



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ville Autio

MÄNNÄNRENGASPIHTIEN MODIFIOINTI

Tekniikka ja liikenne
2014

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Ville Autio
Opinnäytetyön nimi	Männänrengaspihtien modifiointi
Vuosi	2014
Kieli	suomi
Sivumäärä	60 + 3 liitettä
Ohjaaja	Matti Makkonen

Opinnäytetyön tarkoituksena oli modifioida kolmet olemassa olevat männänrengaspihdit Wärtsilän moottoreille. Pihdit olivat W20- moottorille, W46- moottorille ja yhdet, jotka sopivat W32- ja W34- moottorille. Pihdeille on tarkoitus kehittää kustannustehokkaammat ja nopeasti kokoonpantavat ratkaisut. Lisäksi W32- ja W34- pihtien tulisi toimia myös uudelle Wärtsilän W600- moottorille. Työ tehtiin Tarkmetille, joka toimittaa kyseisiä pihtejä Wärtsilälle huoltotyökalusetien mukana.

Työ aloitettiin tutustumalla tuotteen järjestelmälliseen kehitykseen, jota sovellettiin pihtien kehittämisessä. Jokainen pihti kävi läpi tuotekehityskaaren ja lopputuloksena saatiin uudet ratkaisut pihdeille, joista tehtiin 3D- mallit, piirustukset ja prototyypit.

Pihtiä suunniteltaessa oli otettava huomioon asiakkaan esittämät toiveet ja vaatimukset sekä pidettävä mielessä kustannustehokas valmistus ja helppo ja yksinkertainen kokoonpanorakenne.

W32-, W34- ja W600- pihdeistä prototyypit ehdittiin valmistaa ja testata ja ne toimivat hyvin pienten muutosten jälkeen.

Avainsanat suunnittelu, mallinnus, männänrengaspihdit, SolidWorks

Mechanical and production engineering

ABSTRACT

Author	Ville Autio
Title	Modifications of piston ring pliers
Year	2014
Language	Finnish
Pages	60 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Matti Makkonen

The purpose of thesis was to modify three types of existing piston ring pliers for Wärtsilä motors. The pliers fit on W20- motor, W46- motor and one plier which fit on W32- and W34- motors. The purpose was to find a cheaper and simpler construction for all pliers. Especially, solutions were looked for which do not need machining so much. Additionally, W32- and W34- pliers have to fit the new W600- motors too.

The thesis was started by studying the systematic product development and adapts it to all pliers. All three pliers went through the product development system and at the end of the project, the prototypes of pliers could be made.

The prototypes of W32-, W34- and W600- pliers have been made and they worked well but two other pliers did not make it to the test phase because of the schedule. The 3D- models and drawings were done so Tarkmet can do the prototypes when they have time for that.

Keywords Designing, modeling, piston ring pliers, SolidWorks

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	6
2	YRITYSESITTELY	7
	2.1 Tarkmet ja sen palvelut.....	7
	2.2 Historia.....	7
3	MÄNNÄNRENGASPIHDIT	9
	3.1 Yleisesti.....	9
	3.1.1 Tarkoitus	10
	3.1.2 Käyttöperiaate	10
	3.2 W32-, W34- ja W600- moottorin pihdit	11
	3.3 W46- moottorin pihdit	12
	3.4 W20- moottorin pihdit	12
4	TUOTTEEN JÄRJESTELMÄLLINEN KEHITTÄMINEN	14
	4.1 Työn asettelu.....	15
	4.2 Ideointi	17
	4.2.1 Vaikutusperiaatteiden haku.....	18
	4.2.2 Vaikutusperiaatteiden yhdistely ja luonnostelu	19
	4.3 Kehittely.....	19
	4.3.1 Rakennemuotoilu	20
	4.3.2 Arviointi	21
	4.4 Viimeistely.....	21
5	TYÖN ASETTELU	22
	5.1 Lähtötilanne	22
	5.2 Työn päämäärä.....	22
	5.3 Aikaisempi valmistus ja sen kehittäminen.....	22
	5.3.1 W30- pihdit	22
	5.3.2 W46- pihdit	23
	5.3.3 W20- pihdit	24
6	LUONNOSTELU	27

6.1	W30- pihdit	27
6.1.1	Leuat.....	27
6.1.2	Liitinkappale, vastinkappale ja vääntiö.....	29
6.2	W46- pihdit	32
6.2.1	Leuat.....	32
6.2.2	Liitinkappale, vastinkappale ja vääntiö.....	33
6.3	W20- pihdit	34
6.3.1	Pihti vanhoilla leuoilla	35
6.3.2	Pihti yksinkertaisemmalla leualla	37
6.3.3	Päätös jatkokehittelystä.....	38
7	KEHITTELY	40
7.1	Ohjelmisto.....	40
7.2	Mallinnus	40
7.2.1	W30- pihdit	41
7.2.2	W46- pihdit	48
7.2.3	W20- pihdit	50
7.3	Materiaalin valinta	53
7.4	Osto-osat	54
7.4.1	W30- pihdit	54
7.4.2	W46- pihdit	54
7.4.3	W20- pihdit	55
8	VIIMEISTELY	56
8.1	Valmistusmenetelmät.....	56
8.1.1	Vesileikkaus	56
8.2	Kokoonpano, piirustukset ja testaus	56
8.2.1	W30- pihdit	56
8.2.2	W46- pihdit	58
8.2.3	W20- pihdit	58
9	YHTEENVETO	59
	LÄHTEET.....	60
	LIITTEET	

KUVALUETTELO

Kuva 1. Wärtsilän W20- moottorin männänrenkas.....	9
Kuva 2. Männänrengaspihtien käyttö.....	10
Kuva 3. Männänrenkaan poisto.....	11
Kuva 4. W30- moottorin männänrengaspihtien 3D- malli.....	12
Kuva 5. W20- männänrengaspihdit.....	13
Kuva 6. Tuotteen järjestelmällinen suunnittelu (Pahl, 1988, 47).....	15
Kuva 7. Vaikutusperiaatteiden yhdistäminen (Pahl, 1988, 130).....	19
Kuva 8. Männänrengaspihtien osat.....	23
Kuva 9. W20- pihdit toiminnassa.....	25
Kuva 10. W20- pihtien toiminto.....	26
Kuva 11. Leuan rakenne.....	27
Kuva 12. W30- pihdin leuan toiminnalliset mitat.....	29
Kuva 13. Halderin standardoitu kahva.....	30
Kuva 14. Hoffmann Groupin hylsyavain T-kahvalla.....	31
Kuva 15. W46- pihdinleuka.....	33
Kuva 16. DIN / ISO 5254 A- lukkorengaspihdit.....	35
Kuva 17. W20- männänrengaspihtien ideointi 1.....	37
Kuva 18. W20- männänrengaspihtien ideointi 2.....	38
Kuva 19. W30- pihdin runkokappaleen 2D- sketch.....	41
Kuva 20. W30- pihdin leuan runkokappale.....	42
Kuva 21. W30- moottorin pihdin leuan keskilevyn 2D- sketch.....	43
Kuva 22. W30- pihtien ohjauslevyn 2D- sketch.....	44
Kuva 23. W30- moottorin pihtien leuan kokoonpano.....	45
Kuva 24. Vanha ja uusi liitinkappale.....	46
Kuva 25. Vanha ja uusi vastinkappale.....	47
Kuva 26. W46- pihtien leuan kokoonpano.....	49
Kuva 27. W20- pihtien kehittäminen.....	51
Kuva 28. Kiinnitysmenetelmä.....	52
Kuva 29. W30- jigi reikien poraukselle.....	57

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

3D	Three-dimensional, kolmiulotteinen
W20	Wärtsilän moottorityyppi, männän halkaisija 200 mm
W46	Wärtsilän moottorityyppi, männän halkaisija 460 mm
W30	Tässä työssä käytetty lyhenteenä männänrengaspihdeille, jotka toimivat W32-, W34- ja W600 Wärtsilän moottorille
SolidWorks	3D- suunnitteluohjelmisto
Sketch	3D- suunnittelussa käytettävä 2D- kuva

LIITELUETTELO

LIITE 1. W30- männänrengaspihtien kokoonpanopiirustus

LIITE 2. W46- männänrengaspihtien kokoonpanopiirustus

LIITE 3. W20- männänrengaspihtien kokoonpanopiirustus

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on modifioida Tarkmetille kolmea erilaista männänrenkaspähtä, jotka sopivat Wärtsilän moottoreihin. Jo olemassa olevia männänrenkaspähtejä on tarkoitus muuttaa kustannustehokkaammiksi unohtamatta käyttökäytävällisyyttä. Työssä täytyy miettiä materiaalivalintoja, helpompia valmistusratkaisuja ja kustannusarvioita.

Männänrenkaspähtejä käytetään Wärtsilän moottorien huoltotoimenpiteissä, jossa vanhat männänrenkaat vaihdetaan uusiin. Moottorityypit, johon männänrenkaspähtien tulisi sopia, ovat W46- moottori, W20- moottori sekä yhden pähdin, jotka sopivat W32-, W34- ja W600- moottorille.

Tarkmet toimittaa Wärtsilälle moottorin työkalusettejä huoltoa varten. Männänrenkaspähdin ovat osa tällaista settiä. Tavoitteena on saada aikaan 3D- kuvat ja piirustukset sekä toimivat prototyypit jokaisesta pähdistä, jonka jälkeen voisi siirtyä sarjatuotantoon.

2 YRITYSESITTELY

2.1 Tarkmet ja sen palvelut

Tarkmet on konepaja, joka sijaitsee Vaasan Vetokannaksella. Sen palveluihin kuuluu koneistukset, lasermerkkaukset, järjestelmätoimitukset ja jäljitettävyykkoodit.

Järjestelmätoimituksissa Tarkmet hoitaa koko palveluketjun alusta loppuun, joihin kuuluu ostot, koneistukset, kokoonpanot, testaukset ja logistiikka. Palvelu toimii ”avaimet käteen” -periaatteella asiakkaalle.

Koneistus on keskittynyt erityisesti vaativiin piensarjatuotantoihin, mutta myös suuria sarjoja tehdään. Erityisosaamista ovat huoltotöiden varaosat ja modifioinnit, prototyypit sekä kokoonpanon ja koneistuksen erikoistyökalut ja koneet.

Yritys tarjoaa myös lasermerkkausta. Lasermerkkauksella voidaan osiin kaivertaa mm. logoja, viivakoodeja, numerosarjoja ja piirustuskuvia. Lasermerkkaus tarjoaa kestäväää ja selvää merkintää, jonka avulla voidaan jokainen osa yksilöidä. Yksilöinti on tärkeää, jotta yritys tietää jokaisen tekemänsä osan sen hetkisen paikan esimerkiksi kotiinkutsua varten. Laserilla voi merkitä mm. metallia, puuta, nahkaa, kumia ja akryylyä.

2.2 Historia

Tarkmet perustettiin vuonna 1999 ja sen toimitilat sijaitsivat Mustasaaren Lintuvuoressa. Vuonna 2001 Tarkmet investoi uusiin Hyundai Hit- ja Bridgeport- koneisiin.

Vuonna 2004 Tarkmet muutti Lintuvuoresta nykyisiin tiloihinsa Vetokannaksen Pukinkulmaan.

Vuonna 2007 Tarkmet ja Veslatec yhdistyivät, mutta erkanivat pian jo vuonna 2010.

Tarkmet investoi 2011 Trumpf- lasermerkintäkoneeseen ja TM CODE – jäljitettävyysspalvelu aloitettiin 2012. TM CODE – palvelu avulla tuotteet voidaan yksilöidä. Tuotteen yksilöinti helpottaa kotiinkutsua ja huoltoa.

3 MÄNNÄNRENGASPIHDIT

3.1 Yleisesti

Männänrenkaat sijaitsevat moottorissa nimensä mukaan männän ympärillä olevissa hahloissa. Niiden tarkoitus on tiivistää palotila kampikammioista ja edistää lämmön johtumista männästä sylinterin seiniin. Männänrenkas ei ole yhtenäinen rengas vaan se on poikki yhdestä kohtaan siten, että kun rengas on puristettu kaasaan vastaa se männän halkaisijaa. Männänrenkas pyrkii avautumaan männän hahlossa, jolloin se tiivistää sylinterin seinämää. Männänrenkas (**Kuva 1.**) ei kuitenkaan avaudu niin paljon, että sen saisi pujotettua pois männän ympäriltä. Sen takia männänrengasta täytyy avata käsin tai jollain työkalulla enemmän.



Kuva 1. Wärtsilän W20- moottorin männänrenkas.

Männänrenkaat ovat kuluvia osia, joten vaihto on välttämätön tietyn väliajoin, jotta moottori pysyisi hyvässä kunnossa. Pienien moottorien, kuten moottoripyörien, männänrenkaat pystytään avaamaan käsin, mutta isompien moottorien männänrenkaat vaativat apuvälineitä asennuksessa.

3.1.1 Tarkoitus

Männänrenkaspihdit on osa työkalusettiä, joka toimitetaan Wärtsilän moottorin mukana ja ne on kehitetty helpottamaan männänrenkaiden vaihtoa. Niiden käytöllä varmistetaan männänrenkaiden turvallinen poisto ja asennus ilman, että rengas vioittuu. Männänrenkaat vaihdetaan yleensä noin joka kolmas vuosi. Wärtsilän moottorien männänrenkaat ovat niin järeät, että vaihtaminen käsin ei onnistu.

3.1.2 Käyttöperiaate

Ennen männänrenkaiden poistoa pihdit avataan. Sen jälkeen pihtien leuat asetetaan männänrenkaiden hahloon siten, että leuat ovat renkaiden päissä (**Kuva 2.**). Kun kampea kierretään (tai W20-pihdeissä puristetaan), leuat avaavat männänrenkaita, jolloin sen halkaisija kasvaa. Leukoja avataan niin kauan, kunnes renkaiden halkaisija on suurempi kuin männän, jolloin männänrenkaat voidaan nostaa pois männän ympäriltä (**Kuva 3.**). Asentaminen toimii samalla periaatteella. Kuvissa irrotetaan männänrenkas W32 – moottorin männästä, mutta jokainen pihti toimii samalla periaatteella.



Kuva 2. Männänrenkaspihdien käyttö.



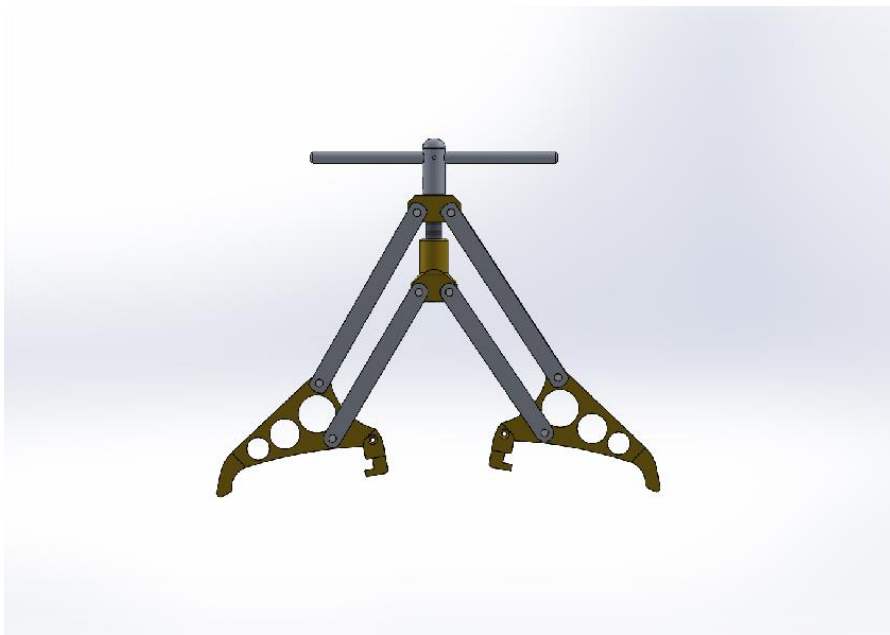
Kuva 3. Männänrenkaan poisto.

Pihtejä suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon, että käyttäjä ei voi avata pihtejä liikaa, jolloin renkaitten halkaisija kasvaa niin suureksi, että rengas hajoaa. Leuoissa täytyy olla myös hahlo, johon männänrenkas asettuu hyvin, ettei rengas irtoa leuoista kesken asennuksen ja aiheuta vaaratilannetta.

Pihdeillä männänrenkaitten asennus ja poisto on nopeaa, helppoa sekä turvallista.

3.2 W32-, W34- ja W600- moottorin pihdit

W32- ja W34-moottorit saavat mallimerkintänsä niiden männän halkaisijasta senttimetreinä. W600- moottori saa nimityksen sen yhden sylinterin antamasta tehosta kilowatteina ja sen männänhalkaisija on 310 mm. Pihdit koostuvat leuoista, kahden pituisista varsista sekä kammesta (**Kuva 4.**). Kammen ollessa kierrettynä täysin auki, saadaan leuat asetettua männänrenkaiden hahloon (**Kuva 2.**). Tarkoituksena olisi saada aikaan pihdit, jotka toimivat näissä jokaisissa moottorimalleissa. Tässä työssä käytetään näille pihdeille lyhennettä W30.



Kuva 4. W30- moottorin männänrenkaspihtien 3D- malli.

3.3 W46- moottorin pihdit

W46-moottori (tunnettiin aiemmin myös nimellä Wärtsilä Vasa 46) saa mallimerkintänsä sen männän halkaisijasta senttimetreinä. Se on periaatteeltaan samanlainen kuin W32-, W34- ja W600- moottoreissa käytettävät männänrenkaspihdit, mutta isommassa muodossa.

3.4 W20- moottorin pihdit

W20-moottorin pihdit toimivat samalla periaatteella, mutta kammet puristetaan yhteen pyörittämisen sijaan (**Kuva 5**). Tämän pihdin mekanismi on hieman erilainen, mutta käyttö vastaa W30- pihtejä.

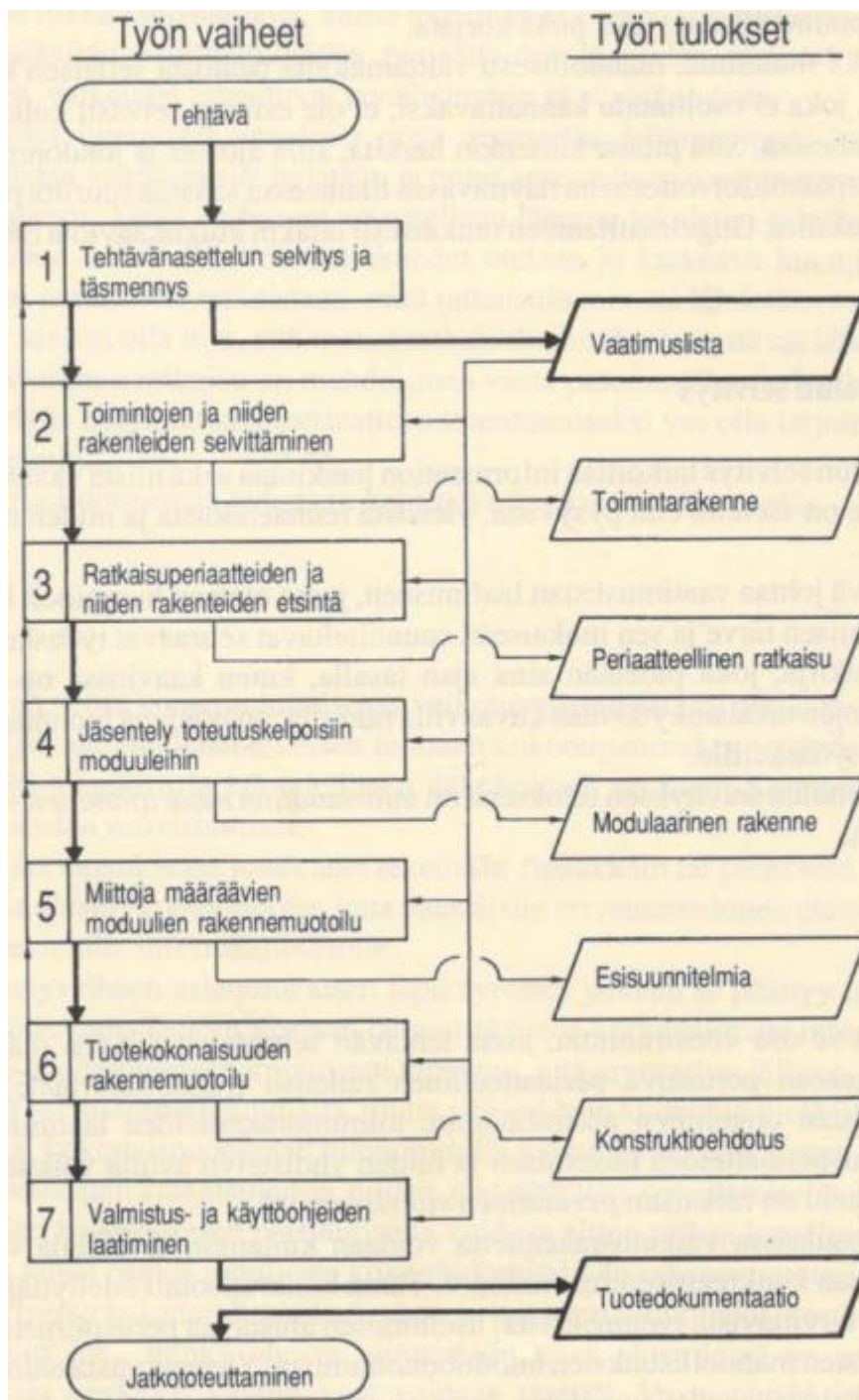


Kuva 5. W20- männänrengaspihdit.

4 TUOTTEEN JÄRJESTELMÄLLINEN KEHITTÄMINEN

Tässä osiossa kerrotaan yleisesti tuotteen kehityskaaresta. Tuotteen kehittäminen järjestelmällisesti toimii vaiheittain ja jokaisen vaiheen jälkeen syntyy jokin työn tulos. Kuvasta 6 käy ilmi suunnittelun päätyövaiheet ja mitä näiden työvaiheiden tuloksina tulisi syntyä.

Järjestelmällisessä kehityksessä tulee olla kriittinen jokaisen työvaiheen jälkeen, koska jokaista työvaihetta seuraa päätöksenteko. Päätöksenteossa otetaan kantaa, täyttävätkö sen hetkinen tuote sen hetkiset vaatimukset. Jos koetaan, että tuotetta voi tai pitää parantaa, siirrytään taaksepäin yksi vaihe, jonka jälkeen tehdään taas päätöksenteko. Koko prosessin aikana voidaan siis kehitellä monia erilaisia ratkaisuja, mutta viimeiseksi jää toimivan ratkaisu. Kehittäminen painottuu siis siihen, että jokainen työvaihe pyritään toteuttamaan täydellisesti. Tuotetta on helpompi kehittää vaiheittain kuin kokonaisuutta kerralla miettien.



Kuva 6. Tuotteen järjestelmällinen suunnittelu (Pahl, 1988, 47).

4.1 Työn asettelu

Työn asettelussa analysoidaan koko työtä yleisesti, asetetaan lähtötilanne sekä tarkka päämäärä. Työn asettelu tarkoittaa kokonaisvaltaisesti kartoittamista projektin osa-alueita ja asettaa rajaukset. Kun olemassa on jo tuote, jota on tarkoitus ke-

hittää, myös aikaisempi valmistusmenetelmä tutkitaan. Asetteluvaiheessa tulisi siis tulla jo karkeasti selville, mitkä osa-alueet tuotteesta eritoten vaatii kehittämistä.

Työn asettelussa hankintaan tietoa tuotteen vaatimuksista, jotka sille on asetettu. Tämä johtaa vaatimuslistan laatimiseen, josta tulee ilmi kehittämistä vaativat osa-alueet. Tätä asiakirjaa pidetään aina ajan tasalla, koska se on pohja luonnostelulle sekä seuraaville työaskeleille. Lyhyesti työn asettelun selvityksen tuloksena on informaation määrittäminen vaatimuslistan muodossa (Pahl & Beitz, 1988, 48).

Ennen varsinaista tuotekehitysprosessia pitää olla olemassa tuoteidea, jolle etsitään teknillisesti ja taloudellisesti suotuisia ratkaisuja. Tätä tietoa ei luonnollisesti tarvitse, jos asiakas on tehnyt suoran tilauksen. Tuotteen uudelleen suunnittelun laukaisee yleensä jokin impulssi. Näitä impulsseja voi olla monenlaisia. Ympäristöimpulsseja voi olla esimerkiksi jonkin raaka-aineen huomattava hinnanmuutos (suuntaan tai toiseen) tai uuden teknologian syntyminen, jota tuotteen valmistamisessa on järkevää käyttää. Impulssi voi tulla myös yrityksen sisäisesti, jolloin se voi olla vaikka työntekijän uusi idea tai uusien valmistusmenetelmien käyttöönotto. Impulssi voi tulla myös suoraan asiakkaalta (Pahl, 1988, 54–56).

Jos tuote on olemassa, eli tarkoituksena kehittää sitä, on syytä kartoittaa aikaisemmat valmistustavat. Täytyy miettiä, vaihdetaanko nykyinen toiminto kokonaan vai täydennetäänkö vain vanhaa. Esimerkiksi onko nykyisen tuotteen muoto, koko, ergonomia yms. ”täydellisiä” vai täytyykö näitä osa-alueita kehittää, jos täytyy niin mitä ja miten. Kaikki nämä asiat lisätään karkeaan vaatimuslistaan.

Kokonaisvaltaisesti työn asettelussa annetaan työkalut ja päämäärät luonnosteluun sekä myöhempiin työvaiheisiin. Ilman työn asettelua ei tiedossa olisi työn päämäärää tai sen rajauksia eikä mahdollisia aikaisempia valmistusmenetelmiä. Työn asettelu kannattaa tehdä huolella, jotta työ etenisi mahdollisimman hyvin aikataulussa ja suunnitelmien mukaan. Odottamattomia ongelmia tulee aina vastaan ja sen takia myös riskien kartoittaminen on tärkeää.

4.2 Ideointi

Työn asettelua seuraa ideointi- eli luonnosteluvaihe.

Ideointivaiheessa otetaan esiin työ asettelussa tehty vaatimuslista ja tarkastellaan sitä. Vaatimuslistasta tarkistetaan ennen työn aloittamista seuraavat seikat:

- Onko tietoa tarpeeksi kehittämisen aloittamiseksi?
- Tarkastetaan karkeasti, onko asetettu tavoite saavutettavissa.
- Onko ideointivaihe välttämätön vai voiko työn asettelussa selvitettyä ratkaisua (vaatimuslista) käyttää suoraa työn pohjana?
- Mihin osa-alueisiin ideointivaiheessa on syytä eritoten keskittyä?

Ideointivaihe sisältää alavaiheita. Ensimmäinen vaihe liittyy jo selvillä olevaan informaatioon, joka on käytännössä jo edellä mainittua vaatimuslistan tarkistusta. Vaatimuslistan hyväksymisen käynnistää määrittelyvaiheen, jossa mietitään kokonaisvaltaisesti tuotteen toimintaa ottamatta kantaa yksityiskohtaisiin toimintoihin eli abstrahoidaan. Männenrengaspihtien abstrahoinnissa siis mietittäisiin päämäärää eli männenrenkaiden turvallista poistoa. Abstrahoinnissa pyritään miettimään ilman ennakkoluuloja ja tottumuksia käyttäen hyväksi laadittua vaatimuslistaa. Tuloksena syntyy jonkinlainen kuva tulevan tuotteen toimintaperiaatteesta ilman, että on mietitty miten ne toteutetaan (Pahl, 1988, 71–74).

Määrittelyvaiheeseen kuuluu myös abstrahoinnissa luodun ongelman toimintorakenteen esittäminen. Abstrahoinnissa männenrengaspihdeille olisi määritetty toiminto, minkä se tulisi saada aikaa, mutta ongelmana olisi, miten se toteutetaan. Jos tarkoituksena on kehittää aikaisempaa tuotetta, mietitään, onko tuotteen toimintorakenne toimiva vai vaatiiko se kehittämistä. Toimintorakenteen päätöksen jälkeen tuote jaetaan osatoimintoihin (Pahl, 1988, 81).

Osatoiminnot ovat tuotteen pieniä tärkeitä yksityiskohtia, jotka edistävät tuotteen toimintorakenteen toimimista. Kun toimintorakenne on jäsennelty, on helppo miettiä, mitkä osatoiminnot vaativat kehittelyä. Jokaista osatoimintoa mietitään erikseen sillä ajatuksella, että se sen toiminto edistää edelleen toimintorakenteen

periaatetta. Osatoimintojen yhdistäminen on mahdollista sillä tavoin, että yhdistetty osatoiminto täyttää kaksi tai enemmän vaatimuslistan vaatimaa kriteeriä.

Kun tuoteidea on abstrahoitu ja jaettu osatoimintoihin, alkaa luomisvaihe. Luomisvaiheessa hankitaan tietoa mahdollisista tavoista, kuinka osatoiminnot voisi toteuttaa. Tätä kutsutaan vaikutusperiaatteiden hauksi. Vaikutusperiaate sisältää toiminnon toteuttamista varten tarpeelliset ominaispiirteet eli tutkitaan yksityiskohtaisemmin, kuinka osatoiminto voisi toimia käytännössä.

4.2.1 Vaikutusperiaatteiden haku

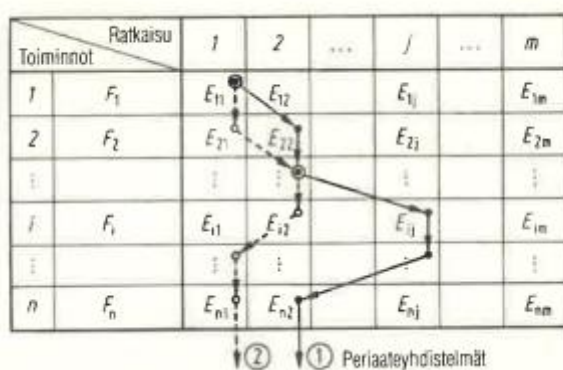
Vaikutusperiaatteiden hakumenetelmiä on erilaisia. Tavanomaisiin menetelmiin kuuluu mm. tiedon hankinta kirjallisuudesta tai luonnon järjestelmistä. Näissä menetelmissä yleisesti tutkitaan jo olemassa olevaa tietoa ja käytetään sitä hyväksi (Pahl, 1988, 99).

Toinen menetelmä on intuitiivisesti painotetut menetelmät. Tässä menetelmässä etsitään ratkaisua nimensä mukaisesti intuitiivisesti eli ratkaisua pyritään hakemaan oivalluksena tai hyvänä ideana. Siinä ratkaisu ikään kuin putoaa tajuntaan, ilman että sen alkuperää voi jäljittää. Tämä menetelmä on melko epävarma, koska oikea oivallus ei tule oikeaan aikaan, sillä sitä ei voi pakottaa. Tässä menetelmässä omat tottumukset ja lukkiutuneet mielikuvat pitäisi pyrkiä avaamaan, koska ne rajoittavat syntyvien ideoiden määrää. Ideoiden syntymisen edesauttamiseen on silti olemassa erilaisia metodeja. Aivoriihi, metodi 635 ja galleriametodi ovat yksiä yleisimpiä metodeita (Pahl, 1988, 103–106).

Kolmas menetelmä on diskursiivisesti painottuvat metodit. Tässä menetelmässä ratkaisua haetaan etenemällä tarkoituksellisesti pienillä askelilla, joihin voidaan vaikuttaa ja niistä saadaan palautetta. Se ei sulje pois intuitiota, mutta siinä silti pyritään ratkaisemaan yksittäisaskeleita ja ongelmia eikä suoraan kokonaisvaltaista ratkaisua (Pahl, 1988, 109).

4.2.2 Vaikutusperiaatteiden yhdistely ja luonnostelu

Kun vaikutusperiaatteita on kerätty eri osatoiminnoille, kootaan niitä erilaisiksi toimintorakennekombinatioiksi. Kaavion tekeminen auttaa (**Kuva 7.**). Siihen on lisätty jokainen osatoiminto ja jokaisen osatoiminnon erilainen ratkaisu. Kuten kaaviosta huomaa, ratkaisuja voi tulla todella monta, riippuen osatoiminnoista ja niille löydetystä vaikutusperiaatteista. Vaikutusperiaatteiden yhdistelyssä täytyy ottaa huomioon, mitkä osatoiminnot sulkevat toisensa pois. Osat voivat esimerkiksi törmätä toisiinsa (Pahl, 1988, 129).



Kuva 7. Vaikutusperiaatteiden yhdistäminen (Pahl, 1988, 130).

Yhdistelmistä otetaan ratkaisut esiin, jossa haluttu toiminto toteutuu. Jos ratkaisuja jää vielä useita, mietitään, mitkä ovat parempia kuin toiset. Luonnosteluun otetaan mukaan vain muutama ratkaisu.

Luonnostelussa mietitään jo, kuinka osa konkreettisesti toimii ja mitä sille kehitte-lyssä tehdään. Valituista ratkaisuista piirretään jo kuvia osista, mietitään osien ulkonäköä sekä mietitään kokonaisvaltaisesti toimintorakennetta. Luonnostelussa otetaan myös jo selvää mahdollisista osasto-osista. Pääperiaatteena luonnostelussa haetaan kokonaisuuksia, joita aletaan konkreettisesti tehdä kehitte-lyssä.

4.3 Kehittely

Kehittelyssä mietitään tuotteen rakennetta ja taloudellisia näkökohtia ja muutetaan ne yhdeksi kokonaisratkaisuksi. Luonnosteluvaiheesta tuodaan hyväksytyt luon-

nokset ja mietitään niiden valmistustapaa, päämittoja sekä aineksia. Kehittely eroaa luonnostelusta siinä, että toimintorakennetta mietitään yksityiskohtaisemmin. Kehittelyssä täytyy miettiä, miten osa pystytään tekemään, millaisesta aineesta se pystytään tekemään, onko aine sopiva toimintorakenteelle, paljonko nämä kaikki maksavat, jne. Siinä tulee mukaan siis fysikaaliset ja mitoitukselliset seikat sekä kustannustehokkuuden miettiminen.

4.3.1 Rakennemuotoilu

Kehittely aloitetaan rakennemuotoilulla, jolle löytyy monia rakennemuotoilusääntöjä ja ohjeita. Kaikki nämä ohjeet kuitenkin pyrkivät samaan päämäärään: teknisen toiminnon taloudellinen toteuttaminen ja ihmisen ja ympäristön turvallisuus. Näiden saavuttamiseksi on rakennemuotoilussa olemassa kolme pääsääntöä: yksikäsitteinen, yksinkertainen ja turvallinen (Pahl, 1988, 184).

Yksikäsitteisen sääntö auttaa vaikutuksen ja käyttäytymisen ennakoitua. Sillä varmistetaan osatoimintojen selvä tehtävänjako. Yksinkertaisuudella varmistetaan taloudellinen ratkaisu. Osien lukumäärä pyritään minimoimaan ja rakennemuotoja yksinkertaistamaan. Tämä varmistaa tuotteen nopean ja tehokkaan valmistuksen. Turvallisuus vaaditaan nykyisin tuotteista, joten tämä pakottaa miettimään tuotteen kestävyyttä, luotettavuutta, tapaturmariskejä ja ympäristön suojelua (Pahl, 1988, 184–185; 190; 194).

Rakennemuotoilun periaatteita on monenlaisia, mutta kaikissa pidetään mielessä nämä rakennemuotoilun pääsäännöt. Tuotteet ovat melkein aina ainutlaatuisia ja sen takia jokaista tuotetta on katsottava kriittisesti eri näkökulmista. Joissain tuotteissa pidetään tärkeämpänä osan kustannustehokkuutta kuin sen tilan viemistä. Tärkeää on tunnistaa tuotteen ominaisuudet, mihin halutaan ja kannattaa panostaa.

Rakenteiden muotoiluohjeita on myös paljon erilaisia. Ohjeissa otetaan huomioon seikkoja, jotka vaikuttavat tuotteeseen. Ohjeita on mm. lämpölaajenemisen huomioonottaminen, ergonomian huomioonottaminen, asennusmyönteisyys, valmistuksen huomioonottaminen, yms. Tuotteista riippuen kaikkia ohjeita ja tietenkään tarvitse eikä voi käyttää (Pahl, 1988, 249).

4.3.2 Arviointi

Koko tuotteen elinkaareissa ja eritoten kehittämissä on tärkeää tuotteen arviointi ja sen tarkastelu kriittisesti. Tuotetta tulisi kritisoida jokaisen työvaiheen jälkeen, jolloin lopulliseen kehittelytulokseen ei jää kuin kokonaisuuden arviointi.

Arviointia varten on ensin määriteltävä arviointikriteerit. Näitä on esimerkiksi vaatimuslistassa esille tulleet asiat sekä tekniset ominaisuudet (miten hyvät, miten toteutettu). Arvioinnissa täytyy keskittyä heikkojen kohtien etsintää varsinkin jos arvioidaan lopullisen kehittelytulosta. (Pahl, 1988, 362–363).

4.4 Viimeistely

Viimeistelyvaiheessa kokoonpanorakenne täydennetään lopullisilla määräyksillä, joita ovat mm. muodot, mitat, pinnan laatu ja työainekset. Tuloksena saadaan valmistustekniikan kiinni lyöminen ja tuotedokumentointi (Pahl, 1988, 458).

Tuotedokumentointiin kuuluu osa- ja kokoonpanopiirustusten laatiminen sekä käyttöohjeet. Joskus tarvitaan myös mm. asennus- ja kuljetusohjeita sekä testausohjeita.

Viimeistely suoritetaan samalla tavalla kuin edelliset päävaiheet. Esimerkkinä osapiirustuksen viimeistelyvaihe:

- luodaan osapiirustus
- tarkastetaan se
- täydennetään jos tarpeen
- tarkastetaan uudelleen
- vahvistetaan.

Viimeistelyn jälkeen osasta tai kokoonpanosta tiedetään kaikki oleellinen tieto, joka tarvitaan sen valmistamiseen, myymiseen ja asennukseen. Viimeistely päätää tuotteen kehityskaaren.

5 TYÖN ASETTELU

5.1 Lähtötilanne

Wärtsilän moottoreille on olemassa pihdit W20- moottorille, W46- moottorille sekä pihdit, jotka kelpaavat sekä W32- ja W34- moottorille. Ensin on kartoitettava mahdolliset koneistukset ja paljon aikaa vievät vaiheet. Valmiita standardoituja osia ei pihdeissä ole käytetty.

W32- ja W34- moottorin pihdeistä on mallit ja piirustukset olemassa, mutta W46- ja W20- moottoreista ei ole.

5.2 Työn päämäärä

Tavoitteena on saada aikaan uudet kustannustehokkaammat ratkaisut pihdeistä. Työssä keskitytään eritoten leukojen koneistuksen minimointiin, koska se on eniten aikaa vievä vaihe. Valmiita osto-osia yritetään käyttää mahdollisimman paljon hyväksi. Työn lopuksi on tarkoitus olla valmiit prototyypit sekä 3D- mallit ja piirustukset.

5.3 Aikaisempi valmistus ja sen kehittäminen

Tähän osioon on kerätty tietoa edellisistä ratkaisumalleista ja kerrottu mihin työssä on tarkoitus kiinnittää huomiota.

5.3.1 W30- pihdit

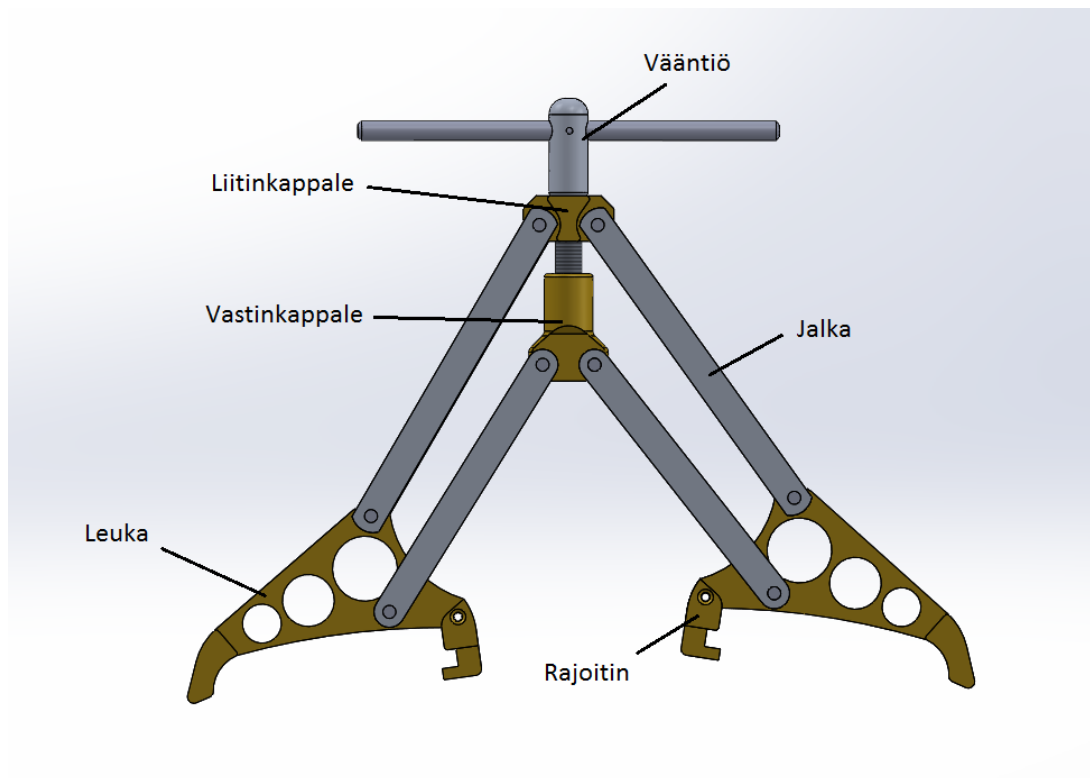
W30- pihtien leuat ovat valmistettu tähän mennessä siten, että messinkileuan profiili on vesileikattu 15 mm levyaihioon. Sen jälkeen profiiliin on jyrskitty tarvittavat tasot. Leuoista on ennen tätä projektia yritetty poistaa mahdollisimman paljon materiaalia, että kokoonpano olisi kevyempi, mutta mukana on myös toiminnallisuutta edellyttäviä jyrskintöjä. Leuoissa olevat rajoittimet ovat myös vesileikattuja.

Liitinkappale on valmistettu myös koneistetusta 15 mm paksusta messinkilevystä. Turhat koneistukset pyritään poistamaan.

Vastinkappale on sorvattu osa johon on koneistettu taso jalkojen kiinnitystä varten ja porattu kierre vääntiötä varten. Tarkoitus on saada työvaiheet mahdollisimman vähälle ja kustannukset pieniksi.

Jalat on valmistettu alihankinnassa laserleikkeinä ja niitä ei lähtökohtaisesti muuteta jos konstruktio ei sitä vaadi.

Vääntiö on valmistettu kahdesta osasta: kierretapista ja vääntövarresta. Vääntövarsi asennetaan kierretapin päähän. Tavoitteena työvaiheiden vähentäminen tai käyttää mahdollisia osto-osia hyväksi.



Kuva 8. Männänrengaspihtien osat.

5.3.2 W46- pihdit

W46- moottorin pihdit on rakenteelta täysin samanlainen kuin W30- moottorin, mutta isommassa koossa. Kehityskohteet ja osat ovat siis samoja eli leukojen ko-

neistuksen minimointi, vastin- sekä liitinkappaleen koneistuksen minimointi ja vääntiölle mahdollisen osto-osan etsiminen.

5.3.3 W20- pihdit

W20- pihdin rakenne on hiukan monimutkaisempi kuin W30- ja W46- pihtien. Näissä pihdeissä ei ole kampea, jota kierretään, vaan leuat avataan, kuten pihdeissä yleensä, puristamalla kaksi vartta yhteen. Lisäksi pihdeissä on jousi, joka palauttaa leuat aina pois toisistaan. Pihtejä voi siis käyttää yhdellä kädellä. Kuvassa 9 näkyy nykyiset pihdit, joilla juuri venytetään männänrengasta.



Kuva 9. W20- pihdit toiminnassa.

Pihdit toimivat siis siten, että alemmat jalat ovat kiinni samassa reiässä ja ne eivät liiku pihtiä puristaessa. Ylemmät jalat ovat kiinni levyosissa, jotka ovat taas kiinni molemmissa puristinosissa (**Kuva 10.**). Kun puristinosat puristetaan yhteen, työntää se levyosien avulla ylempien jalkojen kiinnityskohtia lähemmäs alempien jalkojen kiinnityskohtaa, jolloin se saa aikaa funktion, että leuka vetää kynnellä männänrenkaan halkaisijaa suuremmaksi.



Kuva 10. W20- pihtien toiminto

Kuten kuvasta 10 näkyy, molempien puolien (vasemman ja oikean) jalan kiinnityksissä käytetään samaa reikää. Tämä tarkoittaa sitä, että jalkoihin täytyy vääntää mutka, etteivät ne mene päällekkäin.

Tämä kokoonpano on melko haastava toteuttaa sekä osissa on paljon pieniä tärkeitä juttuja kuten puristinosaan jyrstittävä lovi levyosalle sekä jalkojen taivutukset. Tarkoituksena on hakea ratkaisua kokoonpanolle, jossa osat olisi nopeampi ja helpompi valmistaa.

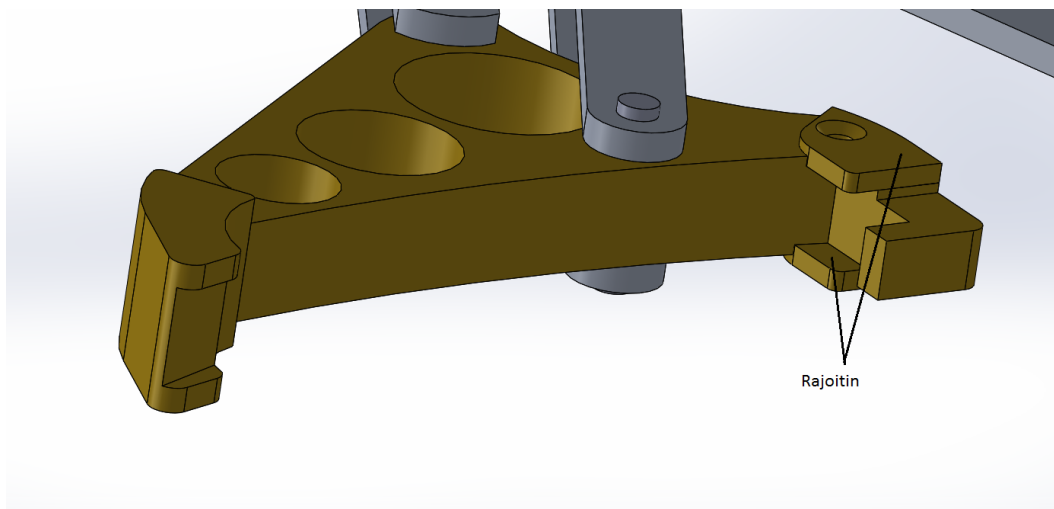
6 LUONNOSTELU

Tässä osiossa mietitään pihdeille eri ratkaisumalleja (joillekin asiakkaan toivomuksen mukaan vain yhtä) ja päätetään ratkaisut, jotka otetaan mukaan kehitte-
lyyn.

6.1 W30- pihdit

6.1.1 Leuat

Leuka on toiminnallisesti tärkeä osa pihtejä. Se koostuu kahdesta erilaisesta osasta: leuka sekä kahdesta rajoittimesta, jotka estää männänrengasta luiskahtamasta pois leuoista (**Kuva 11.**). Koneistuksia on paljon, koska toimintaa edellyttäviä tasoja on runsaasti. Lisäksi toiminnallisesti tärkeitä asioita ovat jalkojen kiinnitysreiät. Reikien paikkojen muuttaminen voi johtaa siihen, että leuat eivät enää avaa tarpeeksi männänrengasta tai avaavat liikaa.



Kuva 11. Leuan rakenne.

Tulevassa leuassa on otettava huomioon seuraavat seikat:

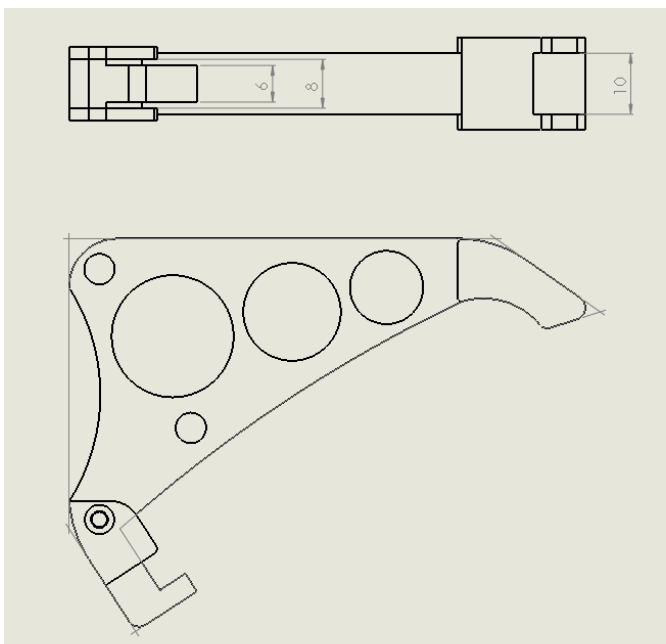
- Männänrenkaan on mahdollista rajoittimien väliin
→ Rajoittimien väli > 8mm
- Männänrenkaan on mahdollista ohjaushahloon → Ohjaushahlo > 8mm
- Jalkojen kiinnityskohdat huomioitava

Työn saadessani sain vinkkiä Wärtsilältä lähteä miettimään leuoille jonkinlaista levyratkaisua. Levymallissa toiminnallisesti tärkeät tasot toteutettaisiin eripaksuisilla levyillä, jotka niputettaisiin yhteen. Tällä tavalla saataisiin vähennettyä koneistuksia huomattavasti.

Leukalevyjen profiilit leikattaisiin vesileikkauksella tai laserleikkauksella. Molemmat vaihtoehdot ovat halpoja ja niillä on helppo tehdä erilaisia muotoja.

Vesi- ja laserleikkaus eivät kuitenkaan ole täysin tarkkaa työtä. Vesileikkauksella annetaan toleranssiksi +/-0.1..0.4 mm ja laserleikkaukselle +/-0.1..0.2 mm. Leuan profiilissa ei piirteitä ole, joihin nämä toleranssit eivät riitä, mutta jalkojen kiinnitysreiät tulisi olla melko tarkat, koska kiinnitystappien tulisi pyöriä vaivattomasti reiässä. Leikkausvaiheessa voisi reikien kohdalle tehdä alkureiän, joka on pienempi kuin lopullinen reikä. Tässä tapauksessa siten, että lopullinen reikä jää toleranssialueen ulkopuolelle. Vasta kun levyt on niputettu toisiinsa, tehtäisiin poralla tai kalvaimella lopullinen reikä.

Leukojen levyjä miettiessä pyritään toteuttamaan rajoittimet myös levyillä. Leuoissa on kolme toiminnallisesti tärkeää tasoa: 6mm taso, jolle männänrenkas asetetaan, 8mm taso, joka estää männänrengasta luiskahtamasta pois leuoista sekä 10mm taso, joka ohjaa männänrengasta. Kuvasta 12 asian hahmottaa paremmin.



Kuva 12. W30- pihdin leuan toiminnalliset mitat.

Tämän ajatuksen mukaan leuka olisi mahdollista valmistaa viidellä levyllä. Keskekappale, eli taso jolle männänrenkas asettuu, olisi 8mm. Seuraavat levyt toimisivat rajoittimena ja tulisivat molemmin puolin keksikappaletta. Nämä levyt olisivat 1mm paksuja, koska männänrenkaan ohjaushahlo tulisi olla 10 mm ($8\text{ mm} + 2 \cdot 1\text{ mm}$). Kaksi ulointa levyä toimi siis 10mm ohjaushahlonä. Sen paksuudella ei toiminnallisesti olisi väliä.

6.1.2 Liitinkappale, vastinkappale ja vääntiö

Liitinkappale on osa, johon pidemmät jalat tulee kiinni. Sen keskellä on 8mm halkaisijan reikä, josta vääntiön kierretanko tulee läpi. Se on valmistettu 15mm paksuisesta messinkilevystä, johon on koneistettu 2.5mm syvät poterot molemmin puolin jalkojen kiinnitystä varten. Koneistuksien tarkoitus ei ole kuin saada ainepaksuus 10mm kiinnityskohdissa, jotta jalat olisivat samalla tasolla leuan kiinnityspaikkojen kanssa. Kun kappaleen leikkaa suoraa 10mm paksuiseen aihioon, ei koneistusta tarvitse. Kappaleelle on haettu enemmän kestävyyttä 15mm levystä, mutta paremmalla materiaalin valinnalla kestävyyttä saadaan helpommin. Liitinkappaleen materiaali oli vanhoissa pihdeissä pronssia.

Vastinkappaleeseen asennetaan vääntiön M8 kierretanko. Kun vääntiötä kierretään, menee se syvemmälle vastinkappaleeseen ja painaa liitinkappaletta sitä kohti. Vastinkappaleeseen tulee myös lyhyemmät jalat kiinni. Valmistuksessa se on ensin sorvattu ja sen jälkeen jyrsketty taso jalkojen kiinnitysrei'ille. Vastinkappaleen voisi myös valmistaa suoraan 10mm paksuiseen aihioon, jolloin ei tarvita sorvausta ja jyrskintää. Vastinkappaleessakin on haettu kestävyyttä kappaleelle ja sen takia sitä ei ole valmistettu pelkällä jyrskinnällä ennemmin. Myös tässä materiaalivalinnalla saadaan helpommin kestävä ratkaisu.

Vääntiö on osa, jolla pihtien leukoja liikutetaan. Sen kierreosa menee liitinkappaleen 8 mm reiästä läpi ja vastinkappaleen M8 reiän kierteisiin. Kun vääntiötä väännetään, kiristää se liitinkappaletta kohti vastinkappaletta. Toisin sanottuna jalkojen, jotka ovat liitinkappaleessa ja jalkojen, jotka ovat vastinkappaleessa, kiinnityskohdat lähenevät toisiaan. Molempien jalkojen toiset päät ovat kiinni leuoissa ja toisten puolten läheneminen saa aikaan leuan kääntymisen, jolloin se avaa männänrengasta. Vääntiö on tehty kahdesta osasta: kierretangosta sekä vääntökahvasta. Tällaisia kierrekahvoja voisi löytyä suoraan osto-osina, mikä olisi paras mahdollinen ratkaisu. Muussa tapauksessa osasta on hankala poistaa ylimääräistä koneistusta, koska kierreosa vaatii sorvauksen ja yhdellä vaiheella voisi ajaa koko osan.

Halderin katalogista löytyi valmiina standardiosana tällaisia vääntimiä (**Kuva 13**).



Kuva 13. Halderin standardoitu kahva.

Koska Tarkmet koneistaa myös itse tuotteita, yksi vaihtoehto on löytää standardiosa, jota helposti jälkikoneistuksella saisi halutun vääntiön. Hoffmann Groupin

katalogia selailtaessa tuli vastaan pitkävartinen hylsyavain, jossa oli T-kahva (**Kuva 14.**). T-kahva liukui varren päässä. Varren voi katkaista oikeaan mittaan ja sen jälkeen sorvata ja tehdä M8 kierre siihen. Sorvaus ja kierteiden teko olisi nopea työvaihe ja avaimet ovat hyvin edullisia. Päätimme viedä tätä ideaa eteenpäin, koska se tulisi huomattavasti halvemmaksi kuin Halderin valmiin kahvan käyttäminen.



Kuva 14. Hoffmann Groupin hylsyavain T-kahvalla.

Asiakas antoi W30- pihdeille toivomuksia, joita on nyt luonnosteluvaiheessa otettu huomioon. Luonnosteluvaiheen pihdit jatketaan kehittämissä vaiheeseen, jossa toimintoja aletaan miettiä yksityiskohtaisemmin.

Luonnosteluvaiheen lopuksi tutkittiin vaatimuslistaa ja onko kriteerit otettu huomioon. Tärkein kriteeri oli, että käyttäjä ei voi avata männänrengasta liikaa pihdeillä, mutta tämä toiminnon huomioon ottaminen kuuluu kehittämissä vaiheeseen mitoituksien osioon. Asiakkaan toiveet (jotka tässä vaiheessa voi täyttää) vaatimuslistasta on täytetty:

- Levymalliratkaisu
- Standardiosien hyödyntäminen
- Helppo ja nopea kokoonpanna

6.2 W46- pihdit

W46- pihtien rakenne on melko samanlainen kuin W30 – pihdeissä, mutta isommassa koossa. Suunnittelussa pyritään hyödyntämään samoja asioita kuin W30- pihdeissä eli käytetään osto-osia sekä leuoissa käytettäisiin levymalliratkaisua.

W46- pihdeistä ei ole olemassa 3D- mallia tai piirustuksia, joten ensin on mitattava leuan tärkeät toiminnalliset mitat. Tällaisia mittoja ovat esimerkiksi jalkojen kiinnitysreikien paikat sekä leuan muoto. Reikien paikka ja leuan muoto määräävät miten männänrenkas asettuu pihteihin ja miten se aukeaa. W46- moottorin mäntää ei firmalla ole, joten testimahdollisuutta ei ole. Tämän takia pyritään mahdollisimman tarkasti mittaamaan leuan toiminnalliset mitat.

Mittaamisen jälkeen piirretään 3D- malli pihtien kokoonpanosta. Sen jälkeen on helppo lähteä kehittämään uutta versiota pihdeille.

6.2.1 Leuat

Leuat vastaavat melko paljon W30- pihtien leukoja, mutta joitain eroavaisuuksia on. Männänrenkaan rajoitin on myös tässä mallissa erillinen osa, mutta se on toteutettu hiukan eri tavalla. Myös leuan ”kynsi” on erillinen osa, joka on liitetty muuhun leukaan. Kuvasta 15 huomaa leuan eroavaisuudet. Kynsi ei tule jatkossa olemaan erillinen kiinnitettävä osa, koska en näe sille mitään syytä. Vanhassa leuassa ei myöskään ole männänrenkaan ohjainta leuan päässä ja se on tarkoitus lisätä myös.

Kaikki nämä tulisi toteutua levyleikkeillä ja mahdollisimman vähällä koneistuksella.



Kuva 15. W46- pihdinleuka.

6.2.2 Liitinkappale, vastinkappale ja vääntiö

Liitinkappale, vastinkappale ja vääntiö ovat myös lähes samanlaiset W30- pihtien kanssa. Koska näissä osissa ei toiminnallisia mittoja hirveästi ole, osat on järkevää suunnitella nopeasti ja halvasti valmistettavaksi.

Liitinkappale on samanlainen kuin W30- pihdeissä käytetty, mutta isommassa muodossa. W30- pihdeissä ideoinnissa pyrittiin poistamaan koneistus liitinkappaleesta ja siihen pyritään myös W46-pihtien liitinkappaleessa. Esille tuli levymalliratkaisu, jossa liitinkappale leikattaisiin suoraan oikean paksuisesta levystä. Myös vastinkappaleen voisi leikata suoraan 15mm paksusta levystä.

Vääntiö osa on myös samanlainen kuin W30- pihdissä, mutta isommassa koossa. Koska W30- pihtien ideointi on jo toteutettu, kannattaa tarkastella sen ratkaisuja. T-avaimen hinta ei nouse huomattavasti avainkoon suuretessa, joten päätin ottaa myös tähän pihtiin saman ratkaisun. Vääntiö valmistetaan siis Hoffmannin T-avaimesta siten, että avaimen varsiosa katkaistaan sopivaan mittaan, jonka jälkeen siihen tehdään kierre. Avain on halpa ja koneistus nopea ja helppo.

W46- pihdeissä pyrittiin käyttämään samaa luonnosteluideaa kuin jo tehdyssä W30- pihtien luonnostelussa. W46- pihtien luonnostelua lähdetään miettimään tarkemmin kehittelyvaiheessa.

W46- pihdeillä oli sama vaatimuslista kuin W30- pihdeillä, ja koska luonnosteluvaihe tehtiin samalla kaavalla molemmissa, voidaan todeta, että vaatimuslista on täytetty tähän mennessä ja voidaan siirtyä kehittäelyvaiheeseen myös näissä pihdeissä.

6.3 W20- pihdit

Pihtien kokoonpanorakenne on melko haastava ja monimuotoisia osia on paljon. Ideoinnissa mietitään pihdeille täysin uutta kokoonpanoa, joka olisi helpompi valmistaa ja kokoonpanna.

Vaatimuslistassa on tuotteelle annettu vaatimus, että pihtien tulisi toimia puristamalla kahvat yhteen eli kuten normaalit pihdit toimivat. W30- ja W46- pihdeissä tämä toteutettiin kiertämällä kankea. Lisäksi vaatimukseksi annettiin, että käyttäjä ei voi avata pihtejä liikaa, jolloin männänrenkas hajoaa. Näillä vaatimuksilla lähdettiin etsimään pihdeille mahdollisimman yksinkertaista kokoonpanoa.

Ideointivaiheessa otettiin selville, kuinka paljon männänrenkaan tulisi aueta, että sen saisi ujutettua männästä pois. Firmalla ei ole mäntää, mutta männänrenkas löytyy, joten mitat saadaan mittaamalla vanhaa pihtiä käyttämällä. Tämän jälkeen männänrenkaat mallinnettiin SolidWorksillä oikeilla mitoilla. Männänrenkaan ulkohalkaisija oli vapaana 210 mm ja auenneena (jolloin se mahtuu männästä pois) 222 mm. Pihtien tulisi toimia siis tällä välillä.

Toivomuksena vaatimuslistassa on, että pihdit valmistettaisiin valmiista standardipihdeistä siten, että pihtien leukoja muutettaisiin halutunlaisiksi jolloin kahvasia ei tarvitse itse valmistaa. Hoffmann Groupin katalogista löytyi lähes samanpituisilla varsilla olevat standardisoidut lukkorengaspihdit, joissa leukoja avattiin puristamalla (**Kuva 16.**). Lisäksi näissä pihdeissä oli valmiiksi palautusjousi.



Kuva 16. DIN / ISO 5254 A- lukkorengaspihdit

Mallinsin standardipihdit sekä männänrenkaan vapaana ja venytettynä mahdollisimman tarkasti, josta pystyin lähtemään kehittämään ideoita. Luonnostelun tein 3D- mallinnuksella.

6.3.1 Pihti vanhoilla leuoilla

Lähdin miettimään kokoonpanoa, jossa käytettäisiin vanhoja leukoja. Vanhoista leuoista ei ollut mallia, joten mallinsin ensin ne käyttäen vanhan leuan mittoja hyväksi. Ideana on liittää vanha leuka jollain konstilla standardipihtien päähän. Työn asettelussa kävi ilmi, että leuka ikään kuin ”vääntää” männänrengasta auki leuan kynnen avulla.

Leuan asento siis muuttuu toiminnassa. Leuan asennon muutos oli edellisissä pihdeissä toteutettu neliniveltyylillä, mutta tarkoituksena olisi saada leuan asennon muutos aikaan yksinkertaisemmalla konstilla. Lähdin miettimään asiaa tekemällä ensin kaksi kokoonpanoa:

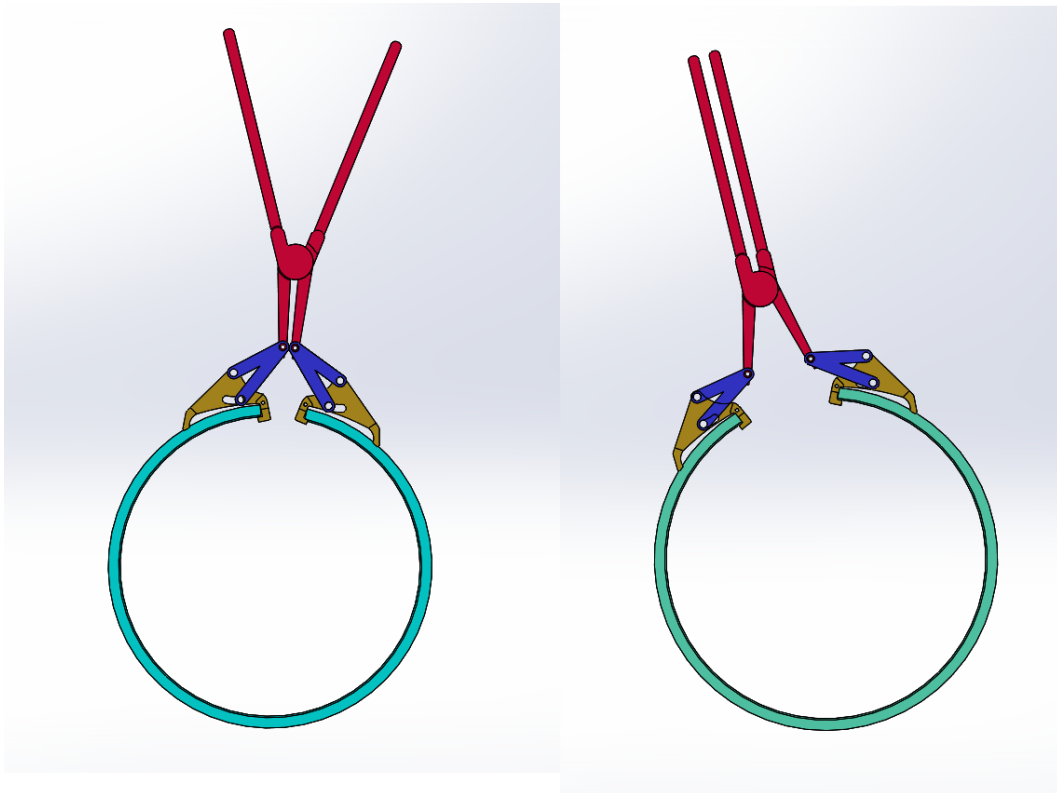
- Kokoonpano, jossa oli männänrenkas vapaa asennossa ja vanhat leuat asetettu renkaaseen siten, kuinka ne toimintatilassa olisi.
- Kokoonpano, jossa oli männänrenkas auki asennossa ja vanhat leuat asetettu renkaaseen siten, kuinka ne toimintatilassa olisi.

Näiden kokoonpanojen avulla sain tietooni asennot, missä leuat tulisi olla toisiinsa ja männänrenkaihin nähden. Seuraavaksi tulisi liittää kokoonpanoon valmiit standardipihdit. Kiinnitystä lähdettiin miettimään mahdollisimman yksinkertaisella tyylillä: standardipihkien päihin tulisi vain yksi kiinnityskohta leukojen jaloille. Leuassa on ollut kaksi kiinnityskohtaa ja näitä lähdetään hyödyntämään seuraavassa mallissa. Kiinnityskohtien eripituisilla liikkeillä saadaan aikaan leuan asennon muuttuminen, joka tarkoittaa sitä, että toisen kiinnityskohdan paikan ei tulisi muuttua. Kokoonpano lähdettiin miettimään siten, että ylempi kiinnityskohta pysyy kiinteänä ja alemman kiinnityskohdassa tapahtuu muutos toiminnan aikana.

Päätöksen takia, että ylempi kiinnityskohta on kiinteä, pystyi mallintamaan jalan, joka meni suoraa pihkien päästä kiinnityskohtaa ja lisätä sen kokoonpanoon, jossa oli mallinnettu männänrenkas auki sekä kiinni. Pituuden, jonka alemman kiinnityskohdan tulisi muuttua, sai vertailemalla kahta kokoonpanoa keskenään:

- Kokoonpano, jossa pihdit ovat auki asennossa ja männänrenkas vapaassa asennossa. Mallinnus tehtiin samasta kiinnityskohdasta, kuin aiempi jalka, jalan leualle asti ja siihen tehtiin kiinnitysreikä.
- Kokoonpano, jossa pihdit ovat kiinni asennossa ja männänrenkas venyetyssä asennossa. Kokoonpanossa käytettiin samaa jalkaa, kuin ensimmäisessä kokoonpanossa, jolloin pystyi katsomaan alemman kiinnityskohdan paikan ja mallintamaan reiän.

Nyt oli tiedossa molempien leukojen asentojen kiinnityskohdat. Alempien (kaksi eri) kiinnityskohtien reiät tulisi yhdistää hahlolla, jolloin jalalla on vapaa tila liikkua toiminnon mukaan. Kuvassa 17 on ideoinnin tulos, jossa näkyy pihkien toiminto auki- ja kiinniasennossa. Leuan alemmassa kiinnityskohdassa näkyy hahlo, jota pitkin jalan kiinnitystappi voi liukua. Ylempien ja alempien kiinnitysreikien jalat ovat samaa osaa, koska pihkien päähän on suunniteltu vain yksi kiinnityskohta. Tämä helpottaa kokoonpanoa ja valmistusta.



Kuva 17. W20- männänrengaspihtien ideointi 1.

6.3.2 Pihti yksinkertaisemmalla leualla

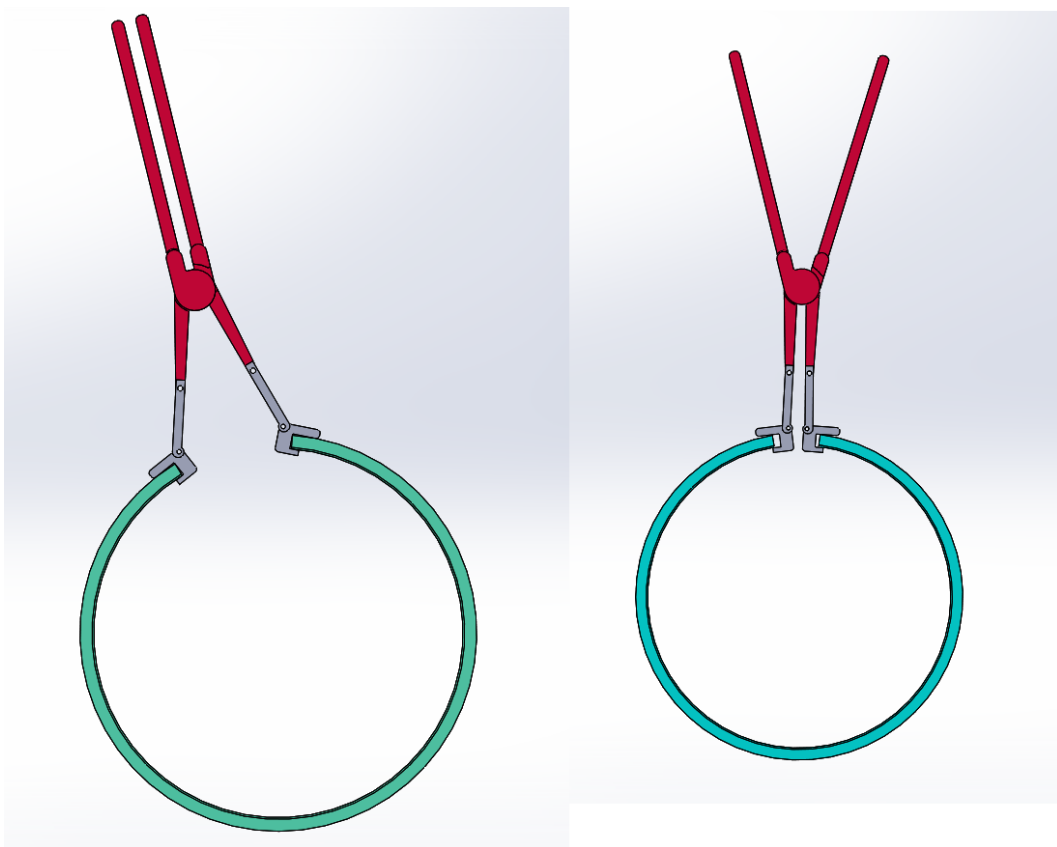
Vanhojen pihtien leuan valmistaminen on paljon aikaa ja rahaa vievä vaihe, joten uudelle kokoonpanolle lähdettiin miettimään ratkaisua yksinkertaisemmalle rakenteelle. Vanhassa leuassa ideana oli neliniveltoiminta, joka ohjaa leuan oikeaan asentoon. Leualla voisi miettiä yksinivelistä ratkaisua, jolloin se olisi paljon yksinkertaisempi valmistaa.

Yksinivelisessä ratkaisussa ideana olisi, että männänrenkaan oma jännitysvoima pitäisi leuan oikeassa asennossa. Leuka tulisi suunnitella siten, että leuan ei ole mahdollista lipsahtaa pois männänrenkaasta muuta kuin silloin, kun männänrenkas on vapaassa asennossa.

Standardipihtien omien leukojen pituus ei riitä avaamaan männänrengasta tarpeeksi, joten tarvitaan jatkovarret. Jatkovarsien pituus on siinä mielessä tärkeä, että ne määräävät kuinka paljon männänrenkas aukeaa. Jos varret ovat liian pitkät, avaa-

vat leuat männänrengasta liikaa. Tämä täytyy ottaa huomioon, kuten vaatimuslistaan oli merkitty.

Mallinnus toteutettiin samalla periaatteella kuin ensimmäisessä kokoonpanossa. Leuat mallinnettiin sellaiseksi, kuin ne oli päässä ajateltu ja liitettiin männänrenkaiseen. Tämän jälkeen mallinnettiin jatkovarret, jotka lähtivät pihdeistä ja päättyivät leukoihin, jotka olivat liitetty mallinnettuun venytettyyn männänrenkaaseen. Kuvassa 18 pihdit ovat toiminnassa, kun pihdit ovat kiinni ja auki. Harmaa osa pihdeissä on jatkovartta ja punainen valmista standardiosaa.



Kuva 18. W20- männänrengaspihtien ideointi 2.

6.3.3 Päätös jatkokehittelystä

Ideoinnin kahdesta eri ratkaisumallista täytyi päättää, mikä ratkaisu otettaisiin kehittelyyn mukaan. Päätökseen vaikutti erityisesti tuotteen helppo valmistus, joka vaikuttaa suoraan kustannustehokkuuteen. Päätös on helppo tehdä, kun katsoo jo pelkästään kokoonpanojen ulkonäköä. Kokoonpano yksinkertaisemmilla leuoilla

on selvästi helpompi ja halvempi valmistaa. Tämä idea otetaan aluksi kehittelyyn ja kehittelyn aikana tarkastellaan tuotteen toimivuutta. Tuotetta pyritään kehittelyn aikana samaan toimivasi ratkaisuksi, mutta jos kehittelyn aikana huomataan, että toiminta vaatii nelinivelratkaisun, otetaan toinen idea ideoinnista kehittelyyn.

Ennen kuin ideaa siirretään kehittälyvaiheeseen, täytyy tarkastaa, että se täyttää vaatimuslistan kriteerit ja toiveet:

- Pihtien toiminta tulee tapahtua puristamalla
- Standardiosien hyödyntäminen
- Helppo ja halpa valmistaa
- Valmiin pihdin modifiointi männänrengaspihdeiksi

Nämä kriteerit ja toiveet täyttyvät, joten idean voi siirtää kehittälyvaiheeseen.

7 KEHITTELY

7.1 Ohjelmisto

Suunnittelussa käytetään SolidWorks 3D- ohjelmistoa. Se on SolidWorks Corporationin kehittämä 3D- ohjelma ja se on yksi johtavia tuotekehitysohjelmiä. Yritys on perustettu 1993 ja sen osti 1997 Dassault Systemes, joka on maailman johtava tuotteiden elinkaaren hallintaratkaisujen kehittäjä. Sen pääkonttori sijaitsee Massachusettsissa Yhdysvalloissa (SolidWorks 2014).

SolidWorksiä käyttää yli 1 470 000 tuotesuunnittelijaa ja -insinööriä 141 000 organisaatiossa ympäri maailmaa. Sitä voi käyttää niin ikään pienten osien suunnitteluun kuin valtavien kokoonpanojen hallinnointiin (SolidWorks 2014).

SolidWorks toimii kolmella osa-alueella. Yksittäiset mallit, niistä koostuvat kokoonpanot sekä piirustukset. Yksittäiset mallit tehdään sketch- periaatteella, jossa ensin luodaan 2D- kuva niin sanotulle sketchille, jonka jälkeen kuva pursotetaan (extrude) kolmanteen suuntaan. Mallista riippuen 2D- kuva pursotetaan joskus jonkin akselin ympäri (revolve).

SolidWorksiä on kolme eri tasoluokkaa. Tämä työ on tehty SolidWorks Standardilla, joka sisältää kaikki perus mallinnus- ja kokoonpanotyökalut. Muita SolidWorksin versioita on Professional sekä Premium. Jokaisesta on lisäksi Plus versio, joka sisältää CustomWorks- tiedonhallintaohjelmiston, CadWorks komponenttikirjaston ja asennus- ja käyttöönottopalvelun. Käytössämme on myös tämä Plus versio.

SolidWorksin yksi isoja etuja on sen käyttäjäystävällinen käyttöliittymä. Se sisältää myös vakiona (myös Standard versiossa) SolidWorks Simulation Xpress – analyysityökalun, joka on käytännössä FEM- laskin. Se antaa nopeaa tietoa suunnittelijalle kappaleen lujuuksista.

7.2 Mallinnus

Tässä osiossa kerrotaan valittavien mallinnettavien ideoiden teosta.

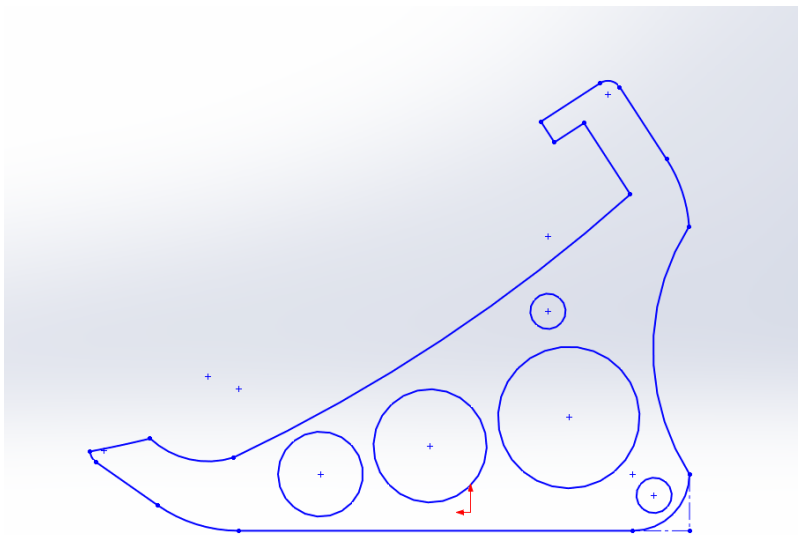
7.2.1 W30- pihdit

Ideointivaiheessa käytiin läpi, mitä osia täytyy lähteä muuttamaan:

- Koneistuksen poisto liitinkappaleesta.
- Vastinkappaleen rakenteen muuttaminen.
- Leukojen konstruktion muuttaminen.

Lisäksi vääntiö muuttuu, mutta vain siinä tapauksessa, jos sen tilalle löytyy valmis osto-osa eli mallinnusta tähän osaan ei tarvita.

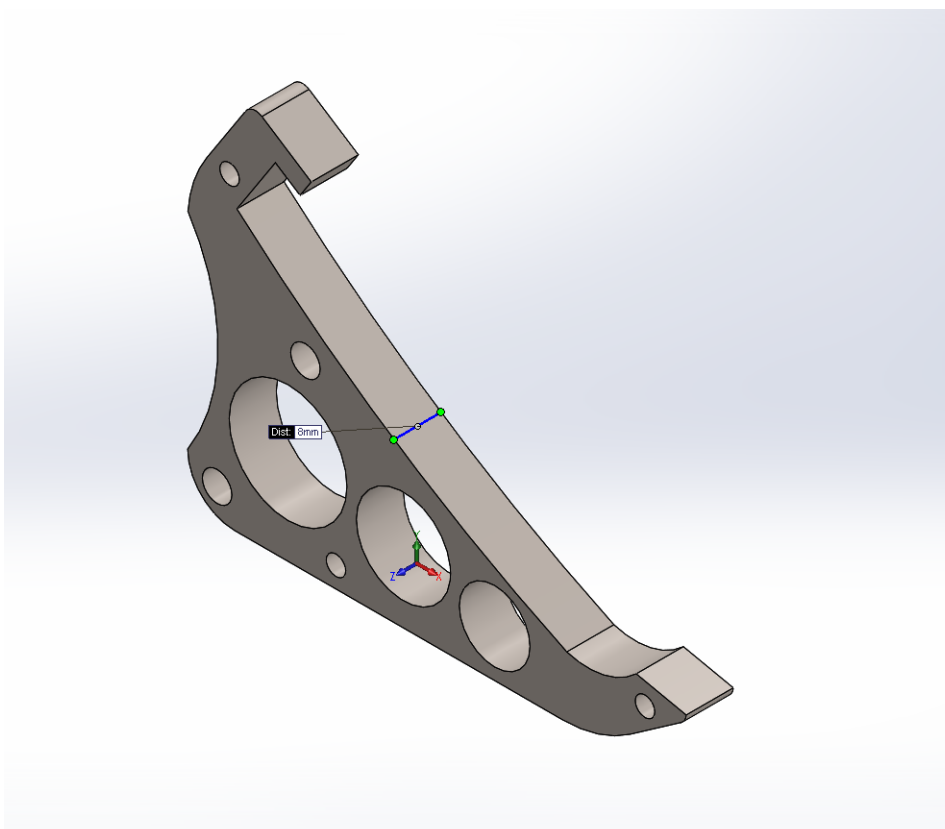
Lähdin ensimmäinen työstämään leukojen malleja, koska ne ovat eniten aikaa vieviä. Lähtökohtana mallinnukselle oli levymalliratkaisua, jota jo mietittiin ideointivaiheessa. Koska itse leuan profiilia ei haluta hirveästi muuttaa, käytettiin vanhan leuan mallia keskimmäiselle levyllä. Profiili kopioitiin uuden sketchiin ja pursotettiin vain 8mm niin kuin ideointivaiheessa oli suunniteltu. **Kuva 19** on runkokappaleen profiilin sketch. Siinä ei ole mittoja (eikä se niitä vaadi tässä vaiheessa), koska se on kopioitu suoraan vanhan pihdin mallin sketchistä.



Kuva 19. W30- pihdin runkokappaleen 2D- sketch.

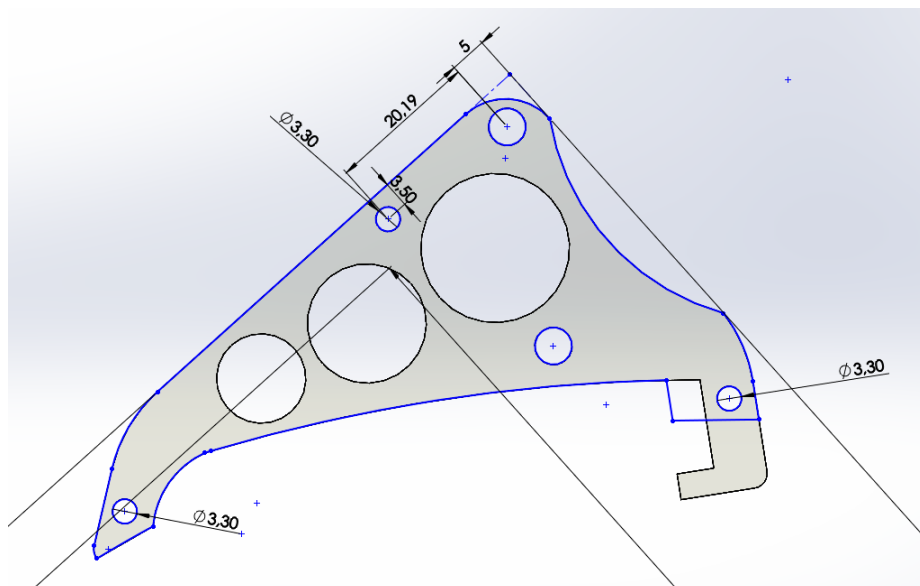
Tämä sketch pursotetaan 8mm, kuten ideointivaiheessa ajateltiin.

Jo tässä vaiheessa täytyy miettiä mahdollisia kiinnitystapoja, jolla leukojen levyt niputettaisiin. Päätettiin, että ainakin prototyypissä käytettäisiin vetoniittejä ja jos ratkaisu on toimiva, käytettäisiin sitä myös lopullisessa kokoonpanossa. Kooksi valittiin 3.2 mm vetoniitti, joka tarkoittaa sitä, että malliin täytyy mallintaa ainakin 3.3 mm reiät näitä niittejä varten. Reikien paikat valitaan sen mukaan, etteivät vetoniitit ole jalkojen tiellä. Reikien paikat voivat tulla vielä muuttumaan. Kuvassa 20 on koko runkokappale lopullisessa muodossa vetoniittireikineen.



Kuva 20. W30- pihdin leuan runkokappale.

Seuraavana mallinnetaan levyt, jotka tulevat runkokappaleen molemmin puolin ja ne toimisivat samalla männänrenkaan rajoittimina. Leuan paksuus (10 mm) jalkojen kiinnityskohdissa halutaan säilyttää ja koska runkokappale on 8 mm, tulisivat nämä levyt 1 mm paksuudesta. Rajoitin toimisi samalla periaatteella kuin vanhasa leuassa, mutta tällä kertaa rajoitin olisi koko leuan kokoinen. Eli periaatteessa nämä levyt olisi samalla profiililla kuin runkokappale, mutta leuan ”kynsi” jäisi pois ja rajoitin osuus otettaisiin sketchiin mukaan.



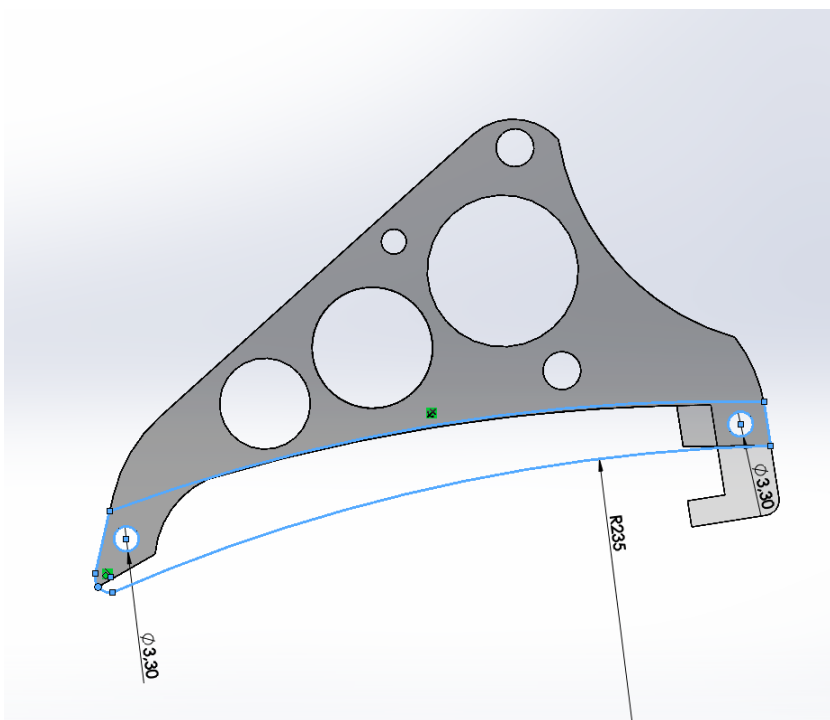
Kuva 21. W30- moottorin pihdin leuan keskilevyn 2D- sketch.

Mallinnus oli helpoin tehdä edellisen osan (runkokappale) päälle, jolloin reikien paikat ja muodon sai helposti samaksi. Kuvassa 21 näkyy sinisillä viivoilla uuden kappaleen sketch- viivat. Takana näkyy vanha osa harmaana. Kuvasta hahmottaa helposti tämän levyn toiminnon. Uusi kappale tulee hieman yli runkokappaleesta, joka toimii siis männänrenkaan rajoittimena eli siis estää männänrengasta luiskah- tamasta leuan ”kynnestä”. Männänrenkaan hahlo on 8 mm, joten se ei voi olla ko- ko matkaa loppuun asti samalla profiililla, koska muuten leuka ei mene enää hah- loon. Sketchiin on lisätty niittien reiät sekä jalkojen kiinnitysreiät. Tälle sketchille tehdään 1 mm pursotus.

Näillä kahdenlaisilla levyillä on nyt toteutettu männänrenkaan rajoitus. Kynsi mahtuu männän hahloon, koska se on 8 mm sekä jalkojen kiinnityskohdat ovat nyt samat kuin edellisessä mallissa eli 10 mm. Viimeisen levyn tarkoitus on siis ohjata männänrengasta oikein. Ohjauksen olisi voinut toteuttaa myös edellisellä levyllä, mutta silloin ohjauskin olisi ollut 8 mm (kuten rajoitin), jolloin pihtien käyttäminen ei olisi enää niin helppoa. Kokoonpanoon siis lisätään vielä yksi levy molemmin puolin ohjausta suorittamaan.

Seuraava levy ei voisi olla jalkojen kiinnitysreikiin asti, koska kappaleen paksuus jalkojen kiinnityskohdissa muuttuisi. Ohjauslevyn tulisi siis olla leuan kaarikoh-

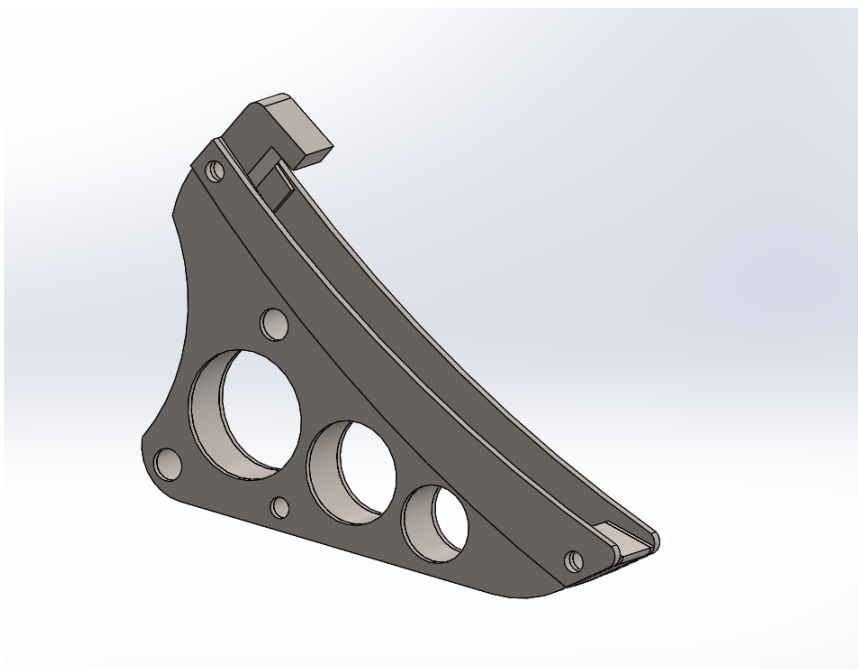
dassa, jossa männänrenkas lepää ja siten ohjaa sitä oikeaan suuntaan. Tämäkin levy on helpoin toteuttaa jo valmiina olevien levyjen päälle.



Kuva 22. W30- pihtien ohjauslevyn 2D- sketch.

Kuvassa 22 on piirretty ohjauslevylle sketch. Sketch näkyy taas sinisillä viivoilla ja takana näkyy valmiit jo mallinnetut osat harmaalla. Tarkkoja mittoja ei tässäkään sketchissä tarvitse muuta kuin kiinnitysreikien (3.3 mm) paikat ja koot. Tarkoituksena tällä levyllä on ohjata männänrengasta oikeaan suuntaan ja silmämääräinen tarkastelu riittää tarkkuudeksi tälle. Näiden levyjen väliin jää 10 mm ohjaushahlo, koska ne asennetaan keskilevyjen päälle ja niiden tasot on toisistaan 10 mm päässä. Muotoa on jonkin verran kaunisteltu pyöristyksillä ja kaarilla, koska vesileikkauksessa tämä ei tuo lisätyötä vaan samalla ajalla ja vaivalla tekee hienon kaaren kun suoran särmän. Tämän osan paksuudella ei ole toiminnallisesti väliä, joten paksuudeksi valittiin 1.5 mm.

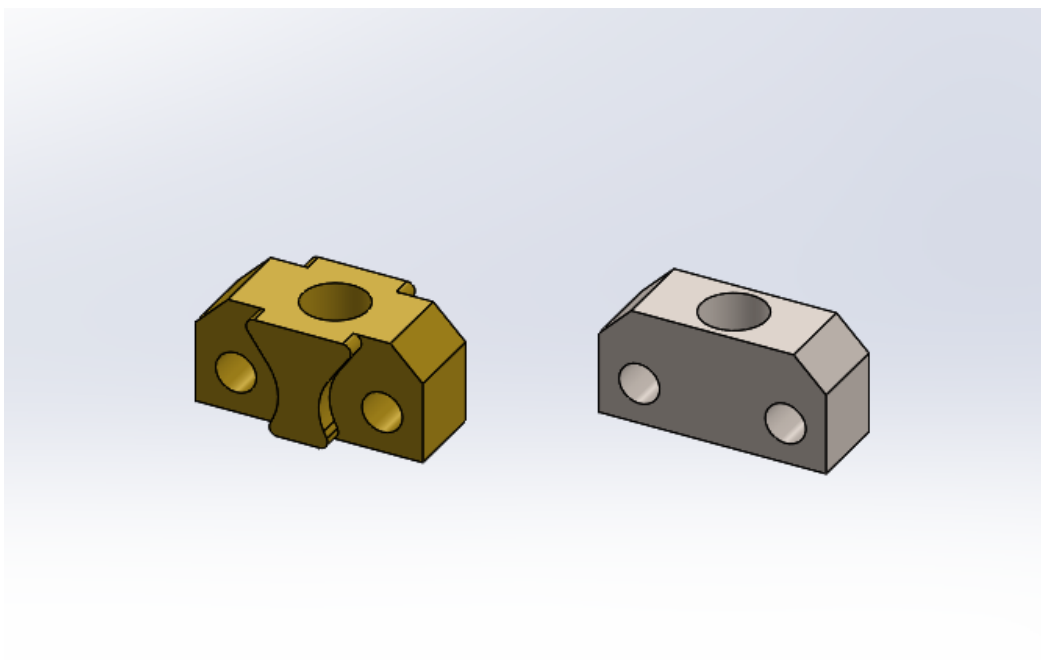
Leuan kokoonpano on nyt helppo toteuttaa, koska kaikki osat ovat tehty vetoniittien reikien mukaan vastaamaan toisiaan. Tehdään kokoonpano, jossa niittien reikien keskipisteet vastaavat toisiaan. Yhteen leukaan tulee siis yksi runkokappale, kaksi rajoitinlevyä kaksi ohjauslevyä. Kuvassa 23 kokoonpano.



Kuva 23. W30- moottorin pihtien leuan kokoonpano.

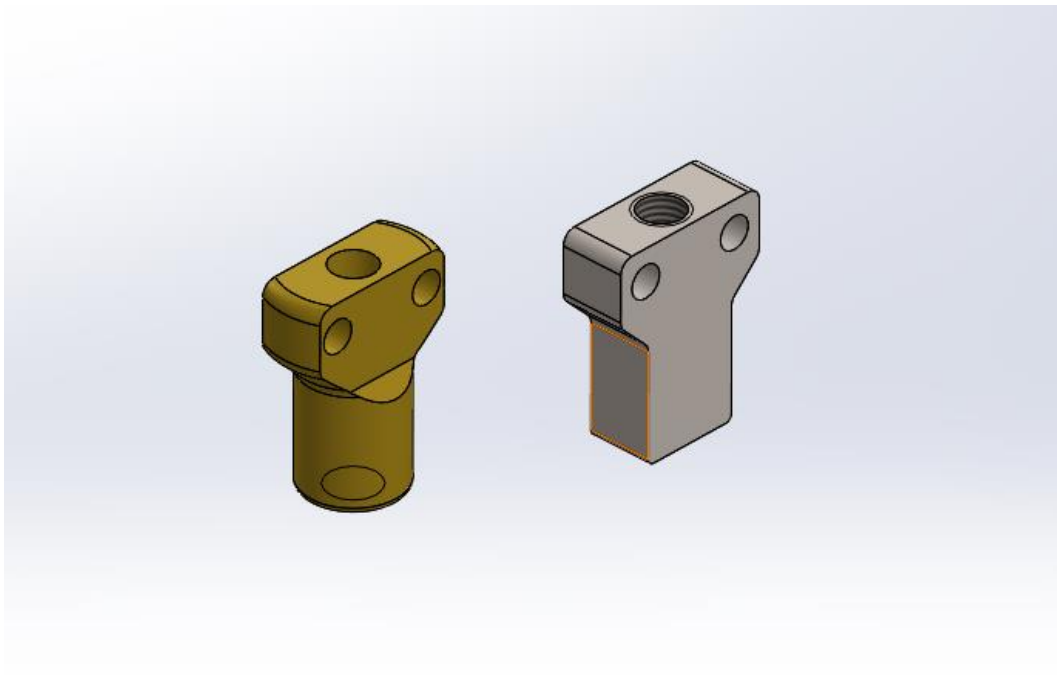
Seuraavaksi lähden miettimään liitinkappaletta ja vastinkappaletta. Nämä ovat melko vähän työtä vaativia, koska muoto pysyy melko samana molemmissa osissa. Tarkoituksena on pyrkiä vähentämään koneistus tai jopa poistamaan kokonaan.

Liitinkappaleeseen ideointivaiheessa mietittiin koneistuspoteron poistamista. Koneistetulla osalla on aiemmin pyritty lisäämään kierteen pohjan ja ulkoseinän välistä seinämää. Se on valmistettu 15 mm levyistä, johon on koneistettu 10 mm paksu kohta, johon jalat tulevat kiinni. Uusi liitinkappale on tehty sillä ajatuksella, että leikkaus olisi suoraan 10 mm levyistä, johon on porattu jalan reiät ja pystyreikä vääntiön kierretangolle. Kappale ei siis muutu toiminnallisesti mitenkään, mutta kierteen pohjan ja ulkoseinän väliin jää vain 1mm seinämä. Materiaalivalinnassa tämä tulee ottaa huomioon, että uusi materiaali olisi tarpeeksi kestävä tähän. Seinämään ei kohdistu suoranaisesti isoja voimia, joten 1 mm seinä pitäisi riittää. Kuvassa 24 vasemmalla vanha messinkinen liitinkappale ja oikealla uusi liitinkappale, josta on poistettu koneistus. Ajatus uudessa liitinkappaleessa on, että se voidaan leikata suoraan 10 mm levyistä, johon porataan vaadittavat reiät.



Kuva 24. Vanha ja uusi liitinkappale.

Vastinkappaleelle tehdään sama operaatio kuin liitinkappaleessa eli pyritään siis leikkausvaiheessa saamaan osa mahdollisimman valmiiksi. Vanha vastinkappale on sorvattu ensin, jonka jälkeen siihen on koneistettu taso jalkojen kiinnitysrei'ille. Taso on 10 mm paksu. Siitä tulee läpi M8 kierre, joten kappaleelle on haettu kestävyttä tällaisella rakenteella. Materiaalivalinnalla kestävyttä saadaan toisella tapaa ja vastinkappaleen voi valmistaa suoraan 10 mm levystä leikkaamalla, johon porataan M8 kierre läpi sekä porataan jalkojen kiinnitysreiät. Kuvassa 25 vasemmalla taas vanha sorvaamalla ja jyrsimällä tehty vastinkappale ja oikealla uusi suoraan 10 mm levystä leikattu vastinkappale.



Kuva 25. Vanha ja uusi vastinkappale.

Jalkojen kiinnityksessä käytetään samaa niittaustekniikka kuin vanhassa pihdissä. Tappi asennetaan jalkojen reikien ja vastinkappaleen/liitinkappaleen/leuan läpi, jonka jälkeen tapin päät niitataan. Ajatuksena, että tappi pystyy nivelmäisesti pyörimään liitinkappaleen/vastinkappaleen/leuan reiässä.

Kehittelyvaiheessa alettiin konkretisoida luonnosteluvaiheen ideoita ja kokeilemaan, toimivatko ne käytännössä. Tämä voi johtaa siihen, että vaatimuslistan luonnosteluvaiheessa hyväksytyt toiminnot saattavat muuttua, joten vaatimuslistan on tarkastettava ennen viimeistelyvaihetta.

- levymalliratkaisu
- materiaali terästä
- helppo ja nopea kokoonpano
- standardiosien hyödyntäminen.

Nämä toiminnot täyttyvät yhä. Lisäksi yksi ja tärkeimmän kriteerin täyttäminen on tullut vasta kehittelyvaiheessa:

- Käyttäjä ei voi avata pihtejä niin paljon, että männänrenkas hajoaa.

Tämä kriteeri on täytetty, koska uudessa pihdissä on käytetty samoja toiminnallisia mittoja (kuten jalkojen kiinnityskohdat, leuan muoto yms.), joten pihti toimii kokonaisvaltaisesti samalla lailla kuin vanhat pihdit. Tarkistuksien jälkeen voitiin siirtyä viimeistelyvaiheeseen.

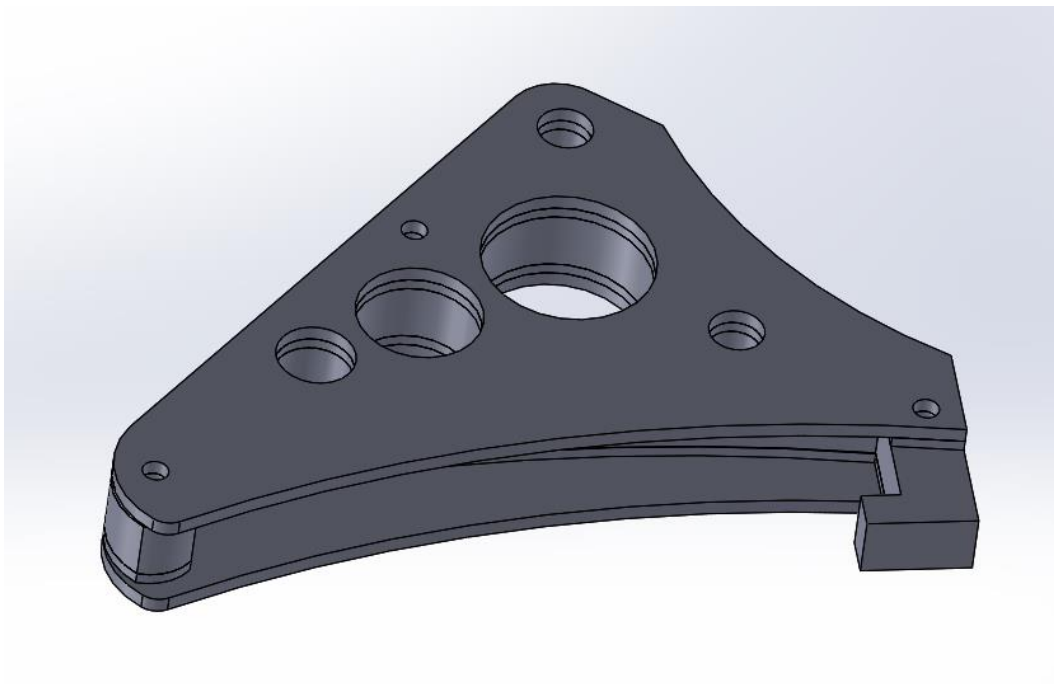
7.2.2 W46- pihdit

W46- pihdeissä käytiin läpi samat vaiheet kuin W30- pihtien kehittämisessä, koska ne ovat lähes samanlaiset, mutta eri mittakoossa. Tässä on siis tiivistelmä osien mallinnuksesta.

Leuka toteutetaan jälleen levymalliratkaisulla. Ensin täytyi selvittää tärkeät toiminnalliset mitat leualle. Nämä mitat otettiin vanhasta leuasta. Näitä ovat:

- ”Kynnen” paksuus on 8 mm.
- Männänrenkaan ohjausuran väli on 11 mm.
- Leuan paksuus jalkojen kiinnityskohtissa on 15 mm, jolloin ei tarvitse muita osia lähteä muuttamaan.

Nämä mitat pyritään toteuttamaan levymalliratkaisulla. Runko-osa valmistetaan 8 mm, jolloin saadaan aikaan leuan oikean paksuinen ”kynsi”. Männänrenkaan ohjausura on 11 mm, joten välilevy täytyy olla 1.5 mm (levy tulee molemmin puolin jolloin $8 \text{ mm} + 2 * 1.5 \text{ mm}$). Lopuksi pitäisi saada paksuus 15 mm, joten lisätään levyt molemmin puolin, jotka ovat 2 mm paksut. Toiminnalliset mitat tulevat tällä toteen. Levyjen muoto ja niiden kattavat alueet ovat erilaisia kuin W30- pihdeissä, mutta kehittäjäidea on sama. Kuvassa 26 näkyy lopullinen levykokoonpano leuasta.



Kuva 26. W46- pihtien leuan kokoonpano.

Levyt niitataan toisiinsa vetoniiteillä ja niiden reiät on myös mallinnettu kuvaan. Kokoonpanoon on tehty myös kevennysreikiä (kuten W30- pihdeissä).

Ideoinnissa mietittiin liitinkappaleelle ja vastinkappaleelle samanlaista ratkaisua kuin W30- pihdeille eli koneistusta ei tehtäisi profiilille vaan osat leikattaisiin suoraan oikean paksuisesta levystä. Tälle ratkaisulle ei löydetty mitään ongelmaa, joka estää tämän toteuttamisen, joten ratkaisu päätettiin toteuttaa. Liitinkappaleessa ja vastinkappaleen paksuus jalkojen kiinnityskohdissa on 15 mm, joten kappaleet leikattaisiin 15 mm paksuisesta levystä. Kappaleisiin ei jäisi kuin kiinnitysreikien poraus sekä vääntiön vaatimat reiät (vapaa reikä liitinkappaleeseen ja kierereikä vastinkappaleeseen).

Kokoonpanon jalkoja ei muokata joten ne valmistetaan jatkossa laserleikkeinä.

W46- pihtien kehittelyvaihe vietiin läpi samalla tyylillä kuin W30- pihtien. Koska näillä pihdeillä oli myös sama vaatimuslista, voitiin myös W46- pihdit siirtää viimeistelyvaiheeseen. W30- ja W46- pihdit ovat siis samanlaiset, mutta eri koossa.

7.2.3 W20- pihdit

Ideointivaiheessa valittiin jatkokehittelyyn kokoonpano, jossa oli käytetty yksinkertaistettuja leukoja. Tässä kokoonpanossa ideana oli, että leuan asennon muutos toiminnassa tapahtuu männänrenkaan voiman avulla. Kehittelyssä on tarkoitus tarkastella tehtyä 3D- luonnosta ja kehittää siitä helposti kokoonpantava ja valmistettava versio.

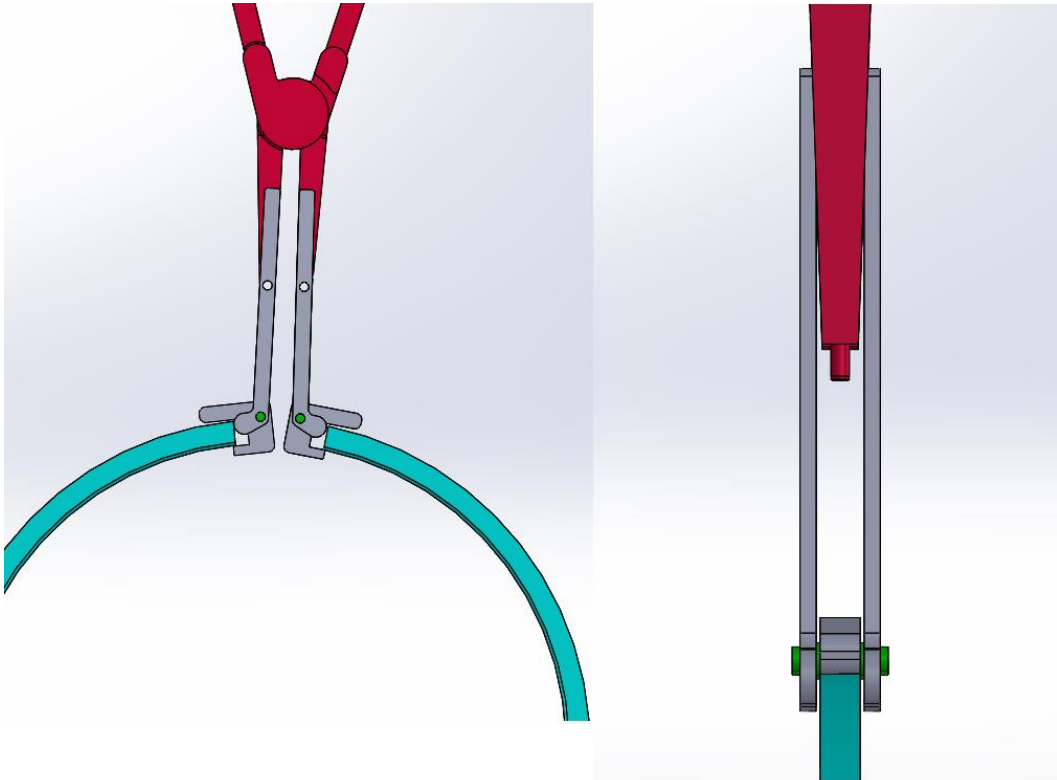
Toiminnalliset tärkeät mitat on ensin kartoitettava. Leuan ”kynnen” paksuus on oltava 5 mm, koska männänrenkas on 5 mm ja tätä mitta on myös käytetty edellisessä pihdissä. Leukaan täytyy myös kehittää jonkinlaiset rajoitin osat, jotka estävät männänrengasta luiskahtamasta leuasta asennuksen aikana. Tälle ratkaisulle ei lähtökohtaisesti tehdä ohjausuraa, koska leuka on niin pieni. Yksi tärkeä mitta on myös valmispihteihin tehtävän jatkovarsien pituus, koska se määrää kuinka paljon leuan avaavat männänrengasta. Mitä pitemmät jatkovarret, sitä enemmän männänrenkas luonnollisesti aukeaa.

Ensin muutin luonnosteluvaiheessa mallinnetun leuan paksuuden 5 mm. Tämän jälkeen aloin miettimään ratkaisua, jolla jatkovarret saisi kiinni leukaan ja pihtien varteen. Jatkovarsien kiinnitys leukojen varteen on hieman haasteellista, koska valmispihdit ovat valurautaa ja leukojen paksuus ei ole vakio. Paksuus pienenee päätä kohti. Se on tyvessä 8.15 mm ja päässä 4.6 mm. Muutin myös leuan kiinnitysreiän kohtaa lähemmäs leuan keskustaa, jolloin männänrenkaan aiheuttama voima tasoittuu yläpintaa ja ”kynttä” vasten paremmin.

Leuka kiinnitettäisiin jatkovarsiin samalla tavalla kuin W30- ja W46- moottorissa on tehty eli niveltappi leuan ja jatkovarsien reikien läpi, jonka jälkeen päät niitattaisiin kiinni. Reiässä tulisi vällyssovite, jotta tappi pääsee nivelmäisesti pyörimään sen sisällä.

Rajoittimet mallinnettiin samaan osaan jatkovarsien kanssa, jolloin saadaan osien lukumäärä minimoitua. Kuvassa 27 näkyy tähän asti mallinnettu pihti. Jatkovarsiin oli lisätty rajoitin toiminto ja vihreä osa on kiinnitystappi. Kuvassa on myös

kuvattu pihtiä sivusta, josta näkee helposti jatkovarren kiinnitysongelman pihtihin.

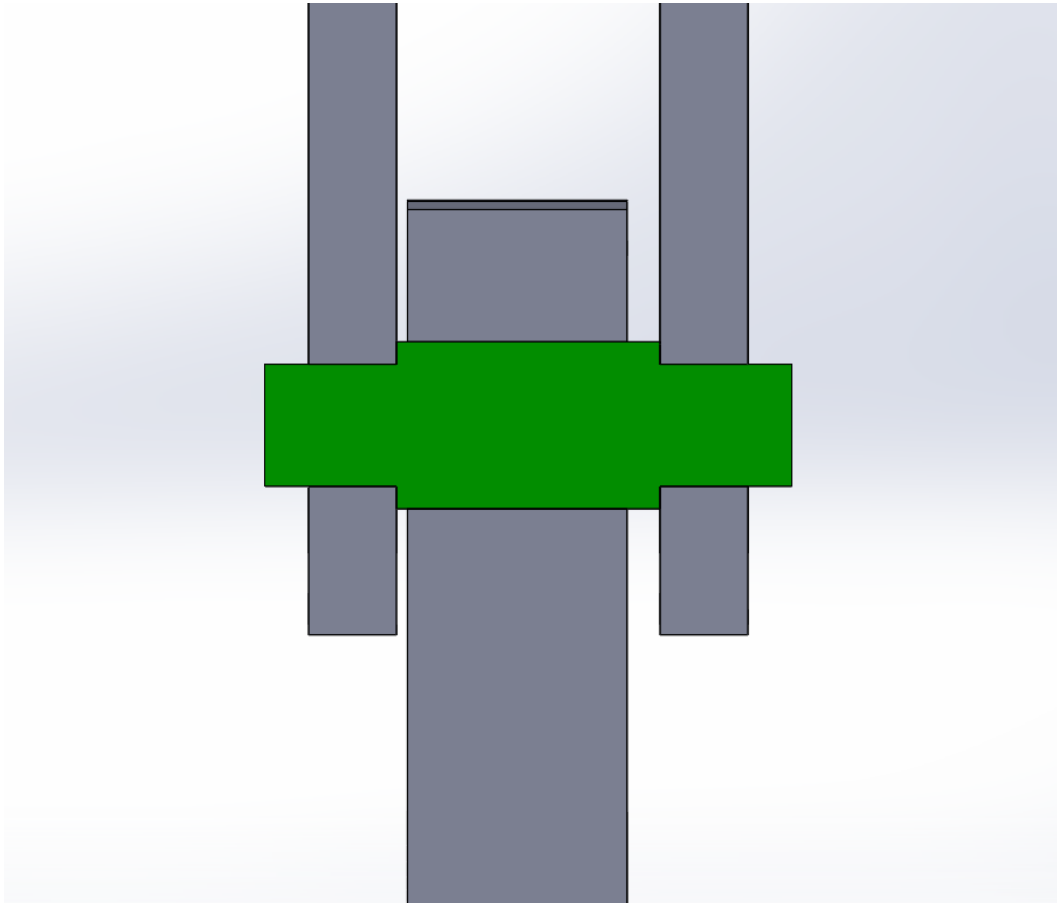


Kuva 27. W20- pihtien kehittäly.

Kiinnitysongelmana oli siis pihtien leuan kapeneminen päätä kohti, jonka takia jatkovarsien kiinnitys on hankalaa. Pihdinleuan pään monimuotoisuus sulki pois monia kiinnitystapoja kuten ruuviliitokset. Ruuviliitoksessa kappaleiden taso pitäisi olla mahdollisimman suora toisiinsa nähden. Parhaaksi vaihtoehdoksi mietittiin hitsaus, jossa tasojen väli ei tarvitse olla niin tarkka toisiinsa nähden. Idea oli, että jatkovarret hitsataan TIG- hitsauksella. Hitsauksessa täytyi ottaa huomioon jatkovarren pituus. Jos jatkovarret hitsattaisiin liian pitkälle, avaisivat leuat männänrengasta liikaa ja vaurioittaisi sitä. Lisäksi jatkovarsien tuli olla yhdensuuntainen pihtien leuan suhteen, kuten oli suunniteltu.

Jatkovarsien tason kulma pihteihin nähden ei ole hitsausvaiheessa täysin tarkkaa. Kun leuka asennetaan kiinnitystapilla hitsauksen jälkeen, pakottaa se jatkovarret

oikeaan asentoon. Kuvassa 28 on kiinnityskohdan leikkaus, jossa vihreä osa on kiinnitystappi. Leuan reikä on isompi kuin jatkovarsien reikä ja päiden niittaus pakottaa jatkovarret asentoonsa. Leualla on 1mm vapaata tilaa liikkua tapissa.



Kuva 28. Kiinnitysmenetelmä.

Myös näissä pihdeissä pidin mielessä helpon ja halvan vesileikkauksen. Leuat pystyttiin valmistamaan suoraan 5mm paksusta levyaihiosta, johon jälkikoneistuksessa porataan kiinnitystapin reikä. Jatkovarret leikattiin myös suoraan 2mm levystä ja jälkikoneistuksella reiät kiinnitystapille.

Kun toiminnot oli saatu toteutettua, tarkistettiin vielä vaatimuslista:

- Pihkien toiminto tulee tapahtua puristamalla.
- Standardiosien hyödyntäminen.
- Helppo ja halpa valmistaa.
- Valmis pihti modifioidaan männänrengaspihdiksi.

Kehittelyvaiheessa tuli mukaan vielä yksi tärkeä kriteeri, joka täytyi ottaa huomioon:

- Käyttäjä ei voi avata pihdeillä männänrengasta liikaa.

Pihdit ovat suunniteltu siten, että männänrenkas (joka on niin auki, että mahtuu männän ympäriltä pois) ja valmiit pihdit (jotka ovat kiinni) mallinnettiin ensin. Tämän jälkeen jatkovarret mallinnettiin niitten mukaan. Tämä tarkoittaa sitä, että kokoonpano on sellainen pihtien ollessa kiinni, että se avaa männänrengasta yhtä paljon kuin vanhoilla pihdeillä. Kriteeri siis täyttyy ja tämä idea voitiin siirtää viimeistelyvaiheeseen.

7.3 Materiaalin valinta

Materiaalivalinnasta puhuttiin jo ideointivaiheessa. Liitin- ja vastinkappale oli valmistettu pronssista aiemmin, mutta osan kestävyuden varmistamiseksi siihen päätettiin ottaa käyttöön S355 teräs. S355 teräksen murtolujuus on $470\text{-}630\text{N/mm}^2$ (West Yorkshire Steel), kun taas pronssilla n. 240N/mm^2 (Alcoba Metals). Vastinkappale ja liitinkappaleiden rakenne muuttui siten, että seinämäpaksuus pieneni. Seinämäpaksuuden pienentyessä kestävyys luonnollisesti pieneni ja tämän takia materiaali muutettiin kestävämpään. Aiemmin pronssista valmistettujen osien materiaalin korvasi siis nyt S355 teräs.

Aiempien pihtien jalat valmistettiin DC 01 teräksestä. Tällä materiaalilla oli tarkoitus jatkaa jalkojen valmistus.

Useimpien osien idea oli, että koneistusta ei tarvitse enää, koska leikkeet leikataan suoraan oikean paksuisesta materiaalista. Kehittelyvaiheessa materiaalin saataavuus oli siis tarkastettava.

W20- osat valmistettaisiin myös S355 teräksestä. Näitä osia ovat siis jatkovarret ja leuat. Kiinnitystapit valmistetaan vedetystä tangosta kuten W30- ja W46- kiinnitystapit.

7.4 Osto-osat

7.4.1 W30- pihdit

W30- moottorin pihteihin mietittiin ideointivaiheessa vääntiötä osto-osaksi. Esille tuli pari ideaa, mutta kehittelyyn päätettiin ottaa idea, missä valmiista pitkävartisesta hylsyavaimesta valmistetaan vääntiö. Hylsyavaimessa on liukuva T-kahva. Varsi on tarkoitus katkaista oikeaan pituuteen, jonka jälkeen siihen tehdään kierreet. Ongelmana tilausta tehdessä oli, että avaimia tilattiin avainkoon mukaan ja varren halkaisijasta (johon kierre tulee) ei ole tietoa. Tilasimme kolmea eri avainkokoja: 12 mm, 9 mm ja 7 mm, joista pystyimme valitsemaan oikean kokoisin.

Varren tulisi siis olla mahdollisimman lähelle 8 mm, jolloin siihen ei tarvitse kuin tehdä kierre suoraan. 12 mm avaimessa varsi oli 9.9 mm, 9 mm avaimessa 7.9 mm ja 7 mm avaimessa 7.5 mm. 9 mm avaimen varsi on tarpeeksi lähellä 8 mm, jolloin sitä ei tarvitse kuin katkaista oikeaan mittaan ja tehdä kierre. Pala kuitenkin vaatii pienen sorvauksen, koska kierretangon ja vääntökahvan välissä on viiste. Kun vääntiötä väännetään, kiertyy viiste liitinkappaleen reikään ja se voi ”hirttää” kiinni. Sorvauksella viiste poistetaan siten, että vääntiön ja liitinkappaleen väliin jää suora taso, jolloin hirttämisen vaaraa ei ole.

7.4.2 W46- pihdit

W46- pihteihin kaavailtiin samanlaista osto-osaa vääntiöksi. Ongelmana oli taas, että T-avaimen varren paksuutta ei tuotetiedoista tullut esiin, joten avaimia piti taas tilata monen kokoisia, joista sitten mitata oikean kokoinen. Tilasimme Hoffmannilta 14 mm, 15 mm ja 16 mm T-avaimet. Kierre, joka vääntiöön tehdään, on M12.

14 mm ja 15 mm avainkoossa varren paksuus oli 10.9 mm ja 16 mm avaimessa 12.9 mm. M12 kierre oli siis mahdollista tehdä vain 16 mm avaimesta. Varsi katkaistiin oikeaan mittaan ja tehtiin kierre. Viiste poistettiin jälleen kierretangon ja vääntökahvan välistä, jolloin hirttämisen vaaraa ei ole.

7.4.3 W20- pihdit

W20- pihteihin ideoitiin osto-osaksi valmiit standardisoidut pihdit. Pihdeissä oli hyvä olla valmiina olemassa palautusjousi ja se tulisi olla kooltaan samaa luokkaa kuin vanhat männänrengaspihdit. Hoffmann Groupilta löytyi valmiit standardisoidut lukkorengaspihdit palautusjousella (**Kuva 16.**), joka päätettiin ottaa mukaan kehittelyyn. Pihdit olivat DIN / ISO 5254 A- standardia.

8 VIIMEISTELY

8.1 Valmistusmenetelmät

8.1.1 Vesileikkaus

Vesileikkaus on mekaaninen työstöprosessi, joka perustuu vesisuihkun erittäin korkeaan paineeseen. Vesileikkaus toimii pehmeisiin aineisiin pelkällä vedellä ja tarpeeksi kovalla paineella, mutta myös kovia aineita (esimerkiksi metalli) voi leikata, kun veteen lisätään jotain lisäaineita kuten hienoa hiekkaa. Jopa 6200 baarin vesisuihku luodaan hydraulisella pumpulla ja se syötetään kappaleeseen ke-raamisella suuttimella (Muototerä 2013).

Vesileikkauksen etuja:

- Kappale ei lämpene leikkauksen aikana.
- Monimutkaisten muotojen leikkaus on helppo toteuttaa.
- Vesileikkaus on ympäristöystävällistä.
- Koska kappale ei lämpene leikkauksen aikana, ei se myöskään karkene toisinkuin laserleikkauksessa.

Vesileikkauksella on tarkoitus valmistaa leukakokoonpanon levyt, liitinkappale sekä vastinkappale. Jokaiselle osalle valitaan valmiiksi oikea levyaihio, jolloin jälkikoneistuksessa ei tarvitse lisätä kuin muutama piirre (kierre- tai vastinkappaleeseen, läpi reikä liitinkappaleeseen yms.).

3D- mallinnuksessa leukojen kokoonpano toteutettaisiin kolmella erilaisella vesileikatulla levyllä.

8.2 Kokoonpano, piirustukset ja testaus

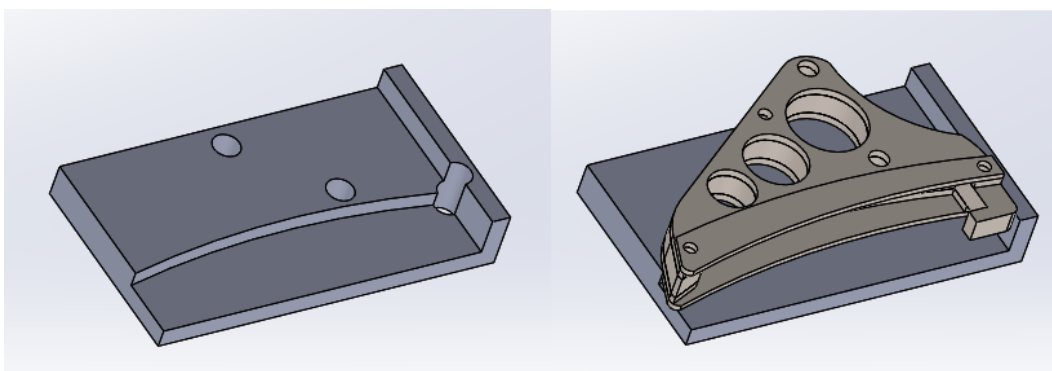
8.2.1 W30- pihdit

Ennen osien valmistusta, tein mallinnetuista osista piirustukset. Osat, jotka ensin vesileikattiin, eivät vaatineet täydellisiä piirustuksia. Vesileikkaukoneet osaavat lukea mitat suoraan DXF- tiedostosta, joten osan profiilista tehtiin piirustus, johon

lisättiin materiaali ja aihiolevyn paksuus. Mittakaava on tärkeä huomioida DXF-tiedostoa lähettäessä ja siksi lisäsin myös yhden varmistusmitan jokaiseen piirustukseen, josta vesileikkaaja voi varmistaa mittasuhteen olleen oikea. Jos osa vaatii jälkikoneistus vesileikkauksen jälkeen (kuten vastin- ja liitinkappale), tehtiin koneistukselle erikseen piirustus, josta kävi ilmi tarvittavien piirteiden mitat. Kun osat oli valmistettu, on ne tarkoitus vielä sinipassivoida korroosion kestäviksi. Sinipassivointia ei kuitenkaan suoriteta prototyypeille ajan säästämiseksi. Osien valmistuttua voitiin tehdä kokoonpano.

Kokoonpanon kiinnityksissä käytettiin samaa periaatetta kuin aiemmassa versiossa. Jalat kiinnitettiin leukoihin, vastinkappaleeseen ja liitinkappaleeseen nivel tapilla, jonka päät niitattiin. Reikien tuli olla toleranssiltaan plussan puolella (joka huomioitiin piirustustentekovaiheessa), jolloin tappi pystyy pyörimään.

Kiinnitystappien reiät oli tarkoitus porata vasta, kun leuan levyt oli kiinnitetty toisiinsa vetoniiteillä. Vetoniitit kuitenkin hankaloittivat porausta, koska leukaa ei saanut suoraan tasolle. Porausta helpottamiseksi suunniteltiin jigi, joka väistää popniitit ja näin leuan saisi suoraan tasolle porausta varten. Kuvassa 29 jigin 3D-malli.



Kuva 29. W30- jigi reikien poraukselle.

Testausvaiheessa kävi ilmi, että W600- moottorissa on kahden paksuisia männänrenkaita, 8 mm ja 6 mm. Leuat oli suunniteltu 8 mm männänrenkaille ja täten ne eivät mahtuneet 6 mm hahloon. Ongelma oli helppo ratkaista vaihtamalla leuan levyjen paksuuksia niin, että kynsi osa on 6 mm. Pihdit toimivat muuten hyvin,

joten muita muutoksia kokoonpano ei vaatinut. Ongelman olisi välttänyt paremmalla tiedonkeruulla.

8.2.2 W46- pihdit

Kuten on työn aikana tullut ilmi, W46- pihtien valmistusvaiheet ovat lähes samantyyppiset kuin W30- pihtien. Piirustusten ja kokoonpanojen osalta on myös näin.

Leikeosista tehtiin DXF- tiedostot, joissa osan profiilin muoto oikealla mittakaavalla. Jälkikoneistuksille tehtiin jälleen oma piirustus.

Jalkojen kiinnitys oli myös samalla periaatteella. Kiinnitystapit, joiden päät niitattiin. Kiinnitystapin reiät leuassa, vastinkappaleessa ja liitinkappaleessa tehtiin plussa toleranssilla, jolloin tappi pystyi nivelmäisesti pyörimään sen sisällä.

8.2.3 W20- pihdit

Kuten jo aiemmissa pihdeissä, osista, jotka on tarkoitus vesileikata, tehtiin DXF-piirustukset. Leikkaaja ei tarvinnut kuin oikean mittasuhteen ja profiilin muodon. Tällaisia osia näissä pihdeissä oli leuat ja jatkovarret. Jälkikoneistukselle tehtiin jälleen oma piirustus, josta käy ilmi kiinnitysreikien paikat ja koot. Kiinnitystapille tehtiin myös piirustus ja ne tilataan alihankkijalta.

Osien valmistuttua, voidaan kokoonpano aloittaa. Kokoonpanon kiinnitystapoja on kiinnitystappien niittaus ja TIG- hitsaus. Kokoonpano aloitetaan niittaamalla leuat ja jatkovarret toisiinsa. Niittauksessa täytyy ottaa huomioon, että jalat osoittavat samaan suuntaan, koska jalat eivät pyöri enää tappiin nähden niittauksen jälkeen. Kun leuat on niitattu, täytyy jatkovarret hitsata ostopihteihin. Hitsausta helpottamiseksi rakennetaan sitä varten jigi. Hitsausvaiheessa täytyy ottaa huomioon jatkovarsien paikka kokoonpanopiirustuksesta. Jos jatkovarret hitsataan väärään kohtaan, männänrenkas voi aueta liikaa tai liian vähän.

9 YHTEENVETO

Työn tuloksena saatiin kolmesta eri männänrengaspihdeistä uudet versiot, joissa koneistus on pyritty minimoimaan ja käytetty nopeaa ja halpaa vesileikkausta mahdollisimman paljon valmistusmenetelmänä. Näistä pihdeistä tehtiin 3D-mallit, piirustukset sekä W30- ja W46- pihdeistä myös prototyypit.

Pihdeille annettiin myös asiakkaan toimesta muutamia toiveita, joita tuli noudattaa työn aikana. Asiakas halusi materiaalina käytettävän terästä pronssin sijasta sekä levymalliratkaisua tuli käyttää hyväksi.

W30- pihdeistä ehdittiin opinnäytetyön palauttamista ennen tekemään yhden prototyypit. Wärtsilän testauksessa leuan ”kynsi”- osa, joka uppoaa männänrenkaan hahloon, oli liian paksu. Männässä on 8mm ja 6mm hahloja ja leuka oli suunniteltu vain 8mm hahlolle. Pihdit toimivat muuten hyvin ja levymalliratkaisun ansiosta 8mm paksuus oli helppo muuttaa 6mm paksuudeksi, jolloin kokoonpano toimi. Myös W46 – pihdeistä ehdittiin tekemään prototyypit, mutta testaukseen ne eivät ehtineet.

Lopputuloksena saatiin jokaiselle pihdille 3D- mallit ja kokoonpanot tehtyä sekä piirustukset, jonka mukaan Tarkmet pystyy valmistamaan prototyypin myös myöhemmin.

LÄHTEET

SolidWorks 2014. SolidWorksin suomenkielinen kotisivu. Tietoja SolidWorkistä.

Viitattu 3.3.2014. http://www.solidworks.fi/sw/6453_SVF_HTML.htm

Muototerä 2013. Tietoa vesileikkauksesta ja vesileikkureista. Viitattu 3.3.2014.

http://www.muototerä.fi/Muototerä/waterjet_info

Pahl, G., Beitz, W. 1986. Koneensuunnitteluoppi. 2. uud. painos. Helsinki. Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Alcobra Metals. Bronze Product Guide. Viitattu 16.4.2014.

<http://www.alcobrametals.com/guide.php?metal=2>

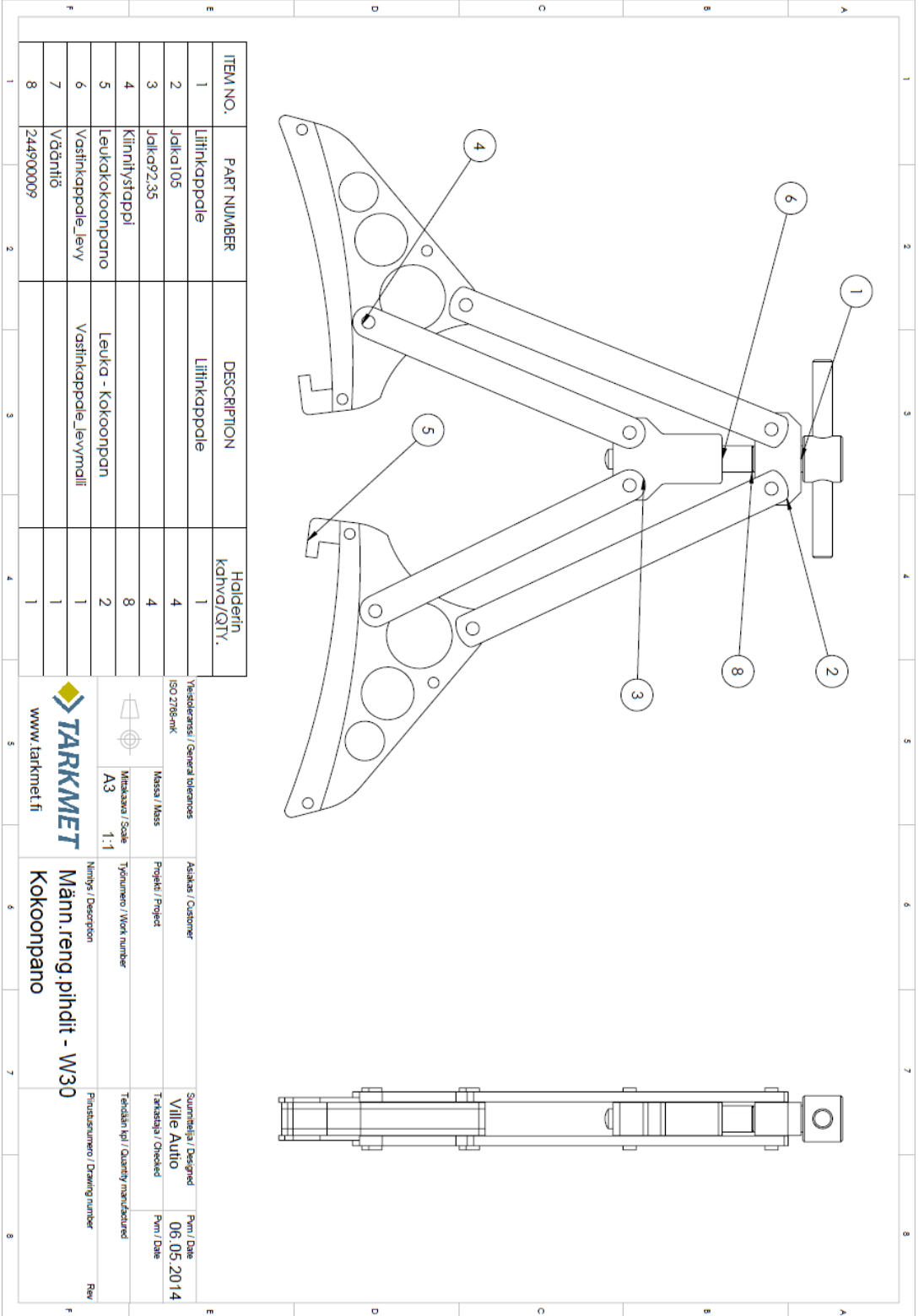
West Yorkshire Steel. S355 S355J2 S355J2+N Steel. Viitattu 16.4.2014.

<http://www.westyorkssteel.com/carbon-steel/s355/>

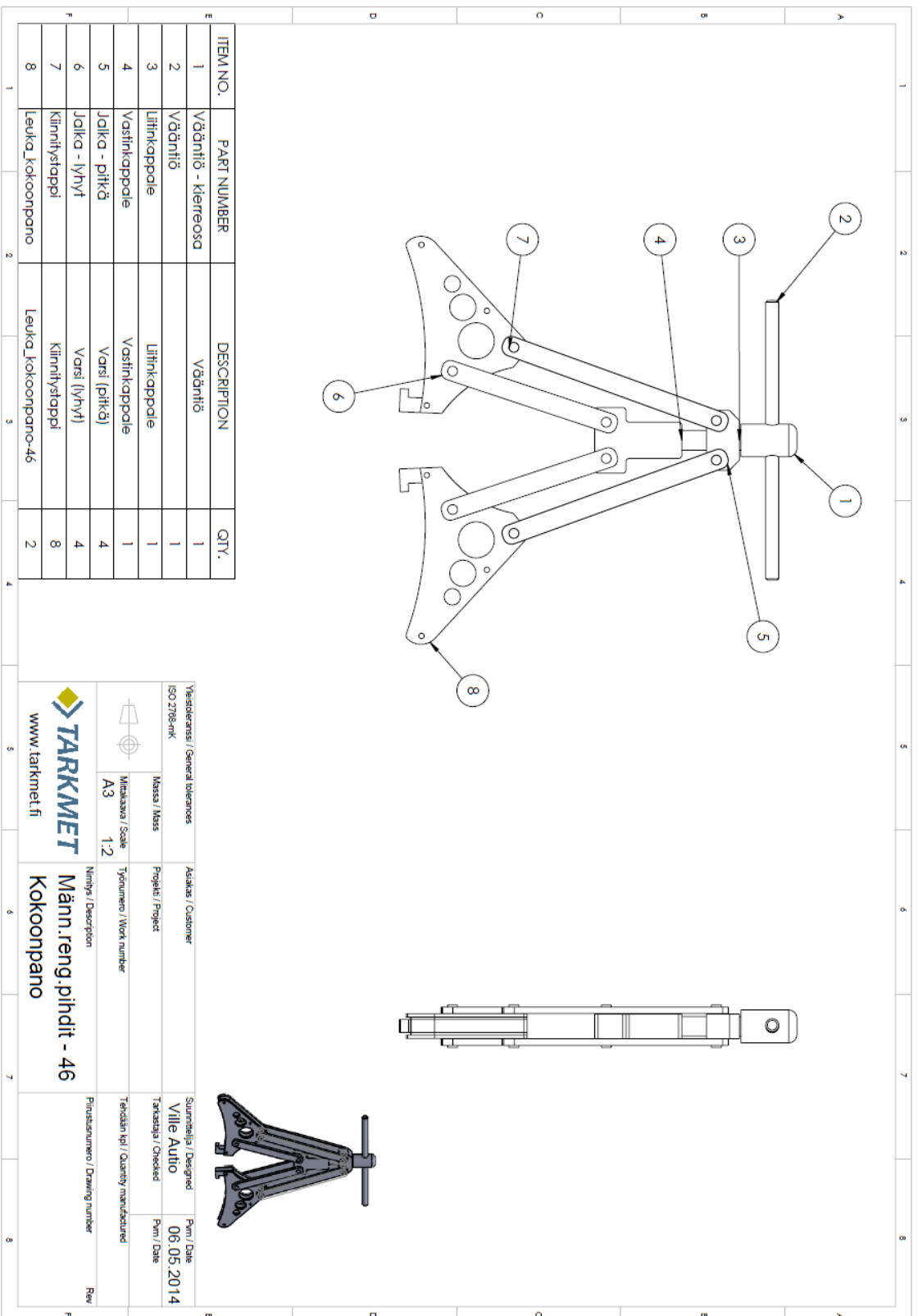
..

LIITTEET

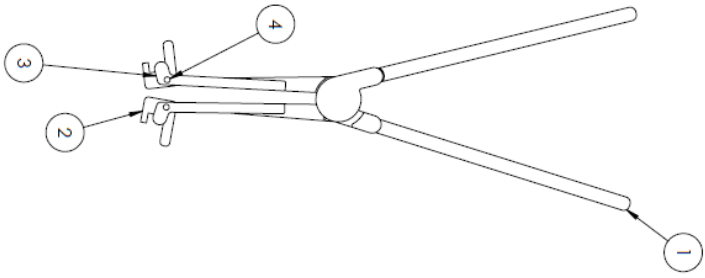
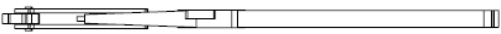
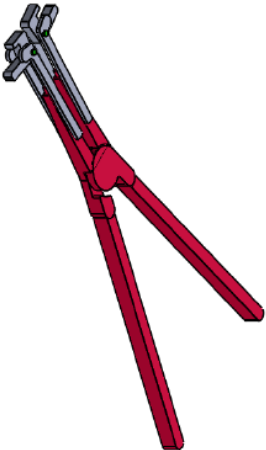
LIITE 1





LIITE 2



LIITE 3

						
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	Default/ QTY.			
1	Valmis pihdit- puolikas		2			
2	Leuka	Leuka	2			
3	Jatkovarsi	W20 - männ.reng.pihdit- jatkovarsi	4			
4	Kiinnytystoppi	Männ.reng.pihd. W20	2			

 www.tarkmet.fi		 ISO 2768-mk		Yhteistyösuhteisuus / General tolerances	
A3		1:2		Massa / Mass	
Määrittely / Description		Työnumero / Work number		Asiakas / Customer	
Männ.reng.pihd. - W20 Kokoonpano		Tekninen tyyppi / Quantity manufactured		Suunnittelija / Designed Ville Autio	
Piirustussuomen / Drawing number		Tarkastaja / Checked		Pvm / Date 06.05.2014	
Rev		Pääsuomen / Checked		Pvm / Date	