

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tuotekehitys

Tutkintotyö

VAHVA-80B KAHMARI

Jukka Takala

Työn ohjaaja dipl.ins Harri Laaksonen
Työn teettäjä Koneosapalvelu Oy, valvojana tuotannon esimies Jarmo Järvinen
Tampere 2008

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tuotekehitys

Jukka Takala

Vahva-80B kahmari

Tutkintotyö

30 sivua

Työn ohjaaja

DI Harri Laaksonen

Työn teettäjä

Koneosapalvelu Oy, valvojana tuotannon esimies

Jarmo Järvinen

Hakusanat

Kahmari, Vahva, Puunkäsittely

TIIVISTELMÄ

Asiakkaiden lisääntyneet kyselyt suuren kokoluokan kahmareille loi Koneosapalvelulle tarpeen tuoda markkinoille uuden mallin. Uusi kahmari olisi kokoluokaltaan lähes kaksi suurempi kuin nykyinen isoin malli. Kahmarin käyttökohteita tulee olemaan esim. lastauspaikoilla käytettävät nosturit, joiden runko on kiinteästi maassa tai suuremmassa ajoneuvossa kuten kaivurissa. Puutavarankuljetuskalustoon kyseinen malli ei sovellu.

Työ aloitettiin luomalla kahmarista vaiheittain malli AutoCad 2005 -ohjelmalla. Mallintamisen jälkeen osat voitiin valmistaa ja kahmari koota.

Ainevahvuuksien mitoitus suoritettiin tarkoituksella suurilla varmuuksilla. Kahmari joutuu todella käytössä koville, jolloin siitä ei saa löytyä heikkoa kohtaa.

Valmis Vahva-80B on onnistunut kahmari. Nyt valmistettu kappale on prototyyppi, joka lähtee parempaan testaukseen. Testaus suoritetaan asiakkaan toimesta. Asiakas käyttää kahmariä normaalisti ja raportoi mahdolliset puutteet ja viat. Testaus on tärkeää, jotta välttyttäisiin virheiden siirtymiseltä sarjatuotantoon.

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Mechanical and Production Engineering

Product Development

Jukka Takala

Vahva-80B Grapple

Engineering Thesis

30 pages

Thesis instructions

DI Harri Laaksonen

Commissioning company

Koneosapalvelu Oy, valvojana tuotannon esimies

Jarmo Järvinen

Keywords

Kahmari, Vahva, Puunkäsittely

ABSTRACT

The increased inquiries of the customers for larger harvester grapple created a need for Koneosapalvelu to bring a new model on market. The new grapple would be almost twice as large as the biggest grapple now on production. The new grapple would be used for example in loading places in cranes which body is attached to solid ground or it is attached to bigger vehicle such as a crawler-excavator. The grapple is not suitable for timber trucks.

The work began by creating a model with AutoCad 2005 program. After the modeling was done, parts could be manufactured and the grapple could be assembled.

The material strengths were designed with a high safety factor. The grapple is in heavy use, so there is no option for a weak design.

The finished Vahva-80B seems to be a successful grapple. The grapple which was now designed and manufactured is a prototype which is delivered for better testing. The testing is made by a customer. The customer uses the grapple in normal conditions and reports the possible flaws it may have. The testing is important so that the possible problems it may have, don't move on to model which goes to production.

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Jukka Takala

ALKUSANAT

Haluan kiittää Koneosapalvelu Oy:n johtoa sen osoittamasta luottamuksesta. Työ oli haastava ja opettavainen. Mielenkiintoa lisäsi tieto siitä, että onnistuessaan kahmari otetaan tuotantoon.

Vilppulassa 18. maaliskuuta 2008

Jukka Takala

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO.....	6
2 YRITYS	7
2.1 Toimiala.....	7
2.2 Yrityksen historia	8
3 KAHMARIN SUUNNITTELU	9
3.1 Yleistä.....	9
3.2 Materiaalit.....	11
3.2.1 Runkolevyt.....	11
3.2.2 Akselit	12
3.2.3 Holkit	12
3.2.4 Sylinteri.....	12
3.3 Sylinterin mitoitus	13
3.3.1 Yleistä	13
3.3.2 Sylinteriputki.....	14
3.3.3 Männänvarsi.....	14
3.3.4 Mäntä	16
3.3.5 Sylinterin pääty	17
3.3.6 Tiivisteet	17
3.4 Kahmarin leuat	19
3.5 Runko.....	20
3.6 Akselit ja holkit	21
4 KOKOONPANO.....	24
4.1 Kokoonpanotyö	24
4.2 Räjätyskuva ja osaluettelo	27
5 YHTEENVETO	29
LÄHTEET	30
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tehtävänä oli puutavarakouran eli kahmarin (kuva 1) prototyypin suunnittelu Koneosapalvelu Oy:lle. Asiakkaiden lisääntyneet kyselyt suuren kokoluokan kahmareille loi Koneosapalvelulle tarpeen tuoda markkinoille uuden mallin. Uuden kahmari kokoluokka on 80. Kokoluokka ilmoittaa kahmarin leukojen väliin jäävän pinta-alan kahmarin sulkeutuessa. Tämä pinta-ala on uudessa kahmarissa noin $0,8 \text{ m}^2$. Uusi malli on lähes kaksi kertaa suurempi verrattuna tämän hetken suurimpaan malliin. Kahmarin massaa rajoittaa sen liikuttaminen kokoonpanovaiheessa, joten massan tulisi olla alle 500 kg.



Kuva 1. Kahmari

Vahva-kahmarit ovat tunnettuja kestävydestään. Uusi malli tulee olemaan kovemmassa käytössä kuin yksikään toinen tämän hetkistä malleista, joten sen kestävyteen tullaan kiinnittämään erityistä huomiota. Sylinterin tulee olla tarpeeksi suuri, jotta se antaa tarvittavan puristusvoiman kahmarille.

Tavoitteena on suunnitella ja valmistaa mallista prototyyppi, joka annetaan testikäyttöön asiakkaalle. Asiakkaalta saatavan palautteen perusteella suoritetaan tarvittavat muutokset, mikäli kahmarin käyttäytymisessä ilmenee ongelmia. Tämä opinnäytetyö päättyy prototyypin valmistukseen,

joten mahdollisia jälkitoimenpiteitä tai myöhempiä muutoksia ei tässä käsitellä. Myöhempänä tavoitteena on saada kahmari sarjatuotantoon sekä näytteille FinnMETKO 2008 -messuille elokuun lopussa 2008.

Kahmarin käyttökohteita tulee olemaan esim. lastauspaikoilla käytettävät nosturit, joiden runko on kiinteästi maassa tai suuremmassa ajoneuvossa, kuten kaivurissa. Puutavarankuljetuskalustoon kyseinen malli ei sovellu.

2 YRITYS

2.1 Toimiala

Koneosapalvelu Oy (kuva 2) on metsäkoneiden varaosa- ja hydrauliiikkatalo. Yrityksen tuotevalikoimasta löytyy tällä hetkellä yli 20 000 eri tuotenimikettä. Johtaviin metsäkonemerkkeihin löytyvät lähes kaikki varaosat, tarvikkeet ja komponentit. Myös muihin raskaan kaluston koneisiin ja teollisuuteen Koneosapalvelun valikoimista löytyy runsaasti komponentteja, varaosia ja tarvikkeita.

Koneosapalvelu Oy palvelee mm. teollisuutta, liikelaitoksia, koneenrakentajia, metsäkone- ja maansiirtoyrittäjiä. Yrityksen toimintaan kuuluu konepajatoiminta, metsäkoneiden varaosien ja komponenttien suunnittelu ja valmistus, Vahva-kahmareiden ja KOPA-telojen valmistus, hydrauliiikkapumppujen ja -moottoreiden korjaustoiminta, metsäkoneiden ja metsänostureiden purkuosien kunnostus, metsäkoneiden ja puutavaranoostureiden varaosien ja tarvikkeiden myynti, liikkuvaan kalustoon sekä teollisuuden hydrauliiikan myynti.



Kuva 2. Koneosapalvelu Oy

2.2 Yrityksen historia

Koneosapalvelu Ky perustettiin vuonna 1976. Vuonna 1987 yhtiömuodoksi tuli osakeyhtiö.

Yhtiön perustajat, veljekset Eino ja Toivo Aliranta, tekivät nuoruutensa metsätöitä. Koneellisen puunkorjuun kehittyessä voimakkaasti 1970-luvulla, Alirannat hankkivat monitoimikoneen ensimmäisinä yksityisten urakoitsijoiden joukosta (vuonna 1974). Koneet olivat tuohon aikaan epävarmoja ja rikkoutuivat usein. Varaosien saaminen oli vaikeaa ja työtunteja kului hukkaan koneita korjatessa. He rakensivat mielessään yrityksen, jonka liikeideana oli hankkia ja toimittaa varaosia metsäkoneisiin isoja valmistajia edullisemmin, nopeammin ja kaikkein tärkeimpänä, löytää tai valmistaa itse vahvempi varaosa.

Koneosapalvelun ensimmäinen toimipaikka oli Vilppula, josta toiminta on vähitellen laajentunut. Uusia liikkeitä perustettiin, muun muassa kuljetusyhteyksien parantamiseksi, vuonna 1980 Varkauteen, 1984 Rovaniemelle ja 1985 Vantaalle. Vuonna 1988 lakkautettiin Rovaniemen liike, jonka varasto siirrettiin uuteen liikkeeseen Lappeenrantaan.

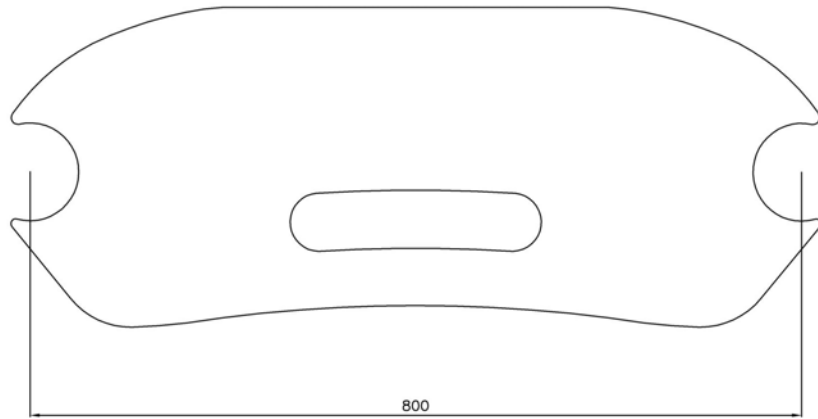
Toimitilat ovat vuosien saatossa laajentuneet etenkin Vilppulassa, jossa vuonna 1995 ostettiin 200 neliömetrin tilat voimansiirto- ja hydraulikka-korjaamolle sekä uusimpana tilainvestointina 2500 neliömetrin hallitilat metsäkoneiden asennus- ja purkutoimintaa varten vuonna 1997. Vuonna 2002 laajennettiin toimipistettä Vantaalla. Nykyiset toimipisteet löytyvät Vilppulasta, Kuopiosta, Lappeenrannasta ja Vantaalta. Vuonna 2006 oli yrityksen liikevaihto 9,8 miljoonaa euroa, josta viennin osuus oli noin 30 %. Työntekijöitä oli 48. /1/

3 KAHMARIN SUUNNITTELU

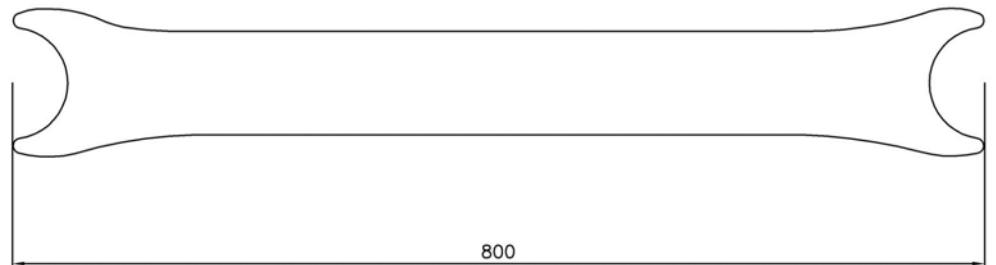
3.1 Yleistä

Suunnittelutyö aloitettiin pohtimalla eri vaihtoehtoja kyseisen kokoluokan kahmarin mahdollisista ominaisuuksista. Yhtenä vaihtoehtona oli valmistaa kaksisyylinterinen kahmari, jonka molempia leukoja liikuttaa oma sylinteri. Todettiin että kyseisen kokoluokan kahmari pystyy vielä toimimaan tehokkaasti yhdellä sylinterillä, jolloin toisen leuan liike saadaan aikaan työntötangoilla. Tätä menetelmää käytetään myös muissa Koneosapalvelun valmistamissa kahmareissa ja se on osoittautunut hyväksi menetelmäksi. Kaksisyylinterisen kahmarin valmistuskustannukset sekä sekä tuleva myyntihinta olisi noussut liian korkeaksi, mikä vaikuttaa välittömästi kysyntään.

Mallintaminen aloitettiin luomalla kahmarin rungon sivuprofiili (kuva 3). Tässä käytettiin hyväksi tähän asti suurimman kahmarin profiilia, jota suurentamalla saavutettiin oikea lopputulos. Samalla määräytyvät myös työntötangon (kuva 4) mitat. Työntötangon päihin tulevien holkkien väli on sama kuin sivulevyn päihin tulevien holkkien väli.

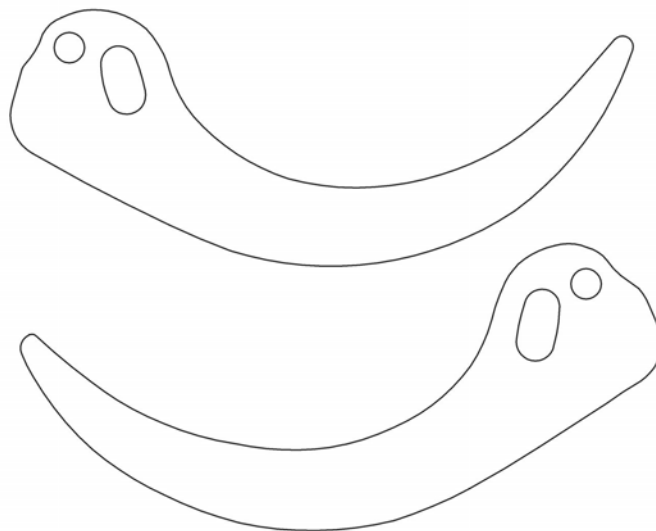


Kuva 3. Kahmarin sivuprofiili



Kuva 4. Työntötanko

Leukojen (kuva 5) mallintamisessa käytettiin hyväksi 1:1 -pahvimalleja, joista tehtiin halutun mallisia. Kun haluttu muoto oli löytynyt, mallinnettiin leuat koneelle.



Kuva 5. Kahmarin leuat

Kahmarin tulee olla tarpeeksi leveä, jotta puiden runkoon aiheuttaman vääntömomentin vaikutus saadaan minimoitua. Myös rungon sisään asennettava sylinteri asettaa ehtonsa rungon leveydelle. Kahmariin tulevat holkit määräävät yhdessä runkolevyjen ainepaksuuden kanssa kahmarin leveyden. Holkkeihin tulevat liukulaakerit ovat standardimitoitettuja, joten holkit mitoitettiin niiden ehdoilla. Kun holkit oli valittu, saatiin määritettyä rungon leveys. Leveyden yksityiskohtia piti miettiä myös kokoonpanon ja mahdollisen purkutyön kannalta.

Normaalina kouran käyttöpaineena käytetään 250 baria. Kahmarin sylinteri on kuitenkin suunniteltu kestäämään yli 300 barin käyttöä. Kovan käytön ja suuremman paineen tuomat rasitukset on huomioitu niin sylinterin kuin rungonkin rakenteissa.

3.2 Materiaalit

3.2.1 Runkolevyt

Levymateriaaliksi valittiin WELDOX 700 -kulutuslevy. Sen myötölujuus on 700 N/mm^2 (liite 1), mikä on lähes kaksinkertainen tavalliseen S355 -teräkseen verrattuna. Tämä ominaisuus on tärkeä, koska rakenteen on oltava mahdollisimman kestävä, mutta samalla mahdollisimman kevyt. Kaikki ylimääräinen paino vaikuttaa heikentävästi nosturin nostotehoon ja hyöty-kuormaan. Ohuemman rakenteen ansiosta tulee säästää myös materiaali-kustannuksissa. Samaa levymateriaalia käytetään muissakin Vahva-kahmareissa, joten sitä löytyy valmiiksi varastosta.

WELDOX-teräksen hitsattavuus, työstettävyyys sekä kylmätaivutettavuus ovat hyvät. Runkolevyt valmistetaan polttoleikkaamalla, joten varsinaista työstöä ei vaadita kuin huulilevyn viisteen jyrsimisessä. Kahmari kokoonpannaan pääosin hitsaamalla, joten hyvät hitsausominaisuudet ovat välttämättömät.

Lujuudestaan huolimatta WELDOX 700:n iskutikeys voidaan taata aina -60°C :een.

3.2.2 Akselit

Kaikkien akselien materiaalina käytetään nuorrutusterästä. Nuorrutusteräkset soveltuvat hyvin kohteisiin, joissa vaaditaan hyvää staattista lujuutta, väsymislujuutta ja iskusitkeyttä. Akseliaineena on MoC410.

Akseliaineena käytetään pyörötankoa, joka on valmiiksi sorvattu nimellismittaan. Valmiille tangolle luvataan toleranssi h10, jolloin halkaisijaltaan 60 mm:n tangolla eromitat ovat +0...-0,190 mm. Tämä toleranssi riittää käyttötarkoitukseen, joten valmiit tangot tarvitsevat vain katkaisun määrämittaan. Tämä nopeuttaa huomattavasti tuotantoa.

3.2.3 Holkit

Holkkien materiaalina käytetään Ovako 280 -terästä. Ovako 280 on erittäin iskusitkeä ja siksi hyvä materiaali holkkiaineeksi. Holkit ottavat vastaan suurimmat iskut käytössä. Käytön myötä liukulaakerit väljistyvät, jolloin iskujen voimakkuus kasvaa entisestään.

Lujuudeltaan teräs on 450 N/mm^2 (liite 2). Työstettävyydeltään Ovako 280 on yhtä hyvää kuin S355.

3.2.4 Sylinteri

Sylinteriputken materiaalina on E355 -teräs, jonka ominaisuudet riittävät sylinteriputkelta vaadittaviin ominaisuuksiin. Teräksen myötöraja on 490 N/mm^2 /2/. Putkiaines on valmiiksi hoonattu, jolloin sisäpinnan pinnankarheus $Ra=0,4 \mu\text{m}$ ja toleranssi H8. Putkea saa kaikilla DIN 2391/DIN 2393-standardin mukaisilla mitoilla.

Männänvarrelta vaaditaan korroosio- ja kulutuskestävyyttä. Lisäksi varren pinnan tulee olla mahdollisimman sileä. Sileä pinta ehkäisee lian tarttumista männänvarteen sekä sen kulkeutumista edelleen tiivisteisiin. Tällöin tiivisteiden käyttöikä kasvaa. Männänvarren materiaali on CK 45.

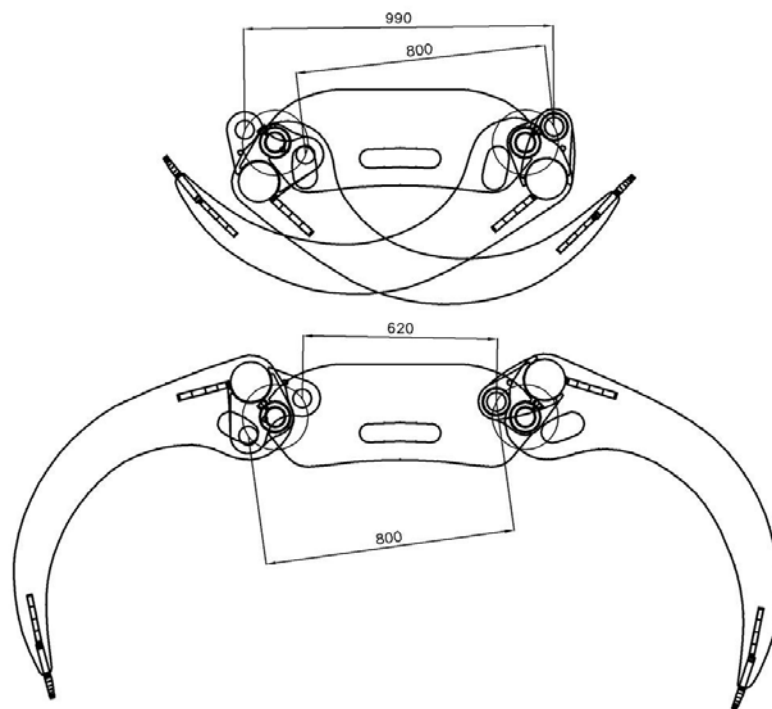
Mäntä valmistetaan Ovako 520-teräksestä. Männällä on tarkat vaatimukset pinnanlaadun sekä iskusitkeyden suhteen.

Sylinterin pääty valmistetaan valuteräksestä GG25. Valuteräksestä valmistetussa päädyssä sileä sisäpinta toimii itsessään liukupintana, jolloin erillisiä liukurenkaita ei tarvita.

3.3 Sylinterin mitoitus

3.3.1 Yleistä

Sylinterin toimintamitat arvioitiin tekemällä mallinnusohjelmalla toimintamittatesteauskia, kuvan 6 mukaista kahmarin profiilia hyväksi käyttäen. Kun kahmarin toinen leuka laitetaan haluttuun asentoon, kahmarin työntötanko määrää toisen leuan asennon. Tällöin sylinterin pituusmitta voidaan tarkistaa mittaamalla korvien, joiden väliin sylinteri tulee, etäisyys. Samalla voidaan tarkastaa, ettei sylinterin kuolokohtia saavuteta. Sylinterin ensimmäistä versiota muutettiin jälkeinpäin, koska se kiinni ollessaan oli liian lähellä kuolokohtaa. Tällöin kahmaria aukaistessa tuntui selvä vällys ennen kuin kahmari lähti aukeamaan. Vika korjattiin pidentämällä sylinterin iskunpituutta 5 mm sekä kasvattamalla korvakkeiden reikien etäisyyksiä 5 mm:llä 100 mm:stä 105 mm:iin. Korvakkeiden reikävälin pidennys lisää myös kahmarin leukojen kärkivoimaa momentti-varren kasvettua.



Kuva 6. Toimintamittatesta

3.3.2 Sylinteriputki

Sylinteriputken (kuva 7) mitoitus aloitettiin arvioimalla työntövoima, joka sylinterin tulisi tuottaa. Tähän asti suurimman kahmarin sylinterin sisähalkaisija on 100 mm. Sen tuottama työntövoima on 196,3 kN (1). Seuraavat koot ovat 105 mm, 110 mm ja 115 mm. Näistä päädyttiin 110 mm putkeen, jolla työntö-voimaksi tulee 237,6 kN (1). Putken ulkohalkaisija on 125 mm.

Sylinterin antama työntövoima plus-liikkeen aikana:

$$F = \rho \cdot A = \rho \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (1)$$

, jossa

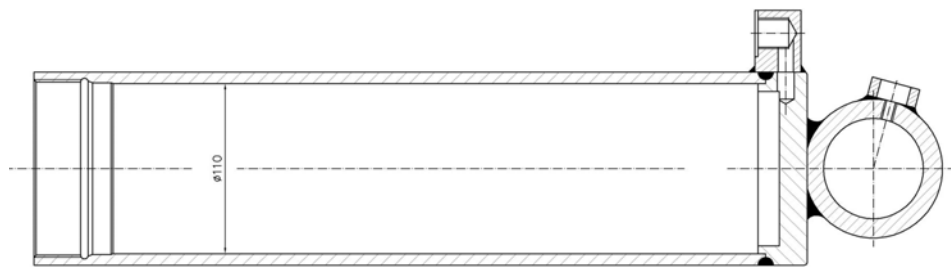
ρ =käyttöpaine

A=sylinterin leikkauksen sisäpinta-ala

d=sylinterin sisähalkaisija

Halkaisijaltaan 110 mm:n sylinterin työntövoima on:

$$F = \rho \cdot A = \rho \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 25 \text{ MPa} \cdot \frac{\pi \cdot (110 \text{ mm})^2}{4} = 237,6 \text{ kN}$$



Kuva 7. Sylinteriputki

3.3.3 Männänvarsi

Männänvarren (kuva 8) halkaisijan täytyy olla tarpeeksi suuri, ettei nurjahdusta pääse tapahtumaan. Toisaalta halkaisija ei saa olla liian suuri, että sylinterin paineen aikaan saama voima riittää miinus-liikkeen sujuvaan tekemiseen. Nurjahdusvoima lasketaan kaavasta 2.

Männänvarren nurjahdus (Euler II) /6/:

$$F_n = \frac{\pi^3 E l}{L^3} = \frac{\pi^3 E}{L^3} \cdot \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi^3 E d^4}{64 L^3} = 237,6 \text{ kN} \quad (2)$$

, jossa

E=materiaalin kimmokerroin

I=poikkileikkauksen neliömomentti

L=männänvarren pituus

d=männänvarren halkaisija

Nurjahdusvoima:

$$F_n = \frac{\pi^3 E d^4}{64 L^3} = \frac{\pi^3 \cdot 210000 \text{ MPa} \cdot (68 \text{ mm})^4}{64 \cdot (488 \text{ mm})^3} = 7607,2 \text{ kN} > 237,6 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

Sylinteristä saatu voima on selvästi pienempi kuin nurjahtamiseen tarvittava voima, joten nurjahtamisen suhteen ongelmaa ei ole. Käytössä aiheutuvat iskumaiset kuormitukset ovat kuitenkin suuria, joten ylimitoitus on suositeltavaa.

Sylinterin voima miinus-liikkeen aikana voidaan laskea kaavasta 3.

$$F = \rho \left(\frac{\pi d_1^3}{4} - \frac{\pi d_2^3}{4} \right) \quad (3)$$

, jossa

ρ =käyttöpaine

d_1 =sylinterinputken sisähalkaisija

d_2 =männänvarren halkaisija

$$F = 25 \text{ MPa} \cdot \left(\frac{\pi \cdot (110 \text{ mm})^3}{4} - \frac{\pi \cdot (88 \text{ mm})^3}{4} \right) = 178,2 \text{ kN}$$

Sylinterin voima miinusliikkeen aikana on n. 75 % plus-liikkeen voimasta. Tämä riittää hyvin kahmarin sujuvaan toimintaan.

Varren muotoilussa tulee ottaa huomioon asennusvaihetta helpottavat viisteet. Viisteillä taataan tiivisteiden saaminen oikein ja ehjinä paikoilleen.

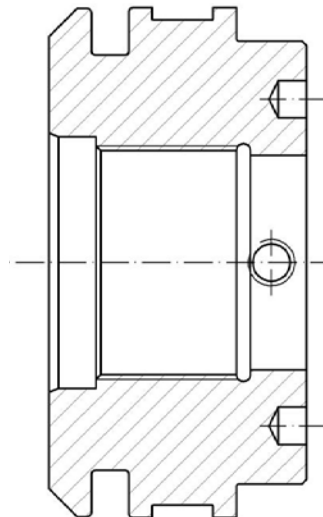


Kuva 8. Männänvarsi

3.3.4 Mäntä

Männän (kuva 9) tehtävä on välittää hydraulinen voima mekaaniseksi voimaksi. Mäntä on sylinterin tärkein osa ja sen toiminnan on oltava moitteeton. Mäntä pysähtyy törmäämällä sylinterin pohjaan. Tämän vuoksi männän törmäyspinta-alan on oltava tarpeeksi suuri männän rikkoutumisen välttämiseksi. Kahmarissa leuat toimivat toppareina, jolloin mäntään ja sylinterin pohjaan kohdistuu paljon vähemmän rasitusta. Näin sylinterin käyttöikä pitenee huomattavasti.

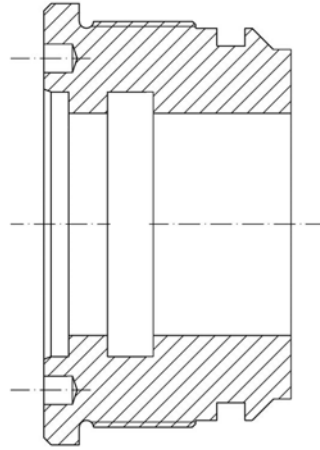
Männän kiinnitys männänvarteen tapahtuu kierteen avulla. Varressa on M50x2,0 ulkokierre ja männässä M50x2,0 sisäkierre. Kierrekiinnitys varmistetaan lukitusruuvilla.



Kuva 9. Mäntä

3.3.5 Sylinterin pääty

Sylinterin päädyn (kuva 10) tehtävä on pysäyttää männän liike sekä sulkea sylinterin rakenne ja näin ollen pitää sylinterin sisältö sisäpuolella.



Kuva 10. Sylinterin pääty

3.3.6 Tiivisteet

Jokaisen tiivisteiden tarkoitus on estää tai rajoittaa vuotoa kahden keskenään liikkuvan tai kiinteän osan välillä. Tiivisteiden rakenne riippuu niistä materiaaleista, joista se valmistetaan sekä niistä olosuhteista, missä sen tulee työskennellä /3/. Tiivisteet ja ohjausringit estävät metalliosien mekaanisen kosketuksen toisiinsa, mikä pienentää kitkaa ja vähentää kulumista.

Itse tiivistysperiaate on riippuvainen paineesta. Paineettomassa tilassa tiivistys tapahtuu mitoittamalla ura siten että tiivisteiden alkuperäinen muoto muuttuu. Paineenalaisessa tiivistyksessä tiivistys tapahtuu kun tiiviste elastisen muodonmuutoksen ansiosta puristuu tiivistepesän pintoja vasten.

Hyvälle hydraulikkatiivisteelle voidaan asettaa seuraavat vaatimukset /3/.

- Tiivisteiden on tiivistettävä hyvin paineettomissa ja matalapaineisissa olosuhteissa.
- Tiivisteiden on tiivistettävä hyvin 200-350 barin työpaineessa (20-35Mpa). Määrätyissä olosuhteissa 400-500 barin (40-50MPa) paineessa.

- Tiivisteiden on oltava hydrolyysinkestävä ja kestävä määrättyjä happamia ainesyhdistelmiä vanhenevissa öljyissä.
- Tiivisteiden on annettava pienin mahdollinen kitkahäviö. Tämä on tärkeää varsinkin käynnistettäessä.
- Tiivisteiden on kestävä normaaleja hydraulii-, voitelu- ja moottoriöljyjä.
- Tiivisteiden on kestävä jatkuvaa 80-100°C käyttölämpötiloja vanhenematta.
- Tiivisteiden on selvitettävä käyntilähdössä -40°C:een lämpötiloissa. Määrätty joustavuus on tällöin oltava jäljellä.
- Tiivisteiden on sallittava (käytännöllisesti ja taloudellisesti saavutettavissa olevia) välyksiä metalliosien välillä niissä käyttöpaineissa, jotka yllä on mainittu.

Sylinterin päädyssä olevan pyyhkijän (GA 63x75x7/10) tehtävä on estää epäpuhtauksien pääseminen männänvarrtta pitkin sylinteriin ja siitä edelleen öljynkiertoon. Päädyn ulkopuolinen tiivistys tapahtuu o-renkaalla (OR 99,2 x 5,7 NBR70), sisäpuolinen varrentiivisteellä (B/MD-E 63x75x12), jonka paineenkestävyys on 400 bariin asti.

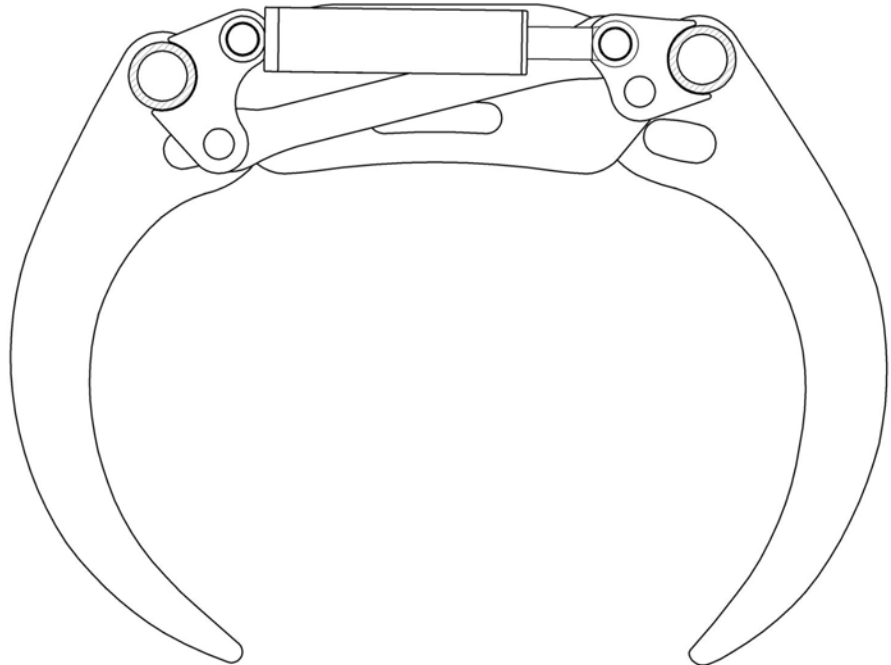
Männäntiivisteeltä vaaditaan hyvää paineenkestokykyä. Männäntiivisteiden tyyppi on Parker-PDF OK 110x89x8. Sen paineenkesto on 500 bar ja käyttölämpötila -30 °C...+120 °C. Lisäksi männän ulkokehällä on ohjainrenkas (PWR 110x104x13 KRUTEX 200), joka toimii liukupintana männän ja sylinteriputken välillä. Ohjausrenkaan käyttölämpötila-alue on -40 °C...+130 °C.

Männänvarren ja männän väli on tiivistetty o-renkaalla (OR 48,0x3,0 NBR70).

3.4 Kahmarin leuat

Kahmarin leukojen vahvuus on 20 mm. Ne leikataan WELDOX 700 -levystä. Leukojen muoto vaikuttaa suuresti kahmarin toimintaan. Leuan kärjet tehdään kiilamaisiksi, jotta ne pystyisivät mahdollisimman helposti tunkeutumaan tukkipinoon.

Leuat kiinnitetään toisiinsa halkaisijaltaan 132/98 mm:n ainesputkella. Ainesputkeen kiinnitetään korvakkeet, joihin välitetään sylinterin liike. Näin syntyy saksien liike. Leuat liitetään korvakkeista akseleilla runkoon. Kuvassa 11 näkee osien kokoonpanoperiaatteen.

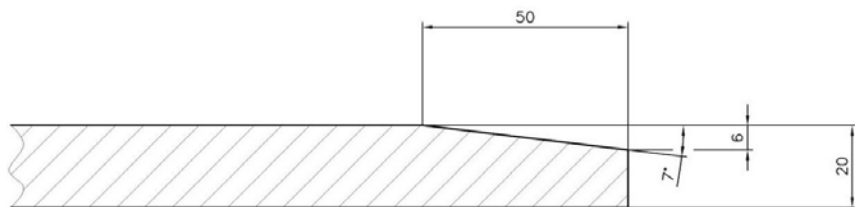


Kuva 11. Osien kokoonpanoperiaate

Leukojen välille tulee kaksi työntötankoa, joiden tehtävä on pitää molemmat leuat liikkeessä. Ilman työntötankoa vain toinen leuka liikkuisi, jolloin kahmaria olisi lähes mahdotonta käyttää. Työntötangot on sijoitettu molemmin puolin sylinteriä. Osa markkinoilla olevista kahmareista on varustettu vain yhdellä työntötangolla, mikä heikentää kahmarin kestoa huomattavasti. Kahdella työntötangolla kahmarista tulee symmetrinen, jolloin voimat jakaantuvat tasaisesti molemmin puolin kahmaria, eikä ylimääräisiä vääntömomenteja pääse syntymään. Kaksi työntötankoa lisää myös liukulaakereiden käyttöikää huomattavasti.

Kahmarin mennessä kiinni on tärkeää, ettei leukojen kohdatessa niiden välille jää liian suurta väliä. Tämä saattaisi aiheuttaa käytössä puiden kiilautumista leukojen väliin. Leuat eivät luonnollisesti saa myöskään törmätä kohdatessaan. Leukojen profiilia muutettiin ensimmäisestä versiosta, koska kärjet kohtasivat liian kaukana toisistaan. Lisäksi kahmarin ollessa auki, oli toisen leuan kärki n. 40 mm toista alempana. Tämä korjattiin oikaisemalla ja pidentämällä toista leukaa.

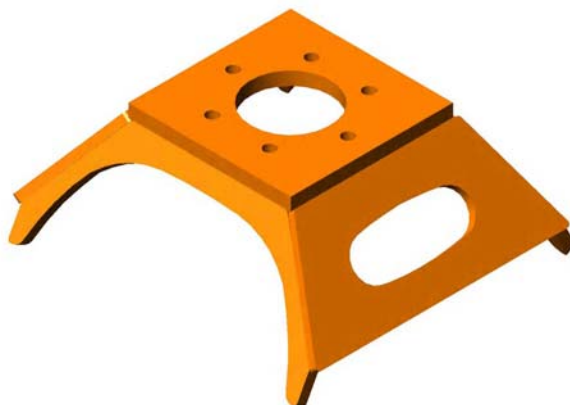
Leukojen kärkilevyihin jyrksitään viiste (kuva 12), jolloin muodosta saadaan kiilamaisempi.



Kuva 12. Huulilevyn jyrshintä

3.5 Runko

Runko valmistetaan polttoleikkaamalla WELDOX 700 -levystä. Levyn ainepaksuus on 16 mm. Rungon sivulevyn päihin tulee holkit, joihin akseleilla kiinnitetään leuat. Sivulevyt yhdistetään hatulla (kuva 13). Hattu valmistetaan kolmesta eri osasta. Hatun sivulevyn paksuus on 12 mm, kaarilevyn 16 mm ja kansiosan paksuus 20 mm. Kansiosa on vahvin, koska kahmari kiinnitetään siitä rotaattoriin. Tämä kohta kantaa koko kahmarin ja siinä olevan puunipun kuorman.

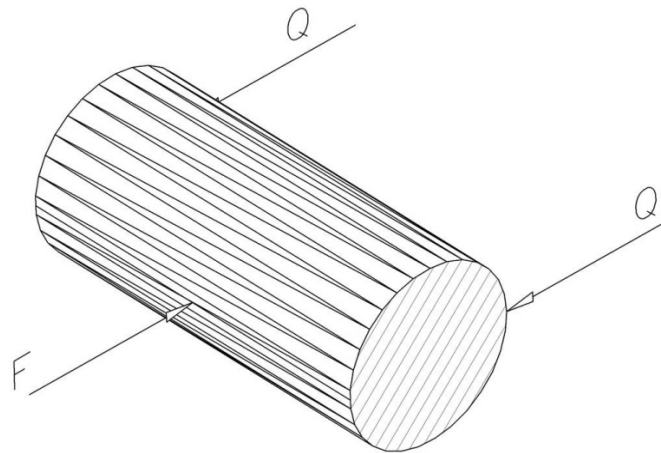


Kuva 13. Kahmarin hattu

Osat kiinnitetään hitsaamalla toisiinsa. Runkorakenteissa olevat hitsit ovat niin pitkiä, sekä niihin kohdistuvat voimat niin pieniä, ettei saumapaksuuksien laskenta ollut hyödyllistä. Saumapintaa tulee niin paljon, että hitseistä ei tule ongelmaa.

3.6 Akselit ja holkit

Käytön kovuudesta johtuen akselit ovat todella kovassa rasituksessa. Sen vuoksi ne on mitoitettu reilusti ylimittäisiksi laskennallisiin mittoihin nähden. Kaikki akselit ovat halkaisijaltaan 60 mm. Koska kaikki akselit ovat myös samasta aineesta, on lujuuslaskelmia tarkasteltu vain kriittisimmästä paikasta. Tarkasteltava akseli on männänvarren holkkiin tuleva akseli. Männänvarren holkki aiheuttaa akselille leikkausvoiman kahteen kohtaan (kuva 14). Sylinderivoiman akseliin aiheuttamat leikkausvoimat lasketaan kaavasta 4 /6/.



Kuva 14. Tapin leikkausvoimat

$$Q = \frac{F}{2} = \frac{236,7 \text{ kN}}{2} = 118,8 \text{ kN} \quad (4)$$

Leikkausjännitys saadaan kaavasta 5.

$$\tau = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 118,8 \text{ kN}}{\pi \cdot (60 \text{ mm})^2} = 42,0 \text{ MPa} \quad (5)$$

Varmuuskerroin tapin leikkaantumiselle saadaan kaavasta 6.

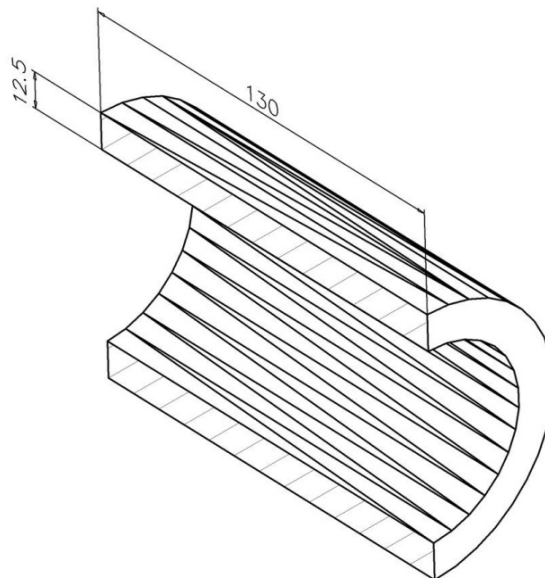
$$\eta = \frac{\tau_{sall}}{\tau}; \tau_{sall} = 0,6 \cdot R_e = 0,6 \cdot 650 \text{MPa} = 390 \text{MPa} \quad (6)$$

$$\eta = \frac{\tau_{sall}}{\tau} = \frac{390 \text{MPa}}{42 \text{MPa}} = 9,3$$

Saman 236,7kN voiman aiheuttama vetojännitys männänvarren holkille voidaan laskea kaavasta 7.

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{236,7 \text{kN}}{2 \cdot 12,5 \text{mm} \cdot 130 \text{mm}} = 72,8 \text{MPa} \quad (7)$$

, missä A=holkin poikkileikkauksen pinta-ala (kuva 15).



Kuva 15. Holkin poikkileikkaus

$$\eta = \frac{\sigma_{sall}}{\sigma} = \frac{R_e}{\sigma} = \frac{450 \text{MPa}}{72,8 \text{MPa}} = 6,2$$

Varmuuskertoimet 9,3 sekä 6,2 ovat suuret normaaliin mitoitukseen verrattuna. Kovan käytön vuoksi akselit ja holkit on parempi suunnitella kuitenkin reiluiksi. Lisäksi mitään estettä isolle koolle ei ole, koska vain pieni osa kahmarin painosta koostuu akseleista ja holkeista.

Akselien ja holkkien laakerointiin käytetään voideltavia liukulaakereita. Valittu laakeri on WB802, joka on valmistettu pronssista. WB802-liukulaakeri omaa vakiolaakereihin verrattuna paremmat ominaisuudet:/4/

- kestää kovia kuormia sekä iskukuormia
- toimii myös likaisissa olosuhteissa
- hyvät voiteluominaisuudet voiteluainereikien ansiosta
- hyvä lämmönjohtokyky
- voiteluvälit 6-8 kertaa pidemmät.

Laakereiden voitelu tapahtuu rasvaprässillä holkkeihin tulevien rasvanippojen kautta. Laakerissa olevien reikien kautta voiteluaine pääsee akselipinnalle asti. Reiät myös varastoivat suuren määrän voiteluainetta, jolloin huoltoväliä voidaan pidentää huomattavasti. Voiteluaineena tämän tyyppin laakereissa voidaan käyttää joko rasvaa tai voitelutahnaa.

Laakerit vaativat H7-sovitteisen laakeripesän. Asennuksen jälkeen sisähalkaisijan toleranssi on H9. Laakeri on kuvassa 16.



Kuva 16. WB802 -liukulaakeri /4/

Akselit lukitaan runkoon niihin hitsatuista päätylaipoista. Lukitus tapahtuu M16 -pultilla.

4 KOKOONPANO

4.1 Kokoonpanotyö

Polttoleikkauksen jälkeen osat puhdistetaan puhdistusmyllyssä. Siellä osat hankautuvat toisiaan vasten, jolloin kaikki polttoleikkauksessa syntyneet roiskeet irtoavat ja osat puhdistuvat. Putsauksen jälkeen osiin tehtiin tarpeelliset koneistukset. Osien valmistusten jälkeen alkaa kokoonpanotyö.

Kokoonpano alkaa hitsaamalla osat yhteen jigissä. Tilanteesta riippuen hitsaus tapahtuu joko käsin tai robotilla.

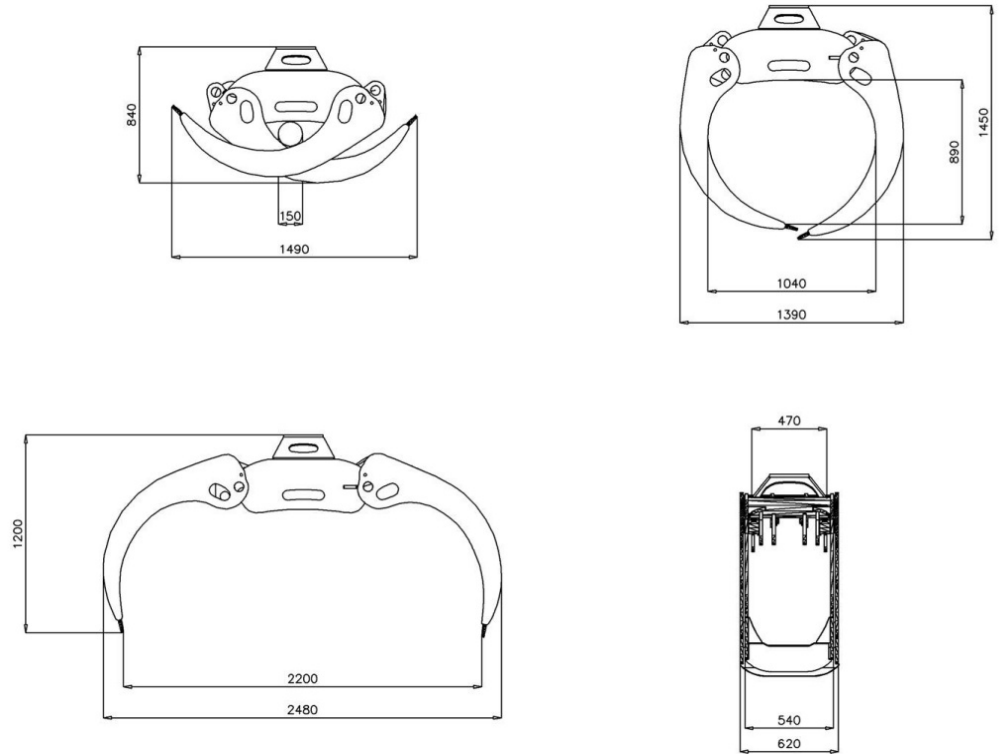
Kahmaria vahvistettiin erikseen vahvistuspaloilla, jotka tulevat sivulevyn ja holkkien kulmiin. Tämä tuo lisää vahvuutta sivusuunnassa.

Kahmarin kokonaismassaksi tuli 482 kg. Tavoitteena oli saada massa pysymään alle 500 kg, jolloin sen liikutteleminen hallinosturilla on mahdollista. Laskennalliseksi massaksi saatiin 474,5 kg. Laskennallinen paino laskettiin AutoCad 2005 -ohjelmalla piirretyistä malleista. Laskennassa käytetty materiaalin tiheys on $7,85 \text{ kg/dm}^3$ (taulukko 1). Laskuissa ei ole huomioitu hitsausseamojen tai maalin painoa.

Taulukko 1. Kahmarin osien painot

osa	tilavuus [mm ³]	kpl	massa [kg]
Leuka ulompi	4815438	2	75,6
Leuka sisempi	4617963	2	72,5
Kärkilevy ulompi	1828704	1	14,4
Kärkilevy sisempi	1533288	1	12,0
Sivulevy	3478023	2	54,6
Korvake1	433596	2	6,8
Korvake2	495580	4	15,6
Korvake3	668420	2	10,5
Työntötanko	1335518	2	21,0
Leuan kärjen tukilevy	109715	4	3,4
Leuan tukilevy	157427	4	4,9
Sylinterin pääty	440428	1	3,5
Sylinteriputki	2041455	1	16,0
Mäntä	336343	1	2,6
Männänvarsi	1947648	1	15,3
Holkki1	313886	4	9,9
Holkki2	180015	4	5,7
Holkki3	69528	6	3,3
Akseli pit. 116	397541	4	12,5
Akseli pit. 136	454090	2	7,1
Akseli pit. 216	680285	1	5,3
Akseli pit. 398	1193973	1	9,4
Runkoputki L-510	3122219	1	24,5
Runkoputki L-570	3496870	1	27,5
Hatun kansi	949196	1	7,5
Hatun sivu	491582	2	7,7
Hatun kaari	309827	2	4,9
Pohjalevy	2212836	1	17,4
Rajoitinpalat	105810	4	3,3
		yht.	474,5

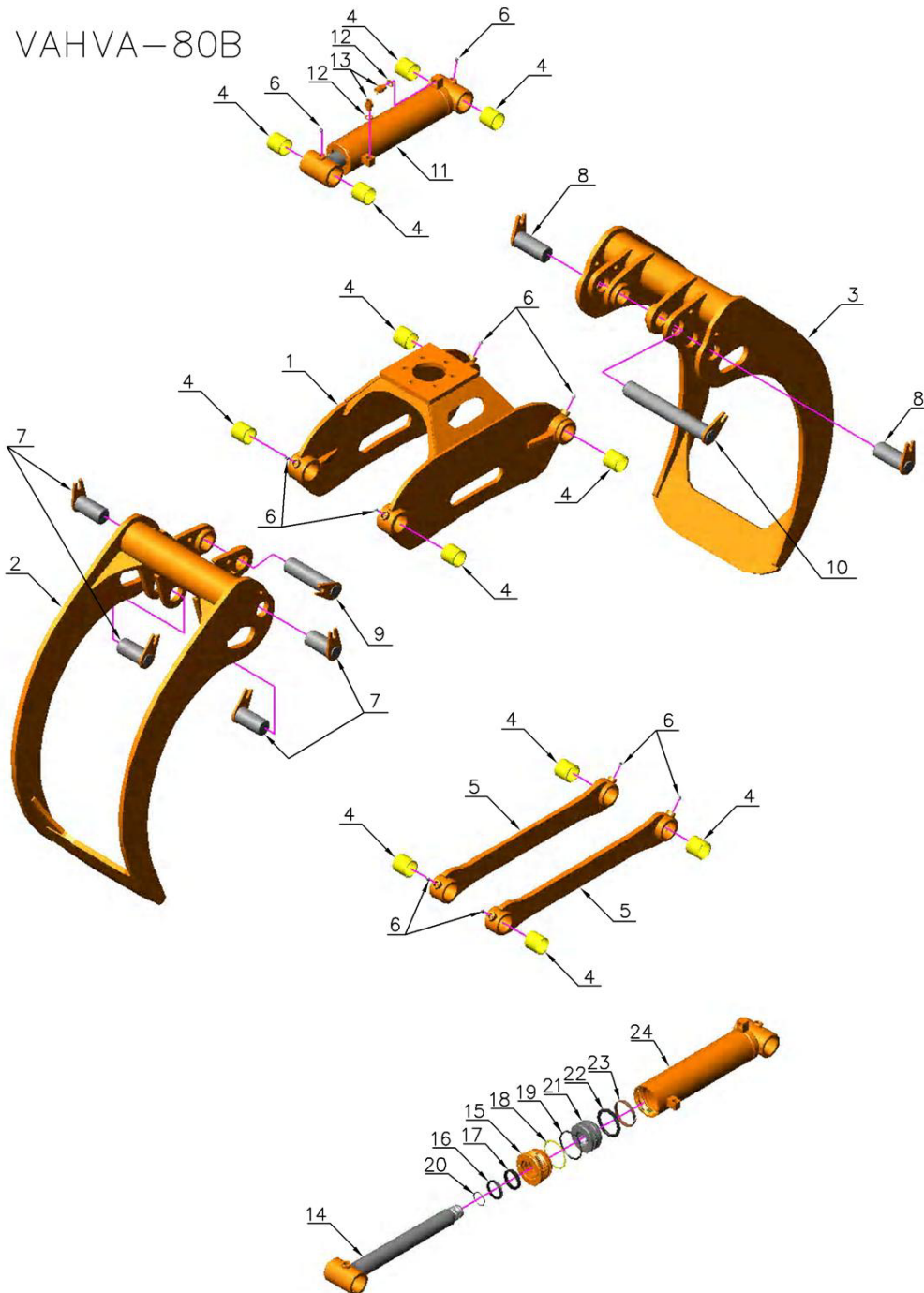
Mallinumerolla 80 tarkoitetaan pinta-alaa, mikä jää leukojen väliin niiden kärkien kohdatessa. Asento oikeassa yläkulmassa kuvassa 17. Kuvissa kahmarin ulkomitat kriittisissä asennoissa.



Kuva 17. Kahmarin ulkomitat

4.2 Räjätyskuva ja osaluettelo

Kuvassa 18 on Vahva-80B purettuna. Kuvan jälkeen on numeroitu osaluettelo, josta selviää käytetyt standardiosat sekä osien päämitat.



Kuva 18. Räjätyskuva

Taulukossa 2 on luetteloitu Vahva 80B -kahmarin varaosatiedot. Varaosien osanumerot löytyvät kuvasta 18.

Taulukko 2. Vahva 80B -varaosat

nro	kpl	nimike	huom.
1	1	Runko	
2	1	Sisempi leuka	
3	1	Ulompi leuka	
4	12	Liukulaakeri	Bimet WB 802-6060
5	2	Työntötanko	
6	10	Rasvanippa	R 1/8"
7	4	Akseli	Ø 60x116
8	2	Akseli	Ø 60x136
9	1	Akseli	Ø 60x216
10	1	Akseli	Ø 60x398
11	1	Kahmarin sylinteri	Ø 125/63x370
12	2	Usit-tiiviste	R 1/2"
13	2	Kaksoisnippa	04000-08 (R1/2")
14	1	Männänvarsi	Ø 63x559
15	1	Sylinterin pääty	Ø 125/63x70
16	1	Pyyhkijärengas	GA 63x75x7/10
17	1	Varrentiiviste	B/MD-E 63x75x12
18	1	Tukirengas	Ø 100/110x1,7 PU
19	1	O-rengas	OR 99,2 x 5,7 NBR70
20	1	O-rengas	OR 48,0x3,0 NBR70
21	1	Mäntä	Ø 109x55
22	1	Tiivisterengas	OK 110x89x8
23	1	Ohjausrengas	PWR 110x104x13 KRUTEX 200
24	1	Sylinteriputki	Ø 125/110x546

5 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli suunnitella toimiva ja kestävä kahmari. Tavoitteeseen päästiin ilman suuria ongelmia. Kahmarin valmistumista oli hyvä seurata, koska konepaja sijaitsee samassa rakennuksessa kuin oma työpiste. Kokoonpanon puolelta tulleet tiedot sai näin ollen heti käyttöön ja kahmarin toimintaa pääsi katsomaan itse.

Prototyyppiin ei lopulta tullut juurikaan muutoksia valmistusvaiheessa. Yhden leuan profiilia, korvakkeiden reikäväliä, sekä sylinterin iskunpituutta muutettiin. Nämä korjaukset olivat lopulta yksittäisiä, eikä yhden osan muokkaaminen vaatinut toisen osan muokkaamista.

Kouran kestävyyttä on vielä vaikea arvioida. Koura lähtee testiin asiakkaalle ja sieltä saadun palautteen avulla saadaan tehtyä mahdolliset parannukset. Myös kouraan mahdollisesti tulevat viat ilmenevät sitä kautta.

Lopputuloks on mielestäni onnistunut. Projekti pysyi aikataulussa hyvin ja ilman suuria esteitä saadaan esitteille FinnMETKO-messuille elokuun lopussa 2008. Koneosapalvelun vankka kokemus kahmareiden valmistajana auttoi työssä huomattavasti.

LÄHTEET

1. Koveosapalvelu Oy [www-sivu]. [viitattu Helmikuu 2008]. Saatavissa: www.koneosapalvelu.com.
2. Varastoluettelo teräkset, Onninen Oy.
3. Hydraulitiivisteet, Tiivistetekniikka Oy.
4. D&E [www-sivu]. [viitattu Helmikuu 2008]. Saatavissa: <http://www.detrading.se/suomi/sidor/Produkt-Glidlager/wb802.htm>.
5. Hinnasto 2007, Kone- ja laitetiivisteet, ETOLA -yhtiöt.
6. Lähteenmäki Matti, Lujuusopin luentomonisteet 2007-2008.
7. Tibnor [www-sivu]. [viitattu Helmikuu 2008]. Saatavissa: [http://www.tibnor.se/C1256F2D004469EB/0/95EA1FC2CC950446C1256FB5002AE460/\\$file/Tibnor_Erikoisteras_2005_2006.pdf](http://www.tibnor.se/C1256F2D004469EB/0/95EA1FC2CC950446C1256FB5002AE460/$file/Tibnor_Erikoisteras_2005_2006.pdf).

WELDOX 700 on yleinen rakenneteräslevy, jonka minimiymätöraja on 700 N/mm². Se on tarkoitettu käytettäväksi sellaisiin sovellutuksiin, missä teräksen korkea lujuus mahdollistaa rakenteiden painonsäästön.

Levyn kylmätaivutusominaisuudet ovat hyvät sekä hitsausominaisuudet erittäin hyvät. WELDOX 700:n iskutiheys voidaan taata aina -60°C:een. WELDOX 700 täyttää täydellisesti vastaavien teräslajien EN 10 137 osien 1 ja 2 vaatimukset.

KÄYTTÖALUEET	Dumpperit, kuormauskoneet, trukit, kuorma-autot, trailerit, perävaunut, puskukoneet, kaivuukoneet, metsätyökoneet, kauhat, nosturit, siltanosturit, rautatievaunut, kiinnityspojut, putkistot, sillat, teräsrakennukset, offshorekonstruktiot, puhallimet, pumput, nostolaitteet, puristimet ym.															
LAJITUNNUKSET	WELDOX 700 D iskutiheystakuu -20°C lämpötilassa. Vastaa S 690 Q WELDOX 700 E iskutiheystakuu -40°C lämpötilassa. Vastaa S 690 QL WELDOX 700 F iskutiheystakuu -60°C lämpötilassa. Vastaa S 690 QL1															
KEMIALLINEN KOOSTUMUS (Sulatusanalyysi)	C*	Si*	Mn*	P	S	B*	Nb*	Cr*	V*	Cu*	Ti*	Al*	Mo*	Ni*	N	CEV tyyp- arvo
	max %	max %	max %	max %	max %	max %	max %	max %	max %	max %	max %	yht min	max %	max %	max %	%
	0,20	0,6	1,60	0,020	0,010	0,005	0,04	0,70	0,09	0,30	0,04	0,015	0,70	2,0	0,015	¹⁾
	Teräs on hienoraekäsitelty ja mikroseostettu yhteensä min 0,040%:lla Al, V, Nb, Ti tai vastaavalla aineella.															
	¹⁾ WELDOX 700 D ja E. Tyypilliset CEV, tiedoksi															
	t -7 mm															
	7,1 - 20,0															
	20,1 - 45,0															
	45,1 - 102,0															
	102,1 - 130															
	WELDOX 700 F															
	5,1 - 80															
	CEV = C + $\frac{Mn}{6}$ + $\frac{Cr + Mo + V}{5}$ + $\frac{Ni + Cu}{15}$ ²⁾ Tarkoituksenomaiset seosaineet.															
LUJUUSARVOT	Levyn paksuus mm	Myötöraja R _{0,2} min N/mm ²				Murtöraja R _m N/mm ²				Venymä ¹⁾ A _g min % A ₅₀ min ²⁾ %						
	4-50	700				780-930				14 18						
	(50)-100	650				780-930				14 18						
	(100)-130	630				710-900				14 18						
	¹⁾ Tarkoittaa poikittaiskokeita. Pitkittäiskokeissa kaksi yksikköä korkeammat arvot.															
	²⁾ Tehdään sopimuksen mukaan.															
ISKUSITKEYS	Iskustiheyksien min. arvot Charpy V poikittaiskokein ¹⁾ Iskustiheyksien min. arvot Jouleissa, koelämpöt. °C:ssa ²⁾															
	Teräslaji	0				-20				-40				-60		
	WELDOX 700 D	30				27				-				-		
	WELDOX 700 E	35				30				27				-		
	WELDOX 700 F	40				35				30				27		
	¹⁾ EN 10 137 Option 3, vaatimukset poikittaiskokeille sovelletaan. Mikäli täydennykseksi halutaan pitkittäiskokeet siitä tulee mainita tilauksessa.															
	²⁾ Jos ei toisin ole sovittu kokeet tehdään alhaisemmassa lämpötilassa.															
KOESTUS	Koestus SS-EN 10 137-1 ja SS-EN 10 137-2 mukaisesti.															
TOIMITUSTILA	Karkaisu ja päästä, Q															
MITAT	WELDOX 700 toimitetaan levypaksuuksiin 4 - 130 mm. Mitoista laajemmin esitteessämme Sv-40, Allmän Produktinformation. Joitakin leveysrajoituksia voi esiintyä.															
TOLERANSSIT	SS-EN 10 029 mukaisesti - Paksuustoleranssi luokan A mukaisesti. - Tasomaisuustoleranssi luokan N mukaisesti. (Normaali toleranssi)															
PINNAN LAATU	SS-EN 10 163-2 mukaisesti. - Pintavaatimukset luokan A mukaisesti. - Korjausohdot Alakohdan 1 mukaisesti. Korjaushitsaus sallitaan, SS-EN 10 137-2 option 14 mukaisesti.															

MEKAANISET OMINAISUUDET

Teräslaji	Valssausmitta Ø mm					
	22...40		>40...100		>100...160	
	R_e min MPa	R_m MPa	R_e min. MPa	R_m MPa	R_e min MPa	R_m MPa
<i>Imatra 4 M</i>	430	650–800	370	630–780	–	–
<i>Imatra MoC 210 M</i>	600	800–950	450	700–850	400	650–800
<i>Imatra MoC 410 M</i>	750	1000–1200	650	900–1100	550	800–950
<i>Imatra MoCN 315 M</i>	–	–	(690)	(880-1080)	(690)	(880-1080)
<i>IMACRO</i>	(700)	(800–1100)	(700)	(800–1100)	(700)	(900-1100)

MEKAANISET OMINAISUUDET

Ovako 280*Kuumavalssattu*

<i>Tangon halk. mm</i>	<i>Myötöraja R_e min N/mm²</i>	<i>Murtolujuus R_m N/mm²</i>	<i>Venymä A_5 min %</i>	<i>Kovuus SS 112510 HB</i>	<i>Iskusitkeys KV min J</i>
≤ 80	450	550–750	21	180–230	27
> 80	410	550–750	21	180–230	27



Valmis Vahva-80B.