

Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Jimmy Huldin

Karamoottorin tukirakenteen uudelleensuunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

12.11.2020

Tekijä(t) Otsikko	Jimmy Huldin Karamoottorin tukirakenteen uudelleensuunnittelu
Sivumäärä Aika	29 sivua + 7 liitettä 12.11.2020
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Koneautomaatio
Ohjaaja(t)	Lehtori Heikki Paavilainen, Metropolia Ammattikorkeakoulu Toimitusjohtaja Kaarle Vanamo, Joyride Games Oy
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli ClimbStation -kiipeilyseinän karamoottorien tukirakenteiden uudelleensuunnittelu. Työ tehtiin Joyride Games Oy:lle. Työn tavoitteena oli luoda vaihtoehtoinen konsepti, joka pystyisi korvaamaan nykyisen tukirakenteen.</p> <p>Uuden konseptin luominen aloitettiin ideoinnilla, joka edistettiin viimeistellyksi tuotteeksi. Konseptin mallintamisessa ja työkuvioiden laatimisessa käytettiin SolidWorks -mallinnusohjelmaa.</p> <p>Konseptin kuormittuville osille suoritettiin simulaatio, jossa arvioitiin osien kestävyyttä. Simulointiin käytettiin Catia -mallinnusohjelman Generative Structure Analysis -toimintoa.</p> <p>Konseptin osista laadittiin myös valmistustekniset selostukset, jolla arvioitiin osien parasta mahdollista valmistustapaa.</p> <p>Lopputuloksena tuotettiin osien tuotantoon vaadittavat dokumentit. Loppupäätelmissä pohditaan konseptin mahdollisia jatkokehitystarpeita.</p>	
Avainsanat	Tuotekehitys, valmistustekniikka, tukirakenne

Author(s) Title	Jimmy Huldin Redesigning the Support Structure for Electric Actuator
Number of Pages Date	29 pages + 7 appendices 12 November 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Machine Automation
Instructor(s)	Heikki Paavilainen, Senior Lecturer Kaarle Vanamo, CEO
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to redesign the support structure for electric actuators which are used for the ClimbStation climbing wall. This thesis was commissioned by Joyride Games Ltd. The goal of this thesis was to create an alternative concept, which could replace the current structure.</p> <p>The creation of the new concept was started with brainstorming for development ideas, which were further developed into the final product. 3D modeling and drawing were done by using SolidWorks -modeling software.</p> <p>In addition, simulation was conducted for parts to evaluate their strength. Simulation was carried out Catia modeling software and its Generative Structural Analysis application.</p> <p>Explanations for the manufacturing process were created for all parts in order to evaluate the best methods for manufacturing.</p> <p>Finally, documents needed for the manufacturing process were created as well. The concept can be developed further, however, and possible need for development are discussed in the conclusions.</p>	
Keywords	product development, manufacturing, support structure

Sisällys

1	Johdanto	3
2	Tuotekehitysprojekti	4
3	Tukirakenteen määrittely ja suunnittelu	5
3.1	Concens Con60 -karamoottori	5
3.2	Karamoottorin tukirakenne	5
3.3	Esitutkimus	6
3.4	Luonnostelu	7
3.5	Kehittäminen	9
3.6	Testaaminen	12
3.7	Viimeistely	12
4	Testaaminen	13
4.1	Testaamisen rajaaminen	13
4.2	Simuloinnin vaiheet	13
4.3	Tulokset	14
4.3.1	Etuhaarukka	14
4.3.2	Takahaarukka	14
4.3.3	Takakiinnike	15
4.4	Päätelmät	15
5	Valmistaminen	16
5.1	Osien valmistaminen	16
5.1.1	Etuhaarukka	16
5.1.2	Takahaarukka	18
5.1.3	Takakiinnike	20
5.1.4	Ulkoputki	23
5.1.5	Sisäputki	24
5.1.6	Kiristyslaippa	25
6	Yhteenveto	28
	Lähteet	29

Liitteet

Liite 1. Etuhaarukan valmistuskuva (vain toimeksiantajan käyttöön)

Liite 2. Takahaarukan valmistuskuva (vain toimeksiantajan käyttöön)

Liite 3. Ulkoputken valmistuskuva (vain toimeksiantajan käyttöön)

Liite 4. Sisäputken valmistuskuva (vain toimeksiantajan käyttöön)

Liite 5. Kiristyslaipan valmistuskuva (vain toimeksiantajan käyttöön)

Liite 6. Takakiinnikkeen valmistuskuva (vain toimeksiantajan käyttöön)

Liite 7. Asennuslevyn valmistuskuva (vain toimeksiantajan käyttöön)

1 Johdanto

ClimbStation -kiipeilyseinä (Kuva 1) on Joyride Game Oy:n suunnittelema ja valmistama kiipeilyseinä, joka mahdollistaa ympärivuotisen ja monipuolisen lajiharjoittelun. Kiipeilyseinä on elektronisesti ohjattu ja mahtuu pieneen tilaan [1].



Kuva 1. ClimbStation -kiipeilyseinä [1].

ClimbStation -kiipeilyseinän yhtenä ominaisuutena on seinän kallistaminen negatiiviseen kiipeilykulmaan. Seinän kallistaminen toteutetaan vaakatasossa toimivien karamoottorien avulla. Tässä opinnäytetyössä ideoidaan ja uudelleensuunnitellaan kyseisen karamoottorin tukirakenne.

2 Tuotekehitysprojekti

Tuotekehitysprojekti voidaan jakaa viiteen eri vaiheeseen:

1. esitutkimus, jossa kartoitetaan tarve tuotekehitykselle, tuotteen ominaisuudet ja vaatimukset, projektin aikataulu, selvitetään tuotekehityskustannukset ja arvioidaan tuotekehityksen kannattavuus
2. luonnostelu, jossa luonnostellaan konsepti ja mietitään mahdolliset valmistustavat tuotteelle
3. kehittäminen, jossa tuote suunnitellaan valmiiksi, valmistustavat päätetään ja mahdolliset alihankittavat osat päätetään
4. viimeistely, jossa viimeistellään suunniteltu tuote sekä tuotetaan tuotteeseen liittyvät dokumentit
5. tuotteen sarjavalmistus ja myynti. [2, s.10]

Seuraavissa luvuissa kuvataan karamoottorin tukirakenteen tuotekehitysprosessia vaihe vaiheelta.

3 Tukirakenteen määrittely ja suunnittelu

3.1 Concens Con60 -karamoottori

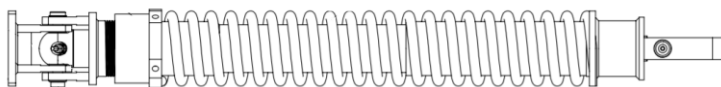
Concens Con60 -karamoottori (kuva 2) on sähköinen toimilaite, jossa moottorilla tuotetaan lineaarista liikettä tavanomaisen pyörivän liikkeen sijaan. Karamoottori on tavanomaista sylinteriä kompaktimpi ja siksi se soveltuu käyttötarkoituksiin, jossa tilaa on rajatusti [3].



Kuva 2. Concens Con -sarjan karamoottoreita. Vasemmalla käytössä oleva Con60 -karamoottori [3].

3.2 Karamoottorin tukirakenne

Tukirakenne (Kuva 3) on teleskooppimainen putkirakennelma, johon on hitsattu käyttötarkoitukseen soveltuvat haarukkaosat molempiin päihin.



Kuva 3. Karamoottorin tukirakenne

Tukirakenne

- yhdistää karamoottorin kiipeilyseinään
- tukee mekanismin joustaa, jonka tehtävänä on keventää karamoottorin kuormaa

- esikiristää jousen haluttuun pituuteen
- suojaa karamootoria epäpuhtauksilta
- lisää mekanismin vääntöjäykkyyttä.

3.3 Esitutkimus

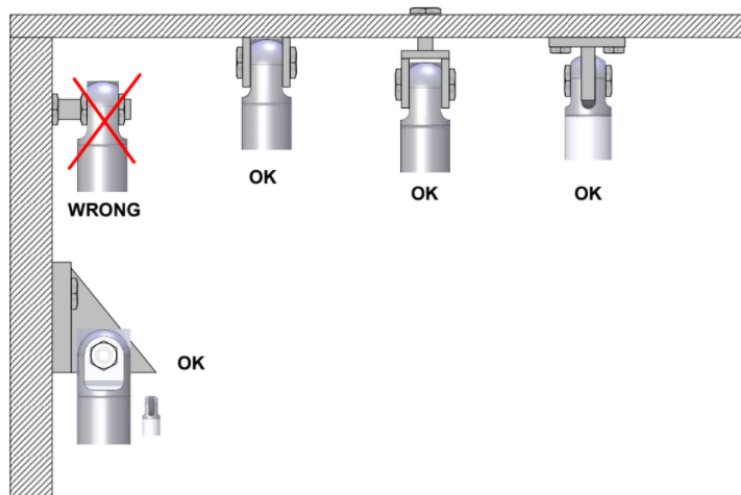
Tukirakenteen tuotekehitysprojektin esitutkimus aloitettiin projektille tyypillisellä palaverilla, jossa kartoitettiin tarve tuotekehitykselle sekä tukirakenteen vaatimukset.

Nykyinen tukirakenne on toimiva, mutta seuraavat asiat nousivat esille palaverissa:

1. Materiaalin vaihtaminen teräksestä alumiiniin: Teräksestä valmistettua tukirakennetta on raskas käsitellä yksin, sillä se painaa kokonaisuudessaan noin 20 kg. Toiveena oli, että materiaalin vaihdolla saadaan helpotettua asennusprosessia siten, että se onnistuisi hyvin yhdeltä asentajalta kahden asentajan sijaan. Lisäksi materiaalinvaihdolla saavutettaisiin parempi korroosionkestävyys [4, s. 98; 5].
2. Tukirakenteen yksinkertaistaminen: Nykyinen tukirakenne sisältää pieniä hitsattavia osia sekä laippoja, jotka lisäävät tukirakenteen mittaepätarkkuutta. Yksinkertaistamalla rakennetta saadaan tarkempia osia sekä yksinkertaistettua valmistusprosessia [5; 6, s. 1].

Tukirakenteelle suoritettiin myös vaatimusmäärittely, jossa määriteltiin seuraavat asiat:

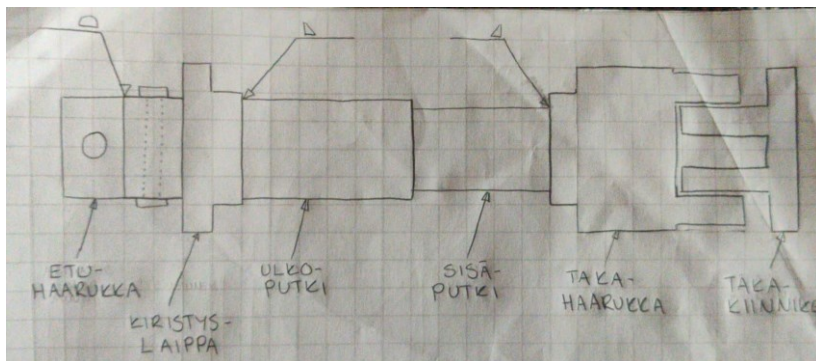
1. Tukirakenteen tulee olla mitoiltaan yhteensopiva Concens Con60 -karamoottorin kanssa.
2. Tukirakenteen tulee olla yhteensopiva käytössä olevan jousen kanssa.
3. Tukirakenteen teknisiä mittoja ei muuteta (kiinnitysreikien sijainnit, mekanismin kokonaispituus).
4. Tukirakenteen kiinnityksen tulee olla karamoottorille soveltuva (kuva 3). [5]



Kuva 3. Karamoottorille soveltuvat kiinnitystavat.

3.4 Luonnostelu

Konseptin (kuva 4) suunnittelussa pääpaino oli mekanismin yksinkertaistamisessa. Tarkoituksena oli päästä eroon pienistä hitsattavista osista ja suunnitella mekanismin, jonka jokaisella osalla on selkeä tarkoitus tai useampi.

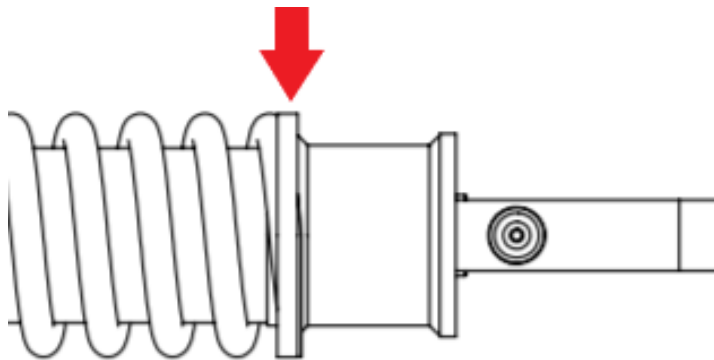


Kuva 4. Konseptin ensimmäinen luonnos.

Tukirakenne on pääpiirteiltään samankaltainen edeltäjänsä kanssa, mutta myös selkeitä muutoksia on tehty. Näitä muutoksia ovat seuraavat:

1. Etuhaarukka ja takahaarukka eivät enää koostu useista pienemmistä osista, vaan ne koneistetaan tankomateriaalista. Tällä saadaan mittatarkkuutta kasvatettua, sillä sorvaamalla ja jyrsimällä päästään 0,01 mm:n lukematarkkuuteen [7, s. 130].

2. Takahaarukka toimii jousen toisena laippana. Tämä toteutettiin aiemmin erillisellä laipalla (kuva 5). Näin saatiin vähennettyä yksi osa kokoonpanosta. Samalla jousi siirtyi lähemmäs takakiinnikettä, mikä oli Vanamon mielestä hyvä asia kokoonpanoa ajatellen.
3. Kiristyslaippa siirretään toiselle puolelle (takapäältä etupäähän).
4. Takahaarukkokokoonpanon sisempi putki poistetaan kokoonpanosta. Sisempi putki suojaasi karamoottoria epäpuhtauksilta, mutta ei ollut välttämätön osa mekanismia. Yhdistämällä takahaarukka-kokoonpanon sisempi putki ulomman putken kanssa pystyttiin vähentämään yksi osa kokoonpanosta.



Kuva 5. Tukirakenteen laippa.

Mekanismin osat valmistetaan takakiinnikettä lukuunottamatta pyörähdyssymmetrisestä materiaalista, kuten pyörötangosta ja pyöröputkesta. Materiaalit on valittu siten, että aihio olisi mahdollisimman lähellä haluttua osaa. Tällä materiaalinvalinnalla pystytään vähentämään tarvittavia työvaiheita, mikä nopeuttaa valmistusta ja pienentää osan valmistuskustannuksia.

Osien valmistamiseen käytetään seuraavia työstömenetelmiä:

- sorvaaminen
- jyrsiminen
- poraaminen

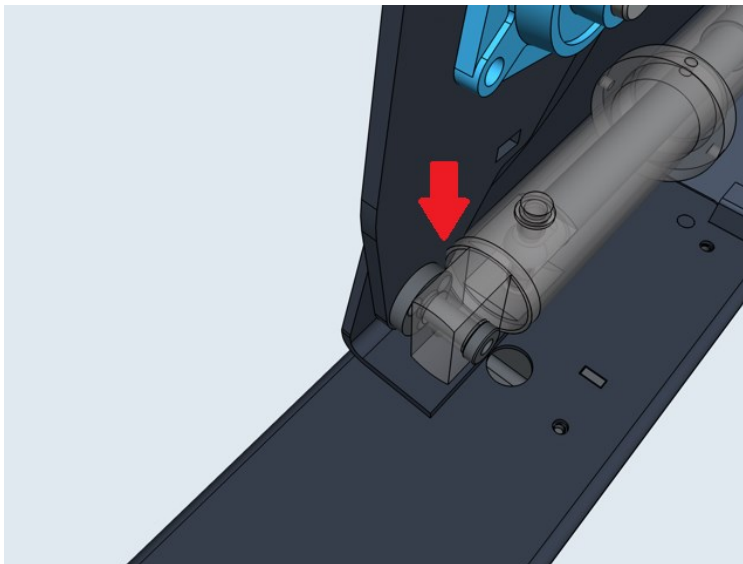
- kierteittäminen.

3.5 Kehittäminen

Alumiinin hitsaamisesta päätettiin luopua, sillä se ei ollut välttämätöntä mekanismeille. Takahaarukan ja sisäputken liitos on ainoa liitos mekaniisissa, joka tarvitsee jonkinlaisen korvaavan kiinnitystavan. Kaikkien muiden osien liitoksissa on tapit, jotka estävät osia liikkumasta. Takahaarukan ja sisäputken osalla päädyttiin käyttämään liimausta, sillä se on hyvä vaihtoehtoinen kiinnitystapa alumiinille [8].

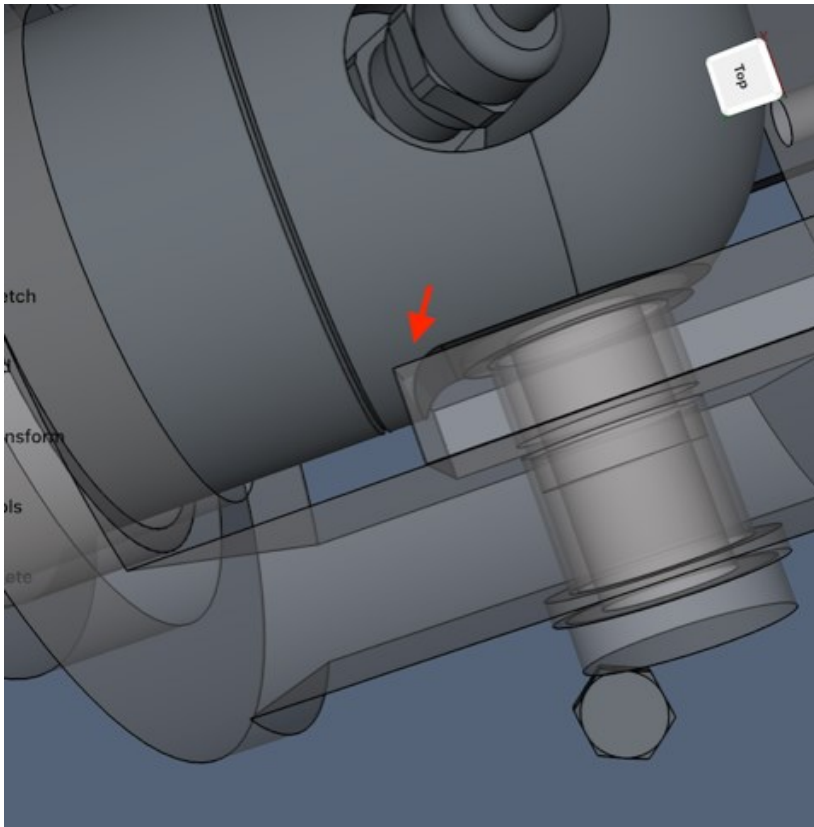
Uudelleensuunniteltu tukirakenne mallinnettiin käyttäen SolidWorks -mallinnusohjelmaa. Mallinnettu tukirakenne istutettiin osaksi kiipeilyseinän kokoonpanoa, jolloin pystyttiin huomaamaan muutama mekaaninen suunnitteluvirhe:

1. Etuhaarukka osuu kiipeilyseinän rakenteisiin (kuva 6). Ongelma voidaan ratkaista kasvattamalla etuhaarukan pituutta. Samalla ulkoputkea joudutaan lyhentämään, sillä etuhaarukka-kokoonpanon kokonaispituus kasvaa etuhaarukan pituutta kasvattaessa.



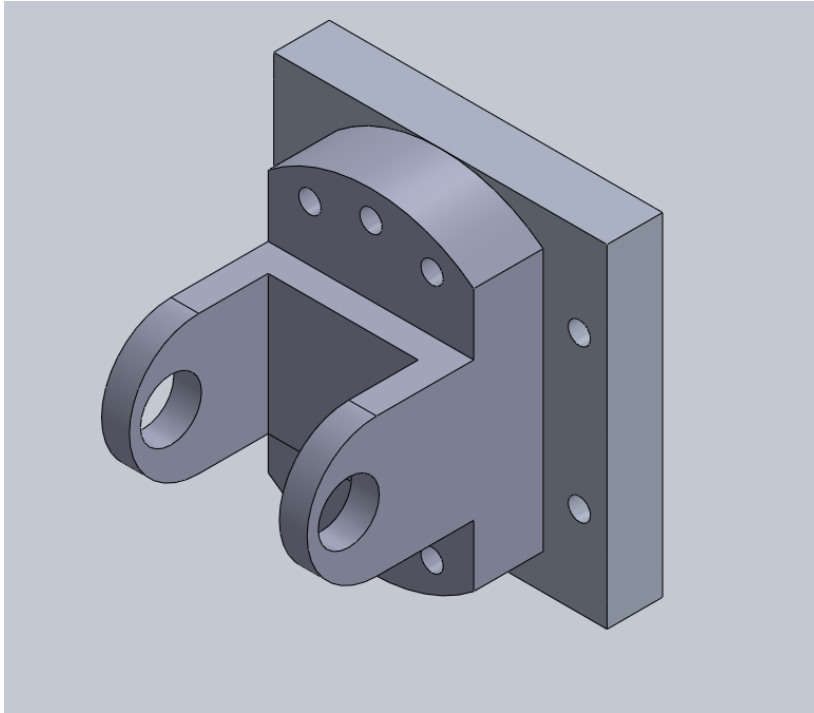
Kuva 6. Etuhaarukka osuu kiipeilyseinän rakenteisiin.

2. Takakiinnike osuu karamoottoriin (kuva 7). Ongelma voidaan ratkaista lyhentämällä takakiinnikettä hieman. Tämä ei vaikuta kokoonpanon muiden osien mittoihin.



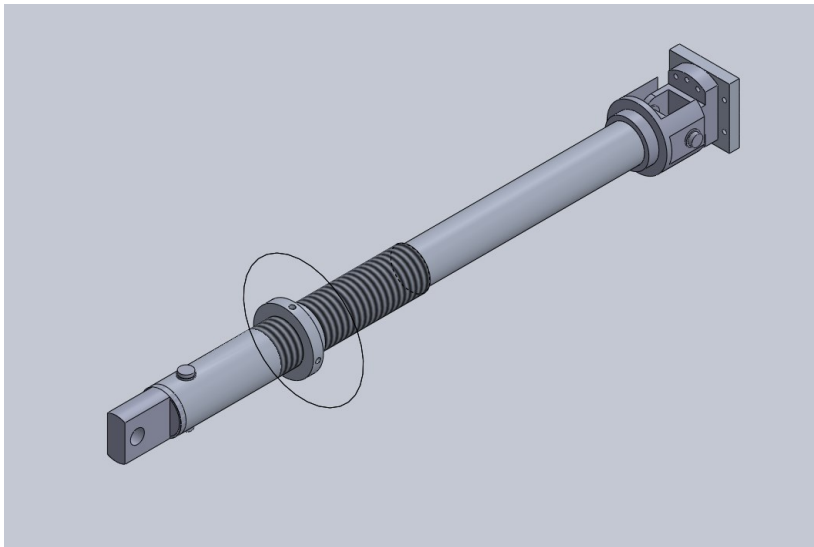
Kuva 7. Karamoottoriin osuva takakiinnike

Alkuperäisessä konseptissa takakiinnike valmistettiin suorakulmaisesta aihioista. Materiaalihallinnan helpottamiseksi päädyttiin myös takakiinnikkeen osalta käyttämään materiaalina 120 mm:n pyörötankoa. Takakiinnikkeen materiaalinvaihdon seurauksena takakiinnikkeen reiät eivät sovi kiipeilyseinän reikiin. Kunnes kiipeilyseinän tukirakenteiden reiät saadaan päivitettyä, tulee takakiinnikkeen kanssa käyttää asennuslevyä, joka mahdollistaa uuden kiinnikkeen käytön myös vanhojen osien kanssa (kuva 8).



Kuva 8. Takakiinnike ja asennuslevy.

Mallinnettu tukirakenne korjausten jälkeen on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Valmiiksi mallinnettu tukirakenne.

Valmistusmenetelmien suhteen ei havaittu puutteita, joten edellä mainitut valmistustavat sahaaminen, sorvaaminen, jyrsiminen, poraaminen ja kierteittäminen vahvistettiin pääasiallisiksi valmistusmenetelminä. Valmistusmenetelmiä tarkastellaan lähemmin luvussa 5.

Koska Joyride Games Oy:llä ei ole omaa konepajatuotantoa, tulevan tukirakenteen osalta kaikki osat teetetään alihankintana työpiirustusten perusteella.

3.6 Testaaminen

Kokoonpanon kantaville osille päätettiin tehdä simulointi osien kestävyuden arvioimiseksi. Testaamalla kappaleita jo suunnitteluvaiheessa pystytään hahmottamaan mahdolliset ongelmakohdat ennen prototyyppien testaamista. Luvussa 4 käydään läpi simulointi kokonaisuudessaan.

3.7 Viimeistely

Viimeistellyistä osista tuotettiin työpiirustukset (liitteenä) sekä 3D -mallit SolidWorksilla. Työpiirustusten avulla pystytään tulevaisuudessa tilaamaan prototyyppiosat, joita pystytään fyysisesti testaamaan osana kokoonpanoa.

4 Testaaminen

Testaamisella pyritään saamaan informaatiota siitä, miten osa käyttäytyy kuormitustilanteessa. Huomioitavana asiana tosin on, että simulointi suoritetaan abstraktille, eikä fyysiselle kappaleelle [3, s. 17].

4.1 Testaamisen rajaaminen

Rakenteen kantaville osille haluttiin simuloida vetokoe, jotta pystytään arvioimaan kappaleen kestävyyttä. Testattavia osia ovat etuhaarukka, takahaarukka sekä takakiinnike. Simulointi toteutettiin Catian Generative Structure Analysis -moduulilla.

Karamoottorin tukirakenteeseen kohdistuva maksimivoima laskettiin jousen maksimikuorman ja karamoottorin maksimityöntövoiman avulla. Jousen maksimikuorman ollessa 7 kN ja karamoottorin maksimityöntövoiman ollessa 10 kN teoreettiseksi maksimivoimaksi saadaan 17 kN. Käyttämällä varmuuskertoimena 3, saadaan testivoimaksi 51 kN [2; 5].

4.2 Simuloinnin vaiheet

Simulointi toteutetaan seuraavasti:

1. Avataan Part -tiedosto.
2. Mallinnetulle osalle määriteltiin materiaali Apply material -toiminnolla (tässä simuloinnissa alumiini).
3. Avataan Analysis & Simulation -moduulista Generative Structural Analysis.
4. Koska kyseessä on paikallaan oleva kappale, suoritetaan simulointi staattiselle kappaleelle.
5. Kappaleen toinen pää määritellään pysyväksi paikallaan Clamp -toiminnolla.
6. Kappaleen toiseen päähän määritellään haluttu voima Distriputed Force -toiminnolla. Tässä simuloinnissa käytettävän voiman suuruus on 51 kN.

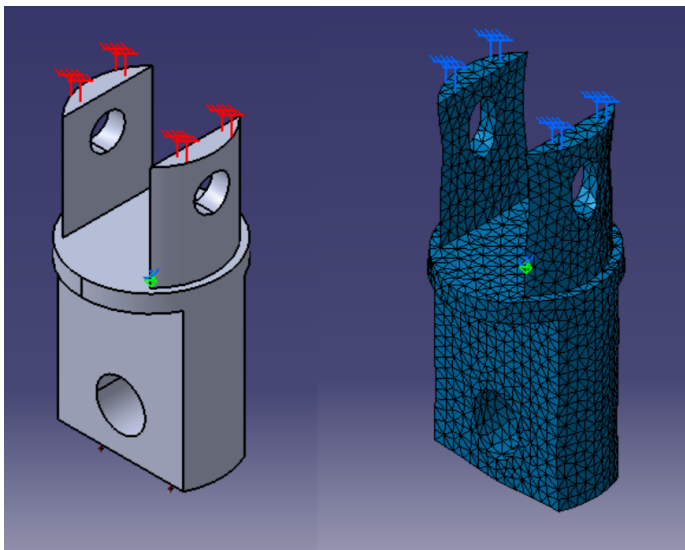
7. Tarkistetaan, että kappale on simuloitavissa Model Checker -toiminnolla.
8. Compute -toiminnolla Catia aloittaa simuloinnin.
9. Deformation -toiminnolla voidaan tarkastella kappaleeseen syntyneitä plastisia muutoksia.

4.3 Tulokset

Kaikissa kolmessa testikappaleessa syntyi plastisia muodonmuutoksia. Seuraavissa luvuissa tarkastellaan kappaleita ja pohditaan, miten kappaleita pystytään muuttamaan kestävämmiksi.

4.3.1 Etuhaarukka

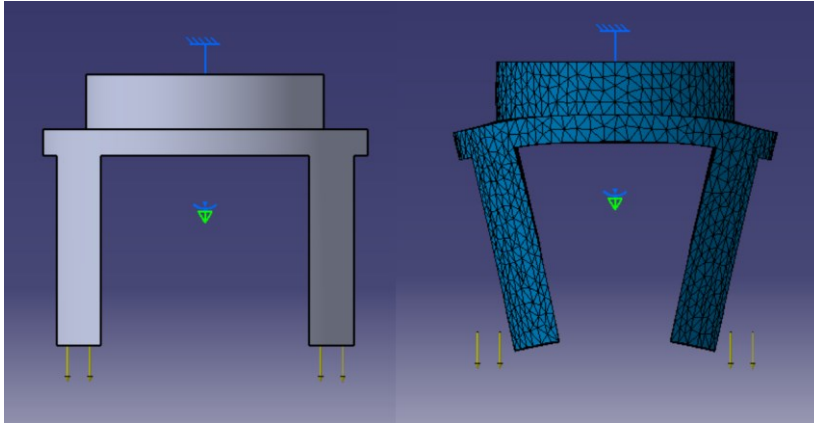
Etuhaarukka (kuva 10) säilytti alkuperäisen muotonsa suhteellisen hyvin. Kappaleen ohuimmissa kohdissa on huomattavissa venymistä.



Kuva 10. Etuhaarukka ennen ja jälkeen simuloinnin.

4.3.2 Takahaarukka

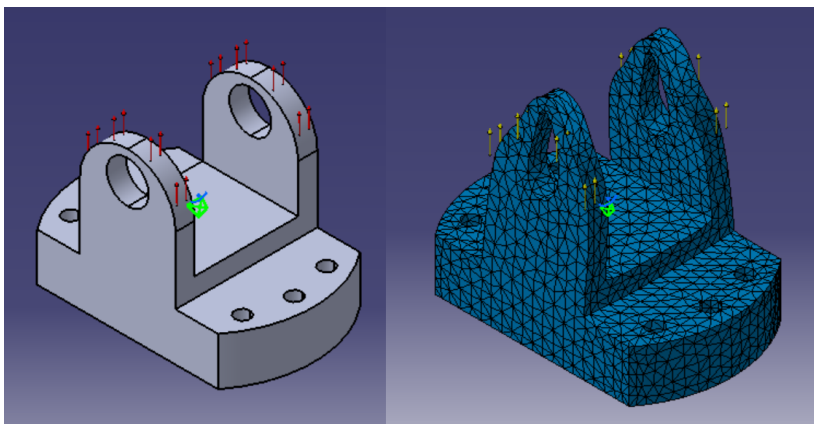
Takahaarukka (kuva 11) koki huomattavan plastisen muodonmuutoksen. Kappaletta pystytään vahvistamaan lisäämällä materiaalia haarukkaosan sisäpinnoille, mikä vähentää vääntymistä.



Kuva 11. Takahaarukka ennen ja jälkeen simuloinnin.

4.3.3 Takakiinnike

Takakiinnike (kuva 12) koki myös huomattavan plastisen muodonmuutoksen. Kappaleen vahvistaminen on hieman hankalampaa, sillä takakiinnikkeen kohdalla ongelmaksi muodostuu tilan puute, sillä karamootori ja takahaarukka rajoittavat mahdollisuutta lisätä materiaalia ongelmakohtiin, joita ovat ohuet haarukkaosat.



Kuva 12. Takakiinnike ennen ja jälkeen simuloinnin.

4.4 Päätelmät

Koska osat eivät säilyttäneet alkuperäistä muotoaan halutulla tavalla, tulee osien suunnittelua vielä edistää. Huomioitavaa on myös, että toteutettu simulointi on suuntaa-antava, eikä tarkin mahdollinen.

5 Valmistaminen

5.1 Osien valmistaminen

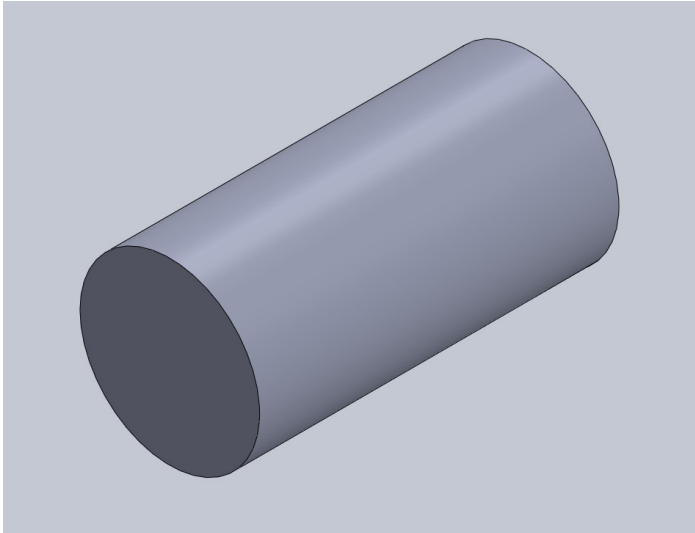
Osat pystytään valmistamaan sorvilla, jyrsimellä sekä pylväsporakoneella, mutta jyrsimen ja pylväsporakoneen pystyy korvaamaan myös 5-akselisella työstökeskuksella (kuva 13), joita on yleisesti konepajoilla käytössä. Alla olevat vaiheistetut selostukset osien valmistuksesta on ajateltu nimenomaan 5-akselisen työstökeskuksella. 5-akselisen työstökeskuksen käyttäminen vähentää aihion irrottamisen tarvetta, jolloin tuotteista saadaan tarkempia ja tuotteen valmistaminen on nopeampaa [8].



Kuva 13. Haas UMC-500 5-akselinen työstökeskus.

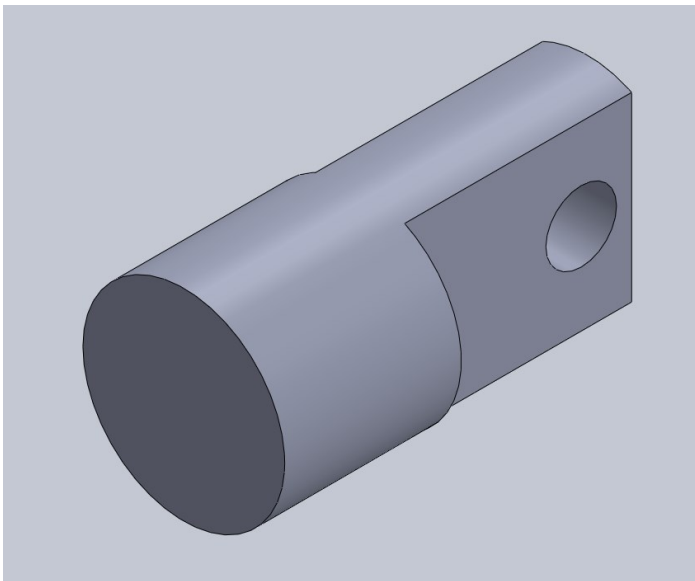
5.1.1 Etuhaarukka

Etuhaarukka valmistetaan 80 mm:n paksuisesta alumiinipyörötangosta. Etuhaarukan kokonaispituus on 160 mm, joten raaka-aineesta sahataan ensin 160 mm:n pituinen aihio (kuva 14).



Kuva 14. Etuhaarukan aihio.

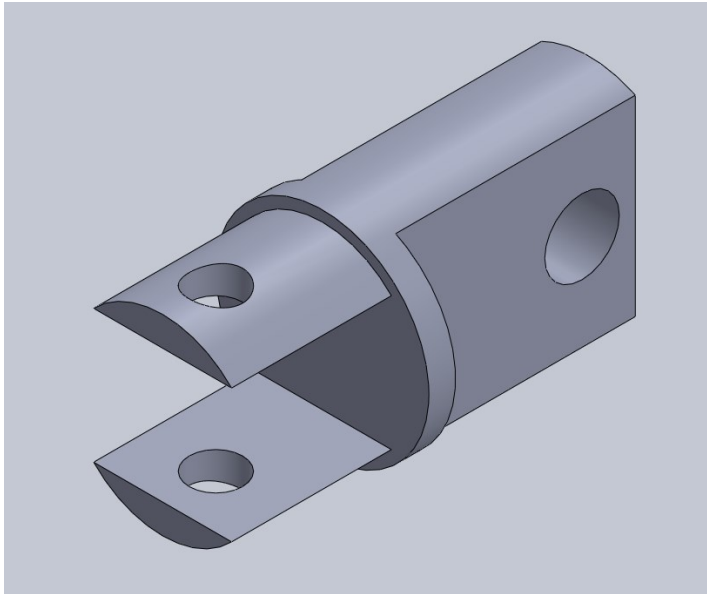
Sahaamisen jälkeen aihio kiinnitetään työstökeskukseen. Aihioista jyrsitään ensimmäiset tasopinnat ja porataan läpireikä (kuva 15).



Kuva 15. Etuhaarukan aihio ensimmäisen jyrinnän ja poraamisen jälkeen.

Tämän jälkeen aihio täytyy kiinnittää uudestaan, jotta voidaan koneistaa haarukan toinen pää. Jo valmiiksi työstettyjen tasopintojen ansiosta aihio saadaan hyvin kiinnitettyä ja etuhaarukan tasopinnat pysyvät hyvin kohtisuorassa toisiinsa nähden.

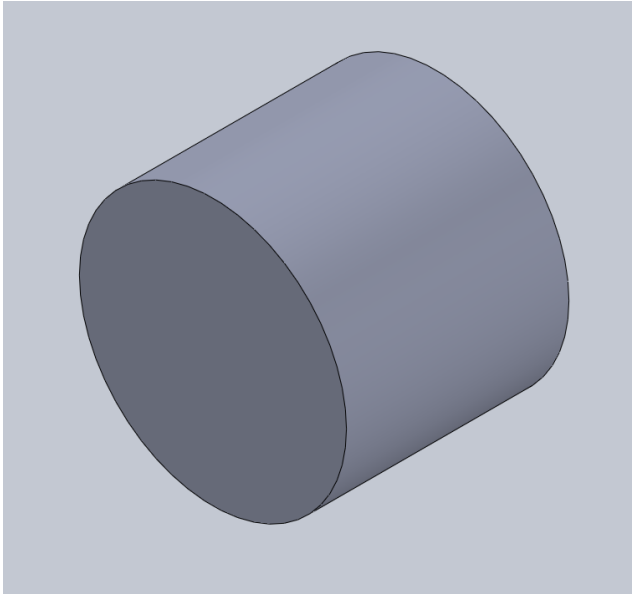
Kiinnityksen jälkeen etuhaarukan toinen pää jyrsitään muotoonsa. Ulkoreunan voisi myös sorvata, mutta jyrsimisen käyttäminen tässä vaiheessa säästää aikaa valmistuksessa ilman, että osan laatu heikkenee. Jyrsinnän jälkeen porataan läpireiät ja tuote on valmis (kuva 16).



Kuva 14. Valmis etuhaarukka.

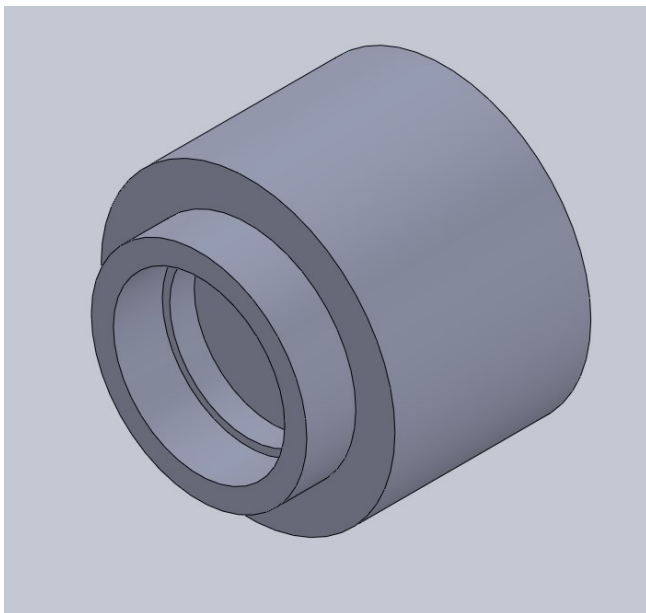
5.1.2 Takahaarukka

Takahaarukka valmistetaan 120 mm:n paksuisesta alumiinipyörötangosta. Takahaarukan kokonaispituus on 100 mm, joten raaka-aineesta sahataan ensin 100 mm:n pituinen aihio (kuva 17).



Kuva 17. Takahaarukan aihio.

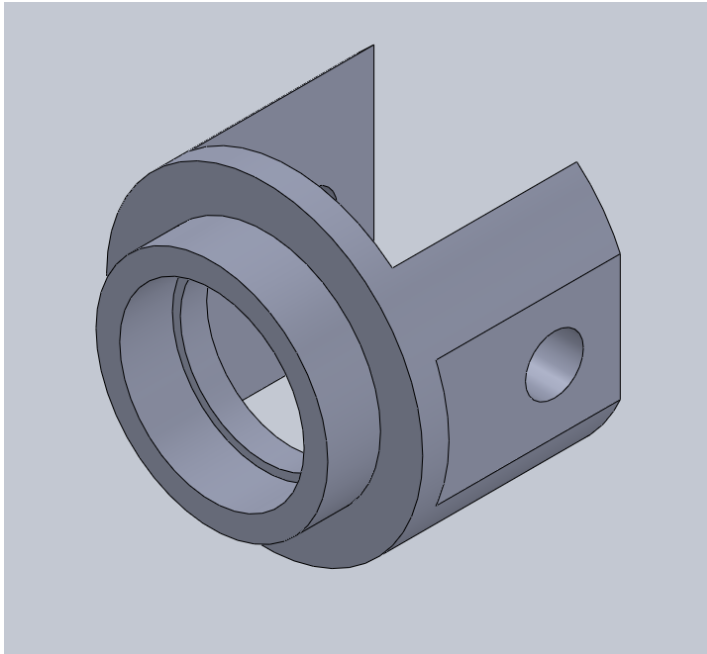
Sahaamisen jälkeen aihio kiinnitetään sorviin. Sorvissa ahiosta sorvataan sisä- ja ulko-muoto (kuva 18).



Kuva 18. Takahaarukka sorvausten jälkeen.

Tämän jälkeen aihio kiinnitetään työstökeskukseen loppuja työvaiheita varten. Koska osa on tässä vaiheessa vielä pyörähdyssymmetrinen, tuotteen tarkkuus pysyy hyvänä.

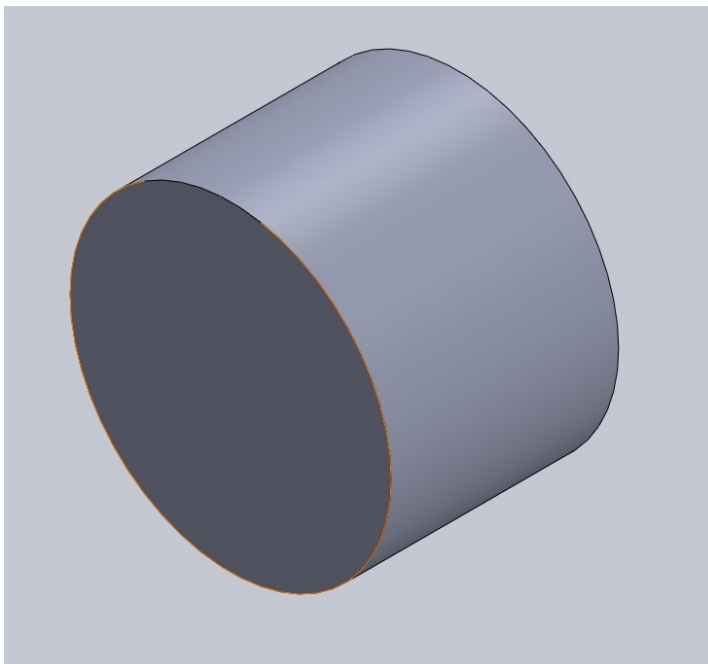
Seuraavaksi jysitään tasopinnot, minkä jälkeen porataan läpireiät ja tuote on valmis (kuva 19).



Kuva 19. Valmis takahaarukka.

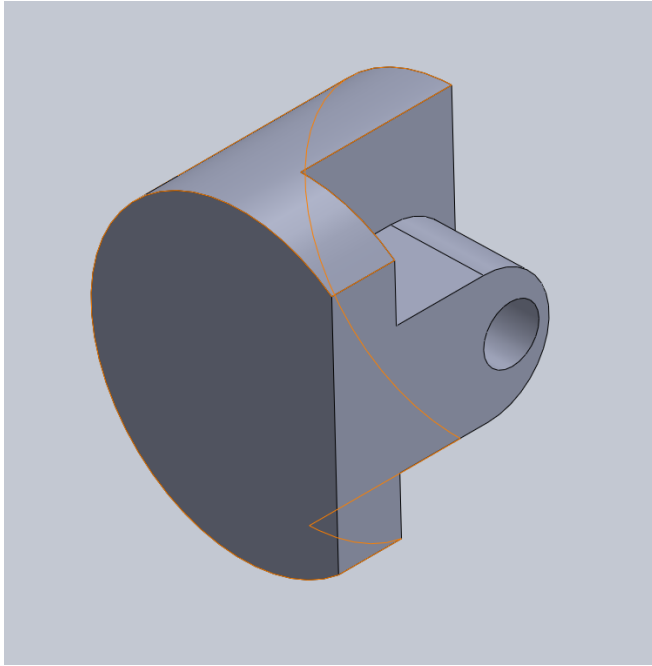
5.1.3 Takakiinnike

Takakiinnike valmistetaan 120 mm:n paksuisesta alumiinipyörötangosta. Takakiinnikkeen kokonaispituus on 85 mm, joten raaka-aineesta sahataan 85 mm:n pituinen aihio (kuva 20).



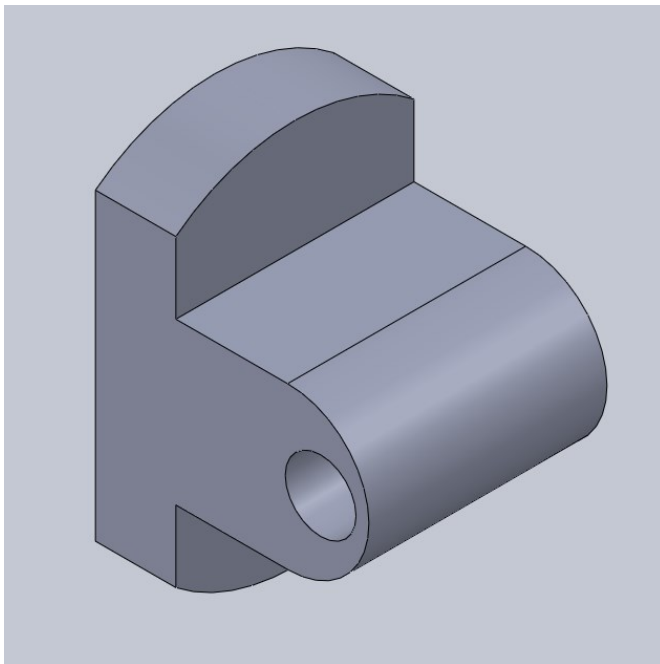
Kuva 20. Takakiinnikkeen aihio.

Aihion sahaamisen jälkeen aihio kiinnitetään työstökeskukseen jysintää ja porausta varten. Koska osan kanssa joudutaan käyttämään asennuslevyä, ulkoreunalla olevat tasopinnat on jysittävä tuotteen koko pituudelta, mikä lisää ainakin yhden aihionkiinnittämävaiheen lisää. Muodon jysintä voidaan tehdä puoliksi, jolloin sama työvaihe toistuu uudelleenkiinnityksen jälkeen ja molemmat työstöt voidaan valmistaa samalla G-koodilla (kuva 21).



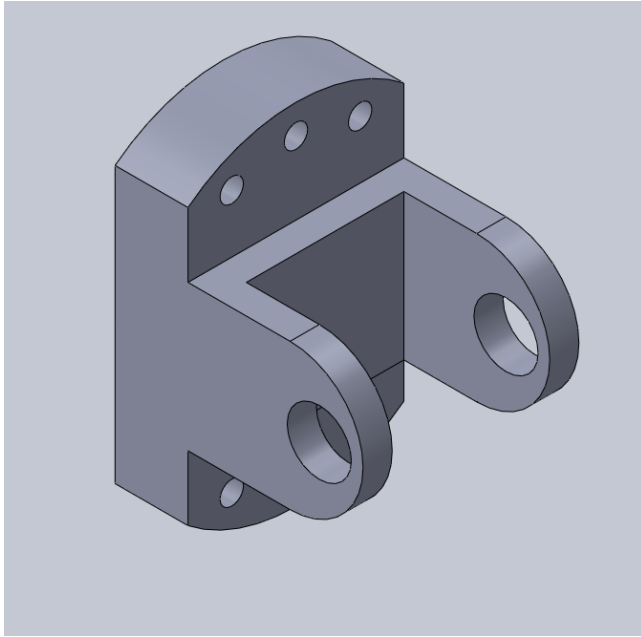
Kuva 21. Takakiinnike ensimmäisen jysynnän ja poraamisen jälkeen.

Tämän jälkeen aihio irrotetaan ja kiinnitetään uudelleen. Sama jysintä ja poraaminen tehdään kappaleelle, jolloin kappale lopullinen muoto alkaa hahmottumaan (kuva 22).



Kuva 22. Takakiinnike toisen jysynnän ja poraamisen jälkeen.

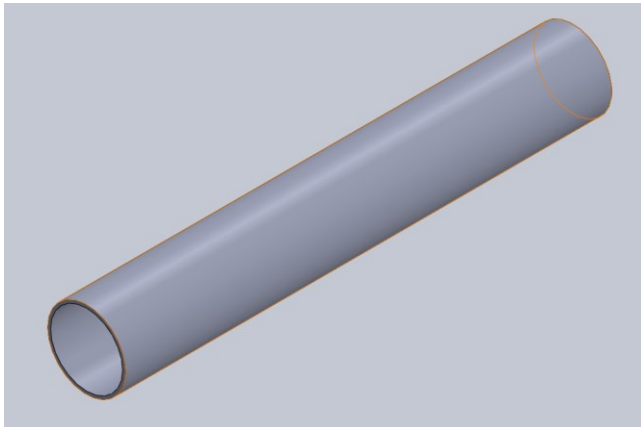
Aihio irrotetaan ja kiinnitetään uudelleen lopullisia työstöjä varten. Osalle tehdään viimeiset jysinnät, minkä jälkeen kappaleen kiinnitysreiät porataan ja kierteistetään (kuva 23).



Kuva 23. Valmis takakiinnike.

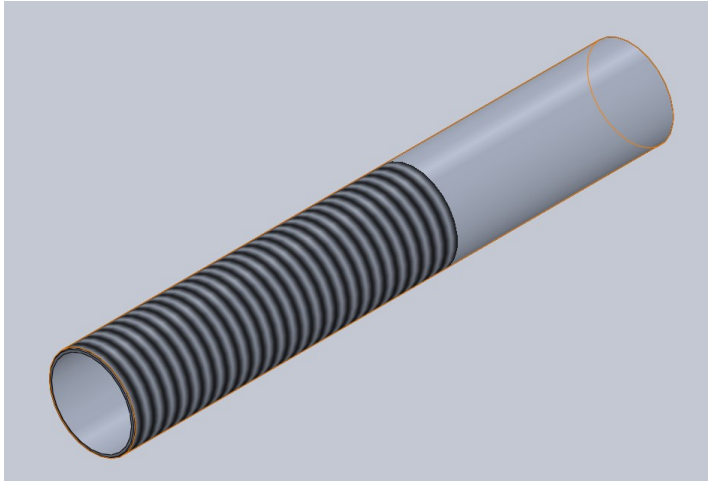
5.1.4 Ulkoputki

Ulkoputki valmistetaan alumiiniputkesta, jonka ulkohalkaisija on 80 mm ja seinämävahvuus on 3 mm. Raaka-aineesta sahataan 500 mm:n pituinen aihio (kuva 24).



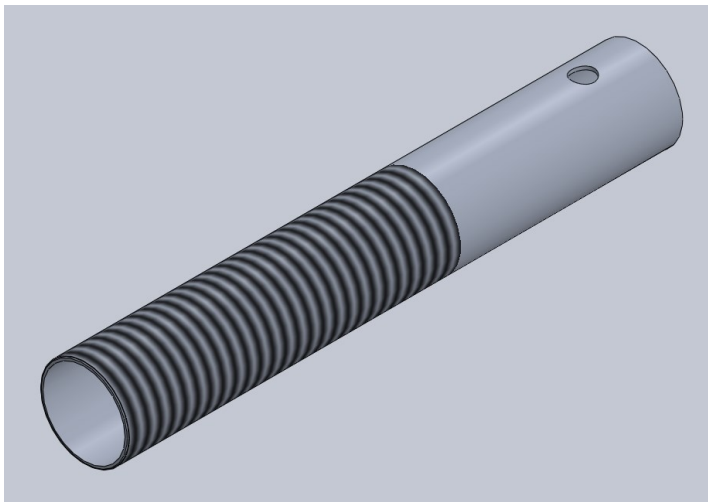
Kuva 24. Ulkoputken aihio.

Tämän jälkeen aihio kiinnitetään sorviin ja putken ulkopinnalle tehdään kierre käyttäen alumiinille soveltuvia kierrettyökaluja, jotka omaavat suuremman lastutilan sekä terävän särmän (kuva 25) [4, s. 176].



Kuva 25. Ulkoputki kierteittämisen jälkeen.

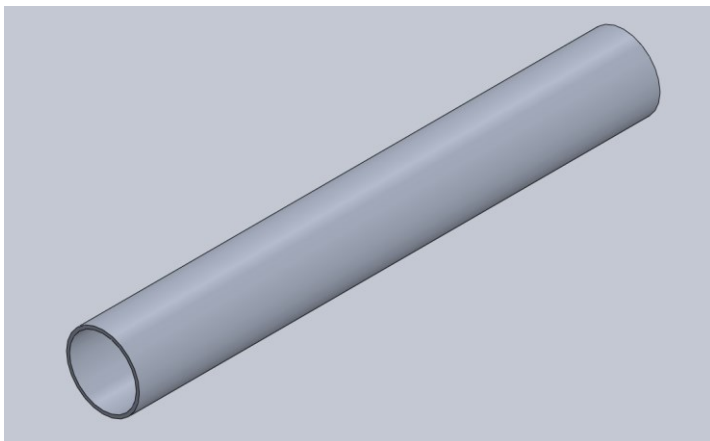
Viimeisenä vaiheena on etuhaarukan kiinnitystä varten tehtävä reikä, joka voidaan porata pylväsporakoneella (kuva 26).



Kuva 26. Valmis ulkoputki.

5.1.5 Sisäputki

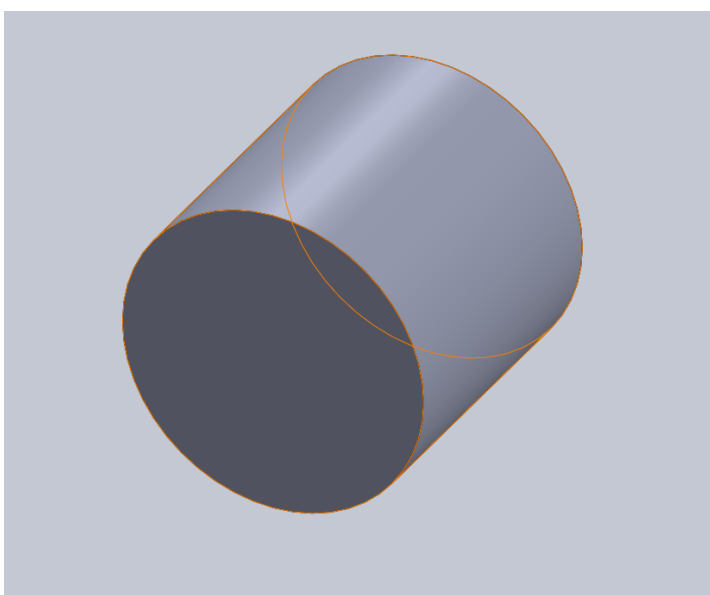
Sisäputki valmistetaan alumiiniputkesta, jonka ulkohalkaisija on 70 mm ja seinämävahvuus on 3 mm. Raaka-aineesta sahataan 500 mm:n pituinen aihio. Tämä osa ei tarvitse muita työvaiheita, joten osa on valmis (kuva 27).



Kuva 27. Valmis sisäputki.

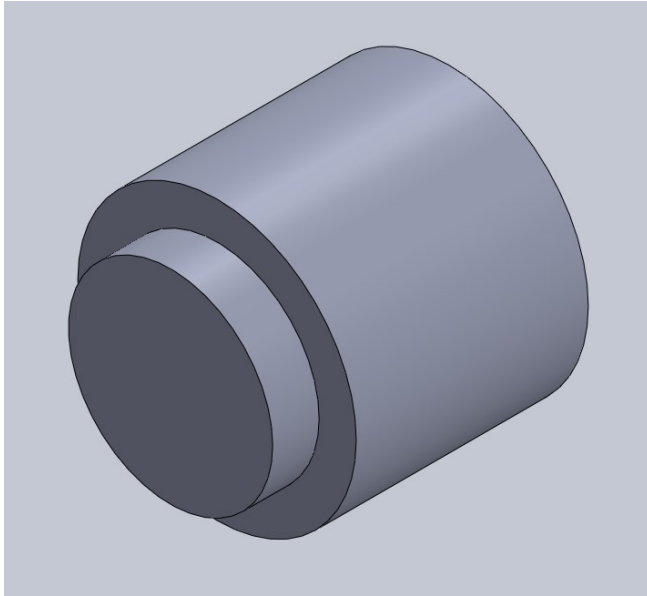
5.1.6 Kiristyslaippa

Kiristyslaippa valmistetaan 120 mm:n paksuisesta alumiinipyörötangosta. Kiristyslaipan kokonaispituus on 40 mm, mutta koska pidemmän aihion sorvaaminen on helpompaa, aihiota ei sahata lopulliseen mittaansa (kuva 28).



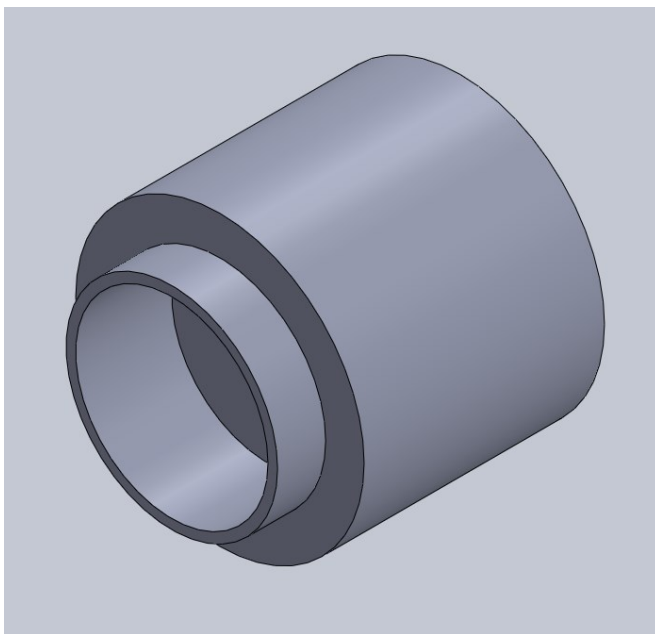
Kuva 28. Kiristyslaipan aihio.

Aihion sahaamisen jälkeen aihio kiinnitetään sorviin. Sorvissa työstetään ensin aihion ulkopinnat (kuva 29).



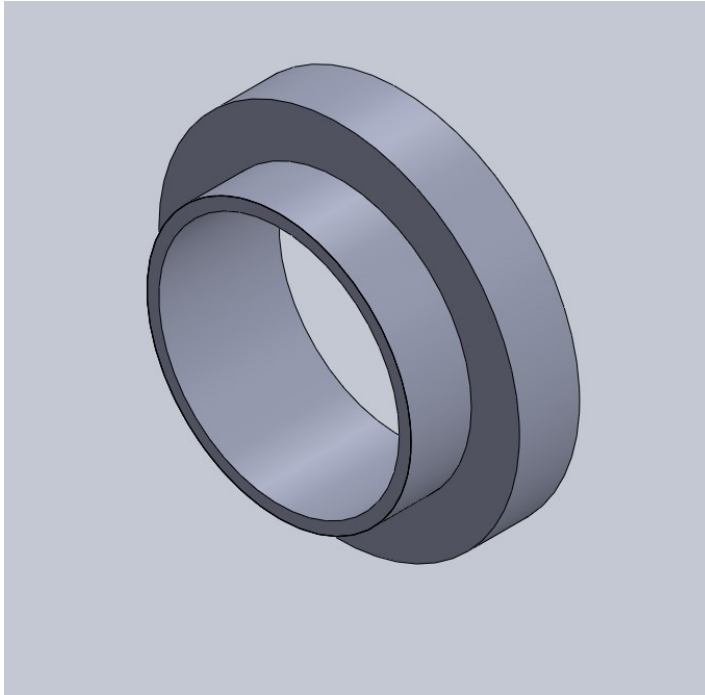
Kuva 29. Kiristyslaipan ulkopinnat sorvattuna.

Ulkopintojen sorvauksen jälkeen sorvataan sisäpinnat. Samalla tehdään myös kiristyslaipan sisäkierre (kuva 30).



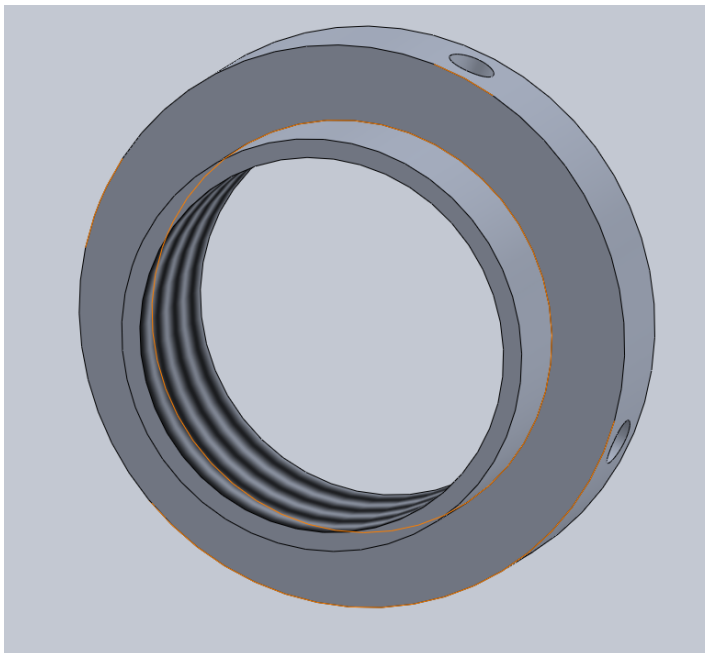
Kuva 30. Kiristyslaipan sisäpinta sorvattuna ja kierteistettynä.

Pakollisten sorvausten jälkeen aihio voidaan katkaista sorvissa lopulliseen pituuteensa käyttämällä katkaisuterää (kuva 31).



Kuva 31. Sorvattu ja katkaistu kiristyslaippa.

Tämän jälkeen jäljellä on laipan ulkokehälle tehtävien työkaluhahlojen poraaminen. Poraaminen voidaan tehdä esimerkiksi pylväsporakoneessa. Tämän jälkeen kiristyslaippa on valmis (kuva 32).



Kuva 32. Valmis kiristyslaippa.

6 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli ideoida ja luoda vaihtoehtoinen ratkaisu nykyiselle karamoottorin tukirakenteelle. Vaihtoehtoinen konsepti luotiin ja siitä tuotettiin valmistustekniset dokumentit.

Esitutkimuksessa määritelty mekanismin yksinkertaistaminen onnistui mielestäni hyvin. Vanha tukirakenne koostui 15 erillisestä osasta. Uudessa konseptissa osia on 7, joten tukirakenteen voidaan todeta yksinkertaistuneen. Kun kiipeilyseinän kiinnitysreiät saadaan päivitettyä, voidaan asennuslevystä luopua, jolloin uuden konseptin osien määrä laskee 6:een.

Myös esitutkimuksessa määritelty materiaalin vaihto teräksestä alumiiniin vaatii vielä jatkotutkimusta. Painon suhteen päästiin hyvin tavoitteeseen, sillä mekanismin kehittämisellä ja materiaalin vaihdolla päästiin kokonaispainoon 12 kg, joka on noin 8 kg aiempaa kevyempi. Tämän muutoksen ansiosta mekanismi on asennettavissa yksin.

Mekanismin kantavissa osissa oli varmuuskertoimen kanssa tehdyllä simuloinnilla plastisia muodonmuutoksia, Ainakin takahaarukan suhteen on mahdollista vielä jatkaa osan suunnittelua, mutta takakiinnikkeen osalta suunnittelu on haastavampaa johtuen tilan puutteesta. Mikäli vaikuttaa siltä, että kantavat osat eivät kestä tarpeeksi hyvin, voidaan osien materiaali vaihtaa ruostumattomaan teräkseen, joka soveltuu käytettäväksi alumiinin kanssa [4].

Konseptin osille tehtiin valmistustekniset selostukset, joilla arvioitiin osien valmistettavuus. Pieninä tuotantomäärinä uuden konseptin valmistaminen voi olla vanhaa kalliimpaa, mutta uusi konsepti soveltuu mielestäni paremmin sarjatuotantoon vanhaan verrattuna. Siinä on helposti toistettavia työvaiheita, joissa tuotteen laadun vaihtelu pysyy pienenä.

Lähteet

1 ClimbStation. 2020. Verkkoaineisto. Joyride Games Oy. <Climbstation.fi/historia.html>. Luettu 2.11.2020.

2 Concens Con60. 2020. Verkkoaineisto. Concens A/S. <<https://www.concens.com/products/actuators/con60>>. Luettu 4.11.2020.

3 Björk, Timo; Hautala, Pekka; Huhtala, Kalevi; Kivioja, Seppo; Kleimola, Matti; Lavi, Markku; Martikka, Heikki; Miettinen, Juha; Ranta, Aarno; Rinkinen, Jari; Salonen, Pekka. 2014. Koneenosien suunnittelu. 6. Painos. Helsinki: Sanoma Pro.

4 Metalliteollisuuden keskusliitto MET. 2002. Raaka-ainekäsikirja 5: Alumiinit. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus.

5 Vanamo, Kaarle. 2020. Toimitusjohtaja, Joyride Games Oy, Helsinki. Keskustelu 16.4.2020

6 Blom, Stig. 1975. Hitsaustekniikka 2: Rakenne- ja aineoppi. Porvoo: WSOY.

7 Maaranen, Keijo. 2012. Koneistus. Helsinki: Sanoma Pro.

8 Alumiinin liimaus. 2020. Verkkoaineisto. Alumeco Finland Oy Ab. <<https://www.alumeco.fi/asiantuntemus-ja-tekniikka/koneistus/alumiinin-liimaus>>. Luettu 6.11.2020.

9 UMC-500. 2020. Verkkoaineisto. Haas Automation Inc. <<https://www.haascnc.com/machines/vertical-mills/universal-machine/models/umc-500.html>>. Luettu 6.11.2020.

Etuhaarukan valmistuskuva (vain toimeksiantajan käyttöön)

Takahaarukan valmistuskuva (vain toimeksiantajan käyttöön)

Ulkoputken valmistuskuva (vain toimeksiantajan käyttöön)

Sisäputken valmistuskuva (vain toimeksiantajan käyttöön)

Kiristyslaipan valmistuskuva (vain toimeksiantajan käyttöön)

Takakiinnikkeen valmistuskuva (vain toimeksiantajan käyttöön)

Asennuslevyn valmistuskuva (vain toimeksiantajan käyttöön)