

Hyrrä lukkomekanismilla



Konetekniikan opinnäytetyö

Konetekniikka

2017

Veli-Santeri Selkälä

Konetekniikka

Tekijä Veli-Santeri Selkälä
Työn nimi Hyrrä lukkomekanismilla
Ohjaaja Jaakko Vasko

Tiivistelmä

Vuosi 2021

Opinnäytetyön päämääränä on suunnitella ensisijaisesti toimiva hyrrä ja siihen kolmella pinnillä sisäisesti lukittautuva muoviosa. Työn pääpaino on suunnittelussa, josta saatiin tehtyä myös fyysinen prototyyppi.

Idea opinnetyöhön on syntynyt pelkästään omasta kiinnostuksesta erilaisiin pulmapeleihin ja niissä käytettyihin piilotettuihin lukitusmekanismeihin. Pulma saadaan ratkottua avaamalla lukitusmenetelmä.

Mallinnus tehtiin täysin Creo Parametric -ohjelmalla. Hyrrä tehtiin sorvaamalla S355 teräksestä ja lukittautuva ulkokiekkö 3D-tulostamalla. Pinnit ovat 3 mm paksua vedettyä akselia.

Avainsanat Keskipakoisvoima, sorvaus, 3D-mallinnus
Sivut 8 sivua

The main goal of the project was to foremost design a functioning spinning top and in addition a plastic part locked in by three pins. The focus here was on the design that resulted in a physical prototype.

The idea to the thesis was based on my own interest in different kinds of puzzles and the hidden locking mechanisms used in them. By opening the locking mechanism, one can solve the puzzle.

Modelling was performed solely with the Creo Parametrics program. The spinning top was made by lathing out of S355 steel and the outer ring was produced by 3D-printing. The pins were of 3 mm thick steel.

Keywords Centrifugal force, lathing, 3D-modelling

Pages 8 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Lähtökohdat.....	1
3	Suunnittelu	2
4	Fyysisten kappaleiden analysointi.....	5
5	Virheet ja korjaukset	7
6	Yhteenveto	8
	Lähteet.....	9

1 Johdanto

Hyrrä on esihistoriallinen lelu, josta on vuosien saatossa tehty lukematon määrä erilaisia malleja. Lisäksi tarkkaan huolitellut pulmapelit ovat yleistyneet ja niiden mahdolliset ratkaisumekanismit kehittyneet lähivuosina valtavasti. Keskipakoisvoimalla avautuva lukitusmekanismi on pulmapeleissä yksi yleisimmistä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella, 3D-mallintaa ja luoda kaksiosainen hyrrä, jonka sisällä on keskipakoisvoiman avulla avautuva lukitusmekanismi. Käyttäjän tulee yrittää irrottaa kaksi osaa toisistaan käyttämättä voimakeinoja tai ulkoisia työkaluja.

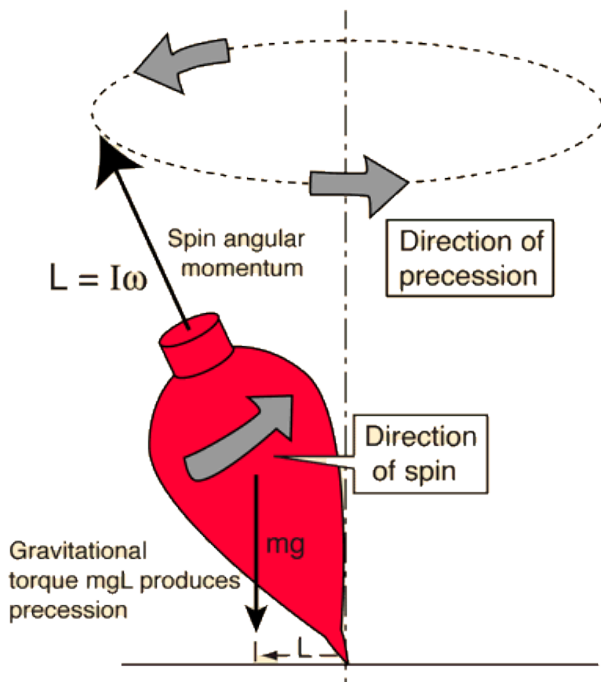
Tässä työssä käytetään suunnittelun apuna olemassa olevia hyrriä, jotka tulisivat toimimaan lisätyistä liikkuvista osista huolimatta 3D-mallinnus tapahtuu PTC:n Creo Parametrics -ohjelmalla. Lopputuloksena saadaan pitkään ja helposti pyöritettävä hyrrä, jonka sisällä on toimiva lukitusmekanismi.

2 Lähtökohdat

Työn lähtökohtana oli tutkia hyrrän toimintaa, jotta suunniteltua kappaletta olisi helppo pyörittää, johon keskipakoisvoimaan perustuva lukitusmekanismi pohjautuu täysin. Kappale tulisi olla myös valmistettavissa kampuksen tarjoamissa olosuhteissa sekä 3D-tulostamalla että sorvaamalla alumiinista. Alumiini vaihtui lopulta S355 teräkseen inventaariopuutteen johdosta tehden kappaleesta noin kolme kertaa raskaamman. (Wiiklund, n.d.)

Hyrrän liike perustuu pyörivän jäykän kappaleen dynamiikkaan. Aluksi hyrrä voi huojuua, kunnes muodostuu riittävä määrä kitkaa ja vääntöä. Tällöin kappale pyörii tasapainossa akselinsa ympäri. Kulmaliikemäärän vähentyessä hyrrän prekessio (kuva 1) kasvaa ja lopulta menettää tasapainonsa. Hyrrän kokonaispyörimisaikaa voidaan pidentää lisäämällä hitausmomenttia tai laskemalla painopistettä. Vähentämällä kitkaa voidaan myös pidentää hyrrän pyörimisaikaa pystysuorassa tasaisessa tilassa. Tällöin tosin myös tasapainon saavuttaminen vaatii enemmän aikaa, eikä täten kasvata kokonaispyörimisaikaa. (Rod Cross, 2017)

KUVA 1. Hyrrän prekessio (Nave, n.d.)



Kappaleen koko haluttiin pitää tarpeeksi pienenä painon hallitsemiseksi ja hyrrän helpon käytön edellytykseksi. Alkuperäisten mallinnusten skaalaa nostettiin noin 30 %. Hyrrä on 65 mm korkea ja 52 mm leveä.

3 Suunnittelu

Toimivia hyrrärakenteita on olemassa valtava määrä. Työn vaatimukset huomioon ottaen itse hyrrässä käytettiin ForeverSpin (n.d.) valmistamia hyriä pohjana (kuva 2). Alkuperäisessä suunnitelmassa hyrrän kärki ja reunus oli alumiinia ja pelkkä yläosa muovia. Ongelmana tässä kokoonpanossa lukitusmekanismin auetessa osat saattavat irrota toisistaan automaattisesti.

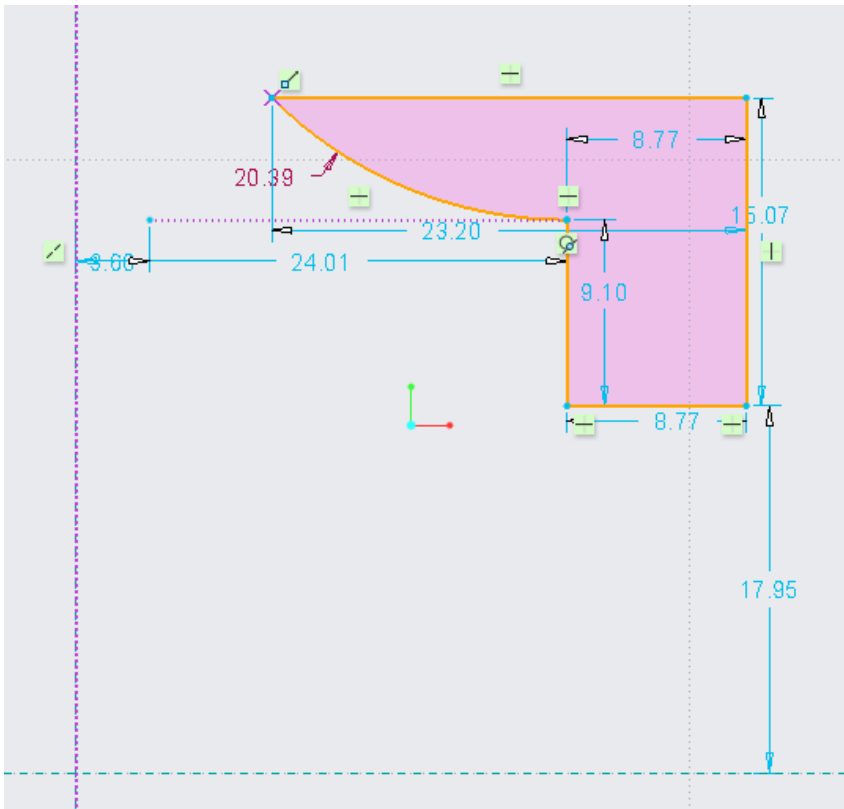
KUVA 2. ForeverSpin alumiinihyrrä



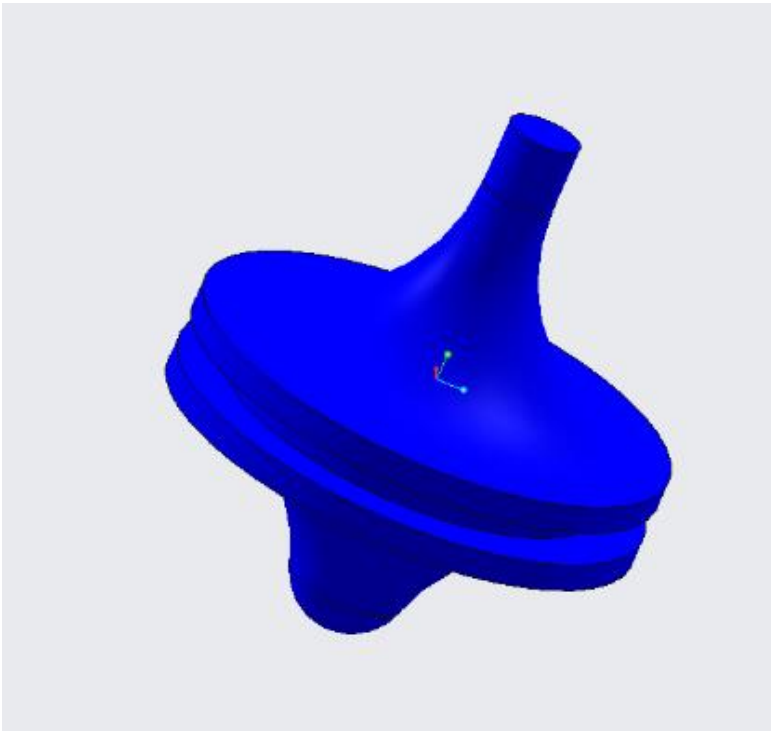
Mallinnuksia suunnitellessa tuli muistaa osien valmistettavuus kappaleiden yhteensopivuuden lisäksi. Muovikappaleen osalta se tarkoitti lyhyesti sitä, että siinä ei saanut olla alle 45 asteen nousuja. Itse hyrrän osalta kappale tuli olla sorvattavissa koululta löytyvillä työkaluilla noudattaen sorvin mahdollisia liikeratoja. Pulmapelin tulee myös tuntua kädessä jykevältä, eikä se saa paljastaa liikkuvia osiaan liian helposti. Tämän takia muoviosasta tehtiin hyrrän muotoja mukaileva, eikä väliin jätetty liikaa ilmaa. Lisäksi ulkokaaren tuli olla riittävän paksu, jotta sinne saadaan piilotettua reiät ja ura pinneille (kuva 3).

Lopullisessa kokoonpanossa koko hyrrä on alumiinia, jonka reunuksessa on noin 3,5 mm syvä ura (kuva 4). Muoviosa on rengas, joka uppoutuu yläkautta hyrrään (kuva 5). Renkaan sisällä on kolme reikää, joissa pinnit liikkuvat hyrrän uran välillä. Kun pinnit ovat kaikki muoviosan rei'issä, on lukitusmekanismi auki ja muovirenkaan voi nostaa paikaltaan ratkaisten pulman.

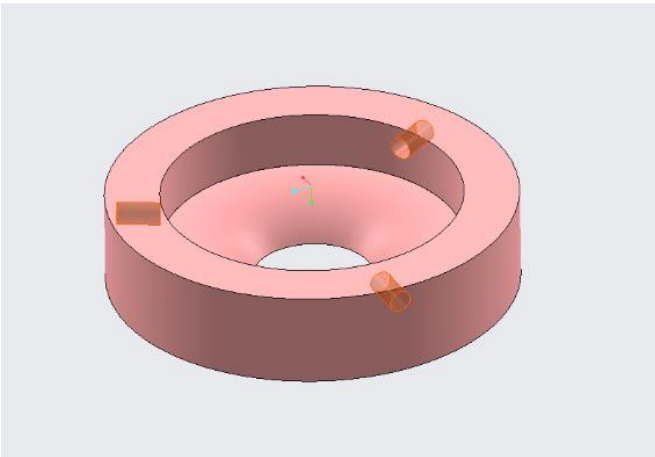
KUVA 3. Muoviosan mallinnuksen alkuvaiheita.



KUVA 4. 3D-malli hyrrästä



KUVA 5. 3D-malli muovirenkaasta



4 Fyysisten kappaleiden analysointi

Ensimmäisten mallinnusten pohjalta tehtiin 3D-tulostamalla prototyyppi (kuva 6), josta nähtiin osien yhteensopivuus. Suurin selvä ongelma tuli pinnien kanssa, sillä alkuperäiset 5 mm paksut pinnit eivät sopineet reikiin ja ne olivat liian paksut. Tilanne korjattiin vaihtamalla 3 mm paksuihin pinneihin ja reiät muutettiin 3,5 mm kokoisiksi. Prototyyppi kuitenkin pyöri kunnolla ja muoviosat asettuivat toisiinsa täydellisesti.

KUVA 6. Muovinen prototyyppi



Teräksestä sorvatusta hyrrästä (kuva 7) tuli hieman liian raskas ja kappaletta on hyvin vaikea saada pyörimään sekä pyörimisaika on huomattavasti lyhyempi kuin muovisella prototyypillä. Alkuperäisen prototyypin suurimmat ongelmat saatiin kuitenkin korjattua.

KUVA 7. Teräksinen hyrrä



Loppukappaleen paino on 216 grammaa. Alumiinista tehty olisi pysynyt alle 100 grammassa, jolloin pyörittäminen helpottuisi huomattavasti. Taulukosta (taulukko 1) on poistettu epäonnistuneet pyöriytykset, mutta siitä näemme kappaleiden pyörimisaikoja. Teräksisen hyrrän sai pyörimään kunnolla noin joka kolmannella yrityksellä, kun taas muut lähtivät helposti pyörimään joka yrityksellä. Kevyemmällä prototyypillä pyöriminen loppuu, kun vauhti hidastuu liikaa. Sorvatulla kappaleella tasapaino alkaa heittelemään sivulta sivulle, kunnes reuna osuu alustaan. Työssä ei päästy testaamaan alumiinisen version pyörimisaikoja, mutta kevyempi paino helpottaisi selvästi pyörittämistä ja pidentäisi pyörimisaikoja.

Taulukko 1. Hyrrien pyörimisaikoja

Ilman reunaa	Reunan kanssa	Teräs
29s	42s	16s
31s	40s	13s
34s	39s	16s
28s	37s	24s
41s	31s	23s
32s	38s	14s
31s	39s	17s
29s	42s	15s
30s	41s	15s
35s	36s	13s

5 Virheet ja korjaukset

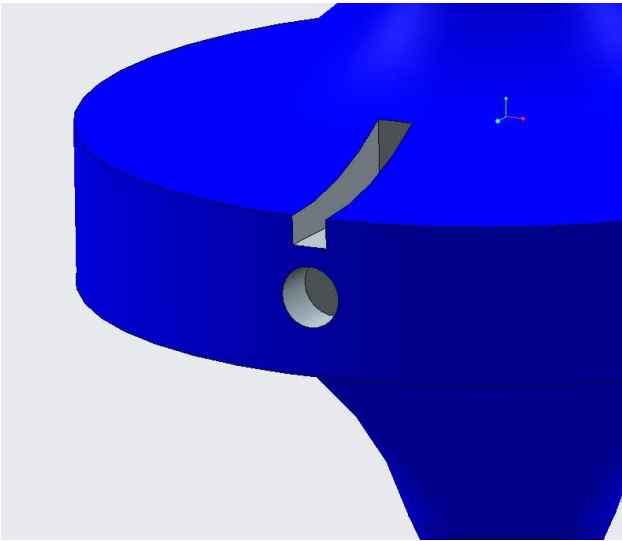
Itse pulma toimii muovisella ja teräksisellä, mutta hieman eri tavalla. Muovisessa prototyypissä on liian isot urat 3 mm pinneille, joten pyörittämällä pinnit saattavat lähteä paikaltaan suoraan. Teräksisen ongelma on riittävän keskipakoisvoiman luominen, jotta pinnit olisivat oikeassa asennossa, kun muovirengasta yritetään nostaa. Molemmissa tapauksissa voidaan kuitenkin todeta pulman selvittäminen mahdolliseksi.

Pinnit jäävät helposti hyrrän uraan jumiin. Se on hyvin ongelmallista pulmaa ratkaistaessa, sillä osien liikkuvuus tulisi olla mahdollisimman sulavaa. Lopulta poistaisin hyrrästä uran ja laittaisin siihenkin osaan kolme reikää ja kolme uraa, joihin muoviosa uppoisi (kuva 8)

Hyrräosan reikä ei saa olla yhtä syvä kuin muoviosan, sillä lukitus pitää olla mahdollisimman helppo purkaa. Liian syvään lukituspuolen reikään saattaa jäädä helposti pinni jumiin. Jos vain pieni osa pinniä lukitsee muovirengkaan hyrrään, tekee se silti tehtävänsä ilman jumittumisen vaaraa.

Pulmapeli olisi tällöin vaikeampi koota takaisin paikalleen, mutta varsinainen lukitusmekanismi toimisi varmasti liukkaammin. Lisäksi hyrrän korkeutta voisi nostaa, jotta lisä käsittelyvara helpottaisi pyörittämistä. Kokonaisuudessaan ongelmat ovat kuitenkin pieniä ja lopullinen työ toimii vioista huolimatta.

KUVA 8. Hyrräosan korjaukset



6 Yhteenveto

Hyrrä on yksinkertainen lelu, jonka pyörimiseen vaikuttaa lähinnä vain muoto ja paino. Itse hyrrän osalta suunnittelu onnistui loistavasti, sillä sen muoto ja alkuperäiseksi suunniteltu alumiininen rakenne olisivat taanneet optimoidun pyörimisajan. Työn suurimmat pulmat tulivat lukitusmekanismin yhteensopivuudesta ja sujuvasta toiminnasta. Vaikka lopullinen kappale toimii, tulisi sisäisen mekanismin liikkua sulavammin ilman, että pinneillä on vaaraa jäädä uraan jumiin tai upota uraan kokonaan.

Lähteet

ForeverSpin (n.d.) Hyrrämallisto. Haettu 21.11.2021. [kuva]

<https://foreverspin.com/cart>

Nave (n.d.) *Precession of Spinning Top*. [kuva]

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/top.html>

Rod Cross (2017) *Spinning tops, gyroscopes & rattlebacks*.

<http://www.physics.usyd.edu.au/~cross/SPINNING%20TOPS.htm>

Wiiklund (n.d.) *Metallien ominaisuuksia*.

http://www.kolumbus.fi/wiiklund/metallien_tyypit.htm