

Mika Kasurinen

PAINOKONEEN
JÄÄHDYTYSTELASTON
VOIMANSIIRRON SUUNNITTELU

Opinnäytetyö
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma


Huhtikuu 2010




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences	Opinnäytetyön päivämäärä				
Tekijä(t) Mika Kasurinen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma				
Nimeke Painokoneen jäähdytystelaston voimansiirron suunnittelu					
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tutustua mikkeliläisen painotalon St Michel Print Oy:n painokoneen jäähdytystelaston voimansiirtoon ja suunnitella se uudestaan käyttäen hammashihnoja. Alkuperäinen voimansiirto on toteutettu ketjuilla ja hammasrattailla. Sen ongelmana on nopea kuluminen, jonka takia ketjut joudutaan vaihtamaan kaksi kertaa vuodessa.</p> <p>Opinnäytetyössä tutustutaan alussa yleisesti voimansiirron eri osiin ja menetelmiin. Tämän jälkeen perehdytään painokoneen nykyiseen voimansiirtoon ja tutkitaan sen mahdollisuuksia sekä rajoitteita. Seuraavaksi ryhdytään mitoittamaan uusia hammashihnoja ja hihnapyöriä. Samalla voimansiirtoon hankitaan uusi kulmavaihde, jonka tarkoitus on korvata vanha edeltäjänsä. Prosessin lopussa kaikki uudet tarvittavat osat ovat määritetty ja mitoitettu tilausta varten. Lopuksi käydään läpi kesä-heinäkuussa tapahtuva asennus ja tarkastellaan saatuja tuloksia.</p> <p>Tulokset olivat järkeviä ja toteutuskelpoisia. Kaikki tarvittavat osat saatiin mitoitettua ja ne löydettiin yrityksiltä osien tilausta varten. Projekti voidaan toteuttaa opinnäytetyön suunnitelman mukaisesti.</p>					
Asiasanat (avainsanat) Voimansiirto, kulmavaihde, hammasratas, hammasketju, hammashihna, hammashihnapyörä					
Sivumäärä 25 + 5	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%;">Kieli</td> <td style="width: 33%;">URN</td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td>URN:NBN:fi:mamk-opinn201091194</td> </tr> </table>	Kieli	URN	Suomi	URN:NBN:fi:mamk-opinn201091194
Kieli	URN				
Suomi	URN:NBN:fi:mamk-opinn201091194				
Huomautus (huomautukset liitteistä)					
Ohjaavan opettajan nimi Markku Kemppi	Opinnäytetyön toimeksiantaja Sakari Vuorinen Huolto ja kunnossapito Insinööri, AMK St Michel Print Oy				

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis	
Author(s) Mika Kasurinen		Degree programme and option Machine and industrial technology	
Name of the bachelor's thesis Designing power transmission for printing presses cooling carriages.			
Abstract <p>The objective of this thesis was to study and design a power transmission for printing presses cooling carriages in the St Michel Print Inc. printing house in Mikkeli. The objective was to use belt drives. The original power transmission has been accomplished by sprockets and chains. The main problem in old design is that the chains wear out and stretch too much in short time. The chains and sprockets must be replaced two times in a year.</p> <p>The beginning of this thesis discusses power transmissions in general. After that I describe the present power transmission. Next step was to choose the new belts and beltsprockets and a new anglegear for the transmission by making calculations. In the end of the thesis all of the new belts and beltsprockets were chosen and dimensioned. The last chapters consist of going through the assembly, which will take place between June and July.</p> <p>The results were reasonable and good for putting into practise. All the necessary parts were found from different corporations. The project can be implemented by using this plan.</p>			
Subject headings, (keywords) Power transmission, anglegear, sprocket, chain, belt, beltsprocket			
Pages 25 + 5	Language Finnish	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn201091194	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Markku Kemppi		Bachelor's thesis assigned by Sakari Vuorinen Maintenance Engineer St Michel Print Oy	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	LÄNSI-SAVO KONSERNI JA ST MICHEL PRINT OY	2
3	VOIMANSIIRRON MENETELMÄT	3
3.1	Akselit.....	3
3.2	Hammasvaihteet	4
3.2.1	Lieriöhammasvaihteet.....	5
3.2.2	Kartiohammasvaihteet	6
3.2.3	Kierukkavaihteet	7
3.3	Ketjuvälitykset.....	7
3.3.1	Ketjut	9
3.3.2	Ketjupyörät	10
3.3.3	Kiristyspyörät.....	11
3.4	Hihnavälitykset.....	11
4	HAMMASHIHNAAN MÄÄRITYS	14
5	HAMMASHIHNAAPYÖRIEN VALINTA.....	16
6	KULMAVAIHTEEN MÄÄRITYS	21
7	HIHNOJEN PITUUDEN MÄÄRITYS	22
8	ASENNUS	23
9	YHTEENVETO	25
	LÄHTEET	
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä paneudutaan painokoneen jäähdytystelosten voimansiirron suunnitteluun mikkelilässä St Michel Print Oy:ssä. Kyseinen painokone on suunniteltu painamaan ohkopaperille. Nykyinen voimansiirto on toteutettu ottamalla tehovalta-akselilta ja johdattamalla se kulmavaihteen läpi variaattorivaihteelle, ja tätä kautta jäähdytysteloille. Välytykset on toteutettu hammasrattailla ja ketjuilla. Tämän ratkaisun ongelma on kuitenkin se, että ketjut venyvät ja kuluvat paljon jo muutamassa kuukaudessa. Tästä johtuen ketjuja joudutaan kiristämään usein, sekä ne joudutaan vaihtamaan kaksi kertaa vuodessa kokonaan uusiin.

Opinnäytetyön tarkoitus on suunnitella voimansiirto uudelleen niin, että hammasratat ja ketjut korvataan hammaspyörillä ja hammashihnoilla. Hammashihnat kestävät rasitusta paremmin, eivätkä veny kuten ketjut. Tästä johtuen hammashihnoja ei tarvitse kiristää kuin harvoin, ja niiden elinikä on paljon suurempi. St Michel Print Oy haluaa myös, että kulmavaihte uusitaan, koska se on hyvin vanha, ja huonokuntoinen.

Opinnäytetyön alussa tutustutaan hieman St Michel Print Oy:n toimenkuvaan ja siihen millainen se on yrityksenä. Tämän jälkeen käydään läpi hieman yleistä teoriaa voimansiirron eri menetelmistä ja osista, kuten esimerkiksi akseleista ja vaihteista. Opinnäytetyön käytännön osiossa määritetään oikea hammashihnatyyppi ja sille sopivat hammashihnapyörät. Tämän jälkeen määritetään sopivaa kulmavaihdetta, sekä määritetään hammashihnojen pituudet. Lopuksi yhteenvetona tarkastellaan saatuja tuloksia ja käydään läpi osien asennus.

Työn lähtökohtaa vaikeuttaa se, että minkäänlaisia mittoja tai piirroksia painokoneen jäähdytystelajärjestelmästä ei ollut. Myöskään niiden pyörittämiseen vaativaa tehoa ei ollut tiedossa. Tämä johtuu siitä, että voimansiirtoakseli, josta teho saadaan, pyörittää koko painokonetta. Työn aluksi oli käsin mitattava järjestelmästä kaikki tärkeät mitat, kuten tilantarpeet, akselit, hammasrattaiden halkaisijat ja hammasluvut, ketjujen pituudet ja akselien etäisyydet.

2 LÄNSI-SAVO KONSERNI JA ST MICHEL PRINT OY

St Michel Print Oy on Länsi-Savo-konsernin tytäryhtiö. Emoyhtiö tytäryhtiöineen muodostaa maakunnallisen viestintäkonsernin, johon kuuluu myös Etelä Savon viestintä Oy, Etelä Savon paikallislehdet Oy, Itä-Savo Oy, Järvi Savon viestintä Oy, Kariikon Autotalo Oy ja ESV-Julkaisut Oy. Emoyhtiö on perustettu vuonna 1888 ja seuraavana vuonna alkoi yhtiön kustantaman lehden säännöllinen ilmestyminen. Sanomalehtien kustantaminen muodostaa edelleenkin Länsi-Savon toiminnan kulmakiven. Yhtiö toimii yhteistyössä muiden maakuntalehtien kanssa. Länsi-Savo-konsernin liikevaihto oli vuonna 2008 61,1 miljoonaa euroa. Konserni työllistää kokopäiväisiä henkilöitä 310 ja osa-aikaisia lehdenjakajia 140. Kirja- ja lehtipaino sijaitsevat Mikkelissä Kirjalan kaupunginosassa melko lähellä Mikkelin keskustaa. /1/.

Länsi-Savo on eteläsavolainen maakuntalehti, joka ilmestyy 7 kertaa viikossa. Konsernilla on myös toinen sanomalehti Itä-Savo, joka ilmestyy Savonlinnassa. Länsi-Savon levikki on noin 25700. Lukijoita lehdellä on noin 62000. Peittoalue Mikkelissä on noin 67 % ja Mikkelin markkina-alueella 61 %. /1/.

St Michel Print Oy on täysin ohkopaperiin erikoistunut painotalo. Se painaa sekä päällystetyille, että päällystämättömille 25 - 60 g/m² ohkopaperilaaduille yksiväriteknikalla. Sitomo pystyy pehmeä-, ja kovakantiseen tuotantoon. Tärkeimmät tuotteet ovat Raamatut, Uudet testamentit, virsikirjat, lakikirjat, luettelotyypiset manuaalit sekä sanakirjat. Yli 90 % tuotannosta menee ulkomaille vientiin 30 eri maahan. Yhtiö mitoittaa palvelut yksilöllisesti jokaisen asiakkaan tarpeisiin. Myös tietokantajulkaisut kuuluvat yhtiön tuotteisiin, joilla he tarjoavat lisäarvoa asiakkaiden liiketoimintaan. /2/.

St Michel Print Oy:n liikevaihto vuonna 2008 oli 6,1 miljoonaa euroa. Yhtiö on pysynyt hieman vähentämään dollaririippuvaisuuttaan, mutta dollari on silti sen yleisin laskutusvaluutta. Valuuttakurssien epäsuotuisiin vaihteluihin on pyritty suojautumaan erilaisten rahoitusinstrumenttien avulla. Näin pyritään pienentämään tulokseen heijastuvia kurssivaihteluita. /3/.

Koneistona yhtiöllä on käytössä kolme Timson T32 painokonetta. Niillä pystytään ajamaan yksiväritekniikalla erilaisille paperin leveyksille. Ohutpaperin etuihin kuuluvat sen kestävyys, se perustuu kemikaaliseen paperimassaan, joka sisältää ehjiä puukuituja. Ohutpaperi on myös käyttäjäystävällistä, sillä sen avulla saadaan mahtumaan suuri määrä tietoa ja sivuja yhteen kirjaan. Tämä on myös taloudellista, koska se mahdollistaa 2-3 painoksen kirjat mahtumaan vain yhdelle kirjalle. Ohutpaperi on myös perinteinen valinta kirjoille, jotka vaativat arvokkuutta, kuten esimerkiksi uskonnolliset kirjat. /3./

3 VOIMANSIIRRON MENETELMÄT

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käydään läpi voimansiirron menetelmiä. Pääasiassa tutustutaan opinnäytetyöhön liittyviin voimansiirron menetelmiin. Tutustutaan akseleihin ja niiden toimintaa. Käydään läpi erilaiset hammasvaihteet, sekä ketju- ja hihnavälilytykset.

3.1 Akselit

Koneiden päätoiminnot toteutetaan osilla, jotka on suoraan tai välillisesti liitetty pyörivään akseliin. Hiomakoneen laikka, polttomoottorin mäntä, kuorma-auton vetävä pyörä, junanvaunun pyöräpari ja nopeusmittarin neula ovat esimerkkejä osista, joiden toimintaan liittyy keskeisesti jonkin tyyppinen akseli. /4, s. 319./

Tehonsiirtoakselit kuuluvat jäykkiin akseleihin ja niitä on kahdenlaisia, kampiakselit ja suorat tehonsiirtoakselit. Liikkeen ohjauksen lisäksi ne siirtävät tehoa pyörimisliikkeen ja kiinnitysosien kehävoiman tuottaman vääntömomentin ansiosta. Jäykän akselin laskeminen, mitoitus ja suunnittelu ovat koneensuunnittelijan tavallisimpia konstruktioehtäviä. /4, s. 319./

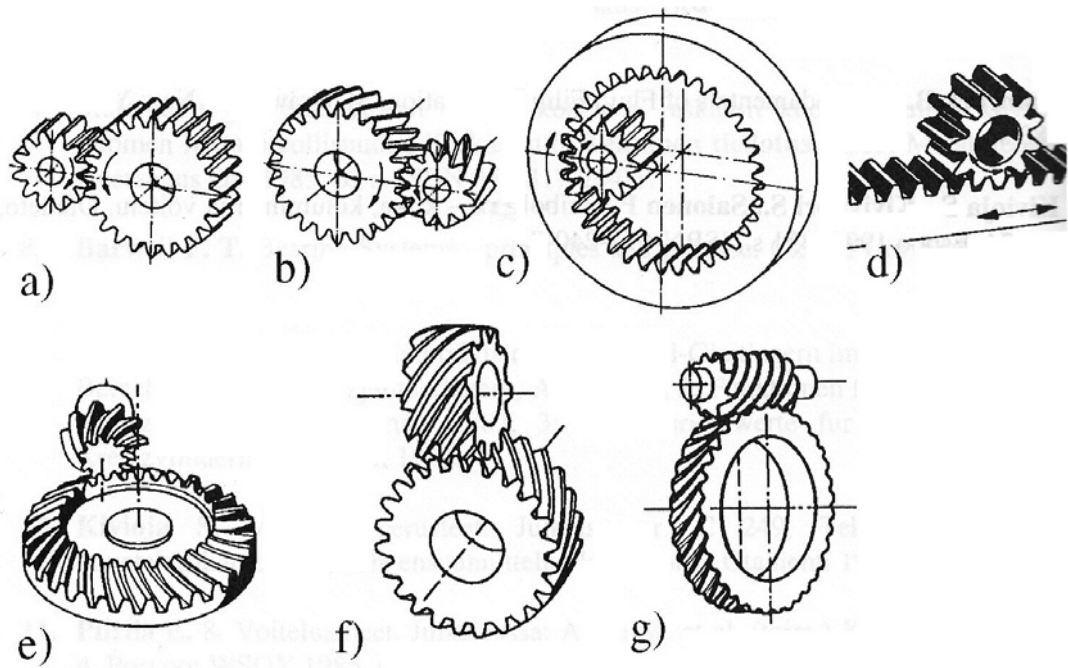
Ulkoisen kuormitus välittyy tehonsiirtoakseliin laakereista sekä erilaisista napa- ja laippaliitoksista. Yleensä primäärikuormituksena on poikittaisia ja aksiaalisia voimia, jotka aikaansaavat akseliin vain kevyen veto- tai puristusrasituksen. Momenttivarsien-
sa kautta voimat synnyttävät taivutus-, kaato- ja vääntömomenttikuormia, jotka rasit-
tavat akselia leikkausvoimilla sekä taivutus- ja vääntömomenteilla. /4, s. 325./

Akselinlaskennassa huomio kiinnitetään yleensä taivutusjännityksiin, mutta vääntö-
jännityksiä ei voida kuitenkaan unohtaa. Jos muodonmuutokset halutaan tarkistaa,
akselista lasketaan vääntymä, taipuma ja laakerisijojen kaltevuus tai yleisemmin tär-
keissä kohdissa kimmoviivan kaltevuuskulma. /4, s. 325./

Ulkoisen kuormituksen voi tarvittaessa jakaa perus-, jakso- ja kiihdytyskuormituk-
seen. Pumput, kompressorit ja puhaltimet kuormittavat sähkömoottorin akselia melko
tasaisesti, täten laitteiden tehontarpeesta voi helposti määrittää akselin peruskuormi-
tuksen. Murskaimien, ruohonleikkurien ja työstökoneiden akseleilla esiintyy huomaa-
tavia jaksokuormituksia, joiden määrittäminen ilman kenttämittauksia voi olla vaike-
aa. Käsikirjoissa ja kytkimien tuoteluetteloissa on annettu sysäyskertoimia, joilla pe-
ruskuormitus kerrotaan jaksokuormituksen arvioimiseksi. Jos pyörimisnopeutta kiih-
dytetään tai hidastetaan, moottori tai jarru voi tuottaa moninkertaisen vääntömomentin
perus- ja jaksokuormitukseen verrattuna. /4, s. 325./

3.2 Hammasvaihteet

Hammaspyörien aihiona on joko lieriö tai kartio, johon hampaat valmistetaan. Ham-
maspyörät voi olla ulko- tai sisähammastettuja suora- tai vinohampaisia pyöriä. Jos
halutaan muuttaa aksiaaliliike rajalliselle kulma-alueelle rajoittuvaksi pyörimisliik-
keeksi tai päinvastoin, käytetään hammaspyörä-hammastanko yhdistelmää. Jos taas
akselit ovat risteävässä asemassa toisiinsa nähden, voidaan välitys toteuttaa kartiopyö-
riä, ruuvipyöriä tai kierukkavälitystä käyttäen. Pääsääntöisesti akselien kulma on 90°.
Kartiopyöriä käytetään pienillä välityssuhteilla ja suurilla tehoilla. Kierukkavaihteen
etuna on suuri välityssuhde yhden pyöräparin välillä. /4, s. 490./



Kuva 6.1-1. a) Suorahampainen lieriöpyöräpari
 b) Vinohampainen lieriöpyöräpari
 c) Sisähammastettu lieriöpyörä
 d) Hammaspyörä-hammastanko
 e) Kartiohammaspyöräpari
 f) Ruuvipyöräpari
 g) Kierukka ja kierukkapyörä.

KUVA 1. Hammaspyörätyypit. /4, s. 490./

3.2.1 Lieriöhammasvaihteet

Lieriöhammasvaihteissa hammaspyörät ovat lähes poikkeuksetta vinohampaisia. Vinohampaisen pyörän etuna suorahampaiseen verrattuna on suurempi tehonsiirtokyky ja pienempi käyntiääni. Hampaan pituus kasvaa vinouskulman kasvaessa ja tästä johtuen tehonsiirtokyky paranee, vaikka pyörän leveys ei kasva. Käytännön mitoitusyöissä vinouskulman suuruutta rajoittaa laakerien kyky kantaa vinosta hammastuksesta aiheutuvaa aksiaalikuormaa. Käytännössä vinouskulma jää suhteellisen pieneksi, normaalisti $8^\circ - 15^\circ$. Silti laakerien valinta saattaa tuottaa vaikeuksia nykyisillä teho-
 tasoilla. Monesti joudutaan tinkimään kestoiästä. /4, s. 505./

Radiaalisen kuorman kantokykyvaatimus pakottaa valitsemaan huonosti aksiaali-kuormaa kantavia laakerityyppejä kuten laipallisia lieriörullalaakereita. Laakerit siis rajoittavat vaihteiden tehonsiirtokyvyn kasvattamista. Laakerien aksiaalikuormaa voidaan vähentää valmistamalla samalle akselille vinouskulmaltaan erikätiset hammaspyörät, jolloin aksiaalivoimat kumoavat toisensa. /4, s. 505-506./

Vinohampaisen pyörän etuna on se, että rynnössä on aina useampia hammaspareja yhtäaikaan, eikä hammaskuorma tule yhtäkkisesti koko hammasleveydelle vaan vähitellen yli hammaskyljen. Vinohampaisien pyörien parempi kuormitettavuus ja rauhallisempi käyntiäänäni johtuvat juuri kosketuseriaatteesta. /4, s. 508./

3.2.2 Kartiohammasvaihteet

Kartiohammaspyöräparin tärkein tehtävä on saada akselit risteävään asemaan toisiinsa nähden. Akselien välinen kulma on lähes aina 90° . Kartiohammaspyörä on vaikeampi valmistaa kuin lieriöpyörä, siksi se on myös kalliimpi. Tämän vuoksi kartiopyöräpari sijoitetaan vaihteeseen ensimmäiseksi, pienimmäksi portaaksi. /4, s. 536./

Kartiohammaspyöriä valmistetaan suora-, vino- ja kaarihampaisena. Hampaan muoto on suorakylkinen tai palloevolventti, jolloin hammaskylki on hampaan päässä kovera ja tyvellä kupera. Tällainen muoto sallii hieman akselikulmavirhettä. Kartiohammaspyörien menekki on melko vähäinen lieriöhammaspyöriin verrattuna. Tämä taas kohoittaa kartiopyörien hintaa vieläkin lisää. Hinta on myös pakottanut kiristämään standardointia valmistettavien erilaisten välityssuhteiden osalta. /4, s. 536./

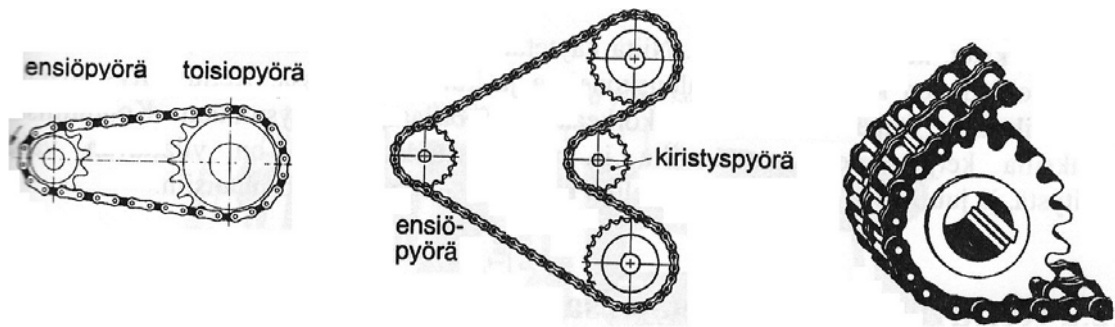
3.2.3 Kierukkavaihteet

Kierukkavaihde muodostuu kierukasta ja kierukkapyörästä. Kierukkavaihteen avulla saadaan yhdellä portaalla aikaan melko suuriakin välityssuhteita. Suurilla pyörimisnopeuksilla välityssuhde $i = 5 - 15$ ja hitaasti pyörivissä vaihteissa $i = 5 - 70$. Kartio- ja lieriöhammaspyörillä portaan maksimivälityssuhde on 5 huomioon ottamatta 1-portaisten vaihteiden suurimpia valmistettavia välityssuhteita 6,3 ja 7,1. Välityssuhteen kasvaminen pienentää ensiöakselin halkaisijaa, joka näkyy myös kierukkavaihteiden tehonsiirtokyvyssä. Vaikutus ei ole kuitenkaan niin paljon kuin muilla vaihde-tyypeillä, koska kierukka on aina parempaa materiaalia (hiilletyskarkaistua terästä) kuin kierukkapyörä, jonka hammaskehä on esim. tinapronssia. /4, s. 546./

Kierukkavaihteet vaimentavat värähtelyä muita hammasvaihteita enemmän. Tasaisella kuormituksella kierukkavaihde pystyy kilpailemaan hammasvaihteen kanssa vain pienillä tehoilla ja suurilla välityssuhteilla. Nykyisillä kierukkavaihteilla hyötysuhde on noin 90 % riippuen välityssuhteesta. Kierukkavaihde sopii erityisesti esim. sahateollisuuden koneisiin, joiden kuormitus on epätasainen tai iskumainen. Näissä koneissa kierukkavaihteen muita hammasvaihteita huonompi hyötysuhde ei haittaa, koska kuormitus on pieni. /4, s. 563./

3.3 Ketjuvälitykset

Ketjuvälityksellä tarkoitetaan ketjupyörien ja ketjun yhdessä muodostamaa välitystä, jossa myös olla useita ketjupyöriä ja ketjuja rinnakkain. Ketjuvälitystä nimitetään yleisesti ketjukäytöksi, joskus myös ketjuvaihteeksi. Yleisimmät ketjut ovat yksi-, kaksi-, tai kolmirivisiä. /4, s. 569./



a) vaakasuora avovälitys b) moniakselivälitys kiristyspyörällä c) kaksirivinen ketju

KUVA 2. Ketjuvälityksiä. /4, s. 569./

Ketjuvälitystä on pidetty vanhanaikaisena. Sillä on kuitenkin korvaamattomia ominaisuuksia. Myös sen osien tarkkuus ja laatu ovat kehittyneet. Rullaketjussa ketjupyörään tukeutuva osa on pyörivä, karkaistu rulla, joka on sidottu sivulevyillä seuraavaan rullaan. Ketjuvälityksen tehonsiirtokyky riippuu ketjun laadusta, ei ketjupyörän. Ylikuormituksessa ketjupyörä ei tuhoudu, vaan ketju katkeaa. Ketjuvälitys voi yhdistää kaksi tai useampia akseleita. Ketjuvälitykselle on ominaista, että ensiö- ja toisioakselit ovat yhdensuuntaiset ja yleensä vaakasuorassa. Ketjuvälitykset täydentävät ja muodostavat osittain kilpailevan vaihtoehdon hammaspyörä- ja hihnavälityksille. Kun hammasvaihde on jäykkä ja vaatii yleensä joustavan kytkimen akseleille, ketjuvälitys on jonkin verran joustava. Hihnavälitykseen verrattuna voidaan välittää suurempia voimia ja, erityisesti kun tilaa on vähän, toteuttaa suurempi välityssuhde. /4, s. 569./

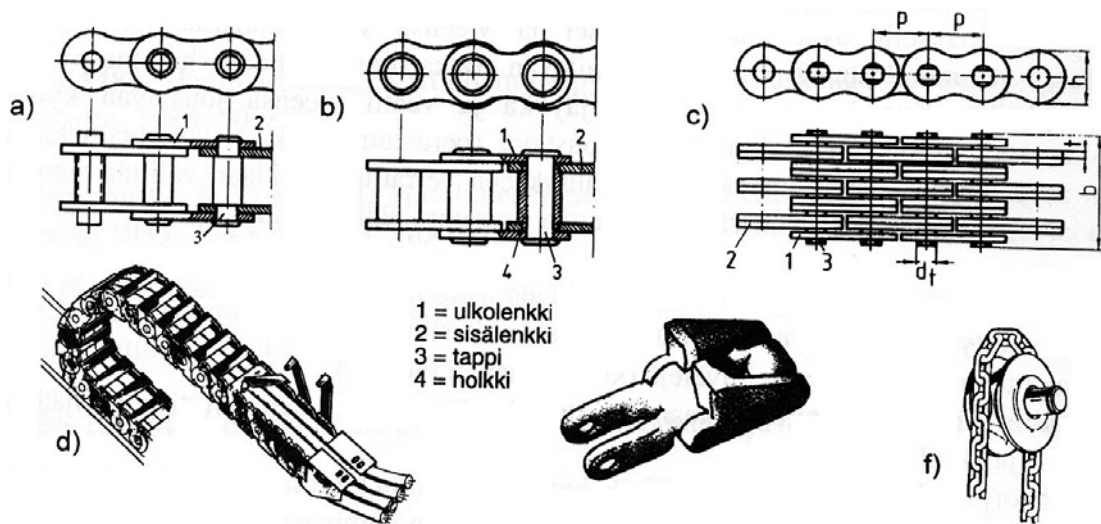
Ketjuvälityksen ominaisuuksia arvioitaessa voidaan luetella erityisesti seuraavat hyvät puolet. Jossain tapauksissa välitys on jonkin verran joustava, mutta luistoa ei esiinny. On mahdollista toteuttaa pitkiä akselivälejä. Ketjuvälitys ei vaadi esikiristystä, joten välityksen ylläpitäminen on helpompaa laakeri- ja akselikuormituksilta. Hyötysuhde on parhaimmillaan 98 % ja hitailla nopeuksilla jopa 99 %. Vaatimukset asennustarkkuudelle ovat pienemmät kuin hammaspyörillä. Ketjuvälitykset toimivat huonoissakin olosuhteissa, kuten mudassa ja hiekassa, mutta kuluvat nopeasti. Ne ovat melko yksinkertaisia ja halpoja, sekä standardi osat ovat hyvin saatavilla kaikkialla. /4, s. 569-570./

Ketjuvälityksien huonoja puolia ovat välityssuhteen vaihtelut. Välyksiä ei myöskään pystytä täysin poistamaan ja ne lisääntyvät kulutuksen myötä. Ketjuvälityksiä voidaan soveltaa vain yhdensuuntaisille akseleille. Osien kuluminen ja ketjujen venyminen rajoittaa välityksen käyttöikä. Ketjut tuottavat myös melua ja ne tarvitsevat voitelua. /4, s. 570./

Ketjuvälityksien käyttö alueet ovat laajat ja ne vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan. Niitä käytetään voima- ja työkoneissa, työstökoneissa, tekstiiliteollisuuden koneissa, maatalouskoneissa ja kuljetuslaitteissa. Ketjuvälitys sopii myös vaikeisiin ympäristöihin, kuten korkeisiin lämpötiloihin ja öljysumuun. Jos nopeudet eivät ole liian suuria, ketjupyörien materiaalilla ja valmistustarkkuudella on yllättävän pieni merkitys sen toimivuuteen. Tämän takia se soveltuu hyvin esimerkiksi kehitysmaolosuhteisiin erittäin hyvin. /4, s. 570./

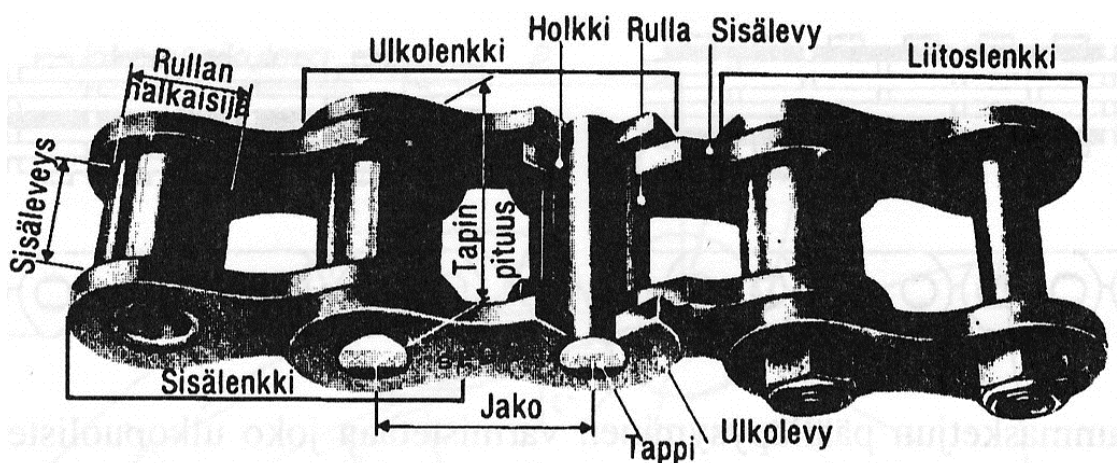
3.3.1 Ketjut

Ketjun rakenne vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan. Yleisin voimansiirtoketju on rullaketju, mutta myös hammasketjuja käytetään. Rullaketjut ovat standardisoitu ja niitä on saatavana eurooppalaisen ja amerikkalaisen normin mukaisena. Rullaketjun nopeus on normaalisti 7 - 12 m/s, mutta hyvissä olosuhteissa voidaan sallia huomattavasti suurempikin nopeus. Hammasketjussa taas voima siirretään hampaanmuotoisten lenkkien avulla. Hammasketjun edut ovat samat, kuin rullaketjun, kun sitä verrataan hammaspyöriin tai hihnavälityksiin. Sen etuihin voidaan kuitenkin lisätä soveltuvuus suurille kuormituksille ja suurempi maksiminopeus ketjulle. Myöskin sen tasaisempi käynti on hiljaisempaa ja hyötysuhde hitailla nopeuksilla on jopa 99 %. /4, s. 571./



a) tappi- b) holkki- c) levykimppu- d) energiansiirto- e) kuljetin- f) nostokoneenketju

KUVA 3. Ketjutyyppjä. /4, s. 570./



KUVA 4. Rullaketjun osat. /4, s. 571./

3.3.2 Ketjupyörät

Standardoiduille ketjuille on standardoidut ketjupyörät. Ne on valmistettu yleisimmin leikkaamalla levystä, valamalla tai koneistamalla. Yleisimmät materiaalit ovat valurauta, rakenne-, hiilletys- ja valuteräs. Mitä suurempi ketjun nopeus on, sitä kovempaa pintaa ketjupyörälle tarvitaan. Ketjupyörien hammaslukualueet ovat 9 - 150, mutta ensisijaisesti käytetään suositeltuja hammaslukuja. Valinnassa täytyy ottaa huomioon monia asioita, kuten ketjun nopeus ja käynnin tasaisuus. On kannattavaa valita pienempään pyörään pariton luku joka on myös jaoton, kuten 17 tai 19, koska tällöin

ketjulenkit eivät joudu jaksollisesti ryntöön samojen hampaiden kanssa ja kuluminen on tasaisempaa. /4, s. 573./

3.3.3 Kiristyspyörät

Kiristyspyöriä tarvitaan ketjuvälityksissä, kun ketjupyörien akseliväliä ei pystytä muuttamaan. Myös silloin jos ketjupyörien keskinäinen asento on huono tai rakennetaan moniakselivälityksiä. Kiristämällä saadaan ketju sovitettua akseliväliin ja näin voidaan kompensoida ketjun kulumista ja lämpötilasta johtuvaa ketjun pituuden muutosta. Kiristys asennetaan aina ketjun paluupuolelle, koska siellä löysä ketju pyrkii kiertymään ketjupyörän mukana, kunnes se saattaa ponnahtaa irti. Kiristyspyörä voidaan asentaa paikoilleen epäkeskon avulla. On mahdollista käyttää myös jousikuormittuja kiinnityselementtejä, jotka säätävät automaattisesti. Ajoneuvojen moottoreissa käytettyjä kiristyspyöriä voidaan kiristää hydraulisesti. Kiristyselementteinä on mahdollista käyttää myös erilaisia rullia ja painimia. /4, s. 574-575./

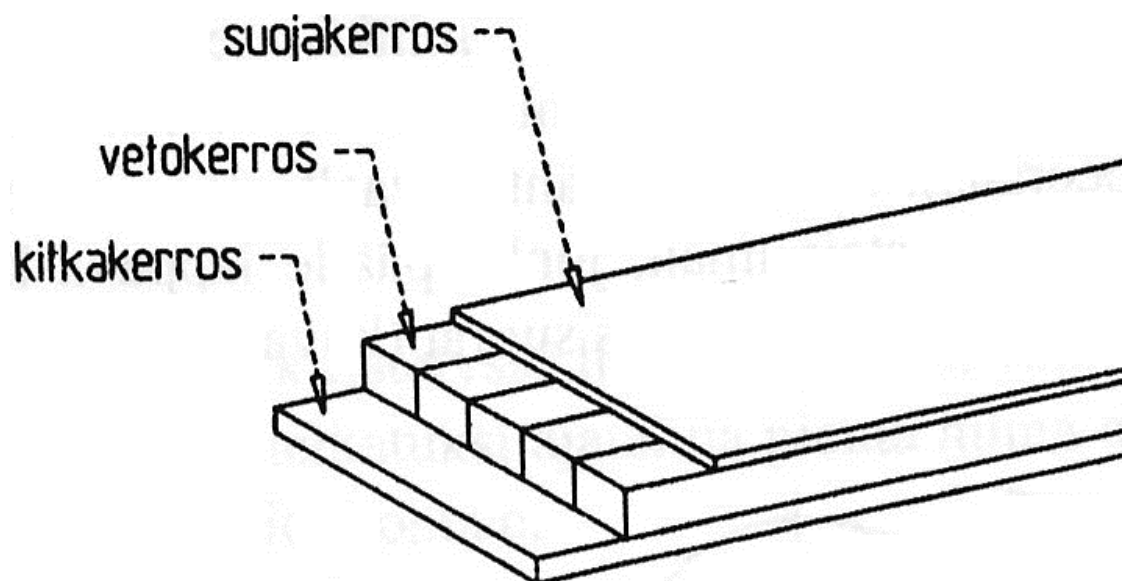
3.4 Hihnavälitykset

Hihnavälityksiä on olemassa latta-, kiila- ja hammashihnavälityksiä. 1900-luvun alussa käytettiin valta-akselikäyttöjä, mutta niistä on siirrytty erilliskäyttöihin, joissa työkonetta käytetään erillisillä sähkömoottoreilla ja kiilahihnavälityksillä. Latta- ja kiilahihnavälityksissä on aina pientä liukumaa ja jättämää, tämän takia on kehitetty hammashihna, jossa näitä ongelmia ei esiinny. Hammashihna on rakenteeltaan hihna, mutta toiminnaltaan muistuttaa ketjua. Kuitenkin jokaiselle näille kolmelle eri hihnatyypille löytyy hyviä käyttökohteita teollisuudesta. Hihnavälityksen käyttökohteita ovat esimerkiksi työstökoneet, tekstiiliteollisuuden koneet, puhaltimet, murskaimet, seulat, maatalouskoneet, sekoittimet, myllyt, paperikoneet, raamisahat, vetokoneet, puristimet, kompressorit ja kuljettimet. /4, s. 586./

Nykyaikaiset lattahihnat valmistetaan yleisemmin kerrostettuna komposiitti rakenteena. Kitkapintana voi olla kumi, krominahka tai polyuretaani. Vetoa välittävä kerros on yleensä valmistettu liimaamalla päällekkäin ohuita polyamidikalvoja, myös kevlaria käytetään joskus. Jos kitkapinnoite on vain toisella puolella, uloimpana suojaavana kerroksena käytetään elastomeeriä tai polymeeriä. /4, s. 590./

Kiilahihnan toimintaperiaate perustuu siihen, että hihnan sivupinnat koskettavat hihnapyörän urien sivupintoihin. Hihnaa kiristettäessä sivupintoihin muodostuu puristusvoima, joka on kapeilla kiilahihnoilla noin 1,54 kertainen lattahihnan kosketusvoimaan verrattuna. Tämän takia hihnan kireyden ei tarvitse olla yhtä suuri kuin lattahihnoissa. Kiilahihnassa on lattahihnan tapaan vankat vetoa kestävät langat, mutta kiilamainen muoto vaatii lisäksi paljon kumia täytteeksi. Tämä lisää hihnan painoa, jonka takia hihnasta tulee hieman lattahihnaa painavampi. Tämä johtaa siihen, että sallittavat kehänopeudet jäävät myös alhaisemmaksi. Kiilamainen muoto vaikuttaa myös hihnan käyttäytymiseen siten, että hihnan kiristyessä se uppoaa syvemmälle uraan ja hihna ja ura hankautuvat toisiaan vastaan. Tämä lisää kulutusta ja hihnoja on kiristettävät melko usein. /4, s. 594./

Latta- ja kiilahihnavälityksien etuina on mahdollisuus suureen akseliväliin, eikä akseliväliin tarvitse olla niin tarkka, kuin hammaspyörillä. Rakenteista tulee yksinkertaisia ja halpoja. Hihnat vaimentavat nykäyksiä ja iskuja, ja täten suojaavat konetta. Huolto ja asentaminen on helppoa. Lisäksi käyntiääni on hiljainen ja saavutetaan hyvä hyötysuhde. Huonoina puolina voidaan luetella hihnavälityksen luisto ja jättämä. Hihnat joudutaan myös esikiristämään, joka lisää ylimääräistä akseli- ja laakerikuormaa. Hihnat vaativat myös enemmän tilaa, kuin esimerkiksi ketjuratkaisut. Toiminta on myös altista ympäristölle, jos käyttöolosuhteet muuttuvat paljon, toiminta voi olla epävarmaa. /4, s. 587./



KUVA 5. Kerroshihnan rakenne. /4, s. 590./

Hammashihnojen rakenne vaihtelee, mutta veto niissä välitetään aina langoilla. Veto-langat valmistetaan yleisimmin lasikuidusta, kevlarista tai teräksestä. Hihnan geometrisen muodon takia, sillä ei esiinny jättämää eikä luistoa. Siksi se soveltuu erittäin hyvin kohteisiin, jossa käyttävän ja käytetyn akselin tulee olla tahdistettu. Hammashihnan käyttö on yleistynyt myös muissa kohteissa, ja sillä usein korvataan ketju käyttöjä. Hammashihnoja ei tarvitse huoltaa eikä rasvata, ja pienillä käyttönopeuksilla ne ovat hiljaisempia kuin ketjut. Mutta myös suuret nopeudet ovat mahdollisia hihnan keveyden ansiosta. Tällöin päästään myös suureen tehonsiirtokykyyn. Etuna latta- ja kiilahihnaan nähden hammashihna vaatii vain pienen esikiristysvoiman, jolloin myös laakerikuormitus on pieni. Hammashihnoja käytetään esimerkiksi työstökoneissa, kuljettimissa ja kirjapainoteollisuuden koneissa. /4, s. 604./



KUVA 6. Hammashihna. /5, s. 10./

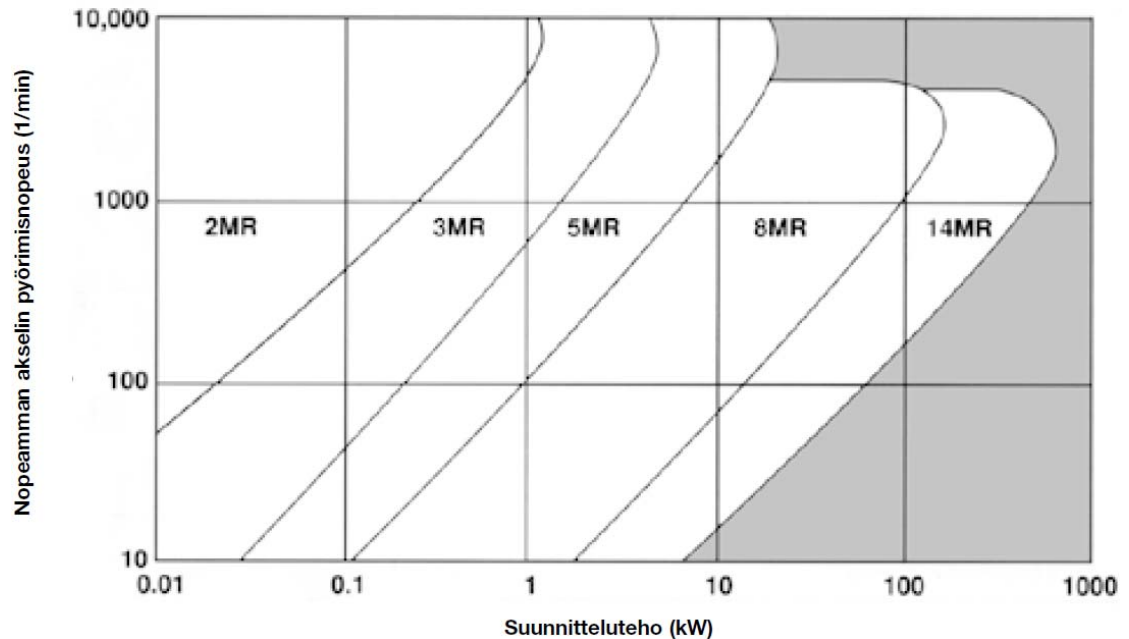
4 HAMMASHIHINAN MÄÄRITYS

Tällä hetkellä Timson 2 painokoneen jäähdytystelaston voimansiirrossa käytössä oleva hammasratasketju on tiedoiltaan Rexnord Rexpro 3/8" 06B-1. Standardin vaatima murtolujuus tälle ketjulle on minimissään 9000 N. Ketjun todellinen murtolujuus on kuitenkin tätä arvoa korkeampi. Ketjutyyppejä on melko yleinen ja sitä saa hankittua melko helposti. Lähtökohtana hammashihnalle oli St Michel Print Oy:llä toive käyttää hihnaa nimeltä PowerGrip GT2, jos vain mahdollista. Hihnan hampaiden jakoväli on 8mm ja hihnan leveys on 50mm.

Kyseinen hihna löytyy esimerkiksi SKS Mekaniikka Oy:n tuotteista. Hihnasta on myös tullut uudempi versio, nimeltään PowerGrip GT3, joka ominaisuuksiltaan korvaa GT2 hihnan. GT3-hihnan tehonsiirtokyky on 30% suurempi, kuin edeltänsä. Jaot 8 ja 14mm ovat vakiona sähköä johtavia ja ne on mahdollista saada silikonivapaana. Muina etuina luvataan myös halvempaa kokonaiskäyttöä, alentunutta äänitasoa ja parempaa hammaspitoa. GT3-hihna vaikuttaa lupaavalta, joten tarkastellaan soveltuuko se tähän projektiin. SKS Mekaniikan sivuilta löytyy hammashihnakäytön suunnitteluopas PowerGrip Gt3 hihnalle, jonka mukaan määritetään oikea jakoväli ja leveys. /4/.

Ensimmäisenä määritetään suunnitteluteho. Suunnitteluteho koostuu käyttökertoimesta ja vaaditusta tehosta, jotka kerrotaan toisillaan. Tässä tapauksessa, kun emme tiedä tarkkaa vaadittua tehoa, joudutaan tekemään arvio vaaditusta tehosta. Arvioni perustuu nykyisen järjestelmän sisältämien laitteiden suunnittelutehoihin. Järjestelmässä oleva kulmavaihde on Italiassa valmistettu DZ merkinen kulmavaihde, jonka tarkka tyyppi on DZ 30S - 3FAB. Maahantuojan kotisivut paljastavat sen kestäväksi suunnittelutehoksi 1,98 kw kierroksilla 600 rpm. /6/. Variaattorivaihde on taas Tshekkiläinen Tos Znojmo, jonka tarkka tyyppi on VA10B101-02. Se on valmistettu vuonna 1998. Sen suositeltu pyörimisnopeus on 500 kierrosta minuutissa, joka voidaan käsisäädöllä muuttaa ulostulossa suhteessa 1:3. Valmistajan kotisivujen mukaan suunnitteluteho tälle on 1,7 kw. /7/. Näistä kahdesta voimme päätellä, että jäähdytystelojen pyörittämiseen vaadittu teho on noin 2 kw.

Käyttökerroin haetaan suunnitteluoppaassa olevasta taulukosta. Kerroin määräytyy käytävän- ja käytettävän koneen, sekä käyttöajan mukaan. Painokonetta käyttää tasa-virtamoottori, ja koneen oletetaan olevan toiminnassa 24h/d, jolloin kertoimeksi muodostuu 2,0. Täten suunnittelutehoksi saamme 4,0 kw. Tämän jälkeen määritetään hammasjako käyttäen juuri laskettua suunnittelutehoa ja nopeinta pyörimisnopeutta.



KUVA 7. Hammasjaon valintakäyrästä. /5/.

Pyörimisnopeudet sijoittuvat välille 150 - 510 rpm, jolloin taulukossa osutaan kohdalle 8MR. Tämä tarkoittaa, että hihnan hampaiden jakoväli on 8 mm. Tämän jälkeen siirrytään hihnan leveyden määrittämiseen. Leveys määräytyy suunnitteluoppaasta löytyvän tehotaulukon mukaan. Taulukossa valitaan välityksen pienemmän pyörän hammasluku ja suurin pyörimisnopeus. Jäähdytystelaston voimansiirron pienimmän pyörän hammasluku tulee olemaan 38 ja sen pyörimisnopeus noin 300 rpm, jolloin tehoksi tulee 2,11 kw. Tämän jälkeen saatu teho kerrotaan korjauskertoimella, joka määräytyy hihnan leveyden mukaan. Tämä saatu teho tulee olla suurempi, kuin suunnitteluteho. Hihnan leveydellä 30 mm kerroin on 1,57 ja leveydellä 50 mm 2,73. Tällöin 30 mm hihnan tehoksi saadaan 3,3 kw ja 50 mm hihnalle 5,8 kw.

Saatu tulos kertoo, että kriittisimmässäkin kohdassa teho, jonka hihna pystyy välittämään, ylittää suunnittelutehon tasolle. Suuremmilla hihnapyörillä, suuremmissa nopeuksissa hihna kykenee siirtämään huomattavasti suurempia tehoja. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon vielä hihnojen pituudet, jos ne ovat hyvin lyhyitä tai pitkiä.

PowerGrip GT3 soveltuu erityisen hyvin käytettäväksi tähän voimansiirtoon. Sen ominaisuudet takaavat varman ja pitkän käyttöiän. Hihnaa on saatavilla myös kaksipuolisena, jossa hammastukset ovat molemmin puolin hihnaa. Tätä tarvitaan viimeisessä välityksessä, joka pyörittää jäähdytysteloja.

5 HAMMASHIHNAPYÖRIEN VALINTA

Tärkeintä hammashihnapyörien valinnassa on se, että pystytään välittämään jäähdytysteloille täysin sama pyörimisnopeus, kuin aikaisemminkin. Jäähdytystelojen pyörimisnopeus seuraa paperin kulkunopeutta painokoneessa. Paperin ratanopeus on noin 150 m/min. Myös tilantarpeet tulee ottaa huomioon, jotta hihnapyörät mahtuvat sopivasti paikoilleen. Liitteenä 1 kuva tämän hetkisestä voimansiirrosta, jossa numeroituna hammasrattaat. Alapuolella taulukko, joka sisältää nykyisten hammasrattaiden tiedot. (Taulukko 1).

TAULUKKO 1. Nykyisten hammasrattaiden tiedot.

<u>Hammaspyörä</u>	<u>Hammasluku</u>	<u>Rattaan jakohalk. (mm)</u>	<u>Akselin halkaisija (mm)</u>
1	40	165	81
2	30	120	20
3	16	60	25
4	20	75	20
5	25	100	20
6	16	60	25
7	12	50	20
8	16	60	25
9x2	25	98	40
10	37	147	40
11	37	145	60
12	37	145	60

St Michel Print Oy:llä ei ollut tietoa jäähdytysjärjestelmän pyörimisnopeuksista. Tästä johtuen pyörimisnopeudet tuli mitata käsin. Sain käyttööni pyörimisnopeuskäsimittarin nimeltä Danaher Controls: Dynapar HT50. Mittarilla pystyi mittaamaan pyörimisnopeuksia kahdella eri tavalla.

Ensimmäinen tapa oli valita sopivan kokoinen pyöreä kiekko mittarin päähän, ja painaa tämä kiekko pyörivään akseliin kiinni, jolloin mittari laskee, kuinka pitkän matkan sen oma kiekko kulkee minuutissa. Kun mittarin kiekon halkaisija ja mitattavan akselin halkaisija tiedetään, voidaan laskea mitattavan akselin pyörimisnopeus minuutissa.

Toinen tapa mitata pyörimisnopeuksia oli valita mittarin päähän kartionmuotoinen pää. Tämä työnnetään keskelle pyörivää akselia, esimerkiksi hammasrattaan keski-kohtaan. Tällöin mittari osoittaa, kuinka monta kertaa minuutissa sen oma pää pyörii akselinsa ympäri, joka on sama kuin mitattavan akselin pyörimisnopeus. Ahtaista väleistä johtuen, pyörimismittauksia pystyi suorittamaan vain muutamista kohdista, jolloin loput pyörimisnopeudet tuli laskea. Laskeminen onnistuu, koska hammasrattaiden hammasluvut olivat nyt tiedossa. Seuraavana taulukko mitatuista ja lasketuista pyörimisnopeuksista, kun ajetaan painokoneen maksimi tuotantonopeudella noin 150 m/min. (Taulukko 2).

TAULUKKO 2. Mitatut pyörimisnopeudet.

<u>Hammasratas</u>	<u>Pyörimisnopeus (rpm)</u>
1	509,8
2	690
3	kiristyspyörä
4	690
5	530
6	kiristyspyörä
7	466
8	kiristyspyörä
9x2	224
10	153
11	153
12	153



KUVA 8. Pyörimisnopeusmittari.

Ohessa on esimerkki ensimmäisen pyöräparin pyörimisnopeuden laskemisesta, kun käytetään käsimitarin pyöreätä kiekkoa. Mitattaessa valta-akselilta käsimitari antaa näytölle lukeman 1300 rpm. Tämän jälkeen ohjekirjan mukaan saatu 1300 rpm jaetaan kymmenellä, jolloin saadaan matkaksi 130 m/min. Seuraavaksi lasketaan mitattavan akselin halkaisijan ympärysmitta. Akselin halkaisija on tässä tapauksessa 81 mm, joten sen ympärysmitta on 254,5 mm. Lopuksi jaetaan pyörimisnopeus ympärysmittalla, jolloin saadaan akselin pyörimisnopeudeksi noin 510 rpm.

Saaduista pyörimisnopeuksista huomataan, että tällä hetkellä variaattorivaihteeseen tulee 530 rpm, mutta siitä lähtee 466 rpm. Tämä tarkoittaa sitä, että se on säädetty käsisäädöllä tiputtamaan kierroksia noin 64 rpm. Variaattorivaihteen optimi tilanne on se, että siihen tulee noin 500 rpm, jota voidaan ulostulossa halutessa laskea tai nostaa. Uudessa mitoituksessa yhtenä tarkastelukohtana voisi olla se, että variaattorivaihteen käsisäätöä jouduttaisiin käyttämään mahdollisimman vähän. Tällöin sen käyttöikä ja varmuus säilyvät hyvänä. Se myös lisää pelivaraa suunnitteluun, koska käsimitarilla mitatut pyörimisnopeudet eivät ole täysin tarkkoja lukemia.

SKS Mekaniikka Oy:n tuotteista ja palveluista löytyvät sopivat hammashihnapyörät sen tarjoamille hihnoille. Valikoimassa on esiporatut ja kartioholkkikiinnitteiset hammaspyörät. Nämä hihnapyörät sopivat PowerGrip GT3 hihnoille, sekä HTD hihnoille. Hammashihnapyörien valinnassa paneudutaan saavuttamaan halutut pyörimisnopeudet ja sopivat välitykset. Useamman, kuin kahden pyörän käytössä tulee hammashihnapyörät olla laipoitettuja. Kiristyspyöriä tulee käyttää vain sellaisissa sovelluksissa, joissa on pakko. Esimerkiksi sovellukset, joissa akseliväliä ei voida säätää, on kiristyspyöriä käytettävä. Kiristyspyörät on sijoitettava käyttävän pyörän paluu puolelle. Suurempi pyörän halkaisija pienentää laakeri- ja akselikuormia. /5/. Seuraavana taulukko uusista hammashihnapyöristä (Taulukko 3).

TAULUKKO 3. Valitut hammashihnapyöräkoot.

<u>Hihnapyörä</u>	<u>Hammasluku</u>	<u>Pyörän jakohalkaisija (mm)</u>
1	64	162,97
2	64	162,97
3	(kiristysp) 38	96,77
4	38	96,77
5	64	162,97
6	(kiristysp) 38	96,77
7	38	96,77
8	(kiristysp) 38	96,77
9x2	56	142,6
10	72	183,35
11	72	183,35
12	72	183,35

Uudet hammashihnapyöräkoot valittiin siten, että välityssuhteet pysyisivät mahdollisimman pieninä ja variaattorivaihteelle saataisiin sopiva kierrosnopeus, jota tarvitsee säätää käsikäädöllä mahdollisimman vähän. Tärkeimpänä, että jäähdytystelojen pyörimisnopeus säilyy entisessä arvossaan.

Uudessa mitoituksessa säästetään variaattorivaihteen säätöaluetta, sillä nyt sen kierrosnopeutta tarvitsee tiputtaa vain noin 13 rpm, entisen 64 rpm sijaan. Taulukossa (taulukko 4) olevat lopulliset pyörimisnopeudet saadaan siis, kun variaattorivaihteelta käsisäädöllä tiputetaan kierrokset arvosta 303 rpm, arvoon 290 rpm. Tällöin saadaan jäähdysteloille sama 153 kierrosta minuutissa, kuin alkuperäisessä ratkaisussa. Myös kulmavaihteeseen tulevia kierrosnopeuksia on saatu tiputettua roimasti alkuperäisestä. Tämä lisää myös kulmavaihteen kestävyyttä ja käyttöikää. Seuraavassa taulukossa (taulukko 4) saavutetut pyörimisnopeudet.

TAULUKKO 4. Uudet pyörimisnopeudet.

<u>Hihnapyörä</u>	<u>Pyörimisnopeus (rpm)</u>	<u>Lopullinen pyörimisnopeus (rpm)</u>
1	510	510
2	510	510
3	x	x
4	510	510
5	303	303
6	x	x
7	303	290
8	x	x
9x2	206	197
10	160	153
11	160	153
12	160	153

Seuraavana esimerkki ketjuvälitysten pyörimisnopeuksien laskemisesta. Voimansiirtoakseli pyörii nopeudella 510 rpm ja sen hammasluku on 40. Halutaan tietää millä nopeudella ketjupyörä kaksi pyörii, kun sen hammasluku on 30. Laskenta hoituu kaavalla:

$$n_1 * z_1 = n_2 * z_2 \quad n_2 = \frac{n_1 * z_1}{z_2} \quad n_2 = \frac{510 * 40}{30} = 680$$

Tulokseksi saadaan siis 680 kierrosta minuutissa. Käsimitarilla samasta kohdasta mitattuna pyörimisnopeudeksi saadaan 690 rpm. Tämä on suurin pyörimisnopeus mitä järjestelmässä on. Eroa lasketulla ja mitatulla arvolla on noin kymmenen kierrosta minuutissa. Tämä virhemarginaali tulee ottaa huomioon suunnittelussa. Pienemmillä pyörimisnopeuksilla mittarin virheet ovat pienempiä.

Erikoistapauksena järjestelmässä tulee olemaan ensimmäinen hihnapyörä, joka kiinnitetään valta-akseliin. Nykyinen hammasratas on erikoisvalmistettu, se on halkaistu keskeltä ja kiinnitetty pulteilla akselin ympärille. Samaa menetelmää joudutaan käyttämään uudelle hammashihnapyörälle, koska koko akselin purkaminen on liian vaativaa, jotta normaali hammashihnapyörä saataisiin pujotettua siihen kiinni. Akselia pystytään kuitenkin nostamaan hieman, jolloin hihnan pujotus akselin ympärille on mahdollista. SKS Mekaniikka Oy toimittaa erikoisvalmisteisia hammashihnapyöriä asiakkaiden toiveiden mukaan. Siellä kyetään valmistamaan sopiva hammashihnapyörä tähän kohteeseen.

Muiden pyörien määrittäminen tapahtuu kiinnityksen perusteella. SKS Mekaniikan mallistosta löytyy esiporattuja ja kartioholkkikiinnitteisiä hammashihnapyöriä. Jäähdytysjärjestelmän jokaisessa välityksessä on käytetty kiristyspyörää, koska akselivälilehti ei voida säätää. Tästä johtuen valitaan laipallisia hammashihnapyöriä. Hihnapyöräksi 2-10 valitaan esiporattuja hihnapyöriä. Hihnapyöräksi 11 ja 12 valitaan kartioholkkikiinnitteiset pyörät. Täydelliset tiedot valituista pyöristä löytyvät liitteestä 2, sekä SKS Mekaniikan hammashihnapyöräluettelo liitteestä 3.

6 KULMAVAIHTEEN MÄÄRITYS

Kulmavaihte on tällä hetkellä vielä täysin toimiva, mutta se on iältään jo hyvin riskialtis. Se on ollut käytössä jo kymmenen vuoden ajan. Iästä johtuen pidetään todennäköisenä sen hajoamista lähiaikoina. Tämän takia se halutaan vaihtaa uuteen, ennen kuin se aiheuttaa tuotannon pysähdyksen. Kulmavaihteesta ei löytynyt tietoa sen ominaisuuksista tai mallista. Luultiin myös, että saman valmistajan kulmavaihteita ei ole enää saatavissa.

Vanha kulmavaihte on siis Italiassa valmistettu DZ -merkkinen kulmavaihte. Käsillä pyörittämällä sen rattaita, voidaan todeta, että sen välityssuhde on 1:1. Kulmavaihteen valinnassa tärkeintä olisi löytää suunnilleen samankokoinen kulmavaihte, kuin vanha on. Myös suunnitteluteho ja kestävyys tulisi olla samaa luokkaa. SKS Mekaniikka Oy tarjoaa tuotteissaan esimerkiksi Tandler merkkisiä kulmavaihteita. Niitä on ominaisuuksiltaan hyvin samankaltaisia kuin vanha DZ. Tandler vaihteiden ulkomuodot ovat kuitenkin melko erilaiset, ja niiden kiinnitysreiät ovat eri kohdissa.

Vanhan kulmavaihteen tiedot onnistuttiin löytämään internetistä. Tarkkaa mallia ei ollut tiedossa, joten oli yritettävä päätellä tietojemme perusteella oikea malli. Oikea malli kuitenkin löytyi, kun karsittiin vaihtoehtoja välityssuhteen, pyörimissuuntien, akselien halkaisijan, pituuden ja leveyden avulla. Kulmavaihte on tarkalta malliltaan DZ 30S - 3FAB. Se kuuluu valmistajan kokoluokkaan kolme. Suunnittelu teho on kierroksilla 600 rpm noin 2 kw. Tiedot löytyivät yrityksen Konaflex Oy kotisivuilta. Samasta paikasta on mahdollista tilata uusi samanlainen kulmavaihte.

7 HIHNOJEN PITUUDEN MÄÄRITYS

Uudet hihnapituudet lasketaan akselivälien ja hihnapyörien halkaisijan perusteella. Ohessa esimerkki ensimmäisen hihnan pituuden laskemisesta välitykselle 1-2. Mitattu akseliväli on 350mm ja hammashihnapyörien jakohalkaisija 163mm. Tällöin hihnan pituus saadaan laskemalla $2*350\text{mm} + 2*\pi*163/2 = 1212$. Tämän jälkeen saatuun tulokseen lisätään akselivälin säätövara, kun hihna asennetaan laipallisille pyörille niiden ollessa akseleilla. Tämän suuruus vaihtelee sen mukaan, onko laipallisia pyöriä 1 vai 2, hihnan jakovälin mukaan, ja mihin suuruusluokkaan hihnan pituus asettuu. Tässä esimerkissä laipallisia pyöriä on yksi, hihnan jakoväli on 8 mm, ja hihnan pituus asettuu välille 1000-1780 mm. Tästä johtuen hihnan pituudeksi saadaan $1212+22+2,8\text{ mm} = 1237\text{mm}$. /5/. Seuraavana taulukko lasketuista ja valituista hihnapituuksista (taulukko 5), ja tilauskoodit liitteessä 4.

TAULUKKO 5. Lasketut ja valitut hihnapituudet.

<u>Välitys</u>	<u>Mitattu akseliväli (mm)</u>	<u>Vanhan ketjun pituus (mm)</u>	<u>Laskettu hihnan pituus (mm)</u>	<u>Valittu hihna (mm)</u>
1-2	350	1260	1237	1280
2-4	x	x	x	x
4-5	380	1120	1205	1280
5-7	x	x	x	x
7-9	330	865	1074	1120
9-10, 11, 12	630, 210, 405, 500	2420	2750	2800

8 ASENNUS

Uusi kulmavaihte asennetaan täysin samaan kohtaan, samoihin kiinnitysreikiin, kuin vanhakin. Tässä ei ilmene ongelmia, koska vaihteet ovat täysin samanlaisia. Ensimmäinen erikoishammaspyörä on valmiiksi porattu halkaisijaan 81 mm, ja sen asennus käy helposti kiinnittämällä se akselin ympärille pulteilla. Valta-akselia puretaan sen toisesta päästä kohdasta, jossa se on katkaistu kytkintä varten. Tämän jälkeen valta-akselia kyetään nostamaan hieman, jolloin saadaan pujotettua ensimmäinen hammashihna valta-akselin ympärille. On suositeltavaa samalla pujottaa myös vara hammashihna valta-akselin ympärille, sen varalta että hammashihna jostain syystä katkeaa.

Tällöin valta-akselia ei tarvitse purkaa uudestaan.

Hammashihnapyörät 2,4 ja 5 porataan halkaisijalle 20mm. Kyseiset pyörät asennetaan kiinni lukitusruuveilla, ja niihin koneistetaan kiilaurat. Kiristyspyörät 3,6 ja kahdeksan porataan halkaisijalle 20 mm, ja ne laakeroidaan.

Pyörä seitsemän on tällä hetkellä kiinnitettynä magneettikytkimeen. Kytkimen tarkoitus on mahdollistaa jäähdytystelojen pyörimisen pysäyttäminen tarvittaessa, vaikka painokone on muutoin käynnissä. Magneettikytkin on vioittunut, ja se halutaan poistaa järjestelmästä. Tästä johtuen magneettikytkimen tilalle rakennetaan variaattorivaihteen ulostulolle akselin jatke. Jatkeella päästään samalle etäisyydelle variaattorivaihteesta, kuin magneettikytkimen tuomalla pituudella. Tämän avulla säästytään järjestelmän loppupään muutostöissä. Akselia jatketaan noin 85 mm. Alkuperäisen akselin paksuus on 20 mm ja jatkeen paksuudeksi tulee 30 mm. Hihnapyörä kiinnitetään jatkettuun akseliin, ja akselin pää tuetaan pesälaakeriyksiköllä.



KUVA 9. Pesälaakeriyksikkö

Sopiva pesälaakeriyksikkö tähän tapaukseen löytyy Chaeffler Group:in INA merkisistä valurautaisista pesälaakeriyksiköistä. Tarkka tilaustunnus on RASEY30-JIS, laakeripesän tunnus on GG.P206 ja laakeri GYE30-KRR-B-FA107. Laakerin halkaisija on siis 30 mm. /8/.

Hammashihnapyörät yhdeksän, jossa on kaksi pyörää, kiinnitetään laakeroituun akseliin. Pyörä kymmenen porataan halkaisijaan 40 mm ja laakeroidaan. Tämän pyörän tarkoitus on kääntää toisen jäähdytystelan pyörimissuunta. Pyörät 11 ja 12 kiinnitetään kartioholkkimenetelmällä 60 mm akseliinsa. Kaikki hihnat asennetaan siten, että hammashihnapyörät ovat kiinnitettyinä akseleihinsa.

Ennen uusien osien asennusta, olisi suositeltavaa asettaa variaattorivaihteen käsisäätö keskiasentoon, jossa se ei hidasta eikä nopeuta välitystä. Näin uusien osien asennuksen jälkeen on helppo tiputtaa käsisäädöllä nopeutta vain hieman ja saavuttaa oikea kierrosnopeus jäähdytysteloille. Tällä varmistetaan myös se, että pyörimisnopeudet ovat suunnitelman mukaisia, eikä suuria virhemarginaaleja ole syntynyt.

9 YHTEENVETO

St Michel Print Oy:n painokoneen jäähdytystelaston voimansiirron suunnittelussa pääasiassa suunniteltiin voimansiirto uudelleen käyttäen hammashihnoja ja hammashihnapyöriä. Suunnittelussa valittiin myös uusi kulmavaihte ja käytiin läpi lyhyesti uusien osien asennus. Opinnäytetyön käytännönosuus sujui melko hyvin ja suuremmilta ongelmilta vältyttiin. Suunnittelutyö oli mielenkiintoista, ja se opetti uusia asioita. Hankalinta opinnäytetyössä oli raportin kirjoittaminen.

Suunnitelmaan saatiin hyvät ja järkevät tulokset. Monia kohtia pystyttiin parantamaan entiseen voimansiirtoratkaisuun nähden. St Michel Print Oy:n hyödyksi kulmavaihteen ja variaattorivaihteen rasituksia pystyttiin pienentämään uusien pyörimisnopeuksien avulla. Myös akselikuormat vähenevät suurempien hammashihnapyörien ansiosta. Hammashihnat pienentävät melua huomattavasti ketjuihin nähden. Hammashihnat antavat myös varman ja pitkän kestoian järjestelmälle ja vapauttavat sen melkein kokonaan huoltamisesta.

St Michel Print Oy aikoo toteuttaa suunnitelman kesä- heinäkuunvaihteessa. Tarkoituksena on odottaa, että painokoneelle tulee sopiva tuotantokatkos, jolloin on hyvin aikaa asentaa uudet osat. Osat tilataan etukäteen, jotta ne ovat valmiina kun pysähdys alkaa. Kun painokone pysähtyy, puretaan vanhat osat pois, ja suoritetaan tarkat mittaukset esimerkiksi akseliväleille. Projektia suoritetaan suunnitelman mukaisesti, mutta mahdollisia muutoksiakin voidaan tehdä.

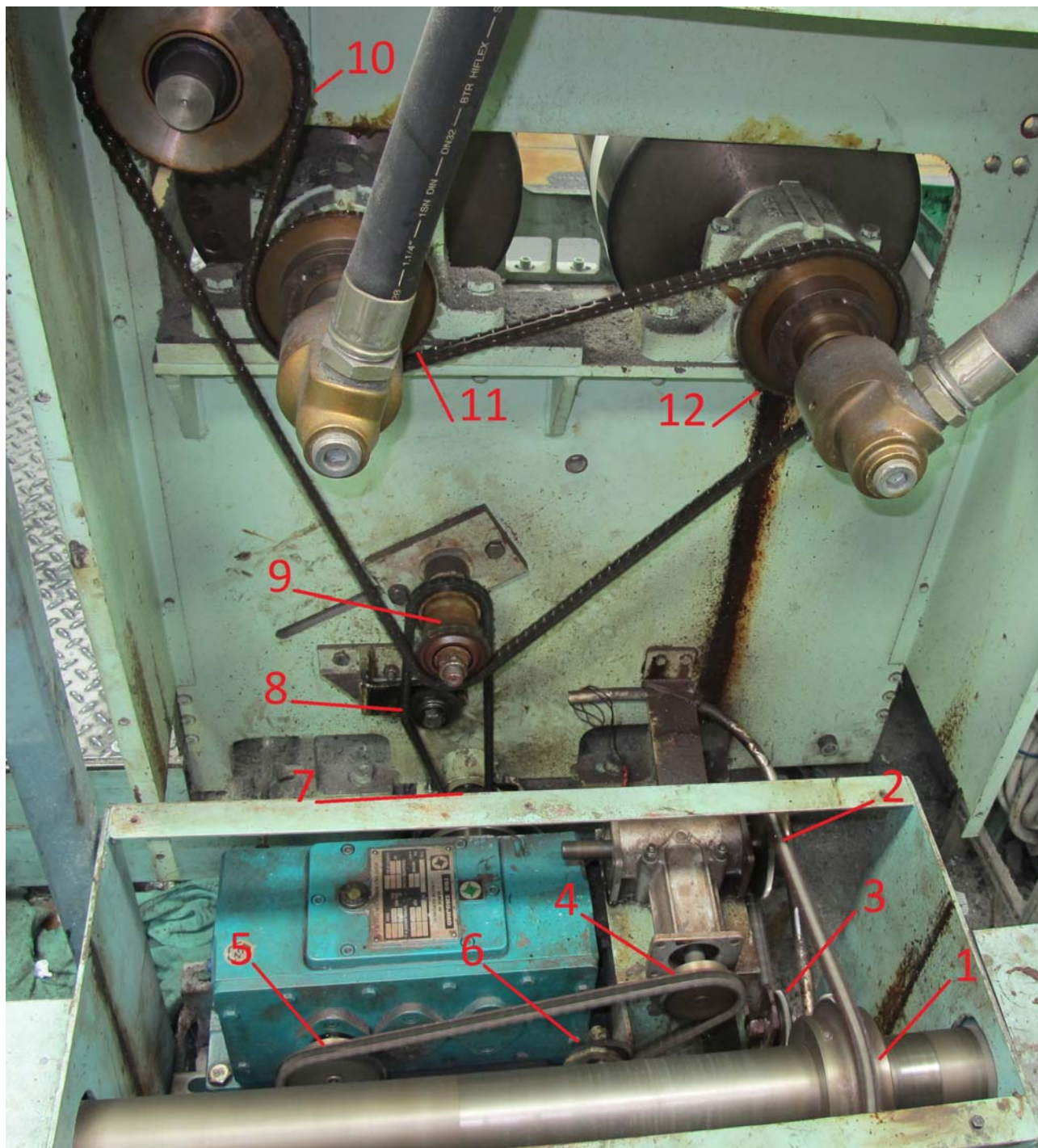
LÄHTEET

- 1 Länsi-Savo Oy. Saatavissa <http://www.lansi-savo.fi> Ei päivitystietoja. Luettu 1.3.2010.
- 2 St Michel Print Oy. Saatavissa <http://www.stmichelprint.fi/> Ei päivitystietoja. Luettu 1.3.2010.
- 3 Länsi-Savo Oy. 2008. Vuosikertomus.
- 4 Airila, M. 2001. 3. uudistettu painos. Koneenosien suunnittelu. Porvoo: WS Bookwell OY
- 5 SKS Mekaniikka Oy. Saatavissa <http://www.sks.fi/> Ei päivitystietoja. Luettu 1.3.2010.
- 6 Konaflex Oy. Saatavissa <http://www.konaflex.fi/> Ei päivitystietoja. Luettu 5.3.2010.
- 7 Tos Znojmo. Saatavissa <http://www.tos-znojmo.cz> Päivitetty 11.09.2009. Luettu 5.3.2010.
- 8 Schaeffler Group. Saatavissa <http://www.schaeffler.fi> Ei päivitystietoja. Luettu 15.3.2010.

LIITTEET

- Liite 1 Painokone Timson 2 jäädytystelaston voimansiirto.
- Liite 2 Tilaustiedot valituista hammashihnapyöristä.
- Liite 3 SKS Mekaniikka Oy:n tuoteluettelo hammashihnapyöristä.
- Liite 4 Tilauskoodit SKS Mekaniikka Oy:lle valituista hammashihnoista.
- Liite 5 Yhteystiedot yrityksiin osien tilausta varten.

Painokoneen Timson 2 jäähdytystelaston voimansiirto



Tilastiedot valituista hammashihnapyöristä

Hihnapyörä	Pyörätyyppi	Pyörän tunnus	Tyyppi	Laippatyyppi	Df ulkohalk. (mm)	F paksaus (mm)	L paksaus (mm)	
1	halkeistu	Erikoistilauksena keskeiltä halkeistua pulttikiinnitteinen 64-8M-50 porattu halkaisijalle 81mm						
2	esiporattu	64-8M-50	10WF	F52	168	60	60	
3	esiporattu	38-8M-50	6F	F34	102	60	70	
4	esiporattu	38-8M-50	6F	F34	102	60	70	
5	esiporattu	64-8M-50	10WF	F52	168	60	60	
6	esiporattu	38-8M-50	6F	F34	102	60	70	
7	esiporattu	38-8M-50	6F	F34	102	60	70	
8	esiporattu	38-8M-50	6F	F34	102	60	70	
9x2	esiporattu	56-8M-50	10WF	F48	150	60	60	
10	esiporattu	72-8M-50	10WF	F57	192	60	60	
11	kartioholkki	72-8M-50	9WF	F57	192	60	x	
12	kartioholkki	72-8M-50	9WF	F57	192	60	x	
Hihnapyörä	Esiporaus d (mm)	Max poraus (mm)						
1	x	x						
2	18	60						
3	15	45						
4	15	45						
5	18	60						
6	15	45						
7	15	45						
8	15	45						
9x2	18	50						
10	18	60						
11	x	x	Kartioholkki	D, b, h (mm)				
			2517	60 18 4,4				
12	x	x	2517	60 18 4,4				
			HTD hammashihnapyörät, TERÄS					

SKS Mekaniikka Oy:n tuoteluettelo hammashihnapyöristä

HTD®-HAMMASHIHNPYÖRÄT



HTD® 8M-50

RAKENNE	Pyörän tunnus	Tyyppi	Laippa-tyyppi	Hammast-luku	Dp	De	Df	Dm	Di	F	L	Esi-poraus d	Paino
TERÄS LAIPALLINEN RAKENNE	22-8M-50	6F	F22	22	56,02	54,65	60	43	-	60	70	12	1,00
	24-8M-50	6F	F25	24	61,12	59,75	66	45	-	60	70	12	1,23
	26-8M-50	6F	F26	26	66,21	64,84	70	48	-	60	70	15	1,50
	28-8M-50	6F	F27	28	71,30	70,08	75	50	-	60	70	15	1,67
	30-8M-50	6F	F29	30	76,39	75,13	83	55	-	60	70	15	1,97
	32-8M-50	6F	F30	32	81,49	80,16	87	60	-	60	70	15	2,27
	34-8M-50	6F	F31	34	86,58	85,22	91	66	-	60	70	15	2,69
	36-8M-50	6F	F33	36	91,67	90,30	97	70	-	60	70	15	2,97
	38-8M-50	6F	F34	38	96,77	95,39	102	75	-	60	70	15	3,23
	40-8M-50	6F	F35	40	101,86	100,49	106	75	-	60	70	18	3,50
	44-8M-50	6F	F38	44	112,05	110,67	120	75	-	60	70	18	3,90
	48-8M-50	6F	F40	48	122,23	120,86	128	80	-	60	70	18	4,30
	56-8M-50	10WF	F48	56	142,60	141,23	150	90	116	60	60	18	5,00
	64-8M-50	10WF	F52	64	162,97	161,60	168	100	137	60	60	18	5,60
72-8M-50	10WF	F57	72	183,35	181,97	192	100	158	60	60	18	6,80	
VALURAUTA ILMAN LAIPPOJA	80-8M-50	10W		80	203,72	202,35	-	110	180	60	60	18	6,90
	90-8M-50	10A		90	229,18	227,81	-	110	204	60	60	18	8,60
	112-8M-50	10A		112	285,21	283,83	-	110	254	60	60	18	9,60
	144-8M-50	10A		144	366,69	365,32	-	110	336	60	60	20	13,80
	168-8M-50	10A		168	427,81	426,44	-	120	400	60	60	20	16,00
	192-8M-50	10A		192	488,92	487,55	-	130	460	60	60	20	22,40

HTD®-HAMMASHIHNAPYÖRÄT, KARTIOHOLKKIKIINNITYS



HTD® 8M-50

RAKENNE	Pyörän tunnus	Tyyppi	Laippa-tyyppi	Kartio-holkki	Maks. poraus	Dp	De	Df	Dm	Di	F	S	R	Paino	
TERÄS	LAIPALLINEN RAKENNE	28-8M-50	4F	F27	1210	32	71,30	70,08	75	-	50	60	25	17,5	0,60
		30-8M-50	5F	F29	1615	42	76,39	75,13	83	-	58	60	38	22	0,65
		32-8M-50	5F	F30	1615	42	81,49	80,16	87	-	62	60	38	22	0,82
		34-8M-50	5F	F31	1615	42	86,58	85,22	91	-	65	60	38	22	1,06
		36-8M-50	5F	F33	1615	42	91,67	90,30	97	-	68	60	38	22	1,30
		38-8M-50	5F	F34	1615	42	96,77	95,39	102	-	72	60	38	22	1,60
		40-8M-50	4F	F35	2012	50	101,86	100,49	106	-	82	60	32	14	1,71
		44-8M-50	4F	F38	2012	50	112,05	110,67	120	-	91	60	32	14	1,78
		48-8M-50	4F	F40	2012	50	122,23	120,86	128	-	95	60	32	14	2,30
		56-8M-50	4F	F48	2517	60	142,60	141,23	150	-	116	60	45	7,5	3,40
		64-8M-50	4F	F52	2517	60	162,97	161,60	168	-	137	60	45	7,5	5,00
		72-8M-50	9WF	F57	2517	60	183,35	181,97	192	125	158	60	45	7,5	6,70
		VALURALUTA	ILMAN LAIPPOJA	80-8M-50	4		3020	75	203,72	202,35	-	-	180	60	51
90-8M-50	9W				3020	75	229,18	227,81	-	170	204	60	51	4,5	10,00
112-8M-50	9W				3020	75	285,21	283,83	-	170	260	60	51	4,5	12,00
144-8M-50	9A				3020	75	366,69	365,32	-	170	341	60	51	4,5	15,20
168-8M-50	7A				3525	90	427,81	426,44	-	198	402	60	65	2,5	17,50
192-8M-50	7A				3525	90	488,92	487,55	-	198	460	60	65	2,5	24,00

Tilaukoodit SKS Mekaniikka Oy:lle valituista hammashihnoista

<u>Välitys</u>	<u>Tilaus tunnus</u>	
1-2	PGGT3 1280-8MGT-50 x2	-
4-5	PGGT3 1280-8MGT-50	
7-9	PGGT3 1120-8MGT-50	
9-10, 11, 12	PGGT3 2800-8MGT-50	HUOM! Kaksipuolinen

Yhteystiedot yrityksiin osien tilausta varten

Kaikki hammashihnapyörät ja hammashihnat tilataan yritykseltä SKS Mekaniikka Oy.

SKS Mekaniikka Oy:

Martinkyläntie 50, 01720 Vantaa

Puhelin 020 764 61

Faksi 020 764 6824

Sähköposti: [mekaniikka \(a\) sks.fi](mailto:mekaniikka(a)sks.fi) tai etunimi.sukunimi (a) sks.fi

www.sks.fi

Kulmavaihte tilataan yritykseltä Konaflex Oy.

KONAFLEX OY:

Pyymosantie 4

01720 VANTAA

Puhelin: 09-2532 3100

Telefax: 09-2532 3177

Sähköposti: konaflex@konaflex.fi

www.konaflex.fi

Pesälaakeriyksikkö tilataan yritykseltä Chaeffler Finland Oy.

Chaeffler Finland Oy:

Lautamiehentie 3

02770 Espoo

Suomi

Puh. +358 207 / 36 6204

Faksi +358 207 36 6205

info.fi@schaeffler.com

www.schaeffler.fi