

Säädettävän elastomeeri O-rengasnauha leikkurin valmistus

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Maskin- och produktionsteknik
Identifikationsnummer:	8307
Författare:	Bo Isamu Ioka
Arbetets namn:	Säädettävän elastomeeri O-rengasnauha leikkurin valmistus
Handledare (Arcada):	Mariann Holmberg
Uppdragsgivare:	Tiivistekeskus Oy / Patrik Johansson
<p>Sammandrag:</p> <p>Tiivistekeskus Oy är en del av Etola konsernen och specialiserar sig på förädlning och tillverkning av maskintätningar. Deras sortiment består av 16000 artiklar. Ca 1000 av dessa tätningar skärs årligen enligt kundens krav och önskemål. Syftet med arbetet är att planera och framställa en kapare som gör denna del av produktionen smidigare för uppdragsgivaren. För att spara tid på bearbetningen av O-ringsbanden och för att förminska spillet måste kaparen fungera effektivt och med hög precision. Som grund för arbetet gjordes undersökning av olika kapare och bett på marknaden. På basis av denna gjordes ett antal datorframställda prototyper varav en valdes för framställning. Framställning och materialval var de största problemen. Tidtabellen tillsammans med tillgänglig utrustning och material blev de största begränsningarna. I arbetet finns detaljerade beskrivningar och bilder om olika steg och problem samt deras lösningar inom planeringen utförda med SolidEdge™. Tre datorframställda prototyper med flera varianter av olika komponenter, problemlösningar och materialteknisk information och framställning av en tredjedel av komponenterna blev resultatet.</p>	
Nyckelord:	Tiivistekeskus Oy, elastomer, O-ring, kapare, PEHD, SolidEdge™
Sidantal:	
Språk:	Finska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Machine and production technology
Identification number:	8307
Author:	Bo Isamu Ioka
Title:	Säädettävän elastomeeri O-rengasnauha leikkurin valmistus
Supervisor (Arcada):	Mariann Holmberg
Commissioned by:	Tiivisteksus Oy / Patrik Johansson
<p>Abstract:</p> <p>Tiivistekeskus Oy is a part of the Etola company and is specialized in the production and retail of machine sealings. They currently stock 16000 articles. Around 1000 of these are annually cut to the preference and demands of customers. The aim of the thesis is to design and build a cutter for this part of the production. To save time and minimize waste the cutter needs to be efficient and accurate. As a foundation for the thesis, research of currently available cutters and blades was made. Based on this research a few computer aided design prototypes were made and one was chosen for production. The build, time-table and available equipment and materials were the biggest problems. There are detailed descriptions and pictures of the various steps as well as the problems and solutions during designing with SolidEdge™. The results are three computer aided design prototypes, various component choices, problem solving, material information and a third of the build completed.</p>	
Keywords:	Tiivistekeskus Oy, elastomer, O-ring, cutter, PEHD, SolidEdge™
Number of pages:	
Language:	Finnish
Date of acceptance:	

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Kone- ja tuotantotekniikka
Tunnistenumero:	8307
Tekijä:	Bo Isamu Ioka
Työn nimi:	Säädettävän elastomeeri O-rengasnauha leikkurin valmistus
Työn ohjaaja (Arcada):	Mariann Holmberg
Toimeksiantaja:	Tiivistekekus Oy / Patrik Johansson
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Tiivistekekus Oy on osa Etola yhtiöitä ja on erikoistunut konetiivisteiden tuotantoon ja myyntiin. Heidän valikoimissa on 16000 nimikettä. Noin 1000 näistä tiivisteistä leikataan vuosittain asiakkaan toivomusten mukaan. Työn tavoite on suunnitella ja valmistaa leikkuri joka helpottaa tätä aluetta tuotannossa. Jotta aikaa säästyisi eikä hukka olisi niin iso tulee leikkurin olla tehokas ja tarkka. Työn perustana tehtiin tutkimusta markkinoilla olevista leikkureista ja teristä. Tämän perusteella suunniteltiin kolme eri tietokone prototyyppiä joista yksi valittiin valmistukseen. Valmistus ja materiaali olivat suurimmat ongelmakohdat. Aikataulu, saatavilla oleva varustus sekä materiaali olivat isoimmat rajoitukset. Työssä on tarkat kuvaukset ja kuvat eri vaiheista, ongelmista ja ratkaisuista suoritettuna SolidEdge™:llä. Tulokseksi jäi kolme prototyyppiä, monta variaatiota samoista komponenteista, ongelmanratkaisuja, materiaalitekniistä tietoa ja kolmasosa komponenteista valmistettua.</p>	
Avainsanat:	Tiivistekekus Oy, elastomeeri, O-rengas, leikkuri, PEHD, SolidEdge™
Sivumäärä:	
Kieli:	Suomi
Hyväksymispäivämäärä:	

SISÄLTÖ

Kuvat.....	7
Taulukot.....	8
1. JOHDANTO	9
2. TIIVISTEKESKUS OY	9
3. TYÖN TAVOITE	10
4. YLEISTÄ LEIKKUREISTÄ	11
4.1. Leikkurit.....	11
4.2. Terät.....	13
5. YLEISTÄ ELASTOMEEREISTÄ.....	14
5.1. Young´s modulus & Yield Strain.....	17
5.2. Elastomeerien raaka-aineet	18
5.3. Elastomeerien rakenteet	19
5.3.1. <i>Kemialliset ja mekaaniset ominaisuudet</i>	20
5.3.1.1. NBR70 Nitrilikumi	21
5.3.1.2. FPM Fluorocarbon elastomeeri	22
5.3.1.3. Silikoni	23
5.3.1.4. EPDM Eteenipropreenielastomeeri	24
6. LEIKKURIN VAATIMUKSET.....	25
6.1. Voimakkuus (Force) ja koeleikkaus	25
6.2. Toleranssi	26
6.3. Materiaalit ja niiden soveltuvuus leikkurissa	26
6.4. Käytettävyys	28
7. LEIKKURIN VALMISTUS.....	28
7.1. Suunnittelu	28
7.1.1. <i>Kelkka</i>	29
7.1.2. <i>Syöttö</i>	31
7.1.3. <i>Pysäytin</i>	32
7.1.4. <i>Teränpidike</i>	33
7.1.5. <i>Terän vastakappale/ura</i>	35
7.1.6. <i>Varsi</i>	36
7.1.7. <i>Varren kiinnitys</i>	37
7.1.8. <i>Pohjalevy</i>	38
7.2. Turvallisuus	38

7.3.	Käyttömukavuus	38
7.4.	Kulutusosat/Varaosat	39
7.5.	Prototyyppi 1.....	40
7.5.1.	<i>Prototyyppi 1: Ongelmakohdat</i>	43
7.5.1.1.	45 astetta ja 50mm leikkaus	43
7.5.1.2.	Valmistus	44
7.5.1.3.	Materiaali vaatimukset.....	45
7.6.	Prototyyppi 2.....	45
7.6.1.	<i>Prototyyppi 2: Ongelmakohdat</i>	48
8.	Toteutus/Valmistus.....	48
9.	TULOKSET	50
10.	LOPPUPÄÄTÖKSET JA LOPPUYHTEENVETO	51
11.	LÄHTEET	52

Kuvat

<i>Kuva 1. O-rengasnauhan ohjauskelkka neljällä uralla.....</i>	<i>29</i>
<i>Kuva 2. O-rengasnauhan ohjauskelkka neljällä uralla.....</i>	<i>30</i>
<i>Kuva 3. O-rengasnauhan ohjauskelkka yhdellä uralla.....</i>	<i>30</i>
<i>Kuva 4. O-rengasnauhan säädettävä ohjauskelkka.....</i>	<i>31</i>
<i>Kuva 5. Syöttö edestä ja takaa.....</i>	<i>32</i>
<i>Kuva 6. Pysäytin neljän uran ohjauskelkalle.....</i>	<i>33</i>
<i>Kuva 7. Räjätyskuva teränoidikkeestä.....</i>	<i>34</i>
<i>Kuva 8. 45 asteen teränpidike pätkityllä terällä.....</i>	<i>34</i>
<i>Kuva 9. Ylhäällä täysipitkä terä. Alhaalla katkaistuna.....</i>	<i>35</i>
<i>Kuva 10. Varsi ensimmäiseen prototyyppiin.....</i>	<i>36</i>
<i>Kuva 11. Prototyyppi 2. Varsi, puselit, jalat ja kiinnityslevy.....</i>	<i>37</i>
<i>Kuva 12. Ensimmäinen 3D mallennus Prototyyppi 1. rungosta.....</i>	<i>40</i>
<i>Kuva 13. Kapeampi runko suunniteltu täysipitkälle sekä katkaistulle terälle.....</i>	<i>41</i>
<i>Kuva 14. Varren ja terän liikerata. Varsi, osa ja 45 asteen teränpidike.....</i>	<i>42</i>
<i>Kuva 15. Prototyyppi 1 kokonaisuudessaan.....</i>	<i>42</i>
<i>Kuva 16. Prototyyppi 1. runko ylhäältä päin katsottuna. 45 asteen leikkaus ja leikattavan materiaalin minimipituus.</i>	<i>44</i>
<i>Kuva 17. Prototyyppi 2. 45 asteen kulman leikkaus asennossa. Terän ohjurit kiinnitettynä pohjalevyyn. Terän suojana liukuvat levyt.....</i>	<i>46</i>
<i>Kuva 18. Prototyyppi 2. 90 asteen kulman leikkaus asennossa. Terän ohjurit kiinnitettynä varren juureen.....</i>	<i>47</i>

Taulukot

<i>Taulukko 1. NBR70 Nitrilikumi.....</i>	<i>21</i>
<i>Taulukko 2. FPM Fluorocarbon elastomeeri.....</i>	<i>22</i>
<i>Taulukko 3. Silikoni.....</i>	<i>23</i>
<i>Taulukko 4. EPDM Etyleeni-Propyleeni Terpolymeeri.....</i>	<i>24</i>

1. JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja valmistaa O-rengasleikkuri elastomeeri tiivisteiden leikkaamiseen. Tehtävänantaja Tiivistekeskus Oy:n tällä hetkellä käyttämä ratkaisu on valitettavan epätarkka sekä työläs käyttää. Työssä käydään läpi mitä leikkureita ja teriä markkinoilta löytyy sekä mitä elastomeerejä leikattaessa pitää ottaa huomioon. Tiivistekeskus Oy:n omat O-rengasnauha materiaalit otetaan erityis tarkkailuun tekemällä teoreettista sekä konkreettista tutkimusta. Itse leikkuria suunnitellaan tietokoneella ja piirrokset hyväksytään tehtävänantajalla ennen valmistuksen aloittamista. Suunnittelu vaiheessa käydään leikkurin vaatimukset läpi ja tutkitaan mitä vaatimuksia materiaali valinnan suhteen on. Lopuksi rakennetaan leikkuri minkä jälkeen se toimitetaan Tiivistekeskus Oy:lle käyttöön.

2. TIIVISTEKESKUS OY

Tiivistekeskus Oy on osa Etola-yhtiöitä ja on kone- ja laitetiivisteiden erikoisliike. Vuoden 2010 liikevaihto oli 9,7 miljoonaa euroa. Työntekijöitä Tiivistekeskus Oy:llä on 29. 2 tuotannossa, 2 ostopuolella, 4 sarjapuolella, 10 varastoinnissa ja 11 myyjää. Yrityksen varasto sekä toimistotila ovat 4200 neliometriä. Varaston arvo on noin 2,5 miljoonaa euroa ja nimikkeitä heillä on 16 000 hyllyssä jaettu yli 10 km hyllyriiviä. Valtteina on käteismyynti mahdollisuus paikan päällä, nopeat toimitukset sekä suurin tiiviste valikoima pohjoismaissa. Tuotteita lähetetään yli 40 miljoonaa vuodessa. Tuotanto puolelta löytyy 4 Seal-Jet® sorvia. Nämä sorvit ovat todella nopeita sekä joustavia. Laajan materiaalivalikoiman sekä koon (10–600 mm) ansiosta laitteisto on todellinen vahvuus tuotannolle. Tiivistesarjoja Tiivistekeskus Oy valmistaa asiakkaiden tarpeiden mukaan yli 6500 reseptistä. Pakkausmuodon asiakas saa itse päättää pussista, laatikkoon tai kalvoon. Yrityksen palveluihin kuuluu varastokartoitus, hyllytyspalvelu, suunnittelupalvelu, tuotetuki ja tikEshop (tiivistekeskus.fi). Tiivistekeskus Oy edustaa

markkinoiden parhaimpia merkkejä. Esimerkiksi Eriks nv, Parker Prädifa, Polar Seals A/S, SKF Economos, Krüger & Sohn GmbH, Guarnitec Group Srl, F:lli Paris Srl, DBI Plastics A/S, ATS Srl, Tenute Srl, Pamagan Products Ltd ja Northern Engineering (Sheffield) Ltd. Suomessa Tiivistekeskus Oy:llä on jälleenmyyntipisteitä 50 ja kansainvälisesti Baltiassa, ruotsissa, kiinassa ja venäjällä. Tuotteisiin kuuluvat Akselitiivisteet, varmistimet, V-tiivisteet, O-renkaat, männäntiivisteet, varrentiivisteet, pyyhkijät, ohjainrenkaat, tukirenkaat, tiivistävät alusrenkaat, suojatulpat, tiivistesarjat, muottituotteet sekä erikoiskokoiset tiivisteet ja SealJet® sorvilla valmistetut erikoistuotteet.

3. TYÖN TAVOITE

Tavoitteena on suunnitella ja valmistaa O-rengasnauha leikkuri joka täyttää Tiivistekeskus Oy:n toivomukset ja tarpeet. Laitteen kuuluu olla taloudellinen ja yksinkertainen. Lisäksi laitteella tulee voida leikata eri paksuiset ja pituiset O-rengasnauhat suorassa sekä 45 asteen kulmassa. Elastomeeri tiivisteitä kuuluu leikata 1mm toleranssiin. Maksimi pituus on määritelty 1000 mm tehtävänantajan toimesta. Laitteessa pitää olla helposti vaihdettava terä sekä mahdollisia varaosia helposti saatavilla. Yleisimmät O-rengasnauha halkaisijat ovat yrityksen tuotannossa 6, 7, 14 ja 16 mm. Nauhoja leikataan asiakkaan toivomuksesta ja leikkurin olisi kyettävä tehokkaasti suoriutumaan 200 viikko sarjan pientuotannosta. Omat tavoitteet näiden lisäksi on saada materiaalit Etola-yhtiöiden konsernin sisältä Etralta, sekä suunnitella laite turvallisesti että helposti huollettavissa ja ylläpidettäväksi.

4. YLEISTÄ LEIKKUREISTÄ

Tässä osiossa käydään läpi markkinoilla olevia leikkureita sekä teriä.

4.1. Leikkurit

ElasTek™ Mechanical Guillotine Style Rubber Cutter on markkinoilla oleva giljotiini periaatteella toimiva elastomeeri leikkuri. Tuote on suunniteltu helpottamaan erinäisten kumimateriaalien leikkuuta. Tuotetta markkinoidaan yksinkertaisella muotoilulla, kestävyydellä sekä taloudellisuudella. Laite on suunniteltu käytettäväksi kaikenlaisille elastomeereille. Leikkuri soveltuu letkujen, tankojen sekä levyjen leikkaukseen ja trimmaukseen. ElasTek™:in Mechanical Guillotine Style Rubber Cutter on saatavilla kahdella eri terän pituudella ja laitteelle luvataan vaivatonta läpäisykykyä 75 mm asti kaikille kumityypeille. Saatavilla olevat mallit ovat varustettu 152 mm tai 356 mm terällä. ElasTek™:in leikkuri on varustettu pitkällä varrella saadakseen aikaan ison vipuvoiman sekä alumiinisella aluslevyllä mitä vasten terä leikkaa kumin. Laitteeseen on sovitettu ”pylpyrä” (eng. Cam) minkä ansiosta terä pysyy miltei vaakatasossa koko tarkoitetun leikkuukorkeuden ajan. Tämä ratkaisu vähentää huomattavasti lipsumista ja litistämistä, mitkä ovat yleisiä ongelmia ”saksi” tyyppisissä leikkuri ratkaisuisissa. ElasTek™ Mechanical Guillotine Style Rubber Cutterissa on hiiliteräs terät mitkä voidaan teroittaa monesti. Teroitus on yksi palveluista mitä yrityksellä on tarjolla. Yritys tarjoaa myös varaosa pakettin. Paketti sisältää vaihto terän, vara alumiinisia aluslevyjä sekä ylimääräisen kiristysjousen. Leikkuri vaikuttaa varsin pätevältä laitteelta mutta tarkkojen mittausten sekä leikkuukulman säädön puuttuessa laite ei lainkaan sovellu Tiivistekeskus Oy:n tarpeisiin.

<http://www.ccsi-inc.com/e-cutters-guillotine-manual.pdf>

Samalta yritykseltä löytyy myös hydraulinen versio. ElasTek™ Hydraulic Guillotine Bale Cutter. Leikkuri on suunniteltu sekä markkinoidaan olevan kompaktein, tehokkain sekä monikäyttöisin leikkuri markkinoilla. ElasTek™:in mukaan laite on tarpeeksi pieni täyttääkseen laboratorion suurtuotannon asettamia haasteita sekä olevan oiva laite tavanomaisempaan tuotantoon. Itse leikkuri on rakennettu teräsrungon sisälle mihin on sovitettu teräsverkolla suojattu alue. Itse hydraulikka toimii tehokkaalla 7.5 hevosvoiman sähkömoottorilla joka suorittaa 137,9 Barin paineen ja koko järjestelmälle luvataan pitkää käyttöikää. Järjestelmässä on 813 mm pitkä hiiliteräs terä jolle järjestelmä tuottaa 12,4 tonnin voiman. Terää ohjaa pronssiset ohjurit sekä teräksiset kuulalaakerit alemiitti voitelulla. Aluslevy on valettua uretaania minkä ansiosta leikattaviin elastomeereihin ei käytännössä pääse vieraita aineita. Elastomeerien saastuminen on yleinen ongelma hydraulisissa järjestelmissä. Tämän ansiosta ElasTek™:in hydraulisessa leikkurissa on käytetty joustavia korkea paine letkuja ja liittimiä, eikä tavallisesti käytettäviä jäykkiä. Tämän lisäksi järjestelmälle on tarkasti suunniteltu pumpun sijainti. Pumpun säiliön päällä on upotettu alue joka kerää huomaamattomimmatkin vuodot. Turvallisuuden vuoksi laitetta ohjataan kahdella eri kämmenen ohjausnapilla. Järjestelmän koko on 234,3 cm korkea, 122 cm leveä ja 114,3 cm syvä. Turva häkin korkeus on 78.7 cm. Laitteelle on sovitettu syöttöjärjestelmä joka on koko leikkuupinnan levyinen ja koostuu rullista. ElasTek™:in hydraulinen leikkuri on kaikesta hienoudesta ja voimakkuudesta huolimatta aivan liian kömpelö Tiivistekeskus Oy:n tarpeisiin.

<http://www.ccsi-inc.com/e-cutters-guillotine-hydraulic.pdf>

ElasTek™ Pneumatic Guillotine Style Bale Cutter on pneumaattinen versio joka on kestävä, helppokäyttöinen, huoleton, taloudellinen sekä monipuolinen. Eli soveltuu pientuotantoon sekä laboratorio sovelluksiin. Järjestelmän 457,2 mm pitkää hiiliteräs terää ohjaa nylon ohjurit. Nämä sekä valettu uretaani aluslevy ovat helposti ja edullisesti vaihdettavissa. Tässäkin mallissa on käytetty turvallinen kahden kämmen ohjainnapin käyttöä, minkä ansiosta käden pysyvät turvallisesti poissa laitetta käytettäessä. Järjestelmään on kanssa asennettu turvakoneisto joka estää terän liikkumisen huollon yhteydessä tai pneumatiikan pettäessä. Pienen kokonsa puolesta ElasTek™ Pneumatic Guillotine Style Bale Cutter on asennettavissa pöydälle. Yritys tarjoaa myös työtasoja lisävarusteena. Työtason mittoja ja ominaisuuksia ei ole lueteltu. Järjestelmässä on 5,2–

6,9 Barin paine ja se leikkaa korkeimmalla paineella 68.7 kN voimalla. Painoa koneella on 277 kg ja mitat (L x W x H) ovat 765,175 mm x 711,2 mm x 1047,75 mm mitkä asettaa tietyt rajoitukset pöytäasennuksen suhteen. Kaiken kaikkiaan kaikki ElasTek™:in tarjoamat tuotteet ovat kokonsa sekä tarkkuutensa puolesta hyvin epäkäytännöllisiä Tiiviste Oy:n tarpeisiin.

<http://www.ccsi-inc.com/e-cutters-guillotine-pneumatic.pdf>

4.2. Terät

Hyde Industrial Blade Solutions valmistaa erikoisteriä nimenomaan kumiseoksien leikkaukseen. Perustaja Isaac Perkins Hyden yhteistyö kumppaneihin kuuluivat 1800-luvulla Benjamin Franklin Goodrich, Harvey Firestone sekä Charles Goodyear. Tänäkin päivänä yritykset jotka nämä herrat perustivat käyttävät Hyden teriä. Hyde Industrial Blade Solutionsin valikoimiin kuulu teriä kaikkiin kumiteollisuuden työstömenetelmiin. Mikäli sopivaa terää ei löydy he valmistavat erikoistilauksena toiveiden mukaisen terän. Koneterien, veitsien sekä trimmausterien ohella Hyde Industrial Blade Solutions tarjoaa monta eri projektille sopivaa terää. Perusvalikoimasta löytyy helposti monta terää jotka kiinnitysmahdollisuuksiltaan ja ominaisuuksiltaan olisi mainioita giljotiini tyyppiseen O-rengasnauhaleikkuriin. Erityisesti malli S88744 ”Cutter blade – 2.75” long x .708” width, made of high carbon steel, double beveled with (2) mounting holes. ”Nämä terät eivät valitettavasti ole hinnaltaan aivan siitä halvimmasta päästä.

<http://www.industrialbladesandknives.com/literature/pdf/tire-rubber-blades-brochure.pdf>

RotaTrim® on pitkään valmistanut huippuluokan trimmereitä jaa leikkureita. Leikkurit ovat pääasiassa suunniteltu paperin leikkaamiseen toimisto käyttöön. Yritys valmistaa ja myy erilaisien mattoveitsien teriä. Mistä monella on hyvinkin kiinnostavat kiinnitysmahdollisuudet. American Line 3-Notch Utility Knife Blade No. 0078 on 0,0635 cm paksu ja kolmella lovella varustettu terä. Nämä lovet olisivat mainio tapa

kiinnittää terä meidän tarkoituksenmukaiseen leikkuriin. Ja hintaan 34,95 £ / 100 kappale hintaan varsin taloudellinen vaihtoehto. Single Edge Razor Blade taas on 0,02286 cm leveä hiiliteräs terä. Terä on suunniteltu muovikalvon sekä solumuovin leikkaamiseen. Ilman testejä on vaikea sanoa kuinka soveltuva hento terä on O-rengasnauhan leikkaamiseen. Kiinnitysmahdollisuudet mahdollistavat todella tiukasti istuvan terän ohjureineen mikä edesauttaa terän käytettävyyttä. Hintaan 13,45 \$ / 100 kappale Single Edge Razor Blade No. 0238 tulisivat todella taloudellisiksi, mikäli suorituskyky saataisiin halutunlaiseksi.

http://www.customblueprint-supply.com/files/N5_Sec12_CuttingToolsTrimmers.pdf

Perinteisen matto veitsen terä on toinen helposti saatavilla oleva vaihtoehto. Lisäksi kun Etolan konserniin kuuluvalla Tiivistekeskuksella myös kuuluu Etra. Etran valikoimista löytyy muun muassa 25 mm leveä katkoveitsen terä. Terällä on ainoastaan yksi kiinnitys reikä toisella puolella. Tämän reiän avulla tukeva ja helppokäyttöinen kiinnitysalku on helposti toteutettavissa. Katkoterän voisi mahdollisesti kiinnittää reiän avulla toisessa päässä niin että loput terästä jäisi kiristettävään uraan.

<http://tuotteet.etra.fi/main.html?nodeUid=14824696&catalogUid=2224442&parents=|235573|14824489|14824613&path=1>

Etola yhtiöiden ETRAltakin löytyy teriä. Suurin osa teristä on yhteensopivia tai erikseen suunniteltu heidän myymien katkoteräveitsien sekä mattoveitsien kanssa. Koska yksi päätavoitteista on pitää kulut alhaalla sekä saada kulutusosat Etola konsernin sisältä osa näistä yleisistä teristä saattaisi tulla kysymykseen.

5. YLEISTÄ ELASTOMEEREISTÄ

Polymeerit ovat sarjassa liittyneitä monomeerejä. Elastomeerit ovat polymeerejä jotka ovat mekaanisilta ominaisuuksiltaan elastiset. Yleisesti ottaen elastomeereillä on matala kimmokerroin tai Young´s modulus arvo kun taas yield strain arvo on korkea verrattuna

muihin polymeereihin. Nimi elastomeeri tulee englanninkielen sanoista elastic polymer. Kumi on sana mitä usein käytetään elastomeereistä. Sitä tulisi välttää ellei kyse ole vulkanisoidusta elastomeeristä. Elastomeerit ovat amorfisia, eli niiltä puuttuu pitkiä selkeitä kristallirakenteita. Näiden polymeerin lasituslämpötila (Glass Transition, T_g) on yleisesti ottaen alhainen minkä johdosta elastomeerit pysyvät ”kumimaisessa muodossa”. Useimmat kovat polymeerit ovat käyttölämpötilassa ”lasi tilassa” eli kovia ja joskus hauraita. Lasitila saavutetaan polymeerille tietyssä lämpötilassa, T_g . Alitettuaan tämän pisteen, T_g , polymeerin rakenne lukkiutuu ja materiaali muuttuu kovaksi. Lasi tila (Glass Transition) ei ole sama kuin sulattamisessa tapahtuva reaktio. Sulattaessa polymeerejä rakenteen sidokset ratkeavat ja ketjut liikkuvat satunnaisessa järjestyksessä. Lasitila saavutetaan ainoastaan amorfisissa polymeereissä missä ei ole selkeitä kristalli rakenteita. Lasi tilaa voidaan selventää ajattelemalla polymeerejä vesivirtauksena. Missä polymeeriketjua kuvastavat virtaukset. Lämpimällä säällä vesi virtaa vaivattomasti. Sään kylmetessä veden virtaus hidastuu aina siihen pisteeseen asti että se jäätyy. Nyt jos ajatellaan venettä tässä virtauksessa. Kesällä kun vesi virtaa ja liikkuu, vene liikkuu vaivattomasti, joskin paremmin tiettyihin suuntiin. Talvella taas on kaksi mahdollisuutta. Joko vene liikkuu ja vesi/jää murtuu tai sitten vene ei liikahta. Amorfiset polymeerit toimivat samoin. Tietyn lämpötilan, T_g , yläpuolella molekyylit liikkuvat ja siirtyvät vaivatta uusiin asentoihin suoriutuakseen rasituksista jotka tulevat taivuttamisesta, venymisestä tai puristuksesta. Lasittuneessa tilassa T_g :n alapuolella ketjut eivät voi liikkua lievittääkseen rasitusta mikä johtaa murtumiseen. Elastomeerit ovat kertamuoveja jotka vaativat vulkanisaatiota, mutta voivat myös olla kestopuoveja. Kestomuovit (TPE) ovat copolymeerejä jotka sisältävät sekä kestopuovisia että elastomeerisiä ominaisuuksia. TPE:t ovat suotuisia materiaalia helpon valmistamisensa ansiosta, esimerkiksi ruiskuvalussa. Ensisijainen ero kesto- ja kertamuovisten elastomeerien välillä on ristisidokset. TPE:ssä ristisidokset ovat heikompia kaksinapaisia sekä vetysidoksia, kun taas kertamuovi polymeereissä on kovalentteja ristisidoksia jotka ovat huomattavasti vahvempia. Vulkanisaatio on kemiallinen prosessi jonka päämääränä on tehdä elastomeereistä kestävämpiä ja sitkeimpiä. Elastisuus, kovuus, repeämisvahvuus, kulumiskestävyys, UV-suoja sekä liuotin kestävyys ovat vain joitakin ominaisuuksia mitkä voidaan saavuttaa vulkanisaation ansiosta. Vulkanisaatio saavutetaan lisäämällä lisäaineita kuin rikki tai peroksidi. Muita tavanomaisia lisäaineita vulkanisaatiossa ovat uretaani-ristisitojia, metalli oksideja, Duece ja Acetoxysilane.

Nämä lisäaineet muodostavat ristisidoksia elastomeerin muutoin hennossa ketju rakenteessa. Vulkanisaatiossa seurataan suurempiiretein seuraavia askelia. *Sekoitus, muotoileminen ja lämmittäminen. Sekoituksessa* polymeeri sekoitetaan esimerkiksi 5-30 % sulfauria tai muuta lisäainetta tietyssä suhteessa polymeerin ominaisuuksiin ja tavoiteltuun lopputulokseen nähden. Esimerkkejä muista lisäaineista mitä yleisesti käytetään sulfaurin kanssa ovat; aktivaattori (esim. sinkkioksiidi), akseleraattori (esim. guaniidi), antioksidantti (esim. fosfaatti), koagulantti (esim. kalsiumkloriidi), väripigmenttejä, pehmentäjiä (öljyjä), vaahdon estäjiä ja anti-tack agents (esim aliphatic petroleum resins). Jo tässä vaiheessa alkaa hidastunut ristisidosten muodostus. Aktiivinen vulkanisaatio tässä vaiheessa saattaa johtaa ei toivottuihin tuloksiin kuten halkeamiin. *Muotoileminen* tapahtuu seuraavaksi sillä polymeerin muotoon saaminen vulkanisaation jälkeen on mahdotonta ristisidoksen takia. *Kuumennuksen* tarkoitus on nopeuttaa vulkanisaatio prosessia ja saavuttaa täydellinen ja tasainen ristisidosten jako. Yleisesti ottaen lämpötilat vaihtelevat 120–200 Celsius asteen välissä. Vulkanisaation ansiosta voidaan saavuttaa hyvinkin kovia elastomeerejä, tästä esimerkkinä vaikka keilailupallo. Luonnonkumi on tahmeaa, haurasta kylmänä ja liian pehmeää lämpimänä. Luonnonkumissa polymeeri ketjut ovat pitkiä ja voivat liikkua toisistaan riippumatta. Lisäämällä ristisidoksia nämä ketjut sidotaan yhteen minkä ansiosta liikuttuaan ketjut palaavat alkuperäiseen asentoonsa. Vulkanisaatio on useimmiten peruuttamaton toimenpide aivan kuin kaiken muun thermosetin valmistus. Kumin kierrätyksen kysyntä on valtava. Vulkanisaation perumisen vaikeudet ovat suurimpana syynä miksi esimerkiksi miljardeja tonneja autonrenkaita lojuu kaatopaikoilla ympäri maailmaa. On kaksi yleisesti käytettyä tapaa perua vulkanisaatio; muokattu öljy prosessi ja vesi-öljy prosessi. Nämä prosessit pyrkivät perumaan vulkanisaatiossa muodostuneet ristisidokset jotta uusia voidaan muodostaa. Molemmat menetelmät toimivat lisäämällä öljyä ja muita aineita jauhettuun polymeeriin. Tämän jälkeen kierrätetty polymeeri altistetaan kuumuudelle sekä paineelle pitkäksi aikaa (5-12 tuntia). Nämä prosessit vaativat erikoislaitteistoa monimutkaisille mekaanisille jälki toimenpiteisiin ja ovat hyvin kalliita. Kaiken tämän jälkeen kierrätetty kumi ei saavuta haluttuja ominaisuuksia tai tasalaatua eikä useimmiten sovellu käytettäväksi kierrättämättömän kumin tavoin.

<http://pslc.ws/macrog/tg.htm>

<http://www.pslc.ws/mactest/tpe.htm>

http://www.glstpes.com/resources_faqs.php

<http://www.enplast.com.tr/en/overview-of-thermoplastics-elastomer/>

<http://www.ias.ac.in/resonance/Apr1997/pdf/Apr1997p55-59.pdf>

http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=vulcanization_of_rubber

5.1. Young's modulus & Yield Strain

Young's modulus tai kimmokerroin on asteikko millä mitataan elastisen materiaalin jäykkyys. Tällä mitataan sekä luonnehditaan erilaiset materiaalit. Elastisten kertoimien yksikkö mitataan Pascaleissa tai vaihtoehtoisesti N / m³. Kimmokerroin on määritelty kappaleeseen kohdistuvasta jännityksestä ja venymän tai puristuman suhteena. λ (kimmokerroin) = δ (jännitys) / ϵ (suhteellinen venymä).

http://www.engineersedge.com/material_science/youngs_modulus.htm

http://composite.about.com/od/glossaries/l/bldef_y6172.htm

Yield strain on piste jossa tarpeeksi suuri voima saa materiaalin vääristymään (plastic deformation). Ennen tätä vääristymistä materiaali palautuu alkuperäiseen muotoonsa voiman poistuttua. Tämän pisteen ylitettyä materiaali vääristyy eikä enää voida palauttaa alkuperäiseen muotoonsa. Yield strain on tärkeä ominaisuus tietää materiaali valinnassa sillä yleisesti ottaen voidaan sanoa että tämä arvo on yläraja asetettavalle kuormalle. Yield strain on vaikea määritellä yksiselitteisesti materiaalien monien eri tulosten takia. *Todellinen elastinen raja* on raja jossa vakio kiderakenteessa ilmenee muutos. Tätä määritelmää ei yleisesti käytetä sillä kiderakenteen minimaaliset muutokset ovat vaikeasti huomattavissa. *Suhteellinen raja* on väli jolloin taakka ja kuormitus ovat tasasuhteessa. Eli käyrä on suora linja. Linjan kulmalla saadaan elastinen moduuli. *Elastinen raja* on kohta jonka jälkeen vääristyminen alkaa. Mittauksia vaikeuttaa välineistön laatu sekä koneenkäyttäjän taito.

5.2. Elastomeerien raaka-aineet

Elastomeerit tai yleisnimitykseltään kumit ovat polymeerejä joiden tärkeimpiin ominaisuuksiin kuuluu venyvyys, joustavuus ja muotoonsa palautuminen. Elastomeerit saadaan aikaiseksi lisäämällä luonnonkumiin lisäaineita jotka muodostavat ristsidoksia. Elastomeeri ja kumimateriaaleja on kolme pääryhmää; *kestomuovit*, *kertamuovit* ja *komposiitit*. *Kestomuovit* ovat joukko polymeerejä jotka kuumetessa muuttuvat nestemäisiksi ja kylmetessä kiinteiksi. Nämä ominaisuudet ovat suotuisia sillä näitä polymeerejä voi kierrättää ja muovata yhä uudelleen. *Kertamuovit* ovat muoveja joita on yleisesti ottaen peruuttamattomasti käsitelty esimerkiksi vulkanisaatiolla. *Komposiitit* taas ovat yhdisteitä ainakin kahdesta eri materiaalista, usein jonkinlaisesta kuidusta ja liimasta (polymeeri). Tämän ansiosta saavutetaan hyvin erilaisia ominaisuuksia kuin mihin yksittäiset raaka-aineet kykenevät. Elastomerien kemiallinen koostumus päättää yhdisteen lämpö, mekaaniset, elektroniset ja optiset ominaisuudet. Tavallisimmin käytetyt pääraaka-aineet ovat Butyl, Silikoni, Polyuretaani ja Isoprene. Synteettinen kumi Butyyli [$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-}$] on kulutus-, kosteus-, höyry- ja alkalikestävä. Näiden ominaisuuksien ohella Butyyllillä on matala kaasunläpäisykyky, kykenee vaimentamaan korkea energisiä voimia ja aineella on laaja käyttölämpötila (-60 - +120 °C). Butyyli yhdistetään usein Isopreenin [$\text{CH}_2\text{=C}(\text{CH}_3)\text{CH=CH}_2$] kanssa muodostaen vahvan kaasunläpäisy suojan. Isopreeni on orgaaninen yhdiste jota löytyy luonnonkumissa. Suurin käyttökohde on lisäaineena synteettisten materiaalien kanssa saavuttaakseen halutut ominaisuudet. Silikonia käytetään autoteollisuudesta, vaatteisiin ja elektroniikkaan. Silikoni on vakaa eikä helposti reagoi ympäristöönsä. Äärimmäisen laajan käyttölämpötilansa (-55 - +300 °C) vuoksi silikoni on käyttö mahdollisuuksiltaan omaa luokkaa. Silikonia käytetään useimmiten kahden polymeerin seoksena joko haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi tai taloudellisuuden takia. Silikoni koostuu [R_2SiO] ketjuista missä R edustaa tiettyä orgaanista materiaalia kuten esimerkiksi

metyyliä tai etyyliä. Nämä R materiaalit ovat kiinnittyneitä Silikoniketjuihin [...-Si-O-Si-O-Si-O-...]. Polyuretaanin hyviin ominaisuuksiin kuuluu joustavuus, iskunkestävyys sekä kestävyys. Polymeeri sisältää uretaaniryhmän [– NH-CO-O-] ja muodostetaan reaktiossa isosyanaatin ja polyolin kanssa. Lopputuotteen ominaisuudet vaihtelevat riippuen lisäaineista ja niiden määrästä. Polyuretaania käytetään laajasti kengänpohjista pakastimeen.

<http://polyurethane.americanchemistry.com/Introduction-to-Polyurethanes/How-Its-Made>

<http://plastics.americanchemistry.com/The-Basics>

<http://polyurethane.americanchemistry.com/Introduction-to-Polyurethanes>

http://www.globalspec.com/learnmore/materials_chemicals_adhesives/plastics_elastomers_polymers/elastomers_rubber_materials

5.3. Elastomeerien rakenteet

Elastomeerit poikkeavat polymeereistä ”löysän” rakenteensa suhteen. Polymeerit niin kuin elastomeeritkin ovat kemiallisia yhdisteitä jotka muodostuvat tuhansista pienemmistä molekyyleistä, monomeereistä. Monomeerit polymeereissä ovat yhdistyneet toisiinsa perustaen lyhyitä sekä pitkiä ketjuja. Elastomeerit eroavat polymeereistä siitä että niiden monomeeri ketjut ovat verrattaen joustavia ja sekaisin. Elastomeerit siis ovat viskoosisimpia verrattuna lasien jäykkyyteen ja järjestyneisiin ketjuihin kristalleissa. Venyttäessä elastomeerin ketjut järjestäytyvät miltei kristallinomaiseen muodostelmaan keventääkseen rasiusta. Voiman kaikkooessa ketjut palautuvat omille paikoilleen mikäli plastic deformaationiin asti ei ole päästy. Juurikin tämä ominaisuus määrittää elastomeerit. Useimmat elastomeerit ovat hiilivetyjä, eli ovat muodostettu hiilestä ja vedystä. Joitakin esiintyy luonnollisesti kuten polyisoprene mitä ammennetaan kumipuusta ja käsitellään luonnonkumiksi. Tämä kuitenkin poikkeaa

tavanomaisista elastomeereistä mitkä valmistetaan synteettisesti. Nämä synteettiset elastomeerit luodaan öljystä ja luonnonkaasusta. Isoprene, butadiene ja butyyli ovat joitakin monomeerejä mitä käytetään monen polymerisointi prosessin läpi saadakseen suurimpia molekyyliä aikaiseksi. Useimmiten vieraita aineita lisätään jotta saadaan halutut ominaisuudet lopputuotteeseen. Esimerkkejä tästä ovat kloori, Cl, polychloroprenessä mikä muodostaa neopreenin sekä rikki polyalkylene polysulfidissa mikä ansiosta materiaali saa paremman öljynkestävyyden. Tämän lisäksi ominaisuuksia voi muokata yhdistämällä eri polymeerit keskenään, copolymeeri. Esimerkki näistä ovat ntriili kumi (acrylonitriili-butadiene copolymeeri) ja butyyli kumi (isobutyli ja isoprene). Yhdistäessä elastomeerejä ja polymeerejä, saadaan jo aiemmin mainittuja thermoplastic rubbers tai TPR. Näissä yhdisteissä on kumin sinnikkyys mutta toisin kuin muissa elastomeereissä näitä TPRiä voidaan muokata ja muovata lämmön avulla. Tämä on tärkeä ominaisuus kierrätettävyyden ja ekologisuuden kannalta. Jotta näistä saataisiin käytettäviä tuotteita, materiaalit käytetään monen prosessin läpi saadakseen niistä muokattua haluttuja ominaisuuksia. Vulkanisaatio, fillereitä (carbon black) ja lisäaineita käytetään saadakseen paremman säänkestävyyden ja kemiallisen vastustuskyvyn. Vanhin käytetty elastomeeri on luonnonkumi mikä saadaan kumi puista kuten esimerkiksi Hevea puusta. Luonnonkumi on tänäkin päivänä käytetty mutta kilpailee synteettisten elastomeerien kanssa. Polymeerit koostuvat useimmiten hiili, C, liitoksista. Joko yksittäinen (C-C) tai kaksinkertainen (C=C) liitoksesta. Teoriassa hiili, C, liitokset ovat joustavia. Todellisuudessa monet polymeerit ovat varsin jäykkiä.

http://www.standard-gasket.com/tech_specs/elastomer_chemistry.htm

5.3.1. Kemialliset ja mekaaniset ominaisuudet

Kemiallisten ja mekaanisten ominaisuuksien ansiosta voidaan päätellä mitä elastomeereistä voidaan vaatia ja mitä elastomeerit käyttäjiltään vaatii. Käyn tässä läpi

ne materiaalit mitä Tiivistekeskus Oy tarjoaa O-rengasnauhana. Eli NBR70, FPM, Silikoni ja EPDM.

5.3.1.1. NBR70 Nitrilikumi

Taulukko 1. NBR70 Kemialliset ja mekaaniset ominaisuudet

Ominaisuus	Standardi	Yksikkö	Arvo
Tensile Strength at break	DIN 53504	Mpa	Min 13
Elongation at break	DIN 53504	%	Max 250
Tiheys	ASTM D 1817		1,25
Puristus	DIN 53517		
25% puristus - 22h/100°C - laatta		%	Max 12
O-rengas (3,53 mm)		%	Max 20
Lämpö vanheneminen	DIN 53508		
Kovuuden muutos		%	Max +6
Laajeneminen		%	Max 2,1
Upotus ASTM öljyyn n° 3	DIN 53521		
Kovuuden muutos		%	Max -5
Laajeneminen		%	Max +9
Painon muutos		%	Max +6
Lasittumislämpötila, Tg		°C	75 - (-100)

NBR 70 on Nitrili yhdiste joka sisältää acrylo-nitriliä. NBR tunnetaan kansankielellä Nitrili-kumina. Kuten *Taulukosta 1*. Näemme, NBR70 soveltuu erinomaisesti tiivisteiden käytössä. Yhdiste on tavanomainen elastomeeri jolla on hyvät puristus sekä kontakti arvot ja käytetään yleisesti hydraulisten nesteiden kanssa. Kemiallinen

kompositio on Acrylo-nitriili ja Butadiene kumi. Yleisin fyysinen muoto on O-renkaina, O-rengasnauhana ja eri valuina. Väri on musta ja yhdiste on hajuton.

<http://www.hujber.hu/NBR36624.pdf>

http://orings.com/tech_compound.php

5.3.1.2. FPM Fluorocarbon elastomeeri

FPM on ruskean värinen fluorocarbon elastomeeri. Yhdisteellä on erinomaiset kemialliset sekä mekaaniset ominaisuudet (Taulukko 2.) ja on todella vastustuskykyinen hydraulisten nesteiden, orgaanisten yhdisteiden sekä monen muun kemikaalin suhteen. Laajan käyttölämpötilan ansiosta (-20 C° - +210 C°) sekä korkean UV-kestävyyden ja sään keston takia FPM soveltuu moneen applikaatioon.

Taulukko 2. FPM Kemialliset ja mekaaniset ominaisuudet

Ominaisuus	Standardi	Yksikkö	Arvo
Tiheys	DIN 53479	g / cm ³	2, 51
Kovuus (20°C)	DIN 53505	Shore A	83
Tensile Strength	DIN 53504	N / mm ²	>13
Elongation at break	DIN 53504	%	>200
Puristus 22h /175 °C	DIN 53456	%	7,7

<http://www.dmrseals.co.uk/FPM%20DATA%20SHEET.pdf>

http://www.cellulardevelopments.co.uk/rubber_materials-viton-fpm.asp

5.3.1.3. Silikoni

Silikoni on synteettinen elastomeri mikä valmistetaan ristsidoksia luomalla silikonipohjaisen polymeerin ja täyteaineen avulla. Verrattuna yleisiin luonnollisiin elastomeereihin silikoni painii eri luokassa. Säänkestävyys on yksi silikonia valittaessa huomioon otettava piirre. Silikoni pitkälti välitön ympäristön sekä UV-säteiden suhteen missä luonnon elastomeerit nopeasti haurastuvat. Hajuttomana, paineenkestävänä ja sähköeristävyyden takia silikoni on haluttu elastomeeri moneen eri sovellukseen. Alin käyttölämpötila on yhdisteestä ja lisäaineista riippuen -55 °C tai jopa -100 °C korkein on +300 °C. Alla näemme kovuus, vahvuus ja venymisarvot *Talulukossa 3*.

Taulukko 3. Silikoni Kemialliset ja mekaaniset ominaisuudet

Ominaisuus	Arvo
Kovuus	10–90 Shore A
Tensile Strength	11 N / mm ²
Elongation at break	100–1100 %

<http://www.makeitfrom.com/compare-materials/?A=Isoprene-Natural-Rubber-IR-NR&B=Silicone-Rubber-PMO-PVMO-VMO-Silastic>

<http://www.dowcorning.com/content/rubber/silicone-rubber.aspx>

5.3.1.4. EPDM Eteenipropeenielastomeeri

EPDM eli Ethyleeni-propyleeni Terpolymeeri tai EP kumi on erittäin kulutuksen-, iskun-, UV-, oksidaatio-, vesi-, säänkestävä eikä juuri läpäise kaasua. *Taulukossa 4.* selviää oleelliset kemialliset ja mekaaniset ominaisuudet. EPDM on myös hyvin sinnikäs kemikaaleille esimerkiksi Asetoonille, suolavedelle ja Metyyli etlyyli ketonelle. Synteettinen elastomeeri EPDM koostuu useimmiten 45 % - 75 % etyleenistä. Mitä korkeampi osa etyleeniä sitä parempi sekoitus ja ekstruusio mahdollisuudet yhdisteellä on. Peroksiidi vulkanisaatiolla saadaan korkein tiheys risticsidoksille. Ethyleeni-propyleeni Terpolymeeriä käytetään muun muassa tiivisteissä, letkuissa sekä sähköeristeenä.

EP kumia kuuluisi säilyttää ilman jännitystä, puristusta tai muussa epämuodostavassa tilassa.

Taulukko 4. EPDM Kemialliset ja mekaaniset ominaisuudet

Ominaisuus	Yksikkö	Arvo
Kovuus	Ashore A	40–90
Tensile failure stress	Mpa	Max 25
Tiheys	g / cm ³	0,90 - 2,00
Max käyttölämpötila	°C	100–120
Min käyttölämpötila	°C	-54
Lasittumislämpötila, Tg	°C	-54
Elongation	%	100–700

<http://www.warco.com/polymer/epdm/>

<http://www.iisrp.com/webpolymers/10epdmsep11.pdf>

6. LEIKKURIN VAATIMUKSET

Leikkuria suunnitellessa vaatimukset ovat avainasemassa tehdessä jokaista suunnittelu ratkaisua. Seikat kuten vaadittava voimakkuus, leikkauspinnan laatu sekä toleranssi ovat tässä tapauksessa tärkeimmät seikat.

6.1. Voimakkuus (Force) ja koeleikkaus

Hyvinkin oleellinen seikka suunniteltaessa mekaanista leikkuria on tietää leikattavan materiaalin sekä koneiston materiaalista mahdollisimman paljon. Useimmat leikkurit ovat suunniteltu monen erilaisten materiaalin käsittelyyn. Täten kannattaa siis valita se epämiellyttävien materiaali minkä eteen leikkuri joutuu.

Suunnitelmissa oli tehdä kattavat testit käyttäen koulun Testometri kalustoa. Tämän laitteiston avulla saisin kaikki tarvittavat tiedot ja käyrät siitä miten eri elastomeerit käyttäytyy niitä leikattaessa. Aloitin valitsemalla paksuimman eli halkaisijaltaan 16mm paksun Nitriilibutaani kumi O-rengasnauhan. Tarkoituksena oli myös selvittää miten tarvittava voimakkuus leikkaamiseen muuttuu terän tylsyyssä. Näin ollen otin uuden terän ja merkitsin sen 30mm välein. Näihin väleihin tulisi eri kulumisasteet. Vaativan käsin leikkauksen jälkeen terät olivat testikunnossa. Testattavana olisi käyttämätön terä sekä 50, 100, 150 ja 200 leikkausta nähneet terät. Saapuessani koulun konepajaan ja neuvoteltuani opettajien kanssa todettiin että testometriin rakennettavat pidikkeet testiä varten muodostaisivat itse lopputyön urakkaa suuremmaksi haasteeksi. Täten päädyttiin

varsin helppoon ratkaisuun. Leikkurin valmistuessa käyttäisimme jousivaakaa täten selvittäen ainakin maksimaalisen voimakkuuden minkä elastomeerin leikkauksessa muodostuu. Tämä ei tietenkään auta suunnitteluvaiheessa. Testeissä käytettäisiin minun jo aiemmin valmistamat terät. Leikkauskohdat olisi sitten tarkoitus viedä koulun laboratorioon mikroskoopin alle kuvattavaksi. Mikroskooppi kuvien avulla näkisin selvästi minkä verran epämuodostusta leikkaus aiheuttaa O-rengasnauhalle. Mikään näistä testeistä ei valitettavasti toteutunut.

6.2. Toleranssi

Toleranssiksi oli määritelty 1mm. Tämä ei varsinaisesti ole vaativaa leikattaessa paksumpia O-rengasnauhoja. Ohuemmat eli halkaisijaltaan 6mm ja 7mm paksut nauhat venyvät sekä puristuvat helposti. Onneksi näiden epämukavien ominaisuuksien lisäksi kapeammat nauhat leikkautuvat helpommin täten vähentäen itse leikkauksen aiheuttamaa heittoa. Toleranssi muodostuu varsinaiseksi riesaksi leikattaessa 45 asteen kulmassa. Tiivistekeskus Oyn vaatimuksena on että 45 asteen leikkauksessa molemmat leikkauskulmat ovat rinnakkain toisiaan vasten.

6.3. Materiaalit ja niiden soveltuvuus leikkurissa

Työn tavoitteen mukaan kaikki materiaali olisi saatava Etola konsernin sisältä. Tämä tarkoittaa käytännössä että päämateriaali olisi muovia. ETRAn laajasta valikoimasta ei suinkaan heti löydy soveltuvaa materiaalia. Kulutuskestävyys, työstettävyys ja lujuus harvemmin kohtaavat edullisissa muovi materiaaleissa. Vaikka suurin osa kovista muoveista ovat varsin helposti työstettävissä niiden muut mekaaniset ominaisuudet harvemmin täysin vastaavat käyttötarvetta. Korkea tiheys Polyeteeni, PEHD, valittiin

ensimmäiseen varsin yksinkertaiseen prototyyppiin. Prototyyppi rakennettiin saadaksemme paremman kolmiulotteisen lähtökohdan. PEHD on tavanomainen muovi joka on helppo työstää ja tarpeeksi sitkeää kestääkseen varren tuottaman momentin. Varjopuolena PEHD ei ole kovin lujaa, taipuu suhteellisen helposti eikä kulutuskestävää. Terän kiinnitys on toinen seikka joka vaatii suurta tarkkuutta. 0,7 millimetriä leveä katkoterä on lähes mahdoton saada kiinnitettyä niin pehmeään materiaaliin kuin muoviin. Katkoterän muoto sekä kiinnitys reikä mahdollistavat hyvän kiinnityksen. Tämä tosin vaatii varsin tarkkaa työtä sekä lujan materiaalin. Voileipää mallina käyttäen katkoterä voitaisiin kiinnittää terän muotoon 0,35 millimetriä syvään sorvattuun syvennykseen. Tämä ei tosin Polyeteeniltä onnistu. Varren akseli on toinen osa alue missä kovamuovit osoittavat valitettavaa kulutuskestävyyden puutetta. Pelkästään toleranssien sisään mahtuvan reiän tekeminen Polyeteenin aiheuttaa ongelmia. Tähän kun lisätään voimaa, kitkaa ja vääntöä niin lopputulos ei ole järin hyvä. Prototyyppien rakentamiseen käytetty Polyeteeni saatiin 10 millimetrin paksuisina levyinä. PEHD on valitettavasti ”öljyinen” muovi eikä liimaus onnistu. Liukkaus sekä liimaamattomuus aiheuttavat päänvaivaa yrittäessään pysyä tietyn toleranssin lopputuloksen kanssa. Tämä varjopuoli tosin helpottaa kitkan aiheuttamia ongelmia, sillä liukas muovi ei pinnoitteita kuten teflonia tarvitse. Kaikille saatavillani oleville muoveille olisi syytä valmistaa varaosia, sillä kaikki osat ovat kulutus tavaraa ja pitää vaihtaa aika ajoin. Mikäli saisin valita materiaalin itse, valitsisin alumiinin. Alumiini on helppo työstää, toleranssit säilyisivät eikä ulkoisia vaikutteita tarvitsi miettiä, kuten lämpötilaa. Alumiiniin olisi lisäksi mahdollista saada tukeva teränkiinnitys. Materiaali tosin vaatisi jonkinlaisen pinnoitteen tai laakereita jotta ei kitka pääsisi kuluttamaan niveliä. Mikäli tämän osaalueen saisi kunnolla valmistettua, ei varaosia tarvittaisi, mutta aika ajoin huoltoa kyllä. Prototyyppiä katsoessa voidaan mitata että akselista leikkauskohtaan on 150 millimetriä. Tällä matkalla tukevasti ja vaivatta liikkuva alumiinivarsi ei ohjureita tarvitse. PEHD prototyyppissä varsi taipuu tarpeeksi jotta 1 millimetrin toleranssi loppu tuotteessa ei ole saavutettavissa ilman ohjureita. Ohjureiden kiinnittäminen liukkaassa ja liima-allergiselle materiaalille taas aiheuttaa tarpeetonta lisätyötä.

6.4. Käytettävyys

Käytettävyys nousee jo pientuotannossa todella korkealle prioriteetti listalla. Ideaali tilanteessa leikkuri on ergonominen, nopea, säädettävä, taloudellinen ja huoltovapaa. Käsityökaluissa kuin koneissakin täytyy lisäksi työskentely taso, korkeus ja mahdollinen istumakorkeus ottaa huomioon. Saako istuessa tarpeeksi voimaa jotta elastomeeri leikkautuisi leikkurin ominaisuuksien puitteissa mahdollisimman hyvin. Toinen ongelma mikä Tiivistekeskus Oy:n elastomeeri leikkaus tuotantoa vaivaa on jalostamattoman materiaalin muoto. Materiaali saapuu suurilla puolilla. Leikattaessa kaarelle jähmettynyt elastomeeri tahtoo kietoutua takaisin kelalle. Tämän voisi ratkaista yksisuuntaisella ”lukolla” sekä kiinnittämällä puola jotta se vapaasti pyörii aiheuttamatta kierrettä materiaaliin.

7. LEIKKURIN VALMISTUS

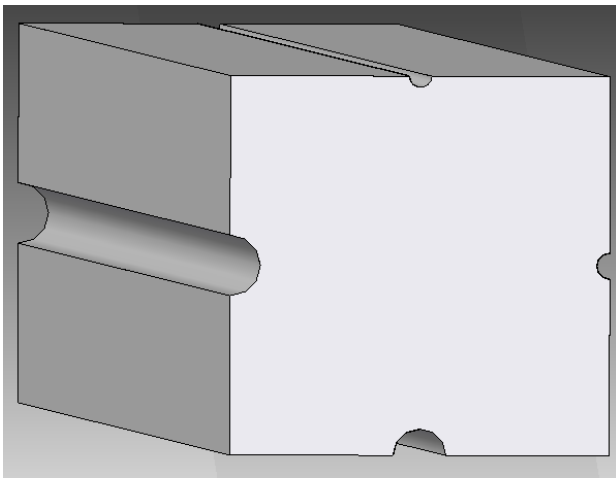
Valmistus prosessi alkoi suunnittelu työllä ja jatkui itse valmistuksella.

7.1. Suunnittelu

Tarkastettuani kirjallisuutta leikkureista, teristä sekä materiaaleista aloitin suunnittelun. Kaikki alkoi yksinkertaisilla piirustuksilla sekä monella erityyillisillä leikkureilla. Kaikista osa-alueista tuli monta variaatiota. Syöttö, teränpidike, kelkka, varsi sekä voimansiirto saivat kaikki erityishuomiota.

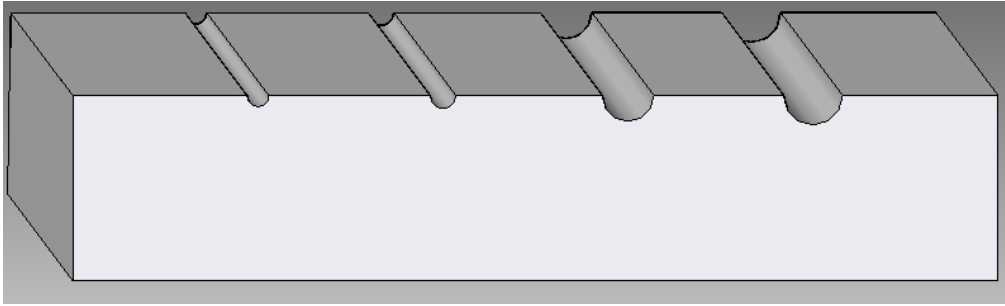
7.1.1. Kelkka

Kelkka oli yksi ensimmäisistä päänvaivoista. 6, 7, 14 ja 16 millimetriset O-rengasnauhat piti kaikki saada kulkemaan tukevasti ja suoraan jotta toleranssi saavutettaisiin. Pääpiirteittäin versioita tuli 4. Yhteistä kaikissa malleissa oli kuvista puuttuva sivulle kiinnitettävä mittaasteikko, minkä mukaan pysäytin säädettäisiin.



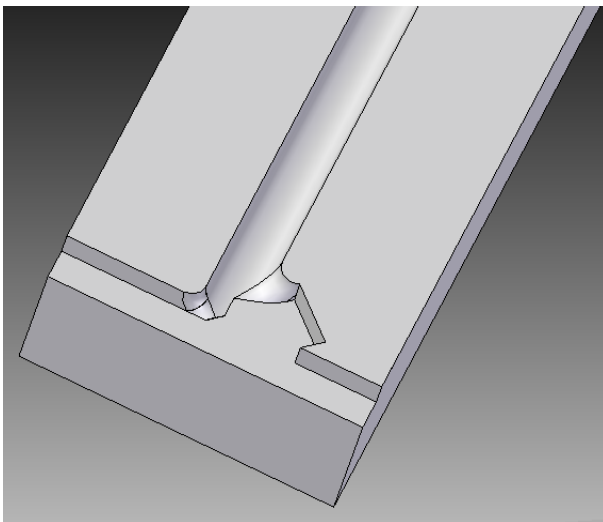
Kuva 1. O-rengasnauhan ohjauskelkka neljällä uralla

Ensimmäinen idea (*Kuva 1.*) oli valmistaa kelkka mikä oli muodoltaan 100 x 100 x 1000 mm. Jokaisella sivulla on oma ura jokaiselle eri halkaisijalle. Kelkka olisi helppo kääntää ja kiinnittää.



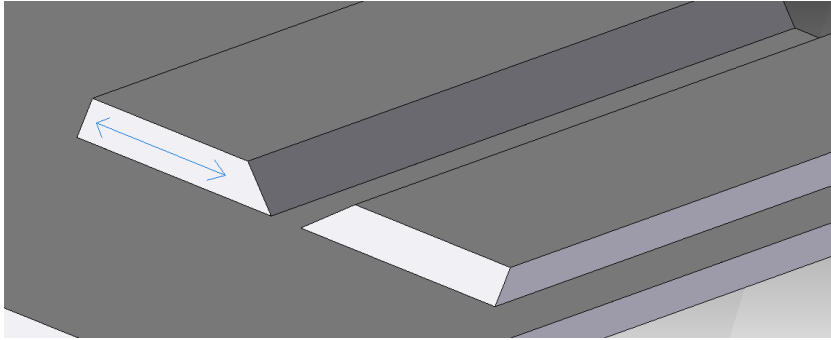
Kuva 2. O-rengasnauhan ohjauskelkka neljällä uralla

Toinen idea (*Kuva 2.*) oli laittaa kaikki neljä uraa peräjälkeen. Tämän kelkan olisi tarkoitus liu'uttaa sivusuunnassa jotta oikean kokoinen ura tulee paikoilleen.



Kuva 3. O-rengasnauhan ohjauskelkka yhdellä uralla

Seuraavaksi (*Kuva 3.*) totesin että 45 asteen leikkaus vaatimus aiheuttaisi törmäyksen ilman toimenpiteitä. Yllä kuva yhden uran kelkasta missä on tehty tilaa 45 asteen leikkauksessa tulevalle terälle sekä teränpidikkeelle. Tilan sorvaamine onnistuu toki myös muissa malleissa.

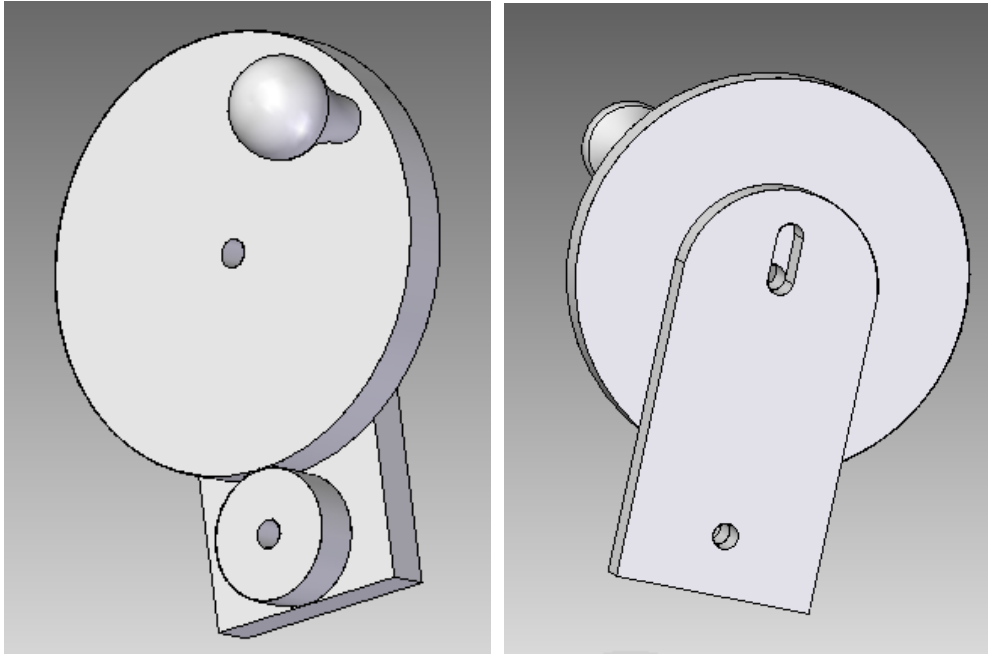


Kuva 4. O-rengasnauhan säädettävä ohjauskelkka

Säädettävällä uralla varustettu kelkka oli koko suunnitteluvaiheen mielessä ja siitäkin tehtiin yksinkertainen mallinnus (*Kuva 4.*). Ongelmaksi muodostuu helppo säädettävyys sekä säädettäessä siirtyvä leikkauslinja. Mikäli 45 asteen ura sorvattaisiin säädettävään ohjauskelkkaan (kts. kuva 3.) ura siirtyisi aina säädettäessä kelkkaa. Ohjauskelkka numero neljään päädyttiin kuitenkin varsin heikoin perustein. Koulun konepaja rajoitti työstöä sen verran että versio neljä, säädettävä ohjauskelkka, oli ainoa toteutettavissa oleva versio.

7.1.2. Syöttö

O-rengasnauhan syöttö oli mielestäni tärkeä seikka. Varsinkin ohuimmat nauhat tahtovat venyä sekä pusertua mikäli niitä vetää tai työntää liian voimakkaasti. Jo lyhyissä kappaleissa tämä saattaa aiheuttaa että 1 millimetrin toleranssi ylittyy. Ensimmäinen vaihe oli suunnitella O-rengasnauhan kelalle pidike jotta nauha saataisiin leikuuriin aiheuttamatta venymistä tai kierrettä. Vastaus oli varsin yksinkertainen jalka millä kela saisi vapaasti pyöriä. Mikäli O-rengasnauha tulisi kitkatta kelalta ei venymää taphtuisi. Koska turvallisuus on tärkeätä, pyrin suunnittelemaan syöttöjärjestelmän joka ei vaatisi että sormia tarvitsisi käyttää terän lähetyvillä. Näillä eväillä syntyi hyvin helppo kahden kiekon välistä ulos työntävä O-rengasnauha syöttö järjestelmä.

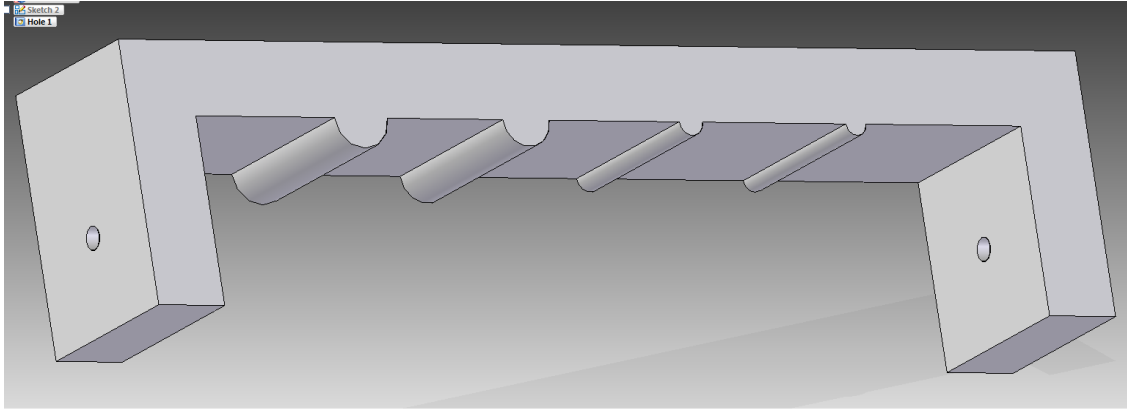


Kuva 5. Syöttö edestä ja takaa

Kuvan 5. mukainen järjestelmä mahdollistaisi O-rengasnauhan turvallisen syötön. Nauhaa syötetään kunnes se pysähtyy pysäyttimeen. Tässä tosin vaaditaan hieman hienovaraisuutta jottei nauha pusertuisi pysäytintä vastaan. Syöttö järjestelmän ylempi kiekko on kiinnitetty uraan ja jousen avulla painaa alas pienempää kiekkoa vasten. Näin ollen syöttö järjestelmä soveltuu kaikkien O-rengasnauha kokojen käyttöön.

7.1.3. Pysäytin

Pysäyttimen pääasiallinen tarkoitus on helpottaa sarjojen leikkausta. Pysäytin säädetään kerran haluttuun pituuteen minkä jälkeen O-rengasnauha syötetään ja leikataan. Erilaisia pysäyttimiä tuli suunniteltua jokaiselle ohjauskelkalle.

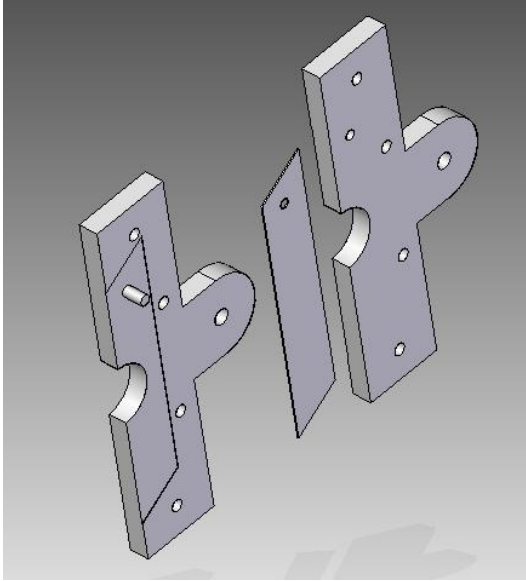


Kuva 6. Pysäytin neljän uran ohjauskelkalle

Yllä (*Kuva 6*) yksinkertainen malli pysäyttimestä. Sivulla näkyvät kiristys reiät.

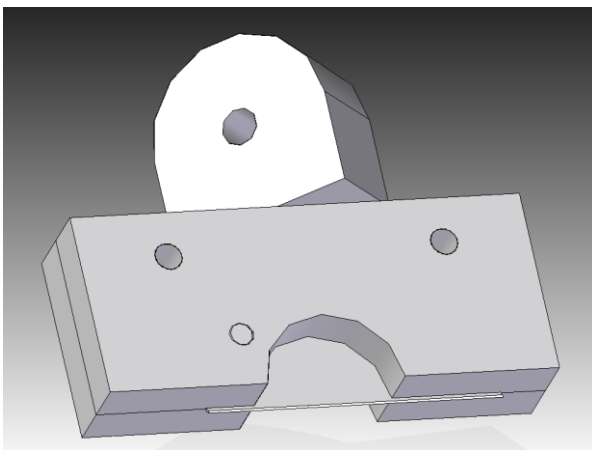
7.1.4. Teränpidike

Terän pidikkeen suunnittelu alkoi luonnollisesti käytettävästä terästä. Käytettävästä katkoterästä löytyy reikä. Tämä reikä sekä terän muoto ohjasivat vahvasti kiinnityksen suunnittelua. Voileivän tavoin terä piti saada puristettua siihen sopivaan kavennukseen ja terän reikä oli hyödynnettävä. Kiinnitykselle nousi paljon erilaisia ideoita.



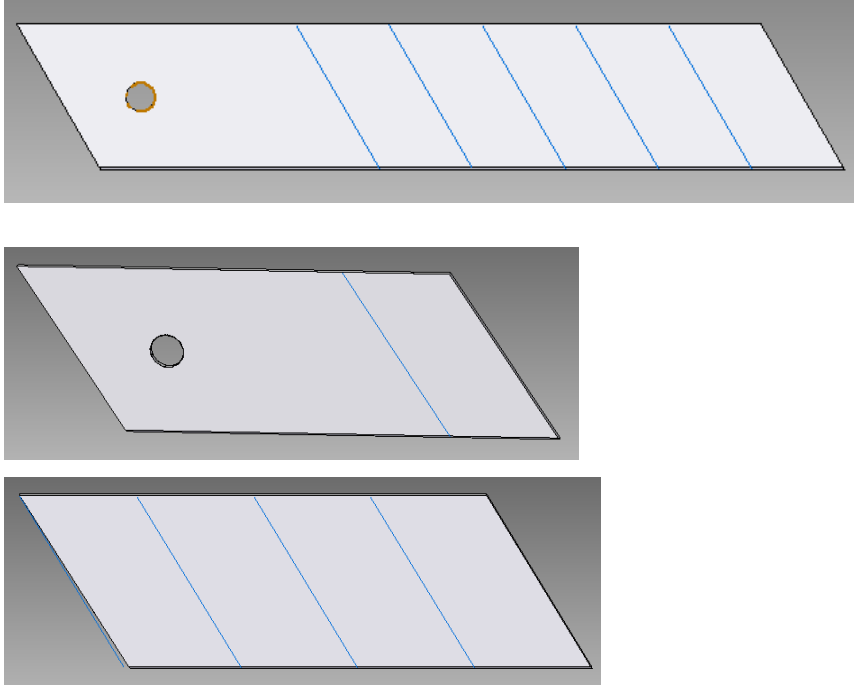
Kuva 7. Räjätyskuva teränoidikkeesta

Yllä kuva 7. ensimmäisestä mallista. Kyseisessä suunnitelmassa terää käytetään täysipitkinä ja pidikkeessä on tappi tukemassa terää reiän avustuksella. Terä istuu kaksi millimetriä pidikkeen ulkopuolella jotta saavutettaisiin mahdollisimman hyvä leikkuupinta. Terän pituus sekä harmillisen pieni käyttöalue saivat aikaan toisenlaisen teränpidikkeen 45 asteen leikuukulmalle.



Kuva 8. 45 asteen teränpidike pätkityllä terällä

45 asteen leikkauksessa käytettävään teränpidikkeeseen katkoterä on katkaistu jotta saataisiin uusi leikkuupinta terälle (Kuva 8).



Kuva 9. Ylhäällä täysipitkä terä. Alhaalla katkaistuna.

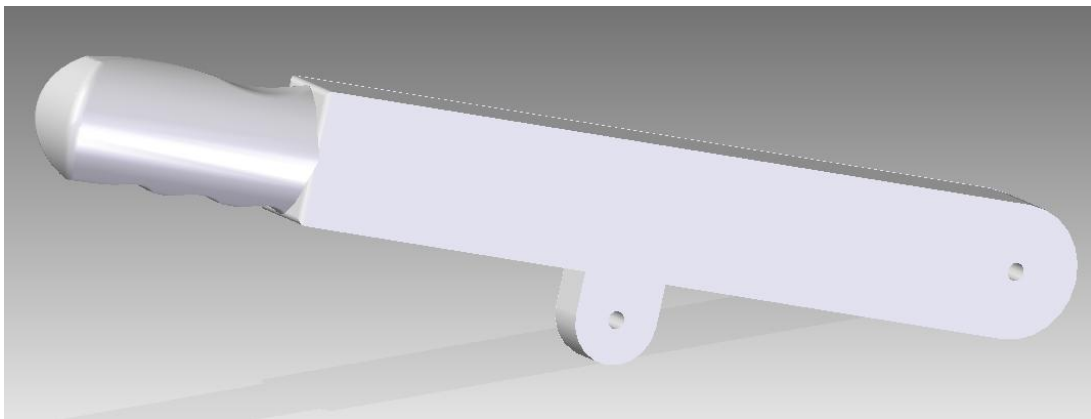
7.1.5. Terän vastakappale/ura

Leikattuaan elastomeerin terän olisi suotavaa saada pysäytettyä jotta energiaa ei menisi hukkaan. Terän vastakaappaleeseen on markkinatutkimukseni mukaan käytetty metallia. Tämä ei mielestäni ole paras vaihtoehto sillä terä tylsistyy painautuessaan metallia vastaan. Toinen käytetty ratkaisu on antaa terän upota uraan. Tämä ei vahingoita terää mutta leikattavaan materiaaliin saattaa tulla ”lippä”. Lisäksi 0,7 millimetriä paksu terä olisi saatava samankokoiseen uraan mikä saattaa aiheuttaa ongelmia valmistuksessa. Ratkaisu mahdollisuudet ovat joko yrittää jyrsiä kapea ura, jättää ura kahden kappaleen väliin tai käyttää pehmeätä materiaalia kuten elastomeeria tai PEHD mihin kulutetaan

oikean kokoinen ura leikkuria käyttäen. Viimeinen vaihtoehto kuluttaisi pari terää, mutta uran väärään paikkaan sijoittamisen kanssa ei tulisi ongelmia. Käyttäessä säädettävää ohjauskelkkaa (Kuva 4.) ura tulisi saada sijoitettua niin että se ei liikkuisi kun kelkkaa säädetään. Tämä tulee mahdollisesti olemaan vaikein osuus.

7.1.6. Varsi

Varsi oli varsin yksinkertainen suunnitella. Vartta piti olla tarpeeksi jotta saataisiin vipuvoimaa leikata O-rengasnauhat. Pohjalevy, mihin kaikki muut komponentin kiinnitetään, oli saatava mahdollisimman pieneksi. Lopullista kokoa määritteli leikattavan materiaalin maksimi pituus sekä leveydessä piti suoda tilaa kaikille komponenteille. Lopullinen koko olikin 300 mm x 750 mm. Varren liikerata on suorakulma sekä 45 astetta leveyteen nähden. Tämän ansiosta varsi asettui 450 mm pituuteen. Pituus on riittävä jotta tarpeellinen momentti saavutetaan sekä että rystyset eivät osu pohjalevyyn.

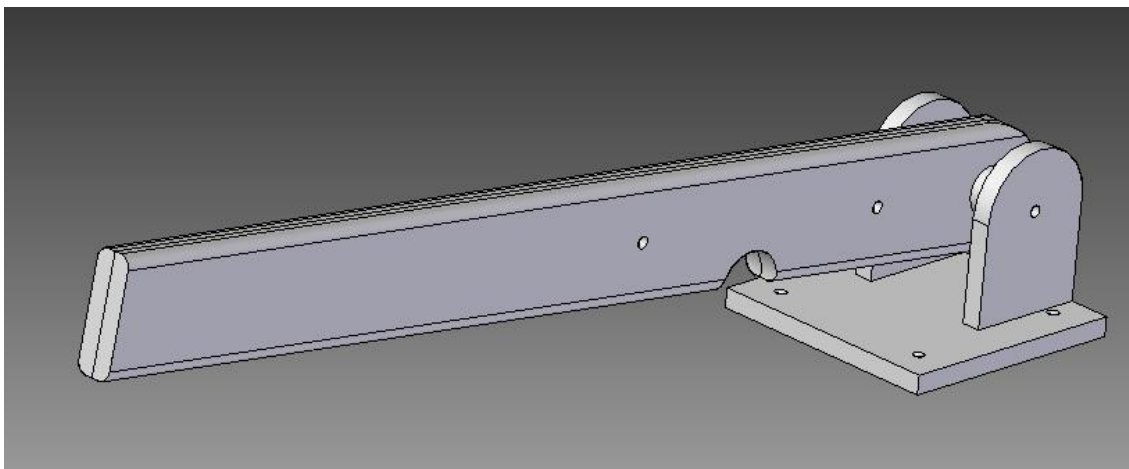


Kuva 10. Varsi ensimmäiseen prototyyppiin

Kuva 10. esittää tietokone mallennusta varresta joka on suunniteltu yhteensopivaksi Kuvan 7. ja 8. teränpidikkeiden kanssa. Toiseen prototyyppiin tulee huomattavasti yksinkertaisempi varsi. Joka koostuu kahdesta työstetystä 50 mm x 450 mm x 10 mm PEHD levystä.

7.1.7. Varren kiinnitys

Varsi kiinnittyy yksinkertaisella kahden jalan kokonaisuudella mitkä ovat kiinnitetty 100 mm x 100 mm levyyn. Koska PEHD on jokseenkin pehmeä materiaali oli jalat kiinnitettävä tarpeeksi kauas toisistaan jotta materiaali ei murtuisi. Tämän takia tarvittiin pustelit mitkä tulevat varren molemmin puolin jalkojen väliin.



Kuva 11. Prototyyppi 2. Varsi, pustelit, jalat ja kiinnityslevy

Kuten yllä nähdään, jalkojen väliin on jätetty tarpeeksi materiaalia vahvuuden säilyttämiseksi.

7.1.8. Pohjalevy

Toistaiseksi pohjalevy on varsin yksinkertainen 300 mm x 750 mm x 10 mm PEHD levy. Levyyn porataan reiät jotta kaikki komponentin saadaan kiinnitettyä. Lopullisessa testileikkuussa selvitan vielä mikäli pohjalevyn on tarpeen olla paksumpi jolloin lisätään identtinen levy alapuolella jotta tarpeellinen stabilisaatio saavutetaan. Riippuen kiinnitys tavasta pohjalevyn alle sijoitetaan kumitassut jotta mahdolliset ruuvinkannat eivät kosketa työtasoa eikä leikkuri pääse liikkumaan yhtä herkästi.

7.2. Turvallisuus

Leikkurin turvallisuus oli itselleni tärkeä seikka. En tahdo minun tekemäni leikkurilla sattuvan vahinkoa. Tärkeintä oli saada kaikki komponentin tukevasti kiinnitettyä jotta ei osia yllättäen lähtisi irti. Toiseksi terä piti saada sormien ulottumattomiin. Nämä kaksi turvallisuus kriteeriä olivat suureksi osaksi syynä komponentti sekä suunnittelu ratkaisuihin jotka valitsin prototyyppi yhteen. Valitettavasti prototyypit piti valmistaa muovista eikä tämä oikein sopinutkaan tekemiini suunnitelmiin. Tarkemmat turvallisuuteen liittyvät seikat käyn läpi itse prototyyppien yhteydessä.

7.3. Käyttömukavuus

Vaikka leikkuri tulee pientuotaantoon missä leikataan keskimäärin 200 palaa viikossa pyrin suunnittelemaan leikkurin mikä ei johda tenniskyynärpäähän. Pyrin sijoittamaan komponentin jotta koneenkäyttäjän ei tarvitsisi kurottaa saati liikkua konetta käyttäessä. Riippuen syöttö tavasta vasen käsi painaa O-rengasnauhaa paikoilleen ja nostaa sen

keräykseen leikattuaan sen. Oikea käsi syöttää O-rengasnauhaa sekä operoi leikkurivartta. Työtaso jolle leikkuri sijoitetaan saisi olla säädettävä korkeussuunnassa jotta kaiken pituiset työntekijät saisivat sopivassa suhteessa voimaa varteen eikä tarvitsisi kyyristyä.

7.4. Kulutusosat/Varaosat

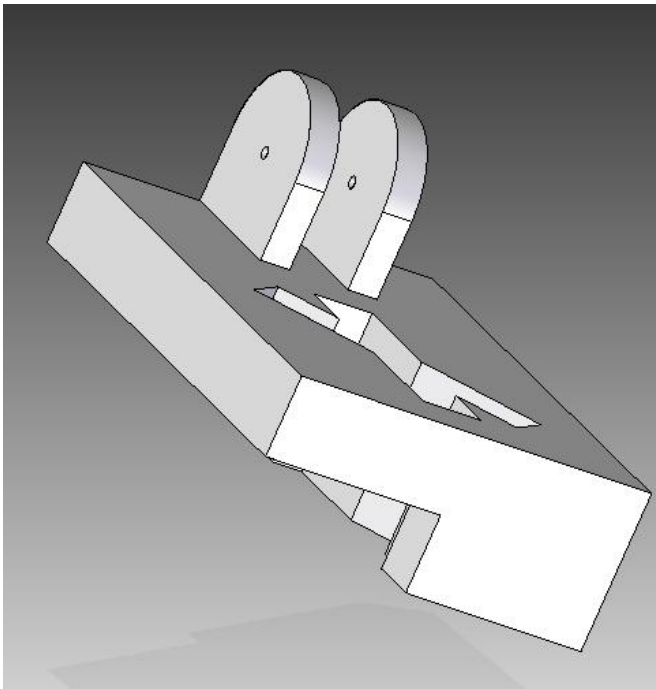
Kulutus osia leikkurissa ovat kaikki osat mitkä ovat hankauksen tai taivutuksen alaisia. Näiden lisäksi terä sekä terän vastakappale kuluvat. Valitettavasti terän elinkaari testit jäi tekemättä. Terän vastakappaleen materiaalista riippuen tämäkin osa on vaihdettava aika ajoin. Mikäli terän vastakappaleeksi valitaan ura tämä todennäköisesti ei vaadi vaihtoa mikäli varren pysäytin toimii kuten suunniteltu. Kitka sekä materiaalin mahdollinen kulutuskestävyys tai sen puute määrittävät kuinka usein komponentteja on pakko vaihtaa. Suurimmat vaihtoosien kohdat sijaitsevat usein avattavien ja kiristettävien ruuvien sekä varren akselin alueilla. Teränpidike vaatisi uusimista mikäli terää ei kiristettäisi paikoilleen tarpeeksi hyvin. Liikkuva terä söisi muovin ja jopa alumiinin muodostaan jatkuvassa käytössä.

Mikäli leikkuri valmistettaisiin alumiinista kuin olin alunperin suunnitellut kulutus osia ei juurikaan olisi. Tavoitteena oli valmistaa joko teflonpinnoitteet tai laakerit liikkuvien osien suojaksi. Teflonpinnoitteen kohdalla ainoastaan pinnoite pitäisi uusia kun rasvaus ei enää auttaisi. Kuulalaakerit taas voisi joko edullisen hinnan takia vaihtaa tai huoltaa. Kyseessä kun ei ole suuret voimat alumiini, teflonpinnoite sekä mahdolliset kuulalaakerit eivät vaatisi suurempaa eivätkä tiheää huoltoa.

PEHD tai vastaavat muovit sen sijaan tarvitsevat enemmän varaosia. Voidaan olettaa että kaikki osat mihin kuuluvat kiinnitys ruuvi tai mekaanista voimaa ovat alttiita kulumiselle, deformaatiolle sekä haurastumiselle.

7.5. Prototyyppi 1

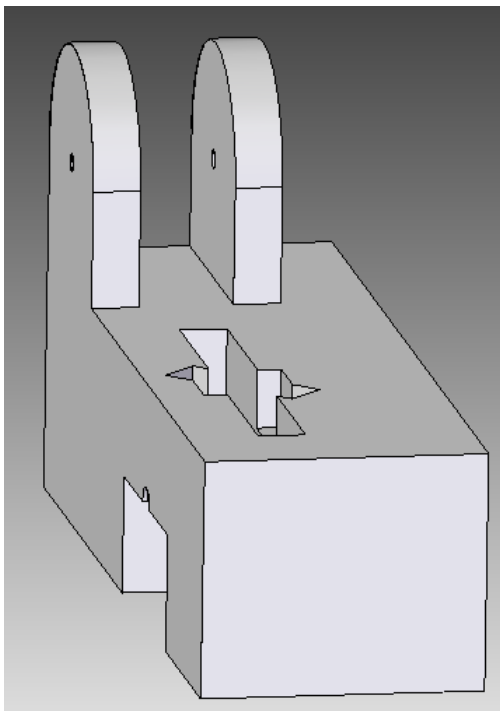
Koottuani kaikki suunnitelmani ja tarkastettuani niitä aloitin konepiirustuksen kokoamalla parhaat ideat yhteen leikkuriin. Tästä syntyi prototyyppi 1.



Kuva 12. Ensimmäinen 3D mallennus Prototyyppi 1. rungosta

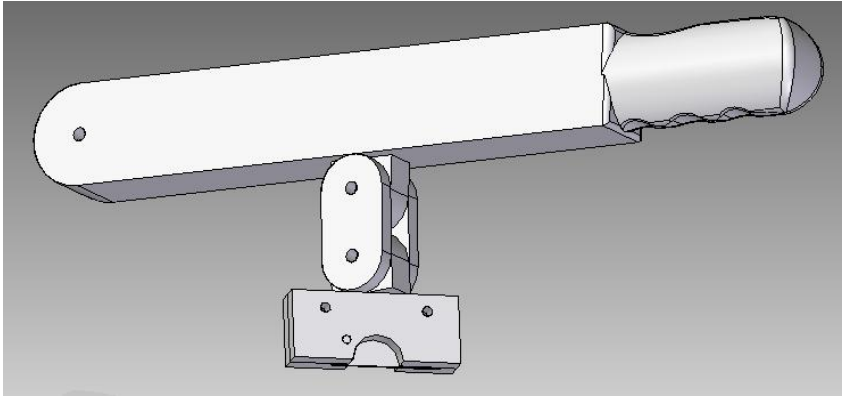
Kuten Kuvasta 12 selviää ensimmäinen prototyyppi oli aika lailla erilainen kuin lopullinen versio. Pää tavoitteet oli saada tukeva, turvallinen sekä tarkka leikkuri. Tukevuus ja tarkkuus näkyvät siinä että kyseiselle prototyypille olen suunnitellut

rungon. Tämä eroaa perinteisestä giljotiini tyyppisestä leikkurista (vertaa paperigiljotiini). Jotta terän saisi kulkemaan vaakatasossa koko leikkumatkan tarvittiin jonkunlaista ohjausta terälle. Suunnittelemani rungossa on paikat mihin teränpidikkeet terineen sijoitetaan. Näiden urien sisällä terää pääsee ainoastaan liikkumaan vertikaalisessa suunnassa eikä tilaa ole jätetty heilumiselle. Turvallisuusaspektia saavutin suunnittelemaan rungon siten että terä ei ikinä pääse näkyviin. Lisäksi runko on suunniteltu sopivan O-rengasnauha kelkan päälle jotta sormia ei saa terän liikeradalle.



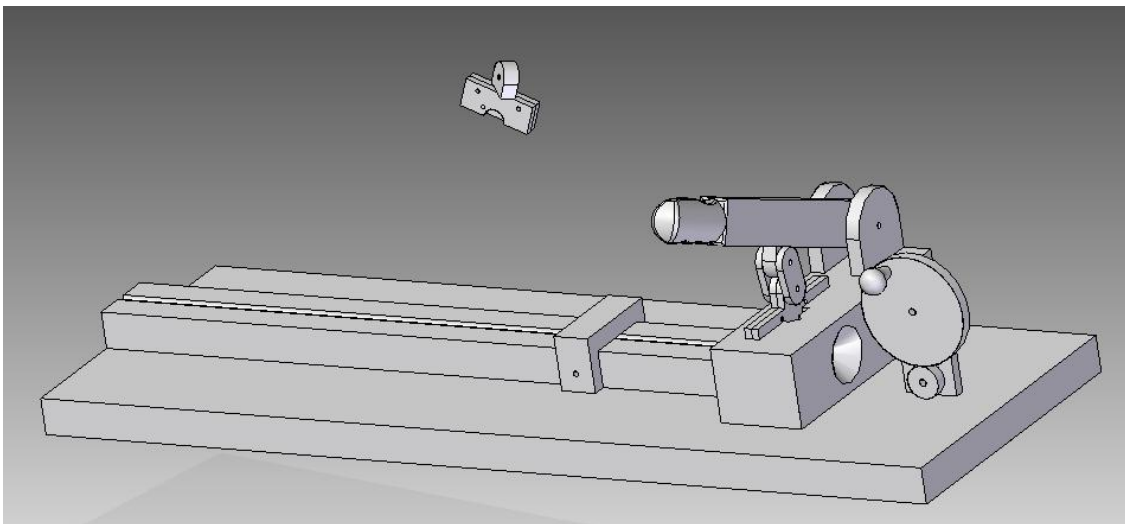
Kuva 13. Kapeampi runko suunniteltu täysipitkälle sekä katkaistulle terälle

Kuva 13. havainnollistaa kapeampaa runkoa jotta minimipituus O-rengasnauhalle saataisiin supistettua. Lisäksi teränpidikkeen ura 45 asteen leikkaukseen on pienennetty jotta katkaistua terää saataisiin käytettyä. Nämä kaksi ratkaisua tukevat toisiaan täysin. Terälle saadaan kaksinkertainen käyttöikä sekä minimipituus saadaan alennettua.



Kuva 14. Varren ja terän liikerata. Varsi, akseli ja 45 asteen teränpidike

Jotta terä pidikkeineen saataisiin liikkumaan pystysuorassa käyttämällä giljotiinivartta suunnittelin varren ja teränpidikkeen väliin akselit. Näiden avulla saadaan terä liikkumaan kitkattomasti uransa mukaisesti käyttämällä perinteistä vartta. Idea on tuttu höyrykoneesta.



Kuva 15. Prototyyppi 1 kokonaisuudessaan

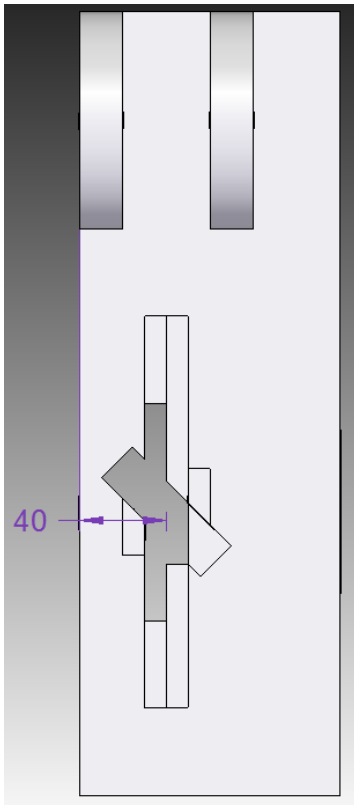
Yllä näemme Kuvan 15 havainnollistamana Prototyyppi 1 koottuna. Toiminta koostuu seuraavista vaiheista. Pysäytin laitetaan oikealle paikalle halutun pituuden saavuttamiseksi leikattavan nauhan mukaan. O-rengasnauha syötetään syöttö renkaiden välistä ja leikkuriin. Vasen käsi painaa O-rengasnauhaa kelkan uraa vastaan jotta mahdollinen käyristyminen saadaan oikaisutettua. Oikea käsi painaa leikkurin vartta alas. Palautin jousi palauttaa varren terineen alkuasentoon ja vasen käsi nostaa leikatun elastomeerin keräysastiaan. Tämän jälkeen oikealla kädellä kaikessa yksinkertaisuudessaan pyöräytetään syöttöjärjestelmää jotta uusi O-rengasnauha saadaan paikoilleen ja sykli alkaa alusta. Kuvasta puuttuu mahdollinen O-rengasnauhakelan jalka.

7.5.1. Prototyyppi 1: Ongelmakohdat

Ongelmakohtia mihin ei tahdo kompromissitöntä ratkaisua löytyä ovat 45 asteen leikkaus 50 millimetrin minimi pituudella, valmistuksen vaikeus sekä materiaali valinta.

7.5.1.1. 45 astetta ja 50mm leikkaus

Varsinainen päänvaiva rungollisessa leikurissa missä käytetään terää joka lyhyimmillään on 75 millimetriä, on leikattavan materiaalin minimipituus. Jotta leikkuri pysyisi turvallisena, terä ei saisi ulottua rungon ulkopuolelle. 75 millimetrin terä 45 asteen kulmassa ei mahdollista leikattavan materiaalin pituudeksi alle 30 millimetriä. Tähän minimiin joudutaan vielä lisäämään rungon leveys.



Kuva 16. Prototyypä 1. runko ylhäältä päin katsottuna. 45 asteen leikkaus ja leikattavan materiaalin minimipituus.

Tässä näemme lyhyen terän käytön mahdollistama lyhyempi leikattavan materiaalin minimi pituus. Joka valitettavasti jää 40 millimetriin. Mikäli pysäytin asetettaisiin 40 millimetrin kohdalle, O-rengasnauha ei saataisi ulos leikkurin rungosta. Tämän perusteella voidaan arvioida että ilman turvallisuutta heikentäviä modifikaatioita ei 80 millimetriä lyhyempiä O-rengasnauhoja voida leikata tehokkaasti.

7.5.1.2. Valmistus

Valmistus on toinen hyvinkin oleellinen ongelmakohta. Tiivistekeskus Oy haluaisi minun valmistavan leikkurin koulumme tiloissa. Valitettavasti hyvän tuloksen

saavuttamiseksi tarvitsisin koneistus asiantuntijan apua. Koulumme koneinsinöörit eivät valitettavasti voi tehdä työtä puolestani enkä itse koe että pystyn tuottamaan itseäni tyydyttävän tuloksen. Koneen monimutkaisen rakenteen takia se toimii ja on turvallinen, mutta valitettavasti asettaa korkeaa osaamista koneistuksen saralla.

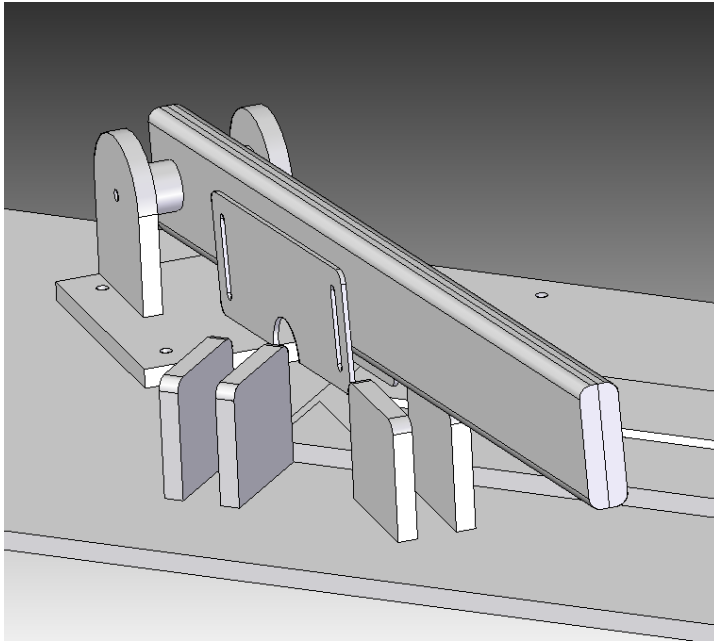
7.5.1.3. *Materiaali vaatimukset*

Leikkurin kestävyuden, toimivuuden sekä valmistuksen mahdollistamiseksi vaaditaan kovaa materiaalia. Ensinnäkin jotta olisi työn haastavuuden arvoista leikkuria, etenkin runko, tulisi valmistaa kestävästä materiaalista. Alumiini on suhteellisen helposti työstettävissä sekä kestäisi monimutkaiset profiilit. Kovatkin muovit antaisivat periksi viimeistään niitä kiinnittäessä jyrtimeen viimeistelyn takia.

7.6. Prototyyppi 2

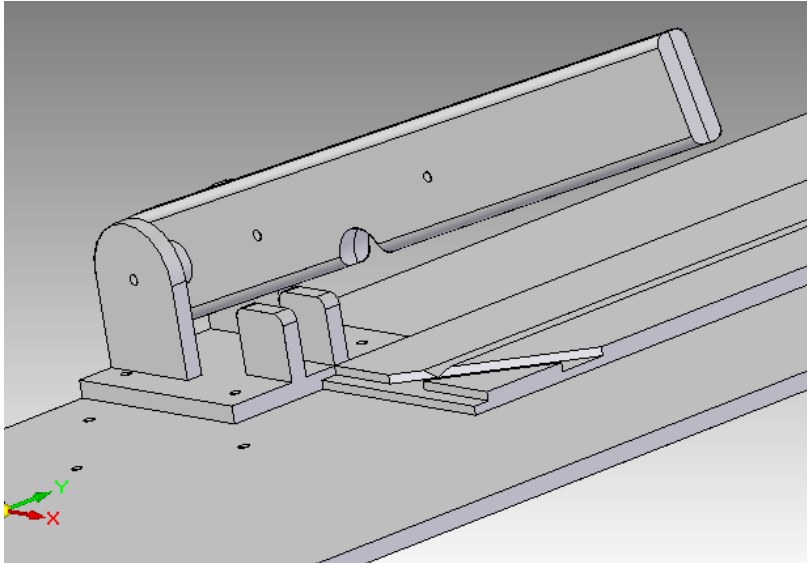
Esitettyäni Prototyyppi 1 Tiivistekeskus Oy:n väelle sain perinteisesti palautteena leikkurin liian monimutkaisesta rakenteesta. Olin kuitenkin valmistautunut tähän ja tuonut mukaani hyvinkin yksinkertaisen mallin. Tavoitteeni oli saada heidät mukaan jonkinlaiseen kompromissiin. Näytettyäni luonnoksia Prototyyppi 2sta he ilmoittivat tämän olevan enemmän heidän mieleen. Näillä eväillä palasin tietokoneen ääreen ja mallensin Prototyyppi 2. Toinen suunnittelemani leikkureista on yksinkertaisuudessaan varsi ja O-rengasnauha kelkka. Jotta 45 asteen leikkaus olisi mahdollista varsi on koottu jotta sen saa kokonaisuudessaan irti pohjalevystä ja siirrettyä 45 asteen sekä suoran kulman kohtaan. Kiinnitystavaksi olen päättänyt siipimuttereihin ja pultteihin. Sillä Prototyyppi 2 valmistetaan PEHDstä tulee varrelle

saada ohjaus jotta terä osuu samaan paikkaan joka kerta ja näin ollen poistuu pehmeän materiaalin taipumus taipua.



Kuva 17. Prototyyppi 2. 45 asteen kulman leikkaus asennossa. Terän ohjurit kiinnitettyinä pohjalevyyn. Terän suojana liukuvat levyt.

Yllä näemme Prototyyppi 2 yksinkertainen malli. Terän ollessa kiinnitettyä suoraan varteen terä leikkaa elastomeerin pienessä kulmassa. Jää nähtäväksi mikäli tämä aiheuttaa epätoivottua leikkauspintaa tai deformaatiota. Jotta leikkuri saataisiin jokseenkin turvalliseksi suunnittelin varren sivuille kiinnitettävät suojalevyt. Nämä levyt on tarkoitus kiinnittää pulteilla jotta ne pääsevät liukkumaan vertikaalisesti täten liukuen terän eteen varren ollessa irti pohjalevystä. Toivon mukaan suojalevyt liikkuisivat pois tieltä leikattaessa. Kuva 17. näkee toisen mahdollisista ohjaus vaihtoehdoista. Neljä levyä, kaksi leikkauskulmaa kohti, ovat kiinnitettyinä pohjalevyyn. Näiden ohjureiden ansiosta terä pääsee ainoastaan liukkumaan vertikaalisesti eikä 1 millimetrin toleranssi lopputuotteessa ylity.



Kuva 18. Prototyyppi 2. 90 asteen kulman leikkaus asennossa. Terän ohjurit kiinnitettynä varren juureen.

Kuva 18. havainnollistaa leikkuria 90 asteen leikkuu kulmassa. Selkeyden säilyttämiseksi olen kuvasta poistanut liukuvat suojalevyt. Yllä näemme miten varren ohjaus on sijoitettu. Tämä ratkaisu olisi selkeämpi sillä vältetään sijoittamasta lisää komponentteja pohjalevyyn. Valitettavasti tässä ilmenee pari mahdollista huolen aihetta. Ensinnäkin PEHDn taipuisuus saattaa olla liikaa jotta ohjaus voisi olla näinkin kaukana leikkuu kohdasta. Toisena ongelmana saattaa nousta materiaalin kestävyys kiinnittäessä varren jalat sekä ohjauksen näin lähelle toisiaan.

7.6.1. Prototyyppi 2: Ongelmakohdat

Monenlaisista ongelmista suunnittelun aikataulun ohella nousee turvallisuus. Turvallisuutta pidän äärimmäisen tärkeänä eikä valitettavasti Prototyyppi 2 tätä edusta. Tehtävän antaja haluaisi varrelle palautin jousen. Tämä tarkoittaisi että varsi olisi paitsi leikattaessa ylhäällä. Koska terää ei ole piilotettu eikä mitenkään oleellisesti suojattu tämä ei mielestäni ole hyvä idea. Liukuvat suojalevyt, nimensä veroisesti, liukuvat pois terän sivuilta leikattaessa. Nämä lähinnä kosmeettiset suojalevyt eivät mitenkään estä työntekijää laittamasta sormiaan terän lähettyville ja toimiakseen suojalevyjen kitka pitäisi olla minimaalinen mikä edesauttaa onnettomuutta. Toinen huolenaihe on materiaali. PEHD levystä tehty leikkuri ei varsinaisesti luo ihastusta eikä varsinkaan luottamusta. Materiaali on pehmeää eikä liimattavaa. Tämä valitettavasti tarkoittaa että kaikki komponentit on kiinnitettävä ruuvein ja metalliprofiilein. Kiinnittäessä pehmeähköä muovia poraamalla ja ruuvaamalla voidaan olettaa että jonkin asteinen deformaatio on tapahtunut. Tähän yhtälöön kun lisätään kitka, momentti ja ympäristötekijät ollaan aika kaukana tavoitteesta.

8. Toteutus/Valmistus

Saatuani 3d mallenukseni hyväksytyä ja raakamateriaalin hankittua aloitin itse valmistus prosessin. Ensimmäiseksi päätin suunnitella mistä kohdin levyä kaikki komponentin valmistettaisiin. Täten sain mahdollisimman paljon käytettyä annetusta raakamateriaalista. Ensimmäiseksi sahasin pohjalevyn irti materiaalista jotta levy olisi helpommin käsiteltävissä. Palapelin asetettua huomasin positiivisesti että levyä jäisi yli noin neljännes osa. Tämä oli hyvä sillä en vielä tiennyt miten materiaali käyttäytyisi sitä työstäessä ja näin ollen jäisi vähän materiaalia yli mikäli tulos ei tyydyttäisi. Tästä sain heti ensimmäisen komponentin valmistuksessa vahvistuksen. Suunnitelmien mukaan olimme päätyneet 8mm paksuun PEHD levyyn. Aloitin valmistamalla varren

pohjalevyä. Mittailtuani ja sabluunan tehtyäni aloitin työstön vannesahalla. Tyydyttävä lopputulos vaati paljon työstämistä viilalla sekä hiekkapaperilla. Tämän jälkeen valmistin varren jalat. Kokoamistilanteessa huomasin kuitenkin että raakamateriaalini ei ollutkaan 8mm paksuista vaan 10mm. Tämä tarkoitti sitä että osat eivät olleet yhteensopivia minun jo valmistamiin 8mm hahloihin. Hetken suunnittelun jälkeen päätin yrittää hahlojen leventämistä mutta lopulta päädyin tekemään kokonaan uutta varren pohjalevyä. Seuraavaksi valmistin itse varren. Varren mitat ovat 10mm x 45mm x 450mm. Työstin ensimmäiseksi palan joka oli mitoiltaan kahden vierekkäin olevan varren levyinen. Lisäksi jätin 1mm varaa kompensoidakseen vannesahan terän leveyden mikä häviäisi sahatessa varren puoliskot erilleen. Tämän jälkeen mittasin kohdan mihin tulisi terälle suunniteltu aukko. Aukon syvyys on 18mm ja valmistuksen helpottamiseksi päätin tehdä radius saman. Näin ollen voisin porata halkaisijaltaan 36mm reiän merkitsemäni kohtaan ja saada molemmille varren puolille samat aukot tehtyä. Sahattuani varren puoliskot erilleen tein niihin kiinnitys reiät. Materiaalin pehmeuden vuoksi tein kaikki porattavat kiinnitys reiät 6mm poranterällä. Vaikka suunnitellut pultit olivat 8mm kokoa. Tämä sen takia että en osannut ennakoida miten materiaali käyttäytyisi porauksessa sekä minkä verran reikien koko saattaisi muuttua työstö- sekä suunnitelma muutoksista. Reikiä voisi kuitenkin helposti tehdä suuremmiksi kuin itse kokoaminen aloitettaisiin. O-rengasnauhan ura komponentti tulisi olla malliltaan säädettävä (Kuva 4.). Tämän osan valmistus alkoi yksinkertaisesti valmistamalla 10mm x 550mm x 101mm palan. Tämä levy sahattiin 45 asteen kulmassa pituussuunnassa leikkauskohdan keskiosan ollessa keskellä levyä leveys sekä paksuun suunnasta katsottuna. Näin ollen sain kaksi identtistä levyä jotka muodostaisivat säädettävän uran O-rengasnauhalle.

9. TULOKSET

Todettuani omat rajoitukseni sekä ajan että koneistamistaidon kanssa jouduin tyytymään keskeneräiseen valmistukseen. Koulun konepaja sekä henkilökunnalla ei yksinkertaisesti riitä aika opastamiseen. Eikä minulla riitä taidot operoida kaikkia koneita omatoimisesti. Mielestäni aika oli suurin syy miksi toimivaa prototyyppiä ei saatu rakennettua. Suunnitelmat sekä piirrokset oli kaikki valmiina, joskin osa komponenteista tarvitsi vielä mahdollisesti pieniä muokkauksia yhteensopivuuden onnistumiseksi. Valitettavasti en ole saanut järjestettyä tarpeeksi opetusta kaikkien työstömenetelmien hallinnasta. Mikäli aikaa olisi ollut enemmän olisimme varmasti yhdessä laboratorion henkilökunnan kanssa saaneet tyydyttävän prototyypin toteutettua.

Komponentit mitkä sain valmistettua ovat mielestäni toleransseilta sekä ulkonäöltä ylittäneet niihin standardeihin mihin pyrin pääsemään. Mielestäni nämä komponentit tukevat arviotani siitä että PEHD ei ole soveltuva materiaali leikkurin valmistukseen. Lisäksi PEHD ei materiaalina anna juuri mitään prototyypille mitä ei voisi saavuttaa muilla materiaaleilla. Vastaavanlaiseen projektiin valitsisin seuraavalla kerralla joko huomattavasti helpommin työstettävää materiaalia tai lopullista materiaalia enemmän muistuttavaa. Tämä riippuen siitä mitä prototyypillä pyritään saavuttamaan. Mikäli kyseessä on liikkuvien osien liikeratojen ja istuvuuksien tutkiminen valitsisin helposti työstettävän materiaalin. Mikäli taas tavoitteena olisi saada toimivan prototyypin (proof of concept) valitsisin materiaalin joka olisi mekaanisilta ominaisuuksiltaan samankaltaista kuin lopullinen materiaali. Sillä eri materiaalit ovat mahdottomia vertailla keskenään. Varsinkin jos yhtälöön lisätään esimerkiksi voimaa tai kitkaa.

10. LOPPUPÄÄTÖKSET JA LOPPUYHTEENVETO

Kokonaisuudessa projekti oli hyvin antoisa. Kohtalaisen lyhyessä ajassa sain kokea sekä hyvät että huonot puolet suunnittelu- ja valmistustyössä. Mielestäni sain hyvin arvokkaan opetuksen miksi tämän kaltaisissa projekteissa käytetään eri osa-alueiden asiantuntijoita. Tämän lisäksi sain kokea mitkä asiat voivat mennä pieleen kun suunnitteluvaiheessa ei valmistusta oteta huomioon. Projekti alkoi varsin hyvin eikä tullut turhaa työtä tehtyä. Loppua kohden vaikutti siltä että puolet tekemistäni sekä suunnitelmistani asioista ei toteutettua tulisi. Näillä eväillä minusta tuntuu että toimin jatkossa maltillisemmin sekä panostan enemmän suunnitteluun sekä eri osa-alueiden asiantuntijoiden kuulemiseen. Kaiken kaikkiaan tekisin mielelläni enemmän samankaltaisia asioita mutta lähestymistapani olisi varsin erilainen.

11. LÄHTEET

<http://www.ccsi-inc.com/e-cutters-guillotine-manual.pdf>

<http://www.ccsi-inc.com/e-cutters-guillotine-hydraulic.pdf>

<http://www.ccsi-inc.com/e-cutters-guillotine-pneumatic.pdf>

<http://www.industrialbladesandknives.com/literature/pdf/tire-rubber-blades-brochure.pdf>

http://www.customblueprint-supply.com/files/N5_Sec12_CuttingToolsTrimmers.pdf

<http://tuotteet.etra.fi/main.html?nodeUid=14824696&catalogUid=2224442&parents=|2235573|14824489|14824613&path=1>

<http://pslc.ws/macrog/tg.htm>

<http://www.pslc.ws/mactest/tpe.htm>

http://www.glstpes.com/resources_faqs.php

<http://www.enplast.com.tr/en/overview-of-thermoplastics-elastomer/>

<http://www.ias.ac.in/resonance/Apr1997/pdf/Apr1997p55-59.pdf>

http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=vulcanization_of_rubber

http://www.engineersedge.com/material_science/youngs_modulus.htm

http://composite.about.com/od/glossaries/l/bldef_y6172.htm

<http://polyurethane.americanchemistry.com/Introduction-to-Polyurethanes/How-Its-Made>

<http://plastics.americanchemistry.com/The-Basics>

<http://polyurethane.americanchemistry.com/Introduction-to-Polyurethanes>

http://www.globalspec.com/learnmore/materials_chemicals_adhesives/plastics_elastomers_polymers/elastomers_rubber_materials

http://www.standard-gasket.com/tech_specs/elastomer_chemistry.htm

<http://www.hujber.hu/NBR36624.pdf>

http://orings.com/tech_compound.php

<http://www.dmrseals.co.uk/FPM%20DATA%20SHEET.pdf>

http://www.cellulardevelopments.co.uk/rubber_materials-viton-fpm.asp

<http://www.makeitfrom.com/compare-materials/?A=Isoprene-Natural-Rubber-IR-NR&B=Silicone-Rubber-PMQ-PVMO-VMQ-Silastic>

<http://www.dowcorning.com/content/rubber/silicone-rubber.aspx>

<http://www.warco.com/polymer/epdm/>

<http://www.iisrp.com/webpolymers/10epdmsep11.pdf>

http://orings.com/tech_compound.php

