien lisäksi antureita, joilla tarrain aistii omaa ympäristöään ja toimintansa tilaa. Anturit voidaan jakaa tarraimen ulkoista ja sisäistä tilaa mittaaviin antureihin. Ulkoista tilaa mittaavat anturit mittaavat käsiteltävien kappaleiden ja toimintaympäristön suureita. Näihin suureisiin lukeutuvat muun muassa kohteen etäisyys anturista tai vertailukohdasta, kohteen muoto useassa ulottuvuudessa sekä kosketus, kosketuksen paikka ja voimat sekä vääntömomentit. Sisäistä tilaa mittaavat anturit mittaavat tarraimen toimintaa ja tilaa seuraamalla esimerkiksi sormien avautumiskulmaa ja avautumisnopeutta. (Tekninen tiedotus 2/89, 11 - 13.)

Älykkäät tarraimet voidaan varustaa omalla ohjauksella. Oma ohjaus mahdollistaa tarraimen mukautumisen ympäristön tai prosessin muutoksiin. Tämä tapahtuu vastaanottamalla, käsittelemällä ja lähettämällä tietoa omasta toiminnasta ja ympäristöstä muiden laitteiden kesken. Älykkäällä tarraimella voidaan välttää tuotantokatkoja, sillä virhetilanteet tunnistetaan ja selvitetään tarraimen välittämän tiedon avulla. (Kuivanen 1999, 72.)

Älykkään tarraimen suunnittelussa tarrainmekaniikka, toimilaitteet, anturit ja ohjausjärjestelmät ovat keskeisiä osa-alueita. Älykkään toiminnan kannalta anturien integroiminen tarraimen ja anturivies-

tien välitys ohjausyksikköön ovat tärkeitä. Jo suunnittelun alkuvaiheissa tulisi olla tiedossa tarvittavat ohjaus- ja mittausmenetelmät. Suunnittelun aikana tulee kiinnittää huomiota antureiden sijoitukseen, dimensioihin, tehonsyöttöön, kaapelointiin ja suojaukseen. (Tekninen tiedotus 17/90, 27.)

2.3 Suunnitteluprosessi

Automatisoidun tuotantojärjestelmän yksi merkittävä vaihe on tarraimen suunnittelu. Tarraimen suunnittelussa tulisi pitää mielessä seuraavat kaksi nyrkkisääntöä:

- Älä yritä matkia ihmisten toimintoja.
- Mieti kokonaisuutta.

Robotilla ei ole ihmisen monipuolista aistijärjestelmää, mutta se on fyysisesti kestävämpi. Robotti kestää myös ankaria työolosuhteita ihmistä paremmin. Tarraimen suunnittelu on pieni mutta merkittävä osa automatisointia, joten koko automatisointiprosessiin tulee tutustua perusteellisesti. (Kuivainen 1999, 64 - 65.)

Tarraimen suunnittelu aloitetaan yleensä työkappale- ja prosessianalyysien laatimisella. Analyysit toimivat pohjana esisuunnittelulle, joka on suunnitteluprosessin ensimmäinen vaihe. Toinen vaihe on suunnittelu, joka jakautuu kehittelyyn ja viimeistelyyn.

2.3.1 Työkappaleanalyysi

Työkappaleanalyysin avulla pyritään löytämään tarraimen suunnitteluun vaikuttavat tekijät. Kappaleesta selvitetään työkappaleanalyysissä

- käsiteltävän kappaleen dimensiot ja toleranssit
- kappaleen materiaali, muoto, tartuntapinnan tai – pintojen kaarevuus, pinnan laatu ja muut fysikaaliset ominaisuudet
- kappaleen paino ja painopisteen sijainti
- mahdolliset kappaleeseen kohdistettavat konstruktio muutokset. (Tekninen tiedotus 17/90, 15 - 16.)

2.3.2 Prosessianalyysi

Prosessianalyysin tarkoituksena on löytää työn, ympäristölaitteiden toiminnan ja olosuhteiden tarraimelle asettamat vaatimukset. Prosessianalyysissä tarkastellaan

- työskentelymenetelmää
- kappaleiden erimuotoisuutta
- anturoinnin tarvetta kappaleen tunnistuksessa ja tartunnan varmistamisessa
- tahtiikavaatimuksia
- ympäristön asettamia kestävyysvaatimuksia. (Tekninen tiedotus 17/90, 16.)

2.4 Esisuunnittelu

Työkappale- ja prosessianalyysia seuraa esisuunnitteluvaihe. Esisuunnittelussa mietitään tarraimen toimintaperiaatetta ja tartuntapintoja. Lisäksi määritellään anturoinnin ja tiedonkäsittelyn tarve. Tässä vaiheessa tuloksena on vaatimuksia niin tarraimelle, kuin myös prosessille ja työkappaleelle. Lisäksi esisuunnittelussa etsitään periaateratkaisuja ja laaditaan luonnoksia erilaisista vaihtoehdoista. (Kuivanen 1999, 66.)

Tarraimen toiminta huomioiden voidaan päätyä tilanteeseen, jossa prosessia kannattaa muuttaa tai tehdä käsiteltäviin kappaleisiin muutoksia. Yleisesti ottaen olisi järkevintä suunnitella tuotteet ja niiden valmistusjärjestelmä yhtäaikaaisesti, sillä vanhaan tuotteeseen ei aina ole mahdollista saada luotua automaattisen käsittelyn vaatimia piirteitä. (Kuivanen 1999, 66.)

2.5 Suunnittelu

Tarraimen varsinainen suunnittelu voidaan jakaa kahteen vaiheeseen: Kehittely ja viimeistely. Kehittelyvaihe aloitetaan esisuunnittelussa rajattujen vaihtoehtojen jalostamisella eli käytännössä tarraimen toiminnan, turvallisuuden ja luotettavuuden suunnittelulla. Viimeistelyvaiheessa tarraimen rakenne mitoitetaan tarkemmin ja valitaan käytettävät komponentit. (Kuivanen 1999, 70.)

Kuten muutakin koneen suunnittelua, myös tarraimen suunnittelua ohjaavat erinäiset määräykset ja standardit. Tarraimen suunnittelun tapauksessa voidaan karkeasti ottaen sanoa, että tarrain täyttää sille asetetut määräykset ja standardit jos se suunnitellaan niin sanotuksi turvallisesti vikaantuvaksi tarraimeksi. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että

- tarrain pitää kappaleesta kiinni myös energiakatkon aikana hyödyntämällä esimerkiksi paineakkuja tai itsepidättyvää mekanismia
- tarrain säilyttää tartunta- tai avautumatilansa myös hätä-seis-tilanteessa tai ohjaussignaalin katketessa
- tarraimen turva-anturit ovat normaalisti suljettuja, mikä tarkoittaa virtapiirin katkeamista myös kaapelivian sattuessa. (Kuivanen 1999, 71.)

3 AUTOMAATIOTA KONEPAJIOIHIN –HANKKEEN OPPIMISYMPÄRISTÖ

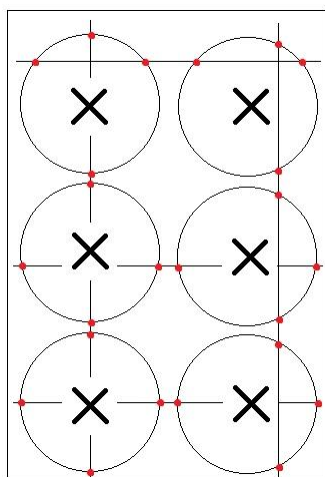
Tässä opinnäytetyössä suunniteltavat tarrainjärjestelmät tulevat käyttöön konepaja-automaation oppimisympäristöön Hydroline Oy:n tiloihin Siilinjärvelle. Kyseinen oppimisympäristö koostuu kolmesta osastosta, jotka pystyvät suorittamaan erinäisiä tuotantotehtäviä omina erillisinä soluinaan tai tekemään keskenään yhteistä automatisoitua tuotantoa. Tässä luvussa selitetään kunkin osaston toiminta kappaleenkäsittelyn kannalta. Oppimisympäristön suunnittelunlainen layout on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4. Oppimisympäristön layout (CO-Automation Oy.)

3.1 Osasto 1: Koneistus

Osastolla 1 sijaitsee Savon koulutuskuntayhtymän kaksikarainen viisiakselinen Mazak i200s -sorvauskeskus. Sorvin vieressä sijaitsee kaksi lavapaikkaa, toinen aihioille ja toinen valmiille kappaleille. Lineaariradalle sijoitettu ABB IRB 6640 -teollisuusrobotti tunnistaa aihiot lavalta ABB:n edustajan esittelemällä tavalla suorittamalla niin sanotun ristiskannauksen laseranturin avulla. Skannauksessa robotti liikkuu käsitarkkuudella aseteltujen aihoiden yli ensin pituus- ja sitten poikittaissuunnassa. Laseranturi havaitsee kappaleiden reunat ja saa näin jokaisesta kappaleesta neljä paikoitus pistettä, joiden perusteella ohjausjärjestelmä määrittää aihoiden keskipisteen sijainnin. Kuvassa 5 on havainnollistettu ristiskannauksen periaatetta. Tunnistuksen jälkeen robotti tarttuu aihioon magneettitarraimella ja kuljettaa kappaleen sorvin vieressä olevalle nurkkapöydälle, jonka tarkoituksena on kappaleen tarkempi paikoittaminen robotin koordinaatistossa. Tämän jälkeen robotti panostaa aihion sorvin karalle.



KUVA 5. Ristikannauksen periaate. Punaiset pisteet ovat laseranturin havaintoja kappaleen reunoista, ristit kappaleiden keskipisteiden lasketut sijainnit.

Työstön jälkeen robotti saa sorvilta luvan hakea kappale vastakaralta. Robotti hakee kappaleen magneettitarraimella ja käyttää kappaleen jälleen nurkkapöydällä paikoituksen parantamiseksi. Tämän jälkeen robotti vie kappaleen joko suoraan valmiiden kappaleiden lavapaikalle tai lineaarirataa pitkin osastolle 3 jatkokäsittelyyn, joka on kuvattu myöhemmin tarkemmin (ks. luku 3.3.). Osaston 1 robotti vastaa myös kappaleen toimituksesta osastolla 2 sijaitsevalle mittakoneelle. Myös osaston 2 toiminta on selvitetty myöhemmin tarkemmin (ks. luku 3.2.).

Laserskannaus-ominaisuuden lisäksi osaston robotti on varustettu Schunk SWS-150 -tarttujanvaihtajalla (kuva 6), joka mahdollistaa tarttujan nopean vaihdon, mikäli jotkin koneistettavista kappaleista eivät sovellu käsiteltäviksi magneettitarraimella, vaan vaativat esimerkiksi kolmi-leukatarttujan käyttöä. Tarttujanvaihtajan toiminta perustuu kahteen laippaan, joista toinen kiinnitetään robottiin ja toinen tarraimeen. Laipat kiinnitetään toisiinsa paineilmatoimisella männällä, ja kiinnitettäessä laippojen välille muodostuu läpiviennit paineilmalle ja sähkölle.



KUVA 6. Schunk SWS-150 -tarttujanvaihtaja (Schunk 2013 A.)

3.2 Osasto 2: Mittahuone

Osasto 2 toimii mittahuoneena. Osasto on erillinen, pölysuojattu huone, jossa sijaitsevat Zeiss Con-tura G2 -koordinaattimittakone ja sen palvelurobottina toimiva ABB IRB 4600 -teollisuusrobotti. Myös osastolla 2 on kaksi lavapaikkaa kappaleita varten.

Mittahuoneen sorvinpuoleisella seinällä on IP20 -pölytiivis luukku, josta mittahuoneen puolelle ulot-tuu kappaleen vaihtoasemana toimiva pöytä. Pöydällä on kaksi sensoroitua paikkaa kappaleille, toi-nen paikka mittaukseen menevälle kappaleelle ja toinen mittauksesta tulevalle kappaleelle. Sorvin-palvelurobotti saa ilmoituksen sensorilta, kun mittaukseen menevän kappaleen paikka on tyhjänä. Kun robotti lähtee tuomaan kappaletta pöydälle, avautuu sorvin puoleisen seinän polykarbonaattiovi. Robotti asettaa kappaleen pöydälle ja antaa poistuttuaan signaalin oven sulkemiseksi.

Tämän jälkeen mittakoneen palvelurobotti saa mittaukseen saapuvasta kappaleesta ilmoituksen sen-sorilta ja mittahuoneen puoleinen polykarbonaattiovi avautuu. Robotti on varustettu QR-koodien lu-kuun pystyvällä kameralla, jonka avulla kappaleista saadaan tunnistetiedot ennen mittauksia. Kun tunnistetiedot ovat selvillä, ottaa robotti kappaleen pöydältä tarttuen kappaleeseen magneettitar-raitella. Haettuaan kappaleen robotti antaa signaalin oven sulkemiseksi ja vie kappaleen nurkka-pöydän kautta mitattavaksi koordinaattimittakoneelle. Mittauksen ajaksi robotti tukee itsensä mitta-koneen pöytää vasten tarraimeen suunnitellusta tuentapisteestä.

Koska kappaleet ovat pyörähdysskappaleita ja niissä on mittauksen vaativia muotoja joka puolella, tulee kappale saada käännettyä mittauksen mahdollistamiseksi. Tämä tapahtuu viemällä kappale kääntöasemalle. Kääntöasemana toimii V-prisma, johon robotti asettaa kappaleen ja päästää siitä ir-ti. Kappale jää prismaan pystyyn siten, että sen molemmat päädyt ovat vapaita tartunnalle ja näin ollen robotti voi siirtää tarttujan kappaleen toiselle puolelle. Käännön jälkeen robotti palauttaa kap-paleen mittakoneelle, joka mittaa kappaleesta loput tarvittavat dimensiot.

Mittauksen valmistuttua robotti saa tiedon vaihtoaseman sensorilta mahdollisesta vapaasta paikasta vaihtopöydällä. Robotti vie oven avauduttua kappaleen pöydälle ja antaa käskyn sulkea ovi poistut-tuaan. Tämän jälkeen osaston 1 robotti saa käskyn hakea kappale pöydältä vietäväksi edelleen osas-tolle 3 mahdollista kokoonpanoa varten. Mittakoneenpalvelurobotti voidaan ohjelmoida tekemään myös itsenäistä tuotantoa ilman vaihtoaseman käyttöä. Tällöin robotti hakee aihiot lavapaikalta käyt-täen kappaleen tunnistukseen ristiskannausta samoin kuin osaston 1 robotti ja mittauksen valmistut-tua vie kappaleen takaisin lavalle.

Mikäli osastojen ollessa automaattijolla mittakoneen Calypso-mittausohjelmisto havaitsee sallitut arvot ylittäviä mittaustuloksia, se antaa käskyn lopettaa tuotanto muilla osastoilla.

3.3 Osasto 3: Kokoonpano, pesu ja merkkkaus

Osasto 3 toimii kokoonpanotilana. Osaston ABB IRB 6400 -teollisuusrobotti on varustettu ABB Force Control – voimaohjauksella ja Schunk SWS-150 -tarttujanvaihtajalla. Voimaohjaus mahdollistaa asennustyöt, joiden toleranssit vastaavat robotin toistotarkkuutta, kuten esimerkiksi hammaspyörien asennuksen akseleille. (ABB 2013.) Robotin lisäksi osastolle tullaan sijoittamaan lasermerkkkauslaite, ultraäänipesulaitteisto, sekä kokoonpanopenkki. Osastolta löytyy lisäksi neljä lavapaikkaa kokoonpantaville ja valmiille tuotteille.

Osastot 1 ja 3 ovat yhteydessä toisiinsa osaston 1 robotin lineaariradan johdosta. Radan avulla osaston 1 robotilla on pääsy osaston 3 pesu- ja merkkauslaitteistoille, joille se voi tuoda kappaleet sorvilta tai hakea ne suoraan osaston 3 lavapaikoilta. Lavapaikoilta kappaleita hakiessa robotti suorittaa ristiskannauksen tunnistaakseen kappaleiden aseman ja määrän ja tarttuu sen jälkeen kappaleeseen magneettitarraimella. Tartunnan jälkeen robotti vie kappaleen nurkkapöydälle paikoituksen parantamiseksi. Tämän jälkeen robotti tarttuu kappaleeseen uudelleen ja vie sen ultraäänipesulaitteistolle pestäväksi. Pesu tapahtuu käytännössä niin, että robotti käyttää kappaletta pesualtaassa ja pois otettaessa kuljettaa kappaleen paineilmakehän läpi kappaleen kuivaamiseksi. Tämän jälkeen robotti vie kappaleen lasermerkkauslaitteelle.

Lasermerkkauksessa kappaleeseen merkataan QR-koodi kappaleen jäljitettävyyden tehostamiseksi. Merkkauksen ajaksi robotti päästää kappaleesta irti ja tarttuu kappaleeseen uudelleen kun merkkkaus on suoritettu. Merkkauksen jälkeen robotti voi viedä kappaleen mittaukseen lineaarirataa pitkin, jättää kappaleen valmiiden tuotteiden lavapaikalle, tai aloittaa kokoonpanotyön yhdessä osaston 3 robotin kanssa, hyödyntäen robottien välillä olevaa väyläpohjaista kättelyä.

Kokoonpanotyön aluksi robotit esiasentavat kokoonpantavan tuotteen hyödyntäen osaston 3 robotin voimaohjausta. Tässä tapauksessa voimaohjausta hyödynnetään kierteen hakuun ja kahden sylinterimäisen kappaleen sisäkkäin asennukseen. Esiasennus alkaa kierteenhaulla, jonka aikana osaston 1 robotti pitää kiinni kappaleesta magneettitarraimella, samaan aikaan kun osaston 3 robotti suorittaa toisella kappaleella kierteenhaun ja kiertää kappaleen paikoilleen niin pitkälle kuin robotin liikerata sallii tai kunnes ohjausjärjestelmä havaitsee raja-arvot kohtaavan momentin.

Tämän jälkeen osaston 3 robotti vaihtaa tarraimeksi sisäpuoliseen tartuntaan soveltuvan kolmileuka-tarraimen ja hakee seuraavan kappaleen kokoonpantavaksi samalla kuin osaston 1 robotti pyöryttää tuotteen ympäri. Osaston 3 robotti asentaa kappaleen osakokoonpanon sisään hyödyntäen voimaohjausta paikoittaessaan kappaleen toisen sylinterimäisen kappaleen sisään. Kun robotti saa asetettua kappaleen paikoilleen, se irrottaa otteen ja vaihtaa tarrainta. Tarraimen vaihdettuaan robotti hakee viimeisen kokoonpanoon kuuluvan kappaleen ja asentaa sen paikoilleen samoin kuin ensimmäisen kappaleen hyödyntäen kierteenhakua.

Esiasennuksen jälkeen tuote asetetaan kokoonpanopenkkiin ja se viimeistellään kiristämällä liitokset haluttuun tiukkuuteen käyttäen kokoonpanopenkin momenttiväännintä.

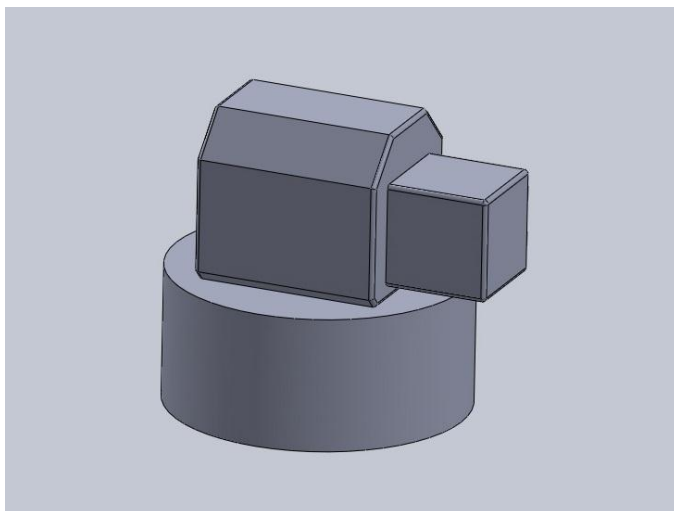
4 TARRAIMEN ESIVALINTA JA LUONNOSTELU

Tarraimen suunnittelu aloitettiin työkappale- ja prosessianalyysin laadinnalla, joiden pohjalta laadittiin tarraimen vaatimusluettelo. Vaatimusluettelo löytyy liitteestä 1. Analyysien ja vaatimusluettelon perusteella tehtiin esivalinnat ja laadittiin mallit kolmesta erilaisesta mahdollisesti toteutettavasta tarraimesta ja niiden toiminnasta.

Seuraavissa kappaleissa on esitetty luonnokset ja toimintaperiaatteiden kuvaukset kustakin esivalitusta tarraimesta. Tarraimista on kerrottu myös niiden käyttökohteet oppimisympäristön kappaleenkäsittelyjärjestelmässä.

4.1 Malli 1: Magneettitarraim

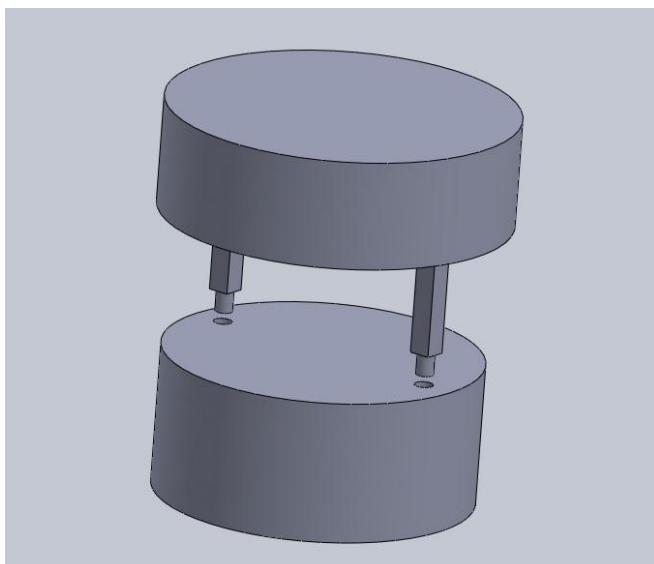
Ensimmäiseksi tarraimmalliksi valikoitui magneettitarraim, jolla pystytään käsittelemään monenkokoisia ja –muotoisia aihioita ja kappaleita. Tarraimen toiminta perustuu alun perin käsikäyttöiseksi tarkoitettuun kestopagneettiin, joka ei toimiakseen tarvitse erillistä sähkösyöttöä. Magneetti on varustettu käyttölaitteella, joka käsikäyttökahvan sijaan magnetoi ja demagnetoi magneetin. Käytännössä käyttölaitteeksi voidaan valita sähköinen solenoidi tai paineilmasylinteri. Käyttölaitteen valintaan palataan myöhemmin. Kuvassa 7 on esitetty magneettitarraimen luonnos.



KUVA 7. Magneettitarraimen luonnos

4.2 Malli 2: Kaksisorminen lineaaritarraim

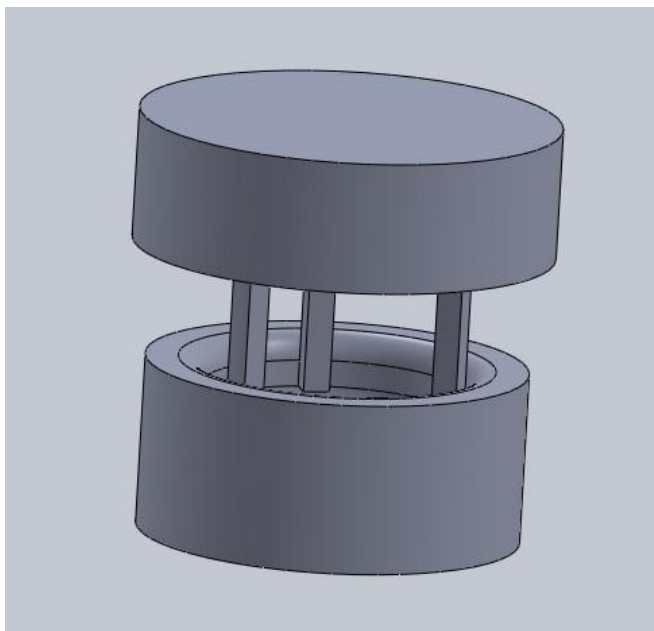
Toiseksi malliksi valittiin kaksisorminen lineaaritarraim, jota voidaan tarvita kokoonpanovaiheessa liittäessä päätyjä sylinteriputken kierteisiin. Tarraim tulee toimimaan kitkasulkeisen tartunnan periaatteiden mukaisesti, sillä kappaleissa ei ole helposti hyödynnettäviä muotoja muotosulkeista tartuntaa ajatellen. Lineaaritarraimen tarpeellisuutta kokoonpanotyössä arvioidaan tarkemmin myöhemmin. Kuvassa 8 on lineaaritarraimen luonnos.



KUVA 8. Lineaaritarraimen luonnos

4.3 Malli 3: Kolmileukatarrain

Kolmas valittu tarrainmalli on kolmileukatarrain, jota tarvitaan männän asennuksessa sylinterin sisälle ja mahdollisesti myös männän lakipinnan mittauksen aikana, jolloin tarraimella tartutaan mäntään sisäpuolisella kitkasulkeisella tartunnalla. Kolmileukatarraimen osalta haluttavaa olisi sen mahdollinen kyky tarttua monen kokoluokan kappaleisiin käyttäen vähintään samaa tarraimen kokoluokkaa ja mahdollisesti myös samoja sormia. Kuvassa 9 on luonnos kolmileukatarraimesta.



KUVA 9. Kolmileukatarraimen luonnos

5 TARRAINTEN TARKEMPI SUUNNITTELU

Tarrainten tarkempi suunnittelu aloitettiin kolmileukatarraimen tarkemmalla mitoituksella ja valinnalla. Kolmileukatarraimen valinnan jälkeen keskityttiin magneettitarraimen ja sen mitoitukseen, valintaan ja suunnitteluun. Tässä vaiheessa eri tahojen kanssa käytyjen keskustelujen perusteella päätettiin jättämään kaksisorminen lineaaritarrain pois oppimisympäristön tarrainjärjestelmästä, sillä kolmileuka- ja magneettitarrain soveltuvat myös kokoonpanotyöhön.

5.1 Kolmileukatarraimen valinta

Kolmileukatarrain sisältyy oppimisympäristön kappaleenkäsittelyjärjestelmän toimitukseen. Järjestelmän toimittajien CO-Automation Oy:n ja ABB Oy:n edustajien kanssa pidetyssä palaverissa päätettiin käyttämään toimituksessa Schunkin valikoimasta löytyvää tarrainta. Tarraimen mitoitus suoritettiin käsiteltävien kappaleiden valmistuspiirustusten mukaan, siten että kaikkien kokoluokkien kappaleisiin pystyttäisiin tarttumaan yhdellä tarraimella. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kappaleista haettiin suurin massa, pienin tartuntaviiva ja pienimmän ja suurimman tartuntahalkaisijan erotus. Näiden tietojen avulla sopiva tarrainmalli löytyi käyttäen apuna Schunkin Gripper calculation program SSG 1.7.0. -tarrainlaskuria (Schunk 2013 B.) Laskurin laskentatiedot ovat liitteestä 2.

Laskurin ehdottama tarrain on paineilmatoiminen Schunk PZN-plus 240-1, joka on esitetty kuvassa 10.



KUVA 10. Schunk PZN-plus 240-1 (Schunk 2013 C.)

5.2 Magneettitarraimen suunnittelu

Magneettitarraimen suunnittelu aloitettiin perehtymällä Hydroline Oy:llä käytössä olevaan magneettitarraimeen, jonka toimintaan yrityksessä on oltu tyytyväisiä. Hydroline Oy:n edustajan kanssa käytöksen keskustelujen jälkeen päädyttiin suunnittelemaan vastaavaa toimintaperiaatetta noudatteleva tarraim myös oppimisympäristön magneettitarraimeksi. Tähän ratkaisuun olisi päädytty myös vertailun perusteella, sillä valmiita, robottikäyttöön tarkoitettuja magneettitarraimia on saatavilla erittäin rajallisesti. Tarraimen valmistuksesta vastaa kappaleenkäsittelyjärjestelmän toimittaja.

5.2.1 Magneetin valinta

Kuten jo aiemmin todettiin, magneettitarraimen toiminta perustuu käsikäyttöiseen magneettitarraimeen, jonka käsikäyttökahva on korvattu magnetoinnin ja demagnetoinnin suorittavalla käyttölaitteella. Tarraimen varsinainen suunnittelu aloitettiin itse magneetin valinnalla hakemalla tietoa erilaisista saatavilla olevista magneettitarraimista.

Magneetin valintaan vaikuttivat magneetin paino, käsittelykyky, saatavuus, sovellettavuus robottikäyttöön sekä jossain määrin myös tarraimen koko. Taulukossa 1 on vertailtu kuutta eri valmistajan ja kokoluokan tarrainta.

TAULUKKO 1. Magneettien vertailu

	Tecnomagnete MaxX 125	Tecnomagnete MaxX 250	ABT PML-100	ABT PML-300	Certex NMG0125	Certex NMG0250
Paino (kg)	3,7	6	3	10	3	10
Nostoteho/levy (kg)	125	250	100	300	125	250
Nostoteho/tanko (kg)	50	100	50	150	40	125
Saatavuus	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Soveltuvuus/muunneltavuus	Mahdollinen, mutta ei tarpeeksi kiinnitysreikiä valmiina	Hyvä, valmiit kiinnitysreivät omalle nostokorvalle	Vaikea, nivelöity nostokorva vaikea korvata	Vaikea, nivelöity nostokorva vaikea korvata	Vaikea, nostokorvan kiinnitys rungon sisällä	Vaikea, nostokorvan kiinnitys rungon sisällä

Vertailun perusteella tarraimen runkona päädyttiin käyttämään Tecnomagnete MaxX 250 – magneettinostinta. Valintaan vaikutti erityisesti sen hyvä soveltuvuus valmiiden kiinnitysreikien vuoksi. Lisäksi isomman kokoluokan tarraimista valittu magneetti on kevein ja pienikokoinen. Lisäksi valitun magneetin käsittelykyky on riittävä, ottaen huomioon käsiteltävien kappaleiden verrattain pienen painon. Kuvassa 11 on esitetty valittu Tecnomagnete MaxX 250 –magneettitarraim.



KUVA 11. Tecnomagnete MaxX 250 (Industrial Trading Helsinki Oy 2013.)

5.2.2 Käyttölaitteen valinta

Magneetin käsikäyttökahva korvataan erillisellä käyttölaitteella, joka kiinnitetään magneettiin erikseen suunniteltavalla kiinnityslapilla. Käyttökahvan kääntämiseen tarvittavaa voimaa on vaikea selvittää muuten kuin kokeellisesti, joten vaadittava voima päätettiin selvittää vanhan tarraimen rakenteen avulla. Siinä käyttölaitteeksi oli valittu pienikokoinen paineilmasylinteri, jonka männän halkaisija oli 50 mm ja jonka männän varsi oli sijoitettu noin 20 mm käännettävän magneettipatruunan keskilinjan yläpuolelle. Lisäksi tiedettiin sylinterin käyttöpaine, joka oli 6 bar. Näiden tietojen pohjalta laskettiin sylinterin voima ja tarvittava vääntömomentti. Laskut on esitetty liitteestä 3.

Laskujen jälkeen vertailtiin toimilaitteen käyttöenergiaa. Vertailuun otettiin mukaan pneumatiikka, sähkö ja hydraulikka. Käyttöenergian vertailu on nähtävissä taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Käyttöenergian vertailu

	Pneumatiikka	Sähkö	Hydrauliikka
Asennettavuus	Helppo, robotissa valmiina paineilma-järjestelmä	Vaikea, vaatii erillisen johdotuksen	Vaikea, vaatii erillisen hydraulikka-järjestelmän
Ohjaus	Helppo	Helppo	Helppo
Käyttökustannukset	Pienet, valmis paineilma-verkko ja vähäinen kulutus	Pienet	Pienet
Huolto	Vähäistä, lähinnä laitteiston tarkastukset	Vähäistä	Vähäistä
Voima	Riittävä voima helppo toteuttaa	Riittävä voima helppo toteuttaa	Riittävä voima helppo toteuttaa
Muut ongelmat	Ei ole	Magneetti voi häiritä toimintaa	Ei ole

Kuten jo aikaisemmin mainittiin, olivat sähkökäyttö ja pneumatiikka varteenotettavimmat vaihtoehdot käyttölaitteen käyttöenergiaksi. Vertailun perusteella käyttöenergiaksi päädyttiin valitsemaan pneumatiikka sen helpon sovellettavuuden ja toimintavarmuuden perusteella. Valinta ei tullut yllätyksenä, sillä vanhassa tarraimessa oli päädytty myös paineilmajärjestelmän käyttöön.

Seuraavaksi käyttölaitetta alettiin valita tarkemmin. Magneettikentän kytkemiseen ja poiskytkemiseen tarvittava magneettipatruunan pyörätys voidaan toteuttaa kahdella erilaisella pneumaattisella toimilaitteella, jotka ovat lineaariliikkeinen paineilmasylinteri ja paineilmakääntösyylinteri. Näitä vaihtoehtoja vertailtiin taulukon 3 mukaisesti. Molemmat vertailussa käytetyt toimilaitemallit olivat Festo Oy:n valikoimasta ja toimilaitteiden tarkemmat tiedot katsottiin yrityksen www-sivuilta.

TAULUKKO 3. Käyttölaitteen vertailu

	Lineaaritoimilaite Festo ADN 50-50	Kääntösyylinteri Festo DSM-T-40
Toteutus	Vaatii erillisen mekanismin toimilaitteen ja magneettipatruunan välille	Helppo, sylinterin voi liittää suoraan käännettävän magneettipatruunan päähän
Paino (g)	800	3570
Koko	Pieni, asennosta johtuen kasvattaa lähinnä tarraimen syvyysmittaa, mikä ei ole ongelma	Iso, tarvittavan vääntömomentin tuottava sylinteri on äärimitoiltaan magneetin kokoluokkaa

Vertailun perusteella toimilaitteeksi valittiin pienikokoinen Festo ADN-50-50-I-P-A lineaariliikkeinen paineilmasylinteri. Sylinteri on esitetty kuvassa 12.



KUVA 12. Festo ADN-50-50-I-P-A -pneumatiikkasyylinteri (Festo 2013.)

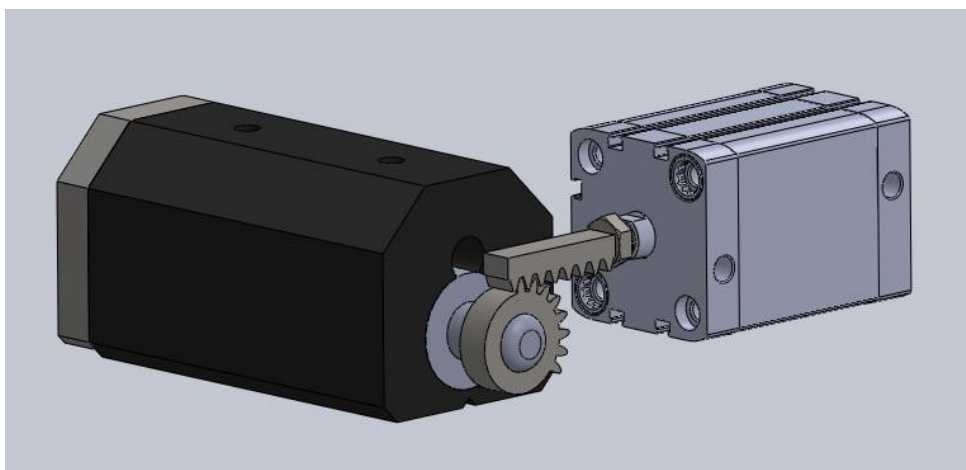
5.2.3 Mekanismin suunnittelu

Käyttölaitteen valinnan jälkeen alettiin miettiä mekanisme, jolla sylinterin lineaariliike voidaan muuntaa magneettipatruunan kääntöliikkeeksi. Tällaisia mekanismeja ovat esimerkiksi erilaiset epäkesko-mekanismit sekä hammaspyörän ja hammastangon avulla toteutettavat mekanismit. Näitä kahta mekanisme, verrattiin toisiinsa taulukon 4 mukaisesti, minkä jälkeen valittua mekanisme, alettiin suunnitella tarkemmin.

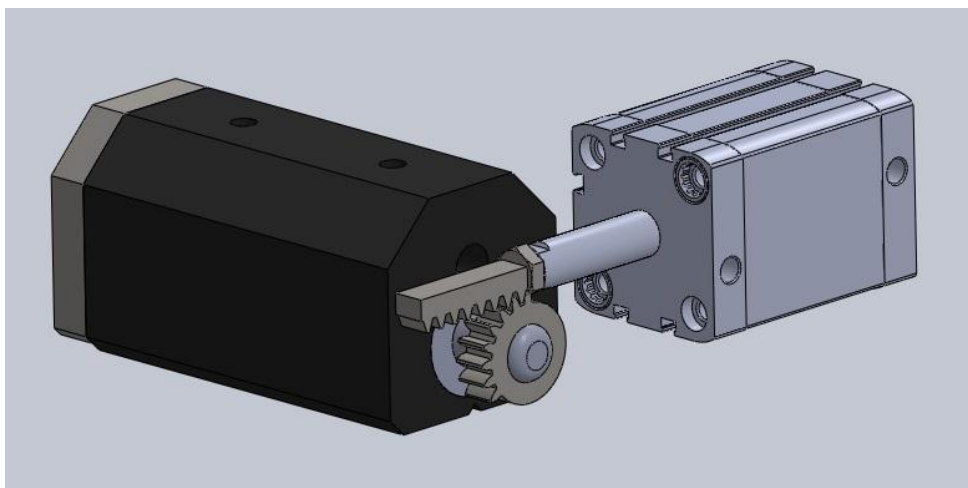
TAULUKKO 4. Mekanismin vertailu

	Epäkesko	Hammastanko
Voiman tuotto	Melko laajasta liikematkasta johtuen voi esiintyä kuolokohtia	Helppo voiman tuotto
Yksinkertaisuus	Melko yksinkertainen	Melko yksinkertainen
Kuluvuus	Osien kuluminen voi olla suurta	Pitkä kestoikä

Vertailun perusteella mekanisiksi valittiin hammastanko-hammaspyörä-tyyppinen mekanismi. Mekanismissa hammastanko kiinnitetään sylinterin männänvarren päähän hammaspyörän kiinnittyessä magneettipatruunan päähän. Tarrainta magnetoitaessa sylinteri työntää hammastankoa, joka pyörittää hammaspyörää ja magneettipatruunaa tarvittavat 125° . Kun sylinterin iskun pituus on 50 mm, saadaan tarvittavaksi voiman varreksi noin 23 mm. Tämä tarkoittaa siis hammastangon ja hammaspyörän kontaktipisteen etäisyyttä hammaspyörän keskipisteestä. Tilan säästämiseksi hammaspyörästä leikataan pois niin sanotut tarpeettomat hampaat. Tällä toimenpiteellä tarraimen kontaktipinta jää avoimeksi molemmista päistä kun myös sylinterin puoleinen pääty voidaan suunnitella siten, että se ei ylitä magneetin alapintaa. Kuvassa 13 on esitetty suunniteltu mekanismi ilman päätykehikkoa demagnetointivaiheessa ja kuvassa 14 magnetointivaiheessa.



KUVA 13. Mekanismi demagnetointivaiheessa

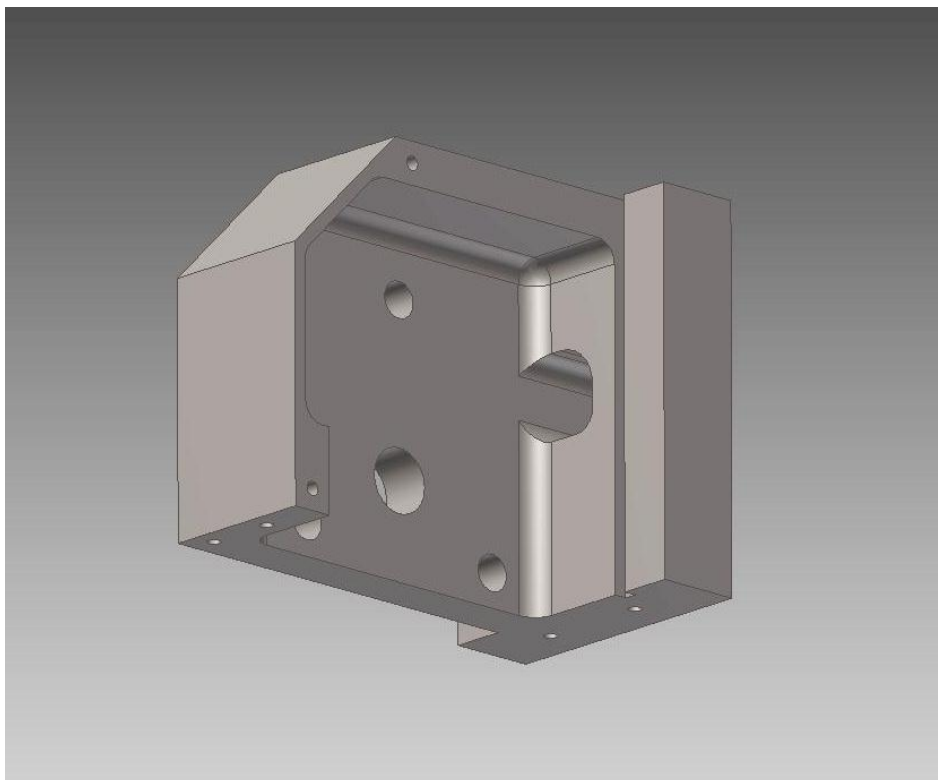


KUVA 14. Mekanismi magnetointivaiheessa

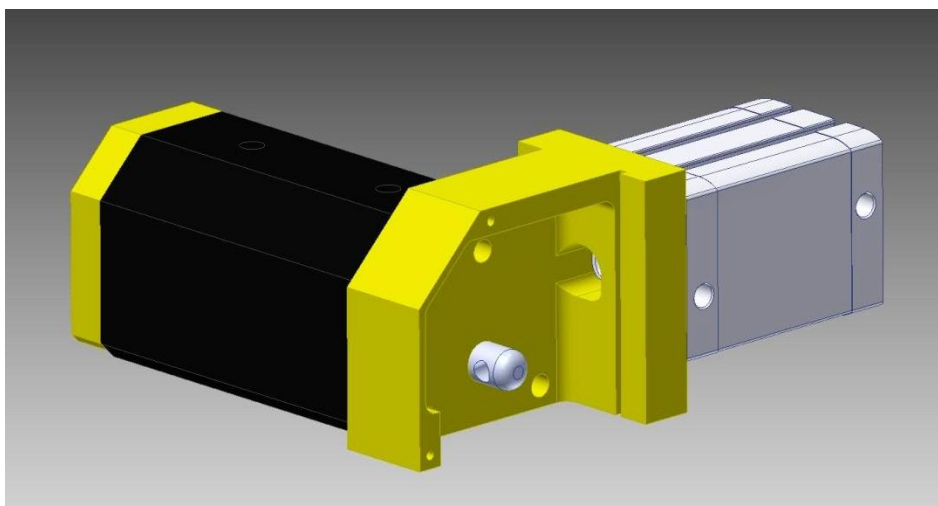
5.2.4 Rakenteen suunnittelu

Jotta tarrain pystytään varustamaan käyttölaitteeksi valitulla pneumatiikkasyylinterillä, tulee magneetin rakennetta hieman muuttaa. Muutoksiin lukeutuvat kahvan ja sen lukitustapin poistaminen sekä kahvan puoleisen päätylevyn korvaaminen koneistettavalla kehikolla, johon käyttölaite kiinnittyy. Myös magneetin nostokorva korvataan koneistettavalla kiinnityslevyllä, joka mahdollistaa magneetin kiinnityksen tarttujanvaihtajaan.

Muokkaukset aloitettiin päätylevyn korvaavan kehikon suunnittelulla. Kehikko toimii sylinterin kiinnityslevynä ja kääntömekanismin suojakotelointina yhdessä ruuvikiinnitteisten levyjen kanssa. Kehikon kiinnitykseen käytetään kolmea ruuvia, jotka kiinnittyvät alkuperäisen päätylevyn tavoin magneetin rungossa oleviin valmiisiin kierteisiin. Kehikon takasivu toimii sylinterin kiinnityspintana ja kiinnitys tapahtuu sylinterin takaa läpi menevillä neljällä ruuvilla. Sylinteri on paikoitettu takalevyyn niin, että männänvarsi sijaitsee 23 mm magneettipatruunan keskilinjan yläpuolella tarvittavan vääntömomentin aikaansaamiseksi. Kehikon päättyyn ja alapintaan tehdään yhteensä kahdeksan reikää, jotka mahdollistavat suojalevyjen kiinnittämisen M4-ruuveilla. Kehikko on esitetty kuvissa 15 ja 16.

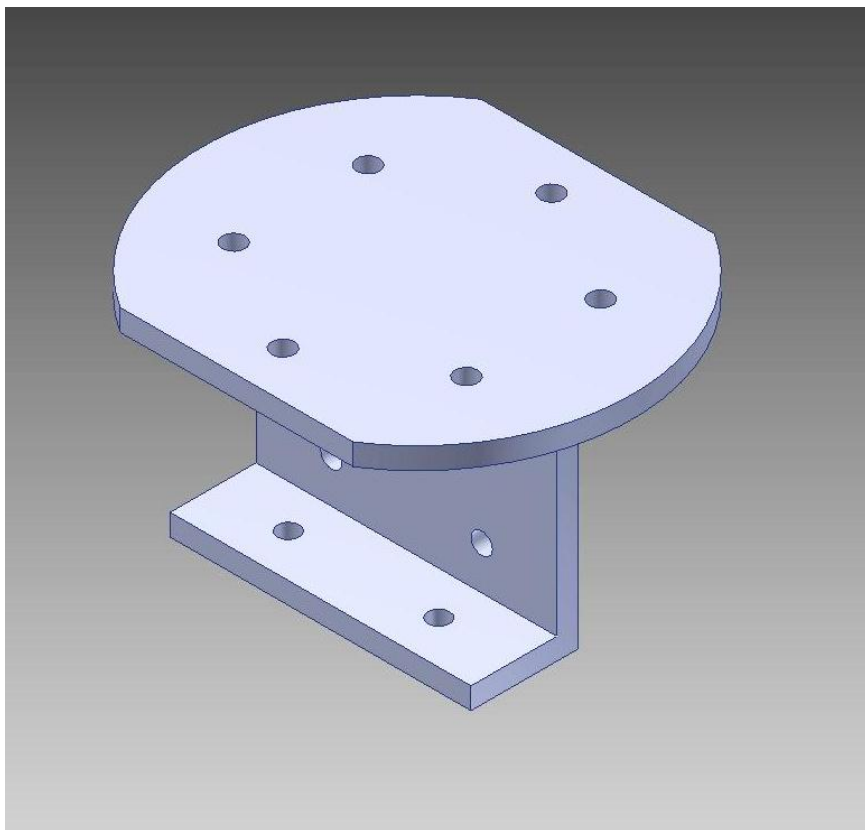


KUVA 15. Sylinterin kiinnityskehikko

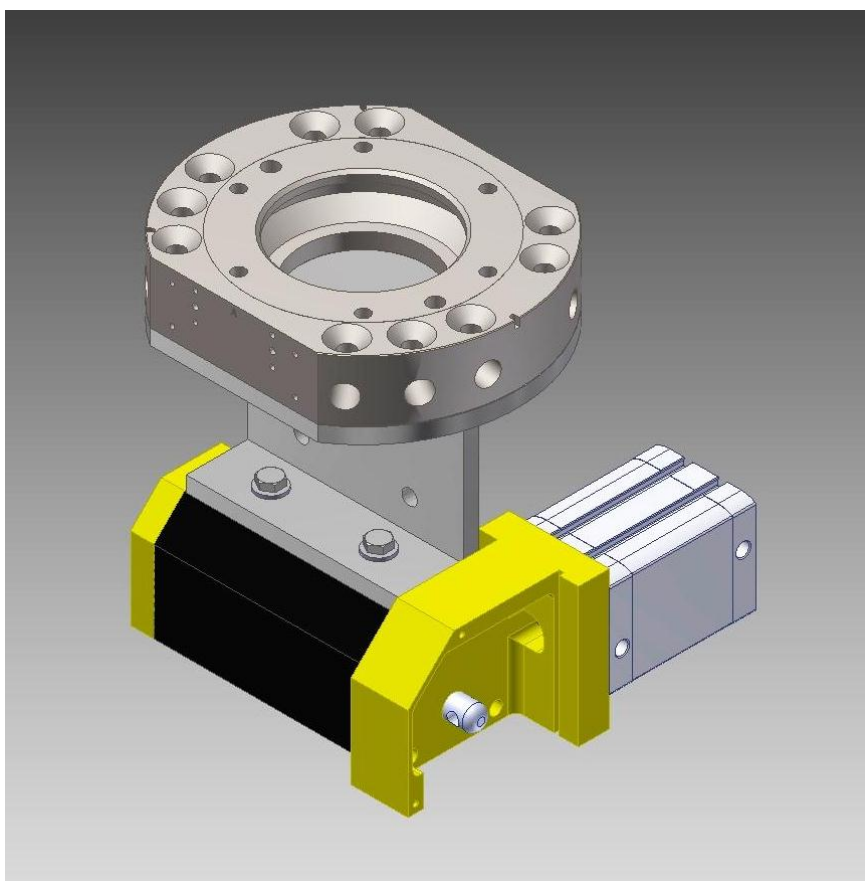


KUVA 16. Magneetti varustettuna kiinnityskehikolla ja sylinterillä

Seuraavaksi magneettiin suunniteltiin kiinnityslevy, joka kiinnitetään alkuperäisen nostokorvan tavoin kahdella ruuvilla magneetin runkoon ja jonka toinen puoli tulee kiinnitettäväksi tarttujanvaihtajaan. Kiinnityslevyyn suunniteltiin kahdet kiinnitysreiät, jotka mahdollistavat tarraimen asentamisen eri asentoihin. Levy kiinnitetään tarttujanvaihtajaan kuudella M10-ruuvilla valmistajan ohjeiden mukaisesti. Kuvissa 17 ja 18 on esitetty kiinnityslevy.

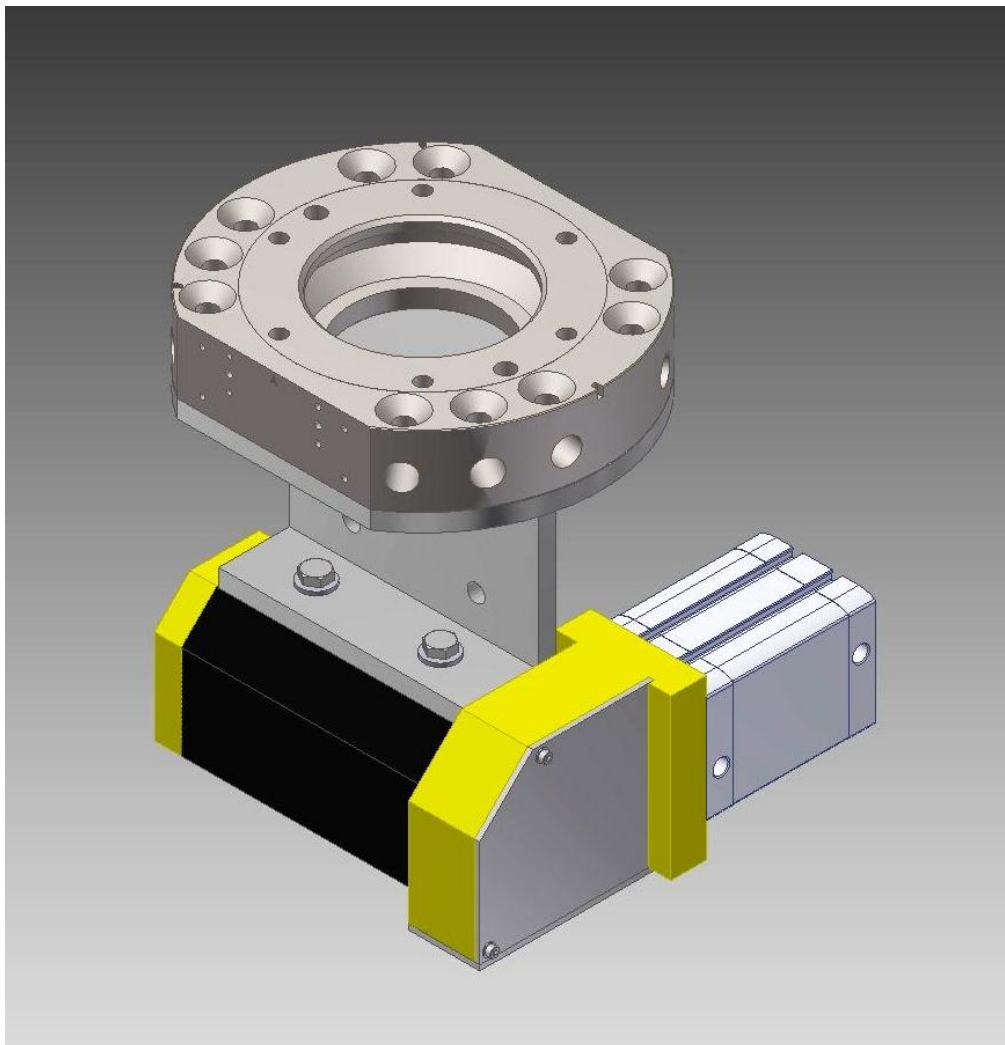


KUVA 17. Kiinnityslevy



KUVA 18. Kiinnityslevy magneettitarraimen ja tarttujanvaihtajan välissä

Lopuksi itse runkorakenteeseen suunniteltiin vielä suojalevyt, joilla mekanismi saadaan koteloitua kehikon sisään suojaan työstölastuilta ja leikkausnesteeltä. Levyt kiinnitetään kehikkoon M4 ruuveilla. Päädyn puoleinen levy kiinnitetään toisesta reunasta kehikkoon kahdella ruuvilla toisen pään asettuessa paikointusuraan. Kehikon alapinnan suojalevy kiinnitetään paikalleen neljällä ruuvilla. Tarraimen lopullinen ulkopuolinen rakenne on esitetty kuvassa 19.



KUVA 19. Magneettitarraim

6 TULOKSET JA JATKOTOIMENPITEET

Työn tuloksina saatiin suunniteltua ja valittua tarvittavat tarraimet konepaja-automaation oppimisympäristöön. Tarraimet on suunniteltu siten, että ne mahdollistavat automaatiojärjestelmän kokonaisvaltaisen käytön monia erilaisia kappaleita käsiteltäessä. Varsinkin magneettitarrain soveltuu erittäin hyvin erilaisten kappaleiden käsittelyyn.

Tämän lisäksi tarrainten suunnittelussa noudatettiin yleisiä tarraimen suunnittelun ja koneen suunnittelun periaatteita, jotta tarrainten toiminta ja soveltuvuus käyttökohteeseen saatiin optimoitua. Nämä suunnitteluperiaatteet on kirjattuna myös opinnäytetyöraporttiin ja periaatteita noudattamalla voidaan jatkossa tehokkaasti suunnitella uusia tarraimia ilman että työpanosta tarvitsee käyttää tausta-aineiston laadintaan ja tutkintaan.

Tarrainjärjestelmän sijoitus oppimisympäristöön tarkoitti sitä, että tarrainten turvallisuuteen tuli kiinnittää erityistä huomiota. Turvallisuus otettiin huomioon suunnittelun kaikissa vaiheissa, ja suunnitellut tarraimet täyttävätkin niille asetetut määräykset muun muassa vikatilanteiden aikaisen toiminnan osalta.

Tarrainten suunnittelu ei tietenkään rajoitu tähän opinnäytetyöhön vaan tarraimia voidaan joutua muokkaamaan käyttöönoton ja testauksen aikana havaittujen käytännön ongelmien vuoksi. Näihin muutosvaatimuksiin paneudutaan niiden ilmetessä ja tarraimen kohdistuvista muutoksista vastaa oppimisympäristön toimittaja yhdessä Sakkyn ja Hydroline Oy:n henkilöstön kanssa.

Toimittajan suorittamiin jatkotoimenpiteisiin lukeutuu myös magneettitarraimen varsinainen valmistus, sillä tämän opinnäytetyön puitteissa valmistukselle ei jäänyt aikaa. Valmistus tulee perustumaan karkeasti tämän opinnäytetyön aikana suunniteltuun magneettitarraimen malliin, mutta suunniteltuja kappaleita tulee mitoittaa tarkemmin toimittajan puolesta, sillä tarkkoja mittakuvia käytettävästä magneetista saatu käyttöön ja täten myös suunniteltujen muutososien mitoitus on suuntaa antava.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella tarvittavat tarraimet konepaja-automaation oppimisympäristöön. Tarraimilla oli tarkoitus pystyä käsittelemään Hydroline Oy:n määrittelemiä kappaleita kaikissa oppimisympäristön kappaleenkäsittelyvaiheissa. Lisäksi tarraimien tuli olla tarpeeksi monipuolisia, jotta niillä pystyttäisiin tulevaisuudessa käsittelemään mahdollisimman monenlaisia kappaleita. Näiden vaatimusten ohella tarrainten suunnittelun tuli noudattaa yleisiä koneensuunnittelun periaatteita ja työn edetessä suunnittelun pohjana toimivat koneensuunnittelun periaatteiden ohella myös tarrainten suunnittelun omat periaatteet. Näitä ohjeistuksia noudattamalla tarraimista saatiin suunniteltua käyttötarkoitukseensa sopivat, monipuoliset tarraimet, jotka täyttävät viranomaisvaatimusten ohella projektiorganisaation tarraimille asettamat ehdot ja vaatimukset.

Tarrainten suunnittelu osoittautui yllättävän haastavaksi ja monipuoliseksi, sillä ennen työn aloitusta kukaan projektiorganisaation henkilöstöstä ei ollut ollut mukana vastaavassa projektissa. Tästä syystä esimerkiksi tarrainten suunnittelun tausta-aineiston tutkinta ja läpikäyminen vei odotettua suuremman osan opinnäytetyölle varatusta ajasta. Omat haasteensa projektille aiheutti myös sijoituspaikkana toimiva oppimisympäristö: Turvallisuuden tuli kiinnittää erityistä huomiota. Turvallisuusasioihin perehdyttiin erinäisten standardien avulla, mikä vei jälleen oman osansa itse suunnitteluun varatusta ajasta.

Kokonaisuudessaan työ oli haastava ja mielenkiintoinen ja työn aikana pääsi tutustumaan alan kirjallisuuteen ja alaa koskeviin teorioihin.

LÄHTEET

ABB 2013. Yrityksen www-sivu. [viitattu 2013-6-25]. Saatavissa:

[http://www05.abb.com/global/scot/scot302.nsf/veritydisplay/dd99f4fefb09df46c1257b490041050b/\\$file/ROB0243EN_A.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot302.nsf/veritydisplay/dd99f4fefb09df46c1257b490041050b/$file/ROB0243EN_A.pdf)

ADVANCED VACUUM & LIFT 2013. Yrityksen www-sivu. [viitattu 2013-6-24]. Saatavissa:

http://www.avlift.com/html/vacuum_components.html

FESTO OY 2013. Yrityksen www-sivu. [viitattu 2013-8-24]. Saatavissa:

http://www.festo.com/cat/de_de/DKI3PortSearch.asp?qry=ADN-50-50-I-P-A

HEILALA, Juhani, AIRILA, Mauri, BACKMAN, Kaj, HEIKKILÄ, Jouko, KAUHANIEMI, Ilpo, LEHTINEN, Hannu, MERILINNA, Juhani, ROPPONEN, Timo & SOUDUNSAARI, Raimo. 1990. Tekninen tiedotus 17/90, Älykkään robottitarraimen suunnittelu. Metalliteollisuuden kustannus Oy.

HYDROLINE OY 2013. Yrityksen www-sivu. [viitattu 2013-4-4]. Saatavissa:

<http://www.hydroline.fi/fi/yritys/>

IEEE SPECTRUM 2013. Yrityksen www-sivu. [viitattu 2013-6-24]. Saatavissa:

<http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/universal-jamming-gripper>

INDUSTRIAL TRADING HELSINKI OY2013. Yrityksen www-sivu. [viitattu 2013-8-17]. Saatavissa:

http://www.ith.fi/images/stories/esitteet/tecno/tecno_maxx.pdf

JAZAR, Reza N. 2010. Theory of Applied Robotics. Lontoo: Springer.

MONKMAN, Gareth J., HESSE, Stefan, STEINMANN, Ralf & SCHUNK, Henrik. 2007. Robot Grippers. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.

KUIVANEN, Risto. 1999. Robotiikka. Vantaa: Talentum Oyj/Metallitekniikka.

ROPPONEN, Timo & AIRILA, Mauri. 1989. Tekninen tiedotus 2/89, Älykkäät robottitarraimet. Metalliteollisuuden kustannus Oy.

SAKKY 2013 A. Kuntayhtymän www-sivu. [viitattu 2013-12-13]. Saatavissa:

<http://www.sakky.fi/fi/Kuntayhtyma/esittely/Sivut/koti.aspx>

SAKKY 2013 B. Kuntayhtymän www-sivu. [viitattu 2013-7-25]. Saatavissa:

http://www.sakky.fi/fi/Kuntayhtyma/hankkeet/Kaynnissa_olevat_hankkeet/Sivut/AUKOPA.aspx

SCHMALZ 2013. Yrityksen www-sivu. [viitattu 2013-6-24]. Saatavissa:

http://us.schmalz.com/imperia/md/images/aktuelles/presse2/vg/2009/20090922_vg-fxcfmc-sg_01_original.jpg

SCHUNK 2013 A. Yrityksen www-sivu. [viitattu 2013-6-28]. Saatavissa:

http://www.schunk.com/schunk_files/attachments/SWS_150_EN.pdf

SCHUNK 2013 B. Yrityksen www-sivu. [viitattu 2013-7-22]. Saatavissa:

http://www.schunk.com/schunk/schunk_websites/service/downloads.html?country=INT&lngCode=EN&lngCode2=EN#11858

SCHUNK 2013 C. Yrityksen www-sivu. [viitattu 2013-7-19]. Saatavissa:

http://www.schunk.com/schunk_files/attachments/PZN-plus_240_EN.pdf

LIITE 1

VAATIMUSLUETTELO

 <p>SAVON KOULUTUSKUNTAYHTYMÄ</p>	<p>VAATIMUSLUETTELO</p> <p>Sivu 1(1)</p> <p>Päiväys: 2.8.2013</p> <p><u>Laatinut: Harri Leskinen</u></p>
<p>Projektin nimi:</p>	<p><u>Tarrainten suunnittelu</u></p>

Muut.	K/V/T	Kehitettävän tuotteen tulee täyttää seuraavat vaatimukset:	Vastaava
	K	Kiinteä vaatimus: Vaatimuksen tulee toteutua kaikissa tilanteissa	
	V	Vähimmäisvaatimus: Vaatimuksella on raja-arvo, joka on saavutettava ja jonka ylittäminen tai alittaminen on toivottavaa	
	T	Toivomus: Tarve, joka otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan	
	K	Varma tartunta kappaleisiin	
	K	Tartunnan varmistus myös vikatilanteissa	
	K	Yksinkertainen ja varmatoiminen rakenne	
	K	Kiinnityspinnan yhteensopivuus tarttujanvaihtajan kanssa	
	K	Paino mahdollisimman kevyt	
	V	Nostokapasiteetti vähintään 25 kg	
	T	Halpa valmistaa	
	K	Työkappaleen panostus ja pois hakeminen sorvilta mahdollista	
	T	Lastujen ja leikkausnesteen puhallus paineilmasuuttimella	
	K	Kappaleen tunnistus lavalta laseranturilla	

LIITE 2

SCHUNK LASKENTATIEDOT

Version	Date	Proj. Nr
4.0 .0	22.07.2013	
Gripper Selection		
<u>Input data:</u>		
<u>Selection of SCHUNK Grippers</u>		
<u>Calculation</u>		
Kind of calculation		Construction
<u>Gripper</u>		
Type of gripper		Concentric Grippers
Confine calculation to one gripper type series		not confined
Orientation of gripper		hanging gripper
<u>Finger</u>		
O.D. or I.D. gripping		I.D. gripping
Length of contact line	$x = 8$	mm
Minimal necessary stroke per finger	$hub_{min} = 26$	mm
Height of gripping point above top edge of gripper	$H_{DP} = 25$	mm
Side overhang of gripping point	$S_{DP} = 0$	mm
Mass of one finger	$m_F = 0.5$	kg
Material of the finger at contact face		not specified
<u>Workpiece</u>		
Material of the workpiece at contact face		not specified
Friction coefficient	$\mu = 0.61$	
Mass of workpiece	$m_W = 4.5$	kg
Gripping diameter	$D = 100$	mm
Height of center of gravity of the workpiece above the top edge of gripper	$H_{SP} = 50$	mm
Side overhang of center of gravity	$S_{SP} = 0$	mm
<u>Loads</u>		
Load 1		
Kind of load		Acceleration of the gripper
Direction of load		X direction
Acceleration	$a_1 = 5$	m/s ²
Load 2		
Kind of load		Acceleration of the gripper
Direction of load		Y direction
Acceleration	$a_2 = 5$	m/s ²
Load 3		
Kind of load		Acceleration of the gripper
Direction of load		Z direction
Acceleration	$a_3 = 5$	m/s ²
<u>Ancillary Conditions</u>		
Gripper's environment		standard clean environment
Operating pressure	$p = 6$	bar
Mechanical gripper safety		grippers with or without mechanical gripper safety
Safety factor	$S = 2$	

Version : 4.0 .0

Date : 22.07.2013

Proj. Nr :

Gripper Selection

Results of Gripper Selection Process

Gripper name	:PZN-plus 240-1
Gripper ID	:303316
Gripper type	:Centric gripper
Minimal required overall gripper force without safety	= 3097.559 N
Minimal required overall gripper force with safety	= 6195.117 N
Nominal gripper force (at 6 bar pressure)	F_nom = 10400.000 N
Actual gripper force (at chosen operating pressure)	F_tats = 10400.000 N
Real safety	= 3.357
Number of movement with highest required force	: 1

LIITE 3

LASKUT

Sylinterin voima:

$$F = pA = 600000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times \pi \times (0,025 \text{ m})^2 \approx 1180 \text{ N}.$$

Vaadittava vääntömomentti:

$$M = Fr = 1180 \text{ N} \times 0,02 \text{ m} \approx 24 \text{ Nm}.$$

Varsinainen voiman varsi sylinterin iskunpituuden perusteella:

$$r = \frac{b}{\alpha/180^\circ \times \pi} = \frac{50 \text{ mm}}{125^\circ/180^\circ \times \pi} \approx 23 \text{ mm}.$$