

JIGIN SUUNNITTELU ROBOTTIHITSAUSASEMAAN

Eino Jauhiainen

Opinnäytetyö
Tammikuu 2011

Kone- ja tuotantotekniikka
Tekniikan ja liikenteen ala



Tekijä(t) Eino Jauhiainen	Julkaisun laji Opinnäytetyö	
	Sivumäärä 27	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus <input type="checkbox"/> Opinnäytetyö on salainen _____saakka	
Työn nimi Jigin suunnittelu robottihitsaus asemaan		
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Pekka Sällinen		
Toimeksiantaja(t) Jaakko Hannula Oy		
Tiivistelmä Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella jigi, eli kappaleen kiinnitys robottihitsausasemaan. Suunnittelu toteutettiin Solidworks-3D-suunnitteluohjelmistolla. Työntuloksena syntyivät valmistuskuvat sekä kustannusarvio jigin valmistamiseksi. Työn toimeksiantajan toimi Jaakko Hannula Oy, jonka tiloissa hitsausrobottiasema sijaitsee. Hitsausrobottiaseman tuottavuuden kannalta on erittäin tärkeää, että kappaleidenkiinnitys on suunniteltu hyvin ja työskentely ei aiheuta vaaraa työntekijöille. Nykyisin lähes kaikki suunnittelu toteutetaan parametrisellä piirremallinnuksella, eli kolmiulotteisella suunnittelulla. Kolmiulotteinen suunnittelu ja mahdollisuus simuloida tuotantoa antavat hyvät lähtökohdat kiinnityksen valmistamiselle sekä innovatiivisten ideoiden toteuttamiselle.		
Avainsanat (asiasanat) Jigi, Robotti, Hitsaus, Kiinnitys, Suunnittelu		
Toimeksiantajan myöntämä raportin julkaisulupa		
Paikka	Aika	Allekirjoitus Nimenselvennös

2.4.2012

Author(s) Eino Jauhiainen	Type of Publication Bachelors thesis	
	Pages 27	Language Finnish
	Confidential until <input type="checkbox"/>	
Title Designing a jigi for a welding robot station		
Degree Programme Mechanical Engineering		
Supervisor(s) Pekka Sällinen		
Commissioner(s), contact person Jaakko Hannula Oy		
<p>Abstract</p> <p>The aim of this study was to design a jig. Jig is a fastening for product to a welding robot station. The design was implemented SolidWorks 3D design software. The results was making of manufacturing drawings for the jig and calculate estimate costs for manufacturing. Work was produced by Jaakko Hannula Oy, which premises the welding robot located.</p> <p>Of welding robot productivity view, it is very important that the fastening pieces are designed to work well and does not pose a hazard to workers. Today, almost all designing is developed in three-dimensional design software. Three-dimensional design and the ability to simulate the production, provides a good basis for producing innovative ideas and fastenings.</p>		
Keywords Jigi, robot, welding, clamping, designing		
Commissioner's permission to publish this report		
Place	Date	Signature
		Clarification

SISÄLTÖ

TERMIT JA MÄÄRITELMÄT	3
1 JOHDANTO	4
2 JAAKKO HANNULA OY	5
3 ROBOTTIHITSAUS	6
3.1 Teollisuusrobotti	6
3.2 MIG/MAG-Hitsausmenetelmä	7
3.3 Automaattiset kääntöpöydät	8
3.4 Hitsauskiinnittimet.....	9
3.5 Hitsausrobotisolun turvallisuus	10
4 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU	11
4.1 Historia	11
4.2 Parametrinen piirremallinnus	12
5 JIGIN SUUNNITTELU	14
5.1 Suunnittelun aloitus	14
5.2 Tuote	14
5.3 Robottihitsausasema	15
5.4 Ideointi.....	17
5.5 Valmis suunnitelma	17
5.6 Runko.....	18
5.7 Kaarenpidike.....	19
5.8 Tuotantokokoonpano ja simulointi	20

5.9	Valmistuskuvat	21
5.10	Tarjouspyynnöt	23
5.11	Muutokset	23
5.12	Uudet tarjouspyynnöt	24
5.13	Kustannuslaskelmat	24
6	POHDINTA	25
	LÄHTEET	27

KUVIOT

KUVIO 1.	MIG/MAG-hitsausprosessi	7
KUVIO 2.	Finnrobotin valmistama grilli	8
KUVIO 3.	Kokoonpanon piirrepuu	13
KUVIO 4.	Polkupyöräteline	15
KUVIO 5.	Robottihitsausasema	16
KUVIO 6.	Ohjauspöydät	16
KUVIO 7.	3D- kuva jigistä	18
KUVIO 8.	Levykiinnike	18
KUVIO 9.	3D-kuva jigin rungosta	19
KUVIO 10.	Kaarenpidike	20
KUVIO 11.	Tuotantokokoonpano	21
KUVIO 12.	Valmistuskuva koneistettavasta osasta PDF-muodossa	22
KUVIO 13.	10 mm:n akselit	24

TAULUKOT

TAULUKKO 1.	Jigin valmistuksen kustannuslaskelma	25
-------------	--	----

TERMIT JA MÄÄRITELMÄT

MIG	Metal Inert Gas weldin. Lankahitsausta inertillä kaasulla.
MAG	Metal Active Gas welding. Lankahitsausta aktiivisella kaasulla.
Grilli	Vertikaalisesti pyörivä kappaleenkäntöpöytä
Jigi	Kappaleenkiinnitys tuotantokoneeseen
CAD	Computer Aided Desing. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
CAM	Computer Aided Manufacturing. Tietokoneavustettu valmistaminen.
Solidworks	Tietokoneavusteiseen suunnitteluun tarkoitettu mallinnusohjelmisto
3D	Three Dimensions. Kolmiulotteinen.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tehtävänä oli suunnitella jigi robotilla kokoonpanohitsattavaan tuotteeseen. Tuotteena tässä työssä toimi polkupyöräteline, jota Jaakko Hannula Oy valmistaa alihankintana.

Työn lähtökohtana oli MIG/MAG-hitsausprosessia käyttävässä Finnrobot-robotihitsausasemassa oleva kappaleen kääntöpöytäautomaatti, johon jigi tuli suunnitella.

Kääntöpöytäautomaatti toimii välittäjänä työntekijän ja robotin välillä. Toisella puolella automaattia robotti hitsaa kappaletta ja toisella puolella työntekijä lataa uusia komponentteja jigiin kiinni. Kun hitsaus on valmis, automaatti kääntää valmiin tuotteen latojalle, joka voi tämän jälkeen poistaa sen jigistä. Samalla automaatti kääntää hitsaamattomat osat robotin puolelle hitsausta varten.

Tavoitteena oli suunnitella sellainen jigi, jossa polkupyörätelineen kaikki komponentit voitaisiin kokoonpanohitsata yhteen kerralla. Työ on aikaisemmin suoritettu manuaalisesti hitsaamalla kolmessa eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa hitsataan polkupyörätelineen runko kasaan omassa jigissään. Toisessa vaiheessa hitsataan kaaret toisiinsa kiinni tähän tarkoitettuun jigissä. Kolmannessa vaiheessa hitsataan kaaret ja runko yhteen. Koska suunnittelemani jigissä hitsaus tulisi suorittamaan yhdessä vaiheessa, tulee tämä asia tekemään suunnittelusta erittäin haasteellisen. Lähtökohtaisesti ajateltuna myös kaarien kiinnitys jigiin tulee olemaan haastava toteuttaa.

2 JAAKKO HANNULA OY

Jaakko Hannula Oy on vuonna 1969 perustettu Jyväskylässä sijaitseva alihankintakonepaja. Jaakko Hannula Oy valmistaa pääasiassa myymälä- ja teollisuuskalusteita. Jaakko Hannula Oy valmistaa monipuolisia kalusteputkitöitä, kuten vaativia taivutuksia ja rakennelmien hitsausta. Ohutlevystä Jaakko Hannula Oy valmistaa laatikostoja ja myyntitelineitä.

Yritys on erikoistunut metallilangan taivutusratkaisuihin, joita se valmistaa kolmiulotteisesti taivuttavalla Wafios-3D-langantaivutusautomaatilla. Langan-taivutusautomaatilla voidaan kääntää halkaisijaltaan 3 - 8 mm:n lankaa rajattomasti asteittain.

Jaakko Hannula Oy:ssä on käytössä funktionaalinen tuotantojärjestelmä. Funktionaalisessa tuotantojärjestelmässä tuotantokoneet ja työasemat on asetettu osastoihin niiden käyttötarkoituksen mukaan: särmäyspuristimet omalle osastolle, leikkaustyökoneet omalle osastolle jne. Kyseessä on kuitenkin pk-yritys, ei keskeneräisten kappaleiden siirtelyyn kulu paljoa aikaa, koska työkoneiden välimatkat ovat pieniä. Materiaalivarasto on sijoitettu leikkauskoneiden viereen, sillä se on useimmiten ensimmäinen työvaihe kappale valmistuksessa.

Mielestäni funktionaalista tuotantojärjestelmää käytettäessä pk-yrityksessä voidaan käytännössä puhua solutuotannosta, koska suurin osa valmistettavista kappaleista käy läpi kaikki työvaiheet, jotka yrityksestä löytyy.

3 ROBOTTIHITSAUS

3.1 Teollisuusrobotti

Robotti on uudelleen ohjelmoitavissa oleva monipuolinen vähintään kolminive-
linen mekaaninen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työ-
kaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein monenlaisten tehtävien suoritta-
miseksi. Yksinkertaistettuna teollisuusrobotti on mekaaninen kone, joka siirtää
työkalun kiinnityslaippaa halutulla tavalla. (Kuivanen 1999, 13.)

Hitsausrobotit ovat tavallisia teollisuusrobotteja, joissa työkaluna on hitsauslai-
te. Näitä laitteita ovat muun muassa kaarihitsauspistooli, pistehitsauskärjet,
kaasuhitsauspistooli, laserhitsauspää yms. laitteet, joilla voidaan Lukkarin
(2002, 11) mukaan liittää osia yhteen käyttämällä hyväksi lämpöä ja/tai puris-
tusta siten, että osat muodostavat jatkuvan yhteyden. Yleisin teollisuudessa
käytetty hitsausrobotti on Suomen robotiikkayhdistyksen vuodesta 2009 teh-
dyn selvityksen mukaan kiertyvänivelinen teollisuusrobotti (Litzenberger
2010). Kiertyvänivelisen robotin etuna on sen erittäin hyvä liikkuvuus eri suun-
tiin ja pääsy erittäinkin ahtaisiin paikkoihin.

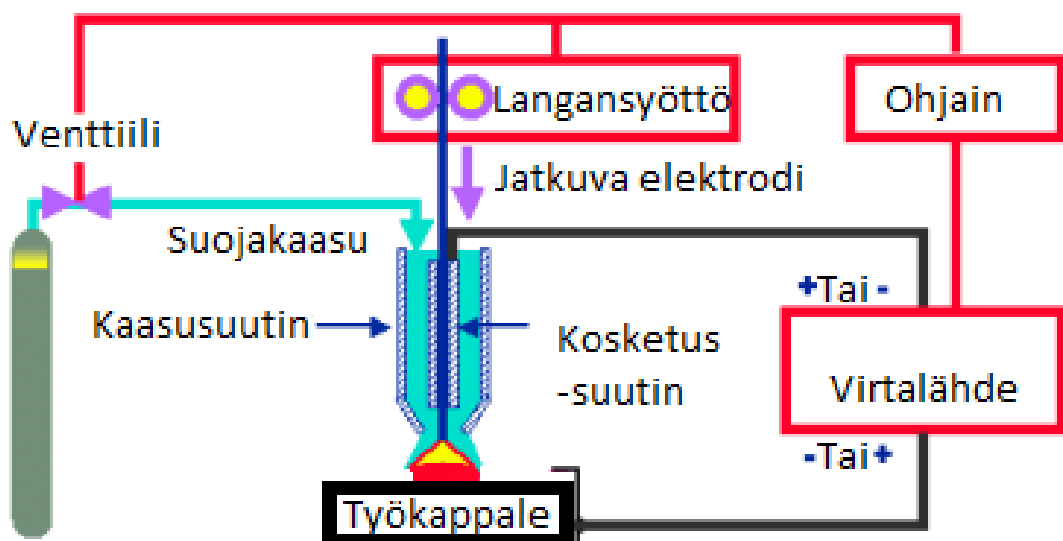
Hitsausrobotit tulivat käyttöön 1970-luvulla. Ensimmäinen hitsausrobotti asen-
nettiin Suomeen vuonna 1979. Vuonna 2001 oli hitsausrobotteja Suomessa jo
noin 650 kappaletta. (Lukkari 2002, 11.)

Hitsausrobotit ovat 1980-luvulta lähtien tasaisesti lisääntyneet teollisuudessa
lukuun ottamatta 1990-luvun alun lamaa (Kuivanen 2009, 5). Eniten käytössä
ovat kaarihitsausrobotit, joiden osuus kaikista vuonna 2008 käyttöön otetuista
hitsausroboteista oli 96 % (Litzenberger 2010).

3.2 MIG/MAG-Hitsausmenetelmä

MIG/MAG-hitsaus on kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa suoja-kaasun ympäröimänä hitsauslangan ja työkappaleen välillä. Sula metalli siirtyy pisaroina hitsauslangan kärjestä hitsisulaan. Langansyöttölaite syöttää hitsauslankaa tasaisella nopeudella hitsauspistoolin lävitse valokaareen. Hitsausvirta tulee monitoimijohdossa olevaa virtajohdinta pitkin hitsauspistoolin päässä olevaa kosketussuuttimeen, josta se siirtyy hitsauslankaan. Suojakaasu suojaa kaaritilaa ja hitsisulaa ympäröivältä ilmalta. Valokaari syttyy sillä hetkellä, kun hitsauslanka koskettaa työkappaletta. Kosketushetkellä syntyy oikosulku, jolloin tehokas oikosulkuvirta sulattaa ja höyrystää langan pään. (Ks. kuvio 1.)

Suojakaasu voi olla joko aktiivinen tai inertti kaasu. Aktiivinen kaasu reagoi hitsisulassa olevien aineiden kanssa, kun taas inertti kaasu ei reagoi. Aktiivinen suojakaasu on yleensä argonin, hapen ja hiilidioksidin kaasuseos tai puhdas hiilidioksidi. Inertti suojakaasu on argon, helium tai näiden kaasujen yhdistelmä. Kun suojakaasu on aktiivinen, käytetään prosessista nimitystä MAG (Metal-arc Active Gas Welding). Jos kaasu on inertti, käytetään siitä nimitystä MIG (Metal-arc Inert Gas Welding). Suojakaasu määräytyy hitsattavan metallin mukaan käytännössä niin, että MAG-hitsausta käytetään teräksien hitsaukseen ja MIG-hitsausta käytetään ei-rautametallien hitsaamiseen. Toimintaperiaate on kuitenkin molemmilla hitsausprosesseilla sama. (Lukkari 2002, 159.)



KUVIO 1. MIG/MAG-hitsausprosessi (MIG/MAG 2009, käännetty suomeksi)

3.3 Automaattiset kääntöpöydät

Kääntöpöytäautomaatti (ks. kuvio 2.) on hitsausrobottiaseman keskeinen osa. Kääntöpöytäautomaatin avulla kappale paikoitetaan robottiin ja työhön nähden halutulla tavalla. Nykyään lähes poikkeuksetta servokäytöllä paikoittavat kääntöpöytäautomaatit paikoittavat kappaleen erittäin tarkasti haluttuun kohtaan. (Kuivanen 1999, 112–113.)

Kääntöpöytäautomaatti toimii myös välittäjänä ihmisen ja robotin välillä. Turvallisuussyistä ihminen ja robotti eivät voi työskennellä samassa tilassa, ainakaan silloin kun robotti toimii täydellä nopeudella. Tuotannon sujuva eteneminen vaatii robotilta täyden suorituskyvyn, tällöin kääntöpöytäautomaatti on erittäin tärkeä osa robottihitsausasemaa.

On olemassa vaakasuoraan pyöriviä kääntöpöytiä ja vertikaalisesti pyöriviä pöytiä. Vertikaalisesti pyörivästä pöydästä käytetään yleensä nimitystä grilli. Grillityyppisissä pöydissä pitkät kappaleet pyörivät pienemmässä tilassa kuin vaakatasossa pyörivissä pöydissä. (Malm 2008, B1.)



KUVIO 2. Finnrobotin valmistama grilli

3.4 Hitsauskiinnittimet

Hitsauksen mekanisointi ja automatisointi on edennyt ripeästi viime vuosina. Hitsauskiinnittimien suunnittelu ja valmistus ovat automatisoinnissa avainasemassa. Mekanisoitu hitsaus edellyttää aihionvalmistukselta aikaisempaa suurempaa mitta- ja muototarkkuutta. Hitsausrailojen koneistus on automatisoidun hitsauksen edellytys. Jotta hitsauskiinnittimien käyttö olisi tuottavaa, on valmistussarjojen oltava suuria, koska jokaisen kiinnittimen suunnittelu ja valmistus vie aikaa. (Aaltonen, Anderson & Kauppinen 1997, 257.)

Kiinnittimen eli jiggin suunnittelussa on varmistettava, että hitsauspoltin mahtuu ja yltää jokaiseen hitsauskohteeseen. Tuotteen hitsaaminen yhdellä kiinnityksellä on aina ensisijainen ratkaisu, mutta tämä ei aina ole mahdollista, vaan kiinnitin joudutaan suunnittelemaan välillä avattavaksi. Yhdellä kiinnityksellä tapahtuva hitsaus vaatii suunnittelijalta erittäin luovaa suunnittelua, varsinkin silloin kun tuotetta joudutaan hitsaamaan usealta eri puolelta. (Aaltonen ym. 1997, 257.)

Metalliteollisuuden keskusliiton teknisen tiedotuksen 15/87 mukaan hitsauskiinnittimen suunnittelussa on otettava huomioon seuraavia asioita:

- *Kappaleen tulee olla kaikilta hitsattavilta osiltaan robotin ulottuvissa*
- *Robotin on kyettävä hitsaamaan kaikki hitsit*
- *Hitsauksen paluuvirran reitin on oltava varma ja harkittu*
- *Robotin ei tarvitse kiinnittimen vuoksi tehdä turhia liikkeitä*
- *Hitsausasentojen on oltava edulliset*
- *Hitsattavat osat voidaan ladata ja valmis kappale poistaa esteittä*
- *Sädehitsaus muistuttaa kiinnittimien osalta koneistusta*
- *Kiinnityselimien on oltava tukevia ja helppoja käsitellä*
- *Kiinnittimen on kestävä kiinnitysvoimat ja jännitykset*

(Aaltonen ym. 1997, 257–258).

3.5 Hitsausrobottisolun turvallisuus

Kääntöpöydällä varustetut robottisolut ovat erittäin tavallisia Suomessa. Ne mahdollistavat ihmisen ja robotin samanaikaisen työskentelyn solussa turvallisesti. Ihmisen täytessä pöydän toisella puolella olevaa kohdetta voi robotti toimia pöydän toisella puolella. (Malm 2008, B1.)

Robottisolussa vaarallisin kone on pyörivä pöytä, jossa muodostuu puristumisvaara maata vasten erityisesti pöydän pyörähtäessä edestä katsottuna alaspäin. Turvallisuuslaitteena käytetään tyypillisesti valokenolinjaa, joka estää pöydän kääntymisen, ellei sitä ole kuitattu vaara-alueen ulkopuolelta. Robotti toimii pöydän toisella puolella, jonne pääsy on yleensä estetty robotin ollessa toiminnassa. (Malm 2008, B1.)

Yksi suuri turvallisuusriski on juuri kappaleiden kiinnitys jigisiin. Jos kappaleet pääsevät irtoamaan jigistä tuotannon pyöriessä, voi siitä aiheutua erittäin suuri vaara sekä työntekijöille että koneen osille. (Malm 2008, B1.)

Kappalekiinnitys jigiin on siis suunniteltava huolellisesti ja testattava käytännössä ennen jigin varsinaista käyttöönottoa.

4 TIETOKONEAVUSTEINEN SUUNNITTELU

4.1 Historia

Mekaniikkasuunnittelu tapahtui käytännössä 1980-luvulle asti käsin. Suunnitteluosastot olivat piirustuskonttoreita, joita hallitsivat kalteviin asentoihin kallistetut piirustuslaudat pitkine viivaimineen. (Hietikko 2007, 13.) Nykyäänkin olen nähnyt joissain ”autotallisuunnittelijoiden” talleissa käytettävän piirustuslautaa, ja voin vain kuvitella, kuinka suuri työ on erilaisten kokoonpanokuvien hallinta tai osakuvien muutto ja niiden päivitys kokoonpanoihin käsityönä.

Tietokoneita on toki käytetty erilaisissa mallinnus tehtävissä jo 1960-luvulla, mutta jokaisen suunnittelijan ulottuville ne tulivat vasta 1980-luvulla. 1980-luvun alussa markkinoille tulivat ensimmäiset henkilökohtaiset PC-tietokoneet. AutoCad on kaikkien tuntema piirto-ohjelma, joka kuitenkin levisi vasta 1990-luvun alkupuolella mekaniikkasuunnittelijoiden käyttöön. Vielä 1970–1980-lukujen vaihteessa tyypillinen CAD-laitteisto muodostui 16-bittisestä minitietokoneesta, jossa oli maksimissaan 512 kilotavua keskusmuistia ja 20–300 megatavua levytilaa. Järjestelmän hinta tuolloin oli 125 000 dollaria. (Hietikko 2007, 14.)

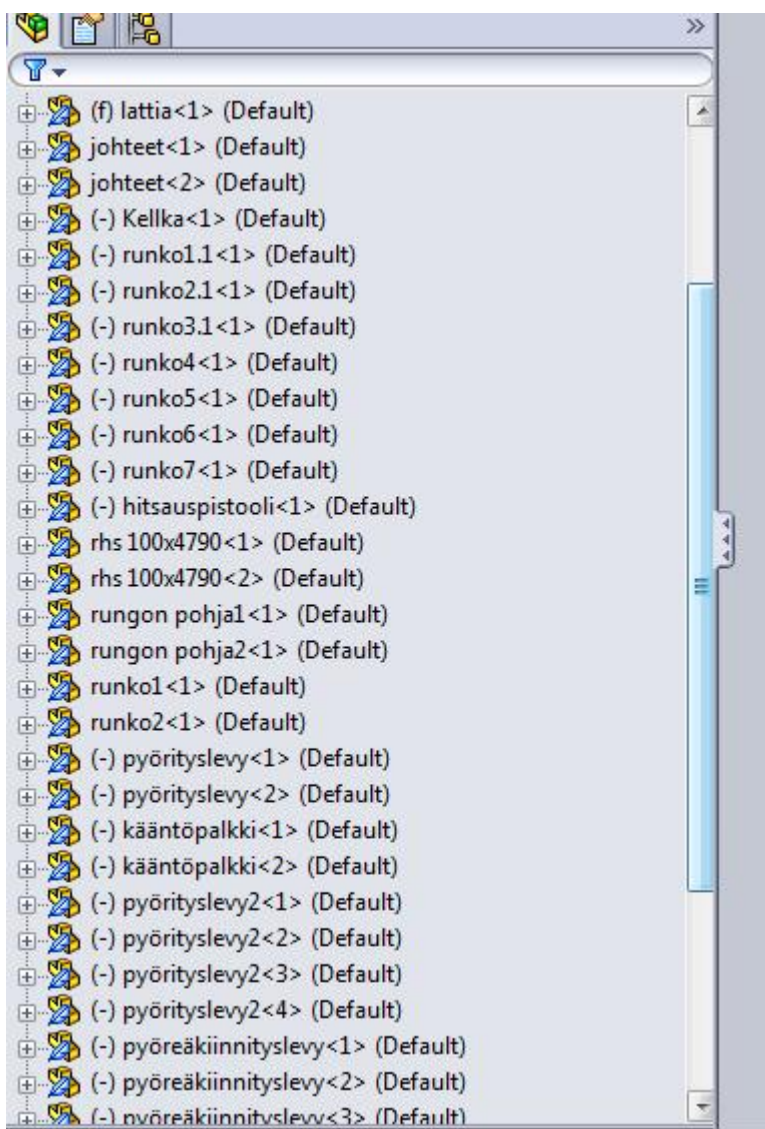
Kolmiulotteista eli 3D-suunnittelua harkittiin ja jopa kokeiltiin jo 1980-luvulla, mutta tulokset eivät olleet kannustavia. Parametric Technologya pidetään ensimmäisen parametrisen piirremallinnusohjelmiston kehittäjänä sen julkaistua vuonna 1988 Pro/ENGINEER-tuotteensa. Ensimmäinen Windows NT versio Pro/E:stä julkistettiin vuonna 1995 eli samana vuonna kuin ensimmäinen Solidworks suunnitteluohjelmisto näki päivänvalon. Solidworks herätti ihastusta erityisesti Windows-tyyppisen ja helppokäyttöisen liittymänsä vuoksi. (Hietikko 2007, 14–15.)

4.2 Parametrinen piirremallinnus

Parametrinen piirremallinnusjärjestelmä tarkoittaa tietokoneavusteista suunnitteluhjelmistoa, jolla suunniteltava kohde mallinnetaan kolmiulotteisen geometrian avulla. Kolmiulotteista tuotemallia voidaan käyttää huomattavasti tehokkaammin hyödyksi kuin kaksiulotteista. Tutkittaessa mekaanisen laitteen toimintaa voidaan kolmiulotteisessa mallissa havaita mahdolliset törmäykset eri osien välillä. Kolmiulotteisten kappaleiden avulla voidaan myös jäljittää mahdolliset kokoonpanoissa olevat virheet, jotka aiheuttaisivat osien yhteensopimattomuutta fyysisessä kokoonpanossa. Kolmiulotteisesta mallissa tehdyt muutokset päivittyvät automaattisesti kaikkiin piirustuksiin, joissa kyseinen osa esiintyy. Tämä nopeuttaa huomattavasti suunnittelutyötä, koska muutosta ei tarvitse tehdä kuin yhteen kuvaan. Kaksiulotteisessa tuotemallinnuksessa muutos täytyy tehdä kaikkiin osasta oleviin kuviin. (Hietikko 2007, 21.)

Parametrisuudella tarkoitetaan sitä, että kohteeseen kytkettyjä mittoja voidaan muuttaa missä vaiheessa tahansa siten, että kohteen geometria muuttuu vastaavasti. Tämä helpottaa suunnittelun aloitusta, koska yleensä suunnittelun alkuvaiheessa ei tiedetä kaikkia mittoja tarkasti, vaan ne tarkentuvat suunnittelun edetessä. Parametrisuus helpottaa myös muutosten tekemistä. Jos kappaleen jotakin mittaa muutetaan, ei geometriaan tarvitse kajota ollenkaan. Riittää, että muutetaan kyseistä mittalukua, jolloin siihen kytketty geometria muuttuu sekä itse kohteessa että kaikissa kokoonpanoissa. (Hietikko 2007, 21.)

Piirremallinnuksella tarkoitetaan kohteen mallin rakentamista piirteistä. Aluksi tehdään peruspiirre, johon lisäämällä uusia piirteitä saadaan aikaiseksi kohteen tarkka malli. Piirteet tulevat näkyviin itse malliin, mutta myös niin sanottuun piirrepuuhun (ks. kuvio 3.). Piirrepuusta on helppoa poimia mallin piirteet muutosten tekoa varten. Kokoonpanon piirrepuussa näkyvät kaikki kokoonpanossa käytetyt osat, osakokoonpanot, piirteet, liitännäiset ym. Käytännössä piirrepuusta löytyy kaikki yksittäistä osaa tai kokoonpanoa koskeva tieto. (Hietikko 2007, 21.)



Kuvio 3. Kokoonpanon piirrepuu

Piirrepuu on erittäin tehokas kommunikointiväline, jonka avulla tuotteen suunnitteluun osallistuvat osapuolet voivat viestittää toisilleen suunnittelun perustana olevia lähtökohtia ja faktoja. Piirrepuu kertoo tarinan tuotteen suunnittelusta. (Hietikko 2007, 23.)

Kohteesta ja kaikista siihen liittyvistä valmistettavista osista ja osakokoonpanoista voidaan suhteellisen helposti muodostaa tavalliset kaksikulotteiset valmistus- ja kokoonpanokuvat. Piirroksen projektiot koostuvat ikkunoista, joista kolmiulotteista mallia katsellaan. Jos mallia muutetaan myöhemmässä vaiheessa, päivittyvät kaikki muutokset samalla myös valmistus- ja kokoonpanopiirustuksiin. (Hietikko 2007, 23.)

Parametrisuuden myötä myös integraatio on siirtynyt aivan uudelle tasolle. Kun NC-ohjelmoinnissa muodostettavat työstöradat ja FEM-laskennassa tarvittavat elementtiverkot on kytketty piirteiden mittoihin, voidaan osien geometriassa tapahtuvat muutokset ottaa automaattisesti huomioon. Näin ylimääräisen työn osuus jää huomattavasti aikaisempaa vähäisemmäksi. (Hietikko 2007, 24.)

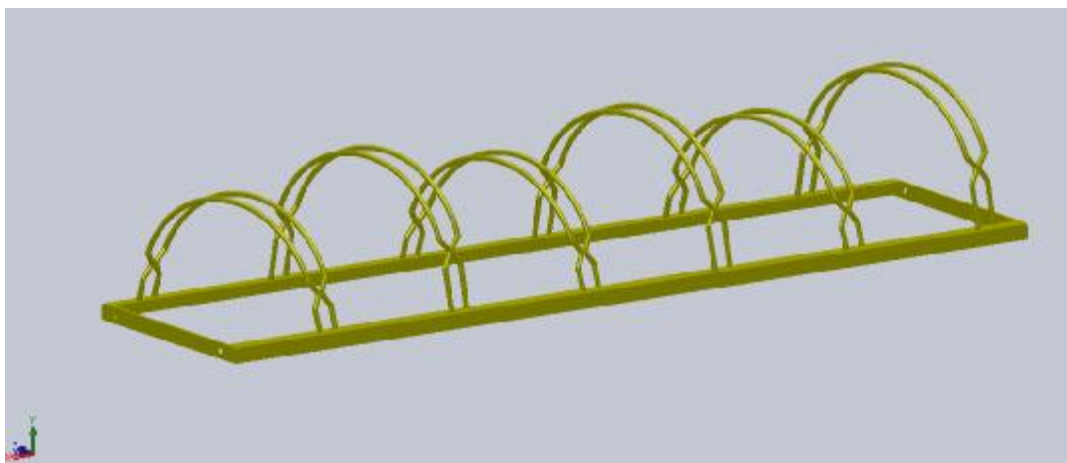
5 JIGIN SUUNNITTELU

5.1 Suunnittelun aloitus

Tehtävänä oli suunnitella jigi tuotteen kokoonpanohitsausta varten robottihitsausasemaan. Aloitin suunnittelun mallintamalla jo valmiina olevia osia, kuten polkupyöräteline, robotti ja kappaleenkääntöautomaatti. Näiden osien mallintaminen ensin auttoi suunnittelutyötä huomattavasti, koska pystyin suoraan simuloimaan uusia osia tuotantokokoonpanossa ja huomasin, tuleeko törmäyksiä osien välillä. Pääsin samalla tutustumaan Solidworks-ohjelmaan paremmin ja opettelemaan sen käyttöä ennen varsinaisen suunnittelutyön aloittamista.

5.2 Tuote

Jigissä kokoonpanohitsattava tuote on jokaisesta koulun ja kerrostalon pihasta löytyvä polkupyöräteline (ks. kuvio 4.). Polkupyöräteline koostuu neljästä eri komponentista: kulmarauta, päätylatta, korkeakaari ja matalakaari. Jigin suunnittelussa erityisesti kaaret aiheuttivat päänvaivaa. Kaarien kiinnityksen tuli olla helposti ja nopeasti avattavat. Kaarien muodosta johtuen niiden tuli olla vähintään kolmesta kohtaa kiinni jigissä, koska kaarien pituus- ja korkeusmitat saattoivat heittää muutamia millimetrejä.



Kuvio 4. Polkupyöräteline

5.3 Robottihitsausasema

Jaakko Hannula Oy:ssä toimivan robottihitsausasema (ks. kuvio 5.) on Finnrobotin valmistama. Robottihitsausasema on kasattu usean eri valmistajan tuotteista. Hitsausaseman robotti on kuusiakselinen kiertyvänivelinen Hitachi M6060 Hitachi Process Robot. Hitsauslaitteina toimii Kempin valmistama MIG/MAG kaarihitsauslaite. Finnrobot on valmistanut hitsauslaitteisiin langansyötön lisälaitteen. Tämä auttaa langansyöttöä toimimaan tasaisesti. Langansyötön lisälaitte on asennettu robotin käsivarteen. Kappaleenkäsittelylaite eli grilli on vertikaalisesti pyörivä kolmiakselinen Finnrobot AHP 150. Ohjauksena grillissä toimii Boschin CNC-Alpha-ohjaus (ks. kuvio 6.), joka toimii yhdessä Hitachin robottiohjauksen kanssa.



Kuvio 5. Robottihitsausasema



Kuvio 6. Ohjauspöydät

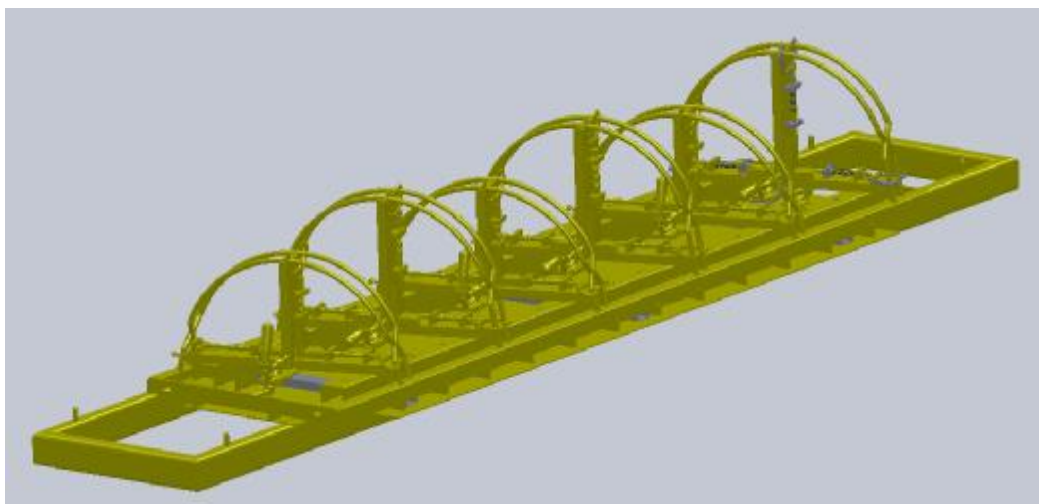
5.4 Ideointi

Varsinaisen suunnittelutyön aloitin tutustumalla jo olemassa oleviin eri tuotteiden jigeihin, joita Jaakko Hannula Oy:stä löytyi. Näistä sain heti ideoita oman jiggin suunnitteluun esimerkiksi kääntölinkkujen hyödyllisyydestä osien kiinnityksessä jigisiin. Lisäksi tutkin kappaleen kiinnitystä koskevaa kirjallisuutta.

Mallinsin ensin Solidworksillä muutamia eri vaihtoehtoja pohjaratkaisusta, jonka päälle tulisin suunnittelemaan lopullisen jiggin. Esittelin nämä ratkaisut muutamalle yrityksen työntekijälle ja kyselin parasta vaihtoehtoa, tiedustelin myös mahdollisia ideoita jiggin suunnitteluun. Keskusteluissa kävi ilmi nopeasti, että yrityksessä olevaa Wiedemann levytyökeskusta kannattaa käyttää hyödyksi. Käytettäessä ohutlevyä jiggin pohjana saadaan levytyökeskuksella tehtyä tarkkoja paikoitusreikiä erilaisille levykiinnityksille, runkoputkille ja yms. osille joita jigissä tarvittaisiin. Ohutlevyyn saadaan myös tehtyä erittäin tarkat paikoitusreiät kappaleenkääntöautomaatissa olevan rungon paikoitustapeille. Tällä varmistetaan, että jigi asettuu aina samaan paikkaan.

5.5 Valmis suunnitelma

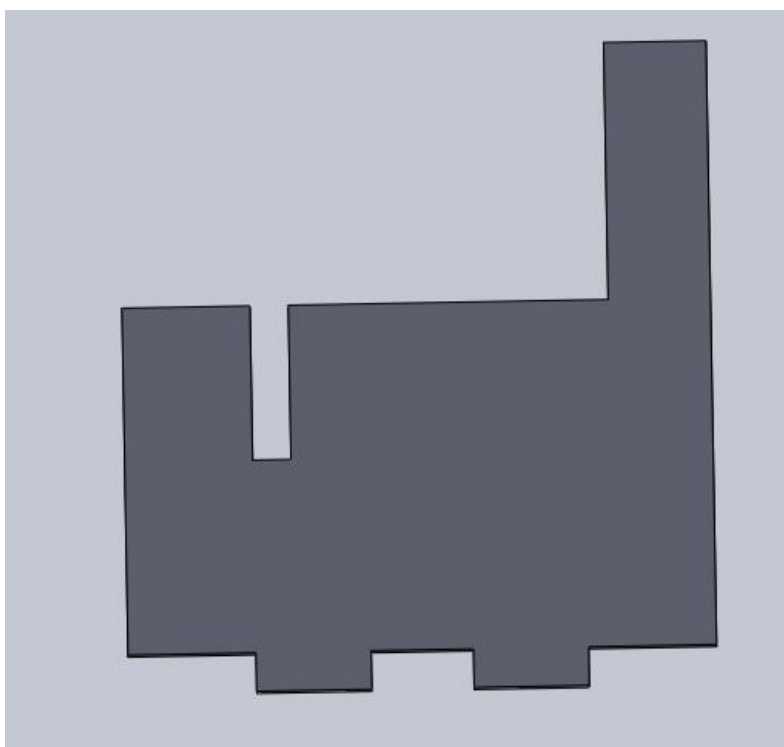
Valmiin jigimallin aikaansaamiseksi yhdistelin eri osakokoonpanot, kuten jiggin runko, kaarienpidikkeet, polkupyöräteline ja automaattisenkääntöpöydän kiinnitysrunko. Kun yhdistin osakokoonpanot, huomasin ongelmia valmiiksi hitsatun polkupyörätelineen irrotuksessa jigistä. Jouduin tekemään laskelmia ja muuttamaan niiden mukaan hieman mittoja, jotta valmis tuote saataisiin helposti pois jigistä. Tällainen suunnitelmien ja osien muuttaminen sekä simulointi ei olisi onnistunut kaksiulotteisessa ohjelmassa läheskään yhtä helposti. Nyt sain selvän käsityksen siitä, miten valmis tuote lähtisi jigistä pois teoriassa.



Kuvio 7. 3D-kuva jigistä

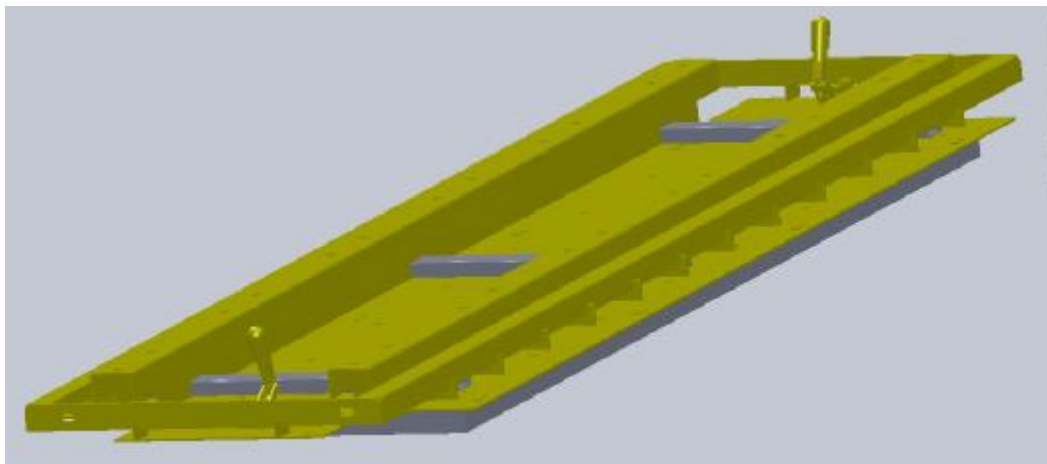
5.6 Runko

Polkupyörätelineen rungon kiinnityksestä jigiin sain idean tutkimalla yrityksessä olleita valmiita jigejä, joissa oli käytetty levytyökeskuksella tehtyjä levykiinnikkeitä. Levykiinnikkeessä on hahlo, johon lattarauta tai kulmarauta voidaan asettaa, sekä toisessa päässä on ulokkeet levykiinnikkeen (ks. kuvio 8.) paikoitukseen tarkasti pohjalevyyn.



Kuvio 8. Levykiinnike

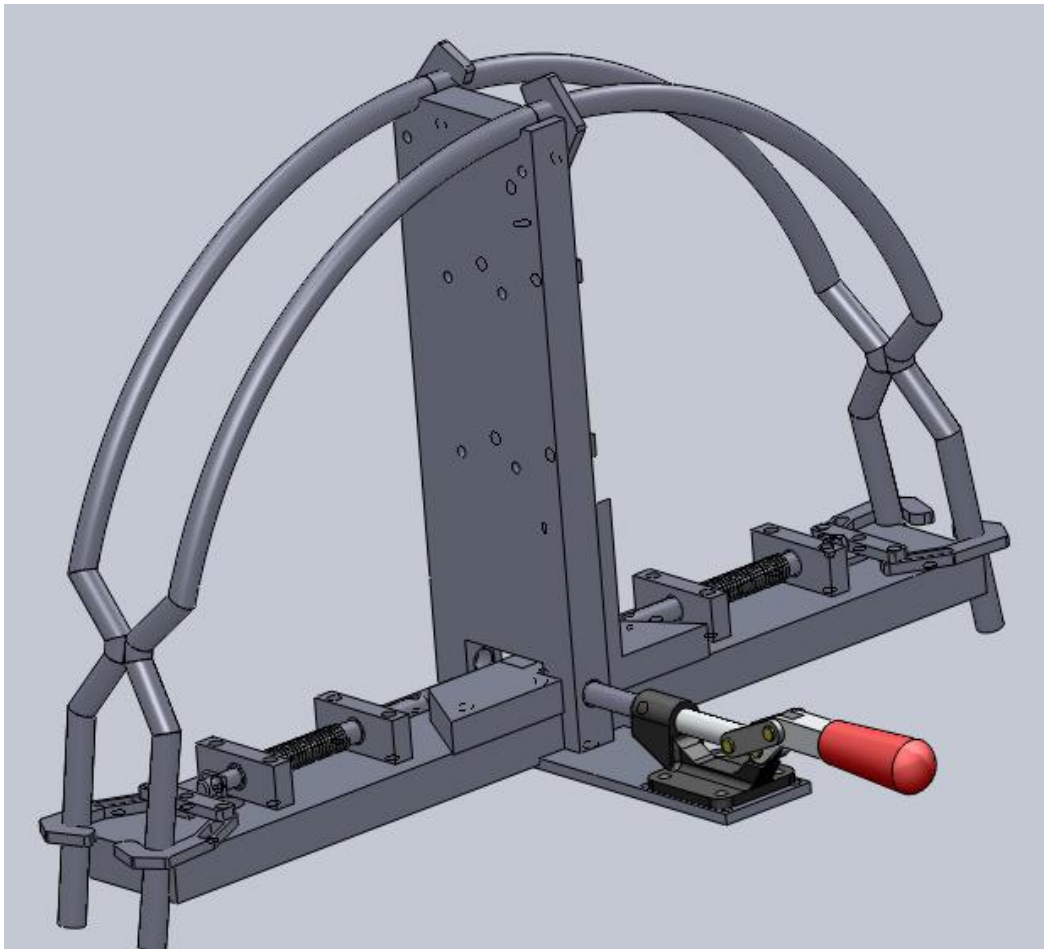
Olin päättänyt tehdä jigin rungon (ks. kuvio 9.) 3 mm:n teräslevystä. Tällaista ohutlevyä on helppo työstää levytyökeskuksella. Sain paikoitettua levykiinnikkeiden, tukiputkien ja muiden osien paikat tarkasti levyyn sopivan kokoisilla rei'illä, kun vastakappaleessa on samanmuotoinen uloke. Ohutlevy on kuitenkin liian heikko kohtisuorassa levynpintaan kohdistuville voimille. Tämä aiheuttaa levyssä taipumista. Ratkaisin ongelman lisäämällä tukiputkia levyn yläpuolelle ja alapuolelle lisäsin putkikehyksen.



Kuvio 9. 3D-kuva jigin rungosta

5.7 Kaarenpidike

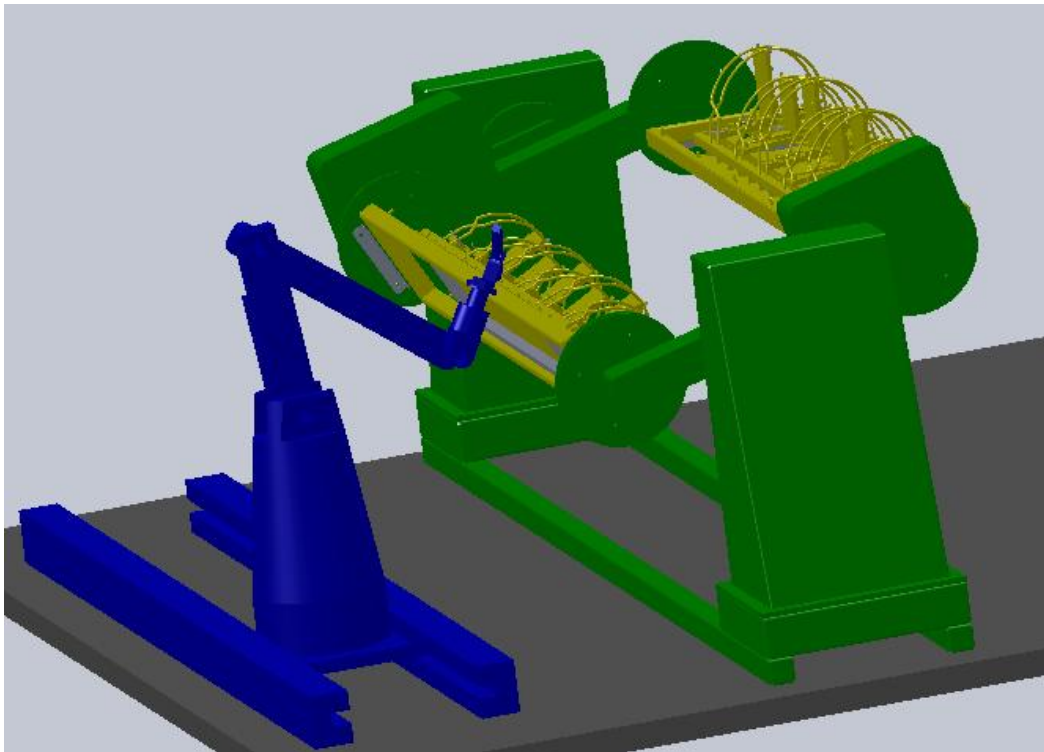
Kaarenpidike (ks. kuvio 10.) oli haastavin vaihe suunnittelussa. Pidikkeen täytyi olla vähintään kolmesta kohdasta kiinni, nopeasti kiinnitettävä ja kaarien täytyi paikoittaa millimetrin tarkasti samalle paikalle. Sain idean saksimaisesta lukituksesta tukkisaksista, joissa on samantyylinen mekanismi. Näin sain helposti lukittua kaaret kolmesta kohtaa. Vielä täytyi keksiä, miten saksit avautuisivat yhdestä kahvasta kääntäessä. Tähän ratkaisuksi kehitin kiilan. Kiila työntää kiilatappia tarpeellisen 30 millimetriä eteenpäin avatakseen saksit. Jousi palauttaa saksit takaisin kiinni asentoon. Lineaarisesti toimivat liukulaakerit estävät liiallisen kitkan muodostumista, koska kahvasta kääntäminen ei saa olla liian raskasta. Kiilatappin päässä on urakuulalaakeri, joka seuraa kiilan kiilamaista pintaa.



Kuvio 10. Kaarienpidike

5.8 Tuotantokokoonpano ja simulointi

Olin tehnyt jo suunnittelun alussa mallit robotista ja automaattisesta kääntöpöydästä. Kokosin näistä malleista todenmukaisen kokoonpanon (ks. kuvio 11.) ja liitin siihen vielä jigien. Oikeanlaisilla liittämiskomennoilla liitettyinä mallia pystyi osittain simuloimaan tietokoneella. Simuloinnissa pystyin havainnoimaan törmäävätkö kappaleet toisiinsa sekä yltääkö robotti hitsaamaan joka paikasta. Tuotantokaluston mallintamisesta on luultavasti myös jatkossa hyötyä yritykselle uusien jigien simuloinnissa.



Kuvio 11. Tuotantokokoonpano

5.9 Valmistuskuvat

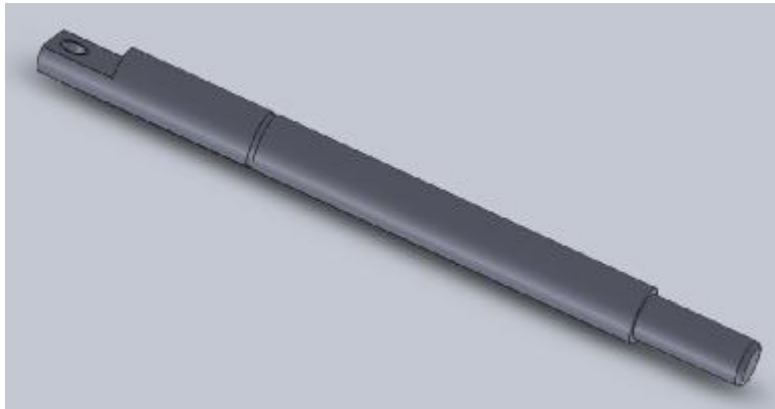
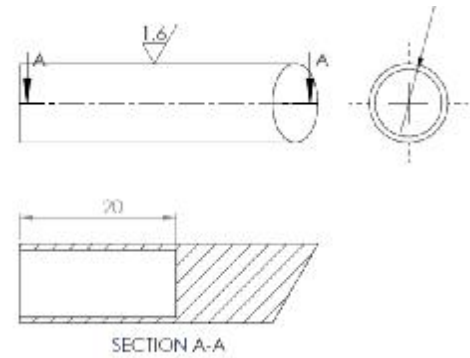
Tein kaikista jigien tulevista osista valmistuskuvat (ks. kuvio 12.) eri valmistusmenetelmille. Koneistettavat osat tilataan ulkopuoliselta toimittajalta, joten tein koneistettavista osista valmistuskuvat pdf-tiedostomuotoon. Laserleikattavat osat tilataan myös ulkopuoliselta toimittajalta. Laserleikkausyritykset käyttävät koneita, joihin voi tietokoneella ohjelmoida leikkausohjelman. Tätä kutsutaan CAD/CAM-ohjelmoinniksi. Nämä ohjelmat käyttävät dxf-tiedostomuotoa, joten tein laserleikkaukseen lähtevistä osista dxf-kuvat ja pdf-kuvat. Loput osat valmistettaisiin Jaakko Hannula Oy:ssä. Levytyökeskuksella tehtävät osat täytyi tehdä dxf-tiedostomuotoon. Tein levyosista myös pdf-kuvat, koska joissakin osissa on taivutuksia ja nämä taivutukset tehdään särmäyskoneella. Levyosien suunnittelussa täytyi käyttää sheetmetal-työkalua, jotta taivutussäteet ja -kulmat tulisivat mahdollisiksi valmistaa. Standardiosat tilattiin yrityksen käyttämältä toimittajalta. Näitä osia olivat pultit, mutterit, laakerit ja pidätinrenkaat. Tein Jigistä vielä kokoonpanokuvat pdf-muodossa, kokoonpano tehtäisiin Jaakko Hannula Oy:ssä.

5.10 Tarjouspyynnöt

Laserleikkausosista ei tarvinnut tehdä tarjouspyyntöä, koska tiesimme, ettei niiden hinta tule olemaan kovin suuri. Yritys on aikaisemmin käyttänyt luotettavaa toimittajaa, jolta osat tilaisin. Koneistusosista laitoin kahdeksaan eri paikalliseen koneistamoon tarjouspyynnön. Näistä koneistamoista kaksi vastasi tarjouksella, joista kävi selväksi koneistusosien tulevan nykyisellään liian kalliiksi. Niinpä tartuin suunnittelupöytään taas kiinni ja aloin miettiä, miten saisin osista halvempia.

5.11 Muutokset

Tutkin koneistusosia viikon verran ja selvittelin, millä asioilla on merkitystä hinnan muodostumiseen. Ensimmäisen muutoksen tein käytettäviin materiaaleihin. Jigissä on paljon 10 mm:n halkaisijalla olevia akseleita (ks. kuvio 13.), jotka liukuvat liukulaakeriholkeissa. Olin laittanut ensimmäisiin valmistuspiirustuksiin näiden akselien toleranssiksi f7. Vaihdoin tämän toleranssin laakerivalmistajan rajoissa olevaan toleranssiin h8. Uudella toleranssilla olevaa akselimateriaalia saa suoraan materiaalitoimittajilta, joten tämä muutos alentaisi hintaa huomattavasti. Seuraavan muutoksen tein myös akseleihin. Alkuperäisessä suunnitelmassa kolmessakymmenessäkuudessa eri kohtaa kaksi akselia oli peräkkäin, koska näiden välissä oli kierteet, joilla säädettäisiin akselin pituutta. Yhdistin nämä kaksi ja laitoin pituuden säädön toiseen päähän akselin kiinnityskohtaan. Tämän ansiosta akselien kappalemäärä aleni 50 prosenttia, mikä oletettavasti laskee valmistushintaa. Kolmantena muutoksena yhdistin liukulaakeripesiä yhdeksi isommaksi ahioksi, joka sahattaisiin oikeisiin mittoihinsa vasta Jaakko Hannula Oy:ssä. Lisäksi päätimme valmistaa yhden hintaa huomattavasti nostaneen osan Jaakko Hannula Oy:ssä manuaalijyrsinkoneella.



Kuvio 13. Ylimpänä kuvat kahdesta eri 10 millimetrin akselista ja alempana nämä kaksi osaa yhdistettynä ja muokattuna.

5.12 Uudet tarjouspyynnöt

Lähetin uudet tarjouspyynnöt kahteen eri koneistamoon, joista toinen vastasi tarjouksella. Tämä tarjous oli 80 prosenttia halvempi kuin halvin aikaisemmin saaduista tarjouksista. Ainoa huono puoli tarjouksessa oli toimitusajan pituus, joka oli noin kolme viikkoa. Tämä hieman hidastaisi suunniteltua aikataulua.

5.13 Kustannuslaskelmat

Laskin jigin kustannukset osto-osien tarjousten ja standardiosien toimittajien hinnoista. Lisäksi laskin valmistuskustannukset Jaakko Hannula Oy:ssä valmistettaviin osiin sekä kokoonpanoon. Koko jigin valmistuskustannusarvioksi (ks. taulukko 1.) muodostui 4913,46 euroa. Lopullinen kustannuslaskelma voidaan tehdä vasta, kun jigi on tuotantokäytössä.

TAULUKKO 1. Jigin valmistuksen kustannuslaskelma

Polkupyöränteline jigin kustannuslaskelma						
Osa	Valmistaja/ Toimittaja	Määrä	Hinta arvio/kpl	Hinta toteutunut/kpl	Hinta arvio yht.	Hinta toteutunut yht.
Pohjalevy	JH Oy	2	89,35 €		178,70 €	0,00 €
Pohjalevyn tukiranka putket	JH Oy	2	30,94 €		61,88 €	0,00 €
Tukiputket	JH Oy	6	8,25 €		49,50 €	0,00 €
Kulmarauta levykiinnike	JH Oy	50	0,45 €		22,25 €	0,00 €
Klipsin nippeli	JH Oy	36	1,77 €		63,79 €	0,00 €
Pitimen alaosa	JH Oy	12	57,12 €		685,40 €	0,00 €
Ohjauspultti M8	JH Oy	12	3,65 €		43,75 €	0,00 €
Kiilantyöntötappi	JH Oy	12	4,85 €		58,24 €	0,00 €
Päätylatta levykiinnike	JH Oy	10	1,80 €		17,96 €	0,00 €
Haka u-pelti	JH Oy	4	28,90 €		115,60 €	0,00 €
kiilan poraus ja hitsaus	JH Oy	12	2,92 €		35,00 €	0,00 €
Levyosien kokoonpanohitsaus	JH Oy	2	78,75 €		157,50 €	0,00 €
Jgin kokoonpano	JH Oy	2	280,00 €		560,00 €	0,00 €
Suunnittelu	JH Oy	1	1 500,00 €		1 500,00 €	0,00 €
Työntö linkku	Würth	16	15,90 €	15,90 €	254,40 €	254,40 €
Kuusioruuvi M8x16	Hyllyssä	16	0,03 €	0,03 €	0,50 €	0,50 €
Kuusikoloruuvi M12x100	Würth	50	0,25 €	0,25 €	12,50 €	12,50 €
Kuusiomutteri M12	Hyllyssä	24	0,04 €	0,04 €	1,04 €	1,04 €
Kuusiomutteri M5	Hyllyssä	64	0,01 €	0,01 €	0,34 €	0,34 €
Kuusioruuvi M5x16	Hyllyssä	64	0,03 €	0,03 €	1,93 €	1,93 €
Laserleikkaus osat	Aimo Virtanen Oy	1	157,00 €	157,00 €	157,00 €	157,00 €
alihankinta koneistusosat	koneistamo	1	780,00 €		780,00 €	0,00 €
Liukulaakeri holkki 10x12x10	INA EGB1010-E40	96	0,40 €	0,40 €	38,40 €	38,40 €
Urakuulalaakeri 625-2Z	Würth	36	2,70 €	2,70 €	97,20 €	97,20 €
Kuusioruuvi M6x30	Hyllyssä	144	0,02 €	0,02 €	2,94 €	2,94 €
Kuusioruuvi M6x30 vajaa kierre	Hyllyssä	72	0,02 €	0,02 €	1,47 €	1,47 €
Kuusioruuvi M6x10	Hyllyssä	36	0,01 €	0,01 €	0,51 €	0,51 €
Kuusioruuvi M8x16	Hyllyssä	24	0,03 €	0,03 €	0,75 €	0,75 €
Kuusioruuvi M5x10	Hyllyssä	36	0,03 €	0,03 €	1,01 €	1,01 €
Kuusiomutteri M8	Hyllyssä	36	0,03 €	0,03 €	0,99 €	0,99 €
Pidätinrenkas akseli 10mm	Hyllyssä	36	0,10 €	0,10 €	3,60 €	3,60 €
Jbusi 12x60x1,0	Würth	36	0,15 €	0,15 €	5,40 €	5,40 €
Aluslaatta M10	Hyllyssä	72	0,02 €	0,02 €	1,30 €	1,30 €
Aluslaatta M8	Hyllyssä	76	0,01 €	0,01 €	0,69 €	0,69 €
Aluslaatta M6	Hyllyssä	252	0,01 €	0,01 €	1,46 €	1,46 €
Aluslaatta M5	Hyllyssä	164	0,00 €	0,00 €	0,48 €	0,48 €
		Yht.			4 913,46 €	583,90 €

6 POHDINTA

Tuotannollisten kiireiden takia jigä ei ole vielä saatu tuotannon käyttöön kirjoittaessani tätä raporttia, joten tulokset tarkastellaan suunnittelun pohjalta.

Työn tuloksena olivat hitsausjigin valmistuspiirustukset, joiden mukaan jigi tul-
laan valmistamaan. Jigin toiminta on simuloitu kolmiulotteisessa mallissa, jo-
ten laitteen toimivuus peruseriaatteeltaan tulisi toimia. Käytännössä, kun jigi
otetaan käyttöön, tulee siihen varmasti muutoksia ja parannuksia ajan myötä.
Suurimmat ongelmat tulevat varmasti olemaan liikkuvien osien toiminnassa,

koska näiden osien toleransseissa ja osien yhteensopivuudessa on varmasti vielä hienosäätöä.

Mielestäni onnistuin luomaan toimivan suunnitelman jigistä, joka toimi ainakin simuloinnissa. Sain paljon kokemusta suunnittelijan työstä, jota mahdollisesti tulen työelämässä tekemään. Työssä pääsin tutustumaan myös Solidworks-suunnitteluohjelmistoon perinpohjaisesti. Vaikeinta työssä mielestäni oli uuden luominen ja epävarmuus uuden idean toiminnasta.

LÄHTEET

Aaltonen, K. Andersson, P. Kauppinen, V. 1997. Levytyö- ja työvälinetekniikat. Porvoo: WSOY.

Hietikko, E. 2007. Solidworks - tietokoneavusteinen suunnittelu. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu,.

Kuivanen, R. 1999. Robotiikka. Helsinki: Talentum Oyj.

Litzenberger, G. 2010. Suomen teollisuusrobottitilastot 2009. Suomen Robotiikkayhdistys Ry. Viitattu 28.2.2011

http://www.roboyhd.fi/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=55&Itemid=66.

Lukkari, J. 2002. Hitsaustekniikka: perusteet ja kaarihitsaus. Helsinki: Opetushallitus.

Malm, T. 2008. Vuorovaikutteisen robotiikan turvallisuus. Helsinki: Suomen Robotiikkayhdistys Ry.

MIG/MAG. 2009. Wear Management. Viitattu 28.2.2011. http://www.wear-management.ch/?path=root+maintenance_welding+migmag&lang=en.