



Kotelopalkkien valmistuksesta aiheutuvan mittavaihtelun hallinta

**Managing of measure variation which causes structure beam
manufacturing**

Insinöörityö

Janne Martikainen

**Konetekniikan koulutusohjelma
Kone- ja tuotantotekniikan suuntautumisvaihtoehto**

Koulutusala: Tekniikka	
Koulutusohjelma: Konetekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka
Työntekijä: Janne Martikainen	
Työn nimi: Kotelopalkkien valmistuksesta aiheutuvan mittavaihtelun hallinta	
Päiväys: 30.11.2009	Sivumäärä/liitteet: 42
Yrityksen yhteyshenkilö: DI Heikki Selkälä	Ohjaava opettaja: Tutkimuspäällikkö Esa Jääskeläinen
Toimeksiantaja: Ponsse Oyj	
Tiivistelmä: <p>Tämän insinööri­työn aiheena oli perehtyä erikoislujien hitsattujen palkkirakenteiden valmistukseen ja eri työvaiheissa esiintyviin mittavaihteluihin. Mittavaihtelusta johtuen kaikissa nosturin puomien työvaiheissa ilmenee ongelmia.</p> <p>Työssä tutkittiin kotelopalkkien valmistusta, nosturin puomien valmistusta ja kokoonpanoa. Tavoitteena oli kehittää mittausmenetelmä/-laite, jolla nostureiden puomien valmistusprosessissa ilmenevät mittavaihtelut voidaan hallita.</p> <p>Työn tuloksena kehitettiin mittalaite, jolla voidaan mitata puomien kotelopalkit sisäpuolelta. Erikoislujien terästen materiaalitoleranssien ja valmistustekniikan vuoksi sisämittaus on välttämätön. Mittaustuloksia voidaan hyödyntää kokoonpanovaiheessa, kun nostureiden kotelopalkit liitetään toisiinsa.</p>	
Avainsanat: Mittaaminen, kotelopalkki, toleranssi	
Luottamuksellisuus Julkinen	

Field of study: Technical	
Degree Programme: Machine technology	Option: Machine- and production technology
Author: Janne Martikainen	
Title of Thesis: Managing of measure variation which causes structure beam manufacturing	
Date: 30.11.2009	Pages/appendices: 42
Supervisor: Mr. Heikki Selkälä	Teacher: Mr. Esa Jääskeläinen
Project Partner: Ponsse Oyj	
Abstract: <p>The aim of this work was to familiarize with the manufacturing of high-beam welded structures and measuring variations which occur in different stages of manufacturing. A measure variation causes problems in every step of the crane manufacturing.</p> <p>In this work, structure beam manufacturing, crane beam manufacturing and assembly, were examined. The aim was to develop a measuring method or a device which can be used in controlling the measuring variations in manufacturing crane beams.</p> <p>As a result of the work, a measuring device, which measures structure beams inside, was developed. Because of material tolerances and manufacturing methods, inside measuring is necessary. Measurement results can be used at the assembling stage, when crane structure beams are attached to each other.</p>	
Keywords: Measure, structure beam, tolerance	
Confidentiality: public	

SISÄLTÖ
TIIVISTELMÄ
ABSTRACT

1 JOHDANTO.....	6
2 PONSSE	7
2.1 Konserni	7
2.2 Historia	7
2.3 Tuotteet.....	8
3 MITTAAMINEN	14
3.1 Mittaamisen pääperiaatteet.....	14
3.2 Mittausmenetelmäesimerkkejä.....	14
3.3 Kalibrointi	14
3.4 Konepajan mittaustehtävät	15
3.5 Mittausepävarmuus	15
4 TOLERANSSIT	17
4.1 Puomin valmistuksen tärkeät toleranssit	18
4.2 Hitsauksen aiheuttamat muodonmuutokset.....	19
4.2.1 Hitsausmuodonmuutosten lajit.....	19
4.2.2 Hitsausmuodonmuutosten ehkäisy	20
5 NOSTURIN PUOMIEN VALMISTUS.....	22
5.1 Materiaalit	23
5.2 Palkin valmistus	23
5.2.1 Palkille valittu hitsaustapa.....	23
5.2.2 Kokoonpanohitsaus	24
5.2.3 Hitsaus	26
5.3 Koneistus	26
5.4 Kokoonpano	26
5.5 Tavoite.....	28
6 ANTURIT	29
6.1 Anturityyppejä.....	29
6.1.1 Absoluuttiset pulssianturit.....	29
6.1.2 Ultraäänianturit.....	30
6.1.3 Etäisyysanturit	31

6.2	Valittujen antureiden vertailu.....	31
7	MITTAUSLAITE.....	33
7.1	Käyttäjän vaatimukset.....	33
7.2	Laitteen vaatimukset:	33
7.3	Luonnosten arviointi	34
7.4	Mittalaitteen rakenne.....	36
7.5	Mittalaitteen kalibrointi ja mittaustulos	36
8	YHTEENVETO	37
9	JATKOSUUNNITELMAT	38
	PAINETUT LÄHTEET	39
	PAINAMATTOMAT LÄHTEET.....	39
	LIITE 1	41
	LIITE 2.....	42

1 JOHDANTO

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli perehtyä hitsattujen kotelopalkkien valmistukseen ja niistä tehtävien nostureiden ja kuormainten osien valmistukseen. Ongelmana olivat jatkeiden valmistuksessa palkkien sisäpinnan muodonmuutokset ja niiden hallinta eri valmistusvaiheissa. Ulkopuolelta mitattu mittaustulos ei ole oikea, koska palkkien materiaalitoleranssit, särmätyt levyrakenteet ja hitsaus aiheuttavat mittavaihtelua.

Koska tuotannon eri vaiheissa materiaalien toleranssien takia ilmenee ongelmia, päätettiin aihe rajata tämän hetken laatutasovaatimukseen ja päädyttiin kehittämään mittausmenetelmä, -laite mittavaihtelun todentamiseen. Puomien palkit ovat erikoislujia rakenneteräksiä ja niiden valmistuksessa on erilaisia hankaluuksia. Esimerkiksi särmättävyys on lujille teräksille vaikeampaa kuin normaaliteräksille.

Työn tuloksena kehitettiin mittalaite, jolla mitataan kaikkien nostureiden ja kuormainten puomien sisäleveyksiä. Mittalaite käytetään puomin sisällä ja se rekisteröi leveysmitat tietokoneelle palkin ylä- ja alareunasta. Mittaustiedon perusteella kokoonpanosastolla puomien sisäkkäin liittäminen nopeutuu, koska mittaustuloksen perusteella sisempään palkkiin voidaan asentaa kulutuspalat. Näin tehtynä palkkeja ei tarvitse irrottaa toisistaan kuin ennen. Mittaustietoa voidaan jatkossa hyödyntää oman tehtaan hitsausprosessin kehittämiseen ja jopa alihankintayrityksen tuotantoprosessin kehittämiseen.

2 PONSSE

2.1 Konserni

Ponsse Oyj on myynti-, huolto-, teknologia- ja teollinen yhtiö, joka on sitoutunut luomaan asiakkailleen menestystä ja haluaa olla johtavassa asemassa ympäristöystävällisissä tavaralajimenetelmän metsäkoneissa maailmanlaajuisesti. Metsäkoneyrittäjä Einari Vidgrén perusti yhtiön vuonna 1970, ja yhtiö on koko historiansa ajan ollut tavaralajimenetelmään perustuvien puunkorjuuratkaisujen edelläkävijä maailmassa. Yhtiön kotipaikka on Vieremä. Yrityksen osakkeet noteerataan NASDAQ OMX:n pohjoismaisella listalla. Konsernin palveluksessa on noin 800 työntekijää, ja sillä on toimintaa 40 maassa. Ponsse-konserniin kuuluvat emoyhtiö Ponsse Oyj sekä tytäryhtiöt Ponsse AB Ruotsissa, Ponsse AS Norjassa, Ponsse S.A.S. Ranskassa, Ponsse UK Ltd. Isossa-Britanniassa, Ponsse North America Inc. Yhdysvalloissa, Ponsse Latin America Brasiliassa, OOO Ponsse Venäjällä, Ponsse Asia-Pacific Ltd Hongkongissa, Ponsse China Ltd Kiinassa, Ponsse Uruguay S.A. Uruguayssa sekä Epec Oy Seinäjoella. (Konserni, 2009, Ponsse Oyj)

2.2 Historia

Vieremän kylällä 1960-luvun lopulla kierteli sekarotuinen koira. Einari Vidgrenin ensimmäinen kehittelemä metsätraktori nimettiin koiran mukaan, Ponsse. Keväällä 1969 näki päivänvalonsa ensimmäinen Ponsse, jonka metsäkoneyrittäjä Einari Vidgrén kehitti omaan käyttöönsä. Ponssea testattiin Tehdaspuun savotalla ja vuoden käytön jälkeen Tehdaspuulta kehoitettiin valmistamaan lisää samanlaisia metsätraktoreita. Siitä sai alkunsa tänään kansainvälisesti merkittävä metsäkoneita valmistava konserni. Ponsse tuli kertaheitolla tunnetuksi vuonna 1983, kun legendaarinen Ponsse S15 – osittain alumiinirunkoinen kuormatraktori esiteltiin. Keveyden ansiosta maaperäjäljet jäivät kilpailijoita vähäisemmiksi. Merkittävä virstanpylväs Ponssen historiassa on myös vuosi 1986, jolloin esiteltiin ensimmäinen harvesterinpää H520. Se oli tärkeä tienavaus tuoteperheen laajentamiselle kuormatraktoreista hakkuukoneisiin. Suomalainen laatu palkittiin, kun Ponsselle myönnettiin vuonna 1994 ensimmäisenä metsäkonevalmistajana ISO 9001 – laatusertifikaatti. (Historia, 2009, Ponsse Oyj)

2.3 Tuotteet

Ponsse tuotteista koneet, nosturit, kuormaimet ja harvesteripäät valmistetaan Viere­män tehtaalla. Tietojärjestelmäosaamisesta Ponsella vastaa Epec Oy, joka valmistaa Pons­sen tietotekniikan lisäksi muillekin valmistajille. Jälkimarkkinointiverkosto on levinnyt kaikkialle, missä Ponsse metsäkoneita käytetään. (Tuotteet, 2009, Ponsse Oyj)

Harvestereilla (kuvio 1) puut kaadetaan, karsitaan, mitataan ja katkotaan sopivan mit­taisiksi. Harvestereissa on tehokkaat hydraulikkakomponentit, joilla saadaan tehok­kuutta puun käsittelyyn.



KUVIO 1. HARVESTERI (TUOTTEET, 2009, PONSSE OYJ)

Kuormatraktorit (kuvio 2) kuljettavat puut teiden varsille ja sieltä puuautot hakevat ne tehtaille ja sahoille. Kuormatraktorimalleista pienet ovat harvennusmetsiin ja isompia koneita käytetään päätehakkuilla. Koneiden koko määräytyy kuormatilan tilavuuden mukaan ja samalla rengaskoot, moottorin tehokkuus, vetoteho pitää olla oikeassa suhteessa kuormankantokykyyn.



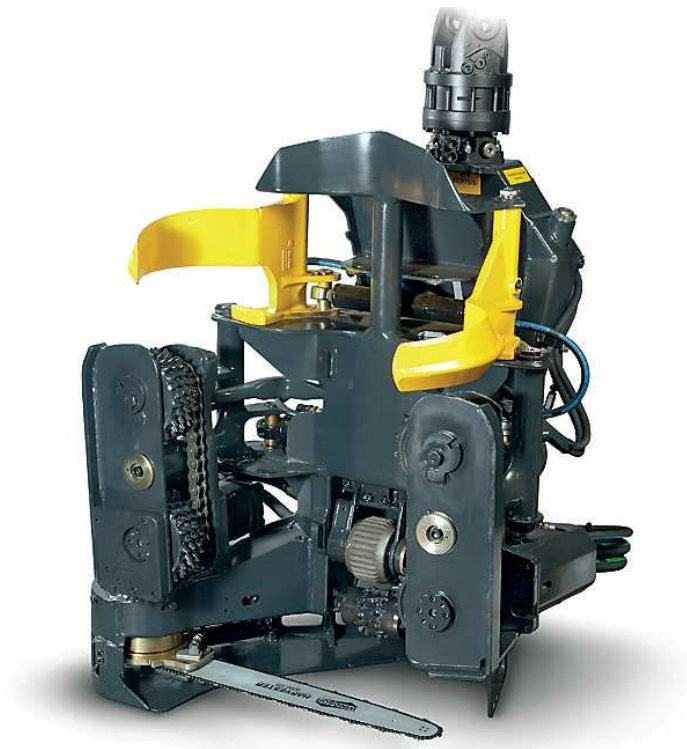
KUVIO 2. KUORMATRAKTORI (TUOTTEET, 2009, PONSSE OYJ)

Nosturit ja kuormaimet ovat tärkeä osa metsäkonetta, harvestereissa nosturilla liikutetaan harvesterikouraa. Kuormaimet (kuvio 3) eroavat nostureista liikeratojen ja kouran osalta. Kuormainten avulla puut kuormataan kuormatraktoreiden kyytiin. Jokaiseen tehtaalla valmistettavaan koneeseen asennetaan omaa tuotantoa oleva nosturi tai kuormain. Nostureiden ja kuormainten valmistuksesta osa menee myös irrallaan, vanhoihin koneisiin ja myös muunmerkkisiin koneisiin erilaisiin tehtäviin.



KUVIO 3. KUORMAIN (TUOTTEET, 2009, PONSSE OYJ)

Harvesteripäät (kuvio 4) kuuluvat tuotantoon oleellisena osana. Harvesteripäissä on erittäin tehokas sahaus- ja karsintalaitteisto. Lisäksi niissä on tarkkaa mittaustekniikka paksuuden ja pituuden määrittämiseen. Mittojen avulla tietokone laskee puun tilavuutta. Harvesteripäitä on erilaisia, ne jakaantuvat puun paksuuden ja peruskoneen painovaatimuksen mukaan.



KUVIO 4. HARVESTERIPÄÄT (TUOTTEET, 2009, PONSSE OYJ)

Tietojärjestelmät (kuvio 5) ovat myös omaa tuotantoa. Tietojärjestelmät ja niiden kehitys on todella suuri osa nykyaikaista metsäkonetta. Vaatimuksien kasvaessa pitää jatkuvasti kehittää uusia mittaus- ja tiedonsiirtomenetelmiä metsäyhtiöille. Kun harvesteri kaataa puut ja kuormatraktori siirtää puut teiden varsille, metsäyhtiöissä pitää olla tieto puulajeista ja -määristä reaaliajassa.



KUVIO 5. TIETOJÄRJESTELMÄT (TUOTTEET, 2009, PONSSE OYJ)

Jälkimarkkinointiverkosto (kuvio 6) kattaa nykyään jo suuren osan maailmaa. Metsäkoneet vaativat huoltoa ja varaosat pitää olla lähellä. Myös koneiden tekniikka kehittyy ja samalla se vaatii ammattitaitoisten huoltomiesten tavoitettavuuden jatkuvasti. Jälkimarkkinoinnin paremmuudella ratkaistaan nykypäivän metsäkoneteollisuudessa monia konekauppoja.



KUVIO 6. SUOMEN JÄLKIMARKKINOINTIVERKOSTO (HUOLTOPALVELUT, 2009, PONSSE OYJ)

3 MITTAAMINEN

Kaikille osille ja tuotteille asetettujen määräysten ja vaatimusten täyttäminen on koko konepajateollisuuden perusta. Suurin osa vaatimuksista kohdistuu kappaleen mittoihin, muotoon, muotoelementin sijaintiin ja pinnan laatuun.

(Esala, A & Lehto, P & Tikka, K, 2007. Konepajan tuotantotekniikka, konepajatekninen mittauskurssiaineisto)

3.1 Mittaamisen pääperiaatteet

Mittaamista käytetään monissa yhteyksissä. Mittauksen perusteena voi olla suuren lukuarvon määrittäminen, jotta saadaan tietoa mittauskohteen ominaisuuksista esimerkiksi valmistusprosessin virheiden analysoimiseksi. Mittauksen perusteena voi olla mittausmenetelmän tai mittauslaitteen tarkkuuden määrittäminen. Myös valmistusprosessin tason määrittäminen tietyinä ajankohtana on hyvä kohde mittaamiselle.

(Esala, A, 2007. Konepajan tuotantotekniikka, konepajatekninen mittauskurssiaineisto)

3.2 Mittausmenetelmäesimerkkejä

Suora mittaus

Mittausmenetelmä, jossa mitattavan suureen arvo saadaan välittömästi tarvitsemattomien ja muiden suureiden välisiä riippuvuuksia

Epäsuora mittaus

Mittasuureen arvo saadaan mittaamalla suoran mittausmenetelmän avulla sellaisia suureita, joista mittasuure on tunnetulla tavalla riippuvainen

Kosketukseton mittaus

Menetelmä, jossa anturi ei kosketa mittauskohdetta. (optinen mittaus) (Autio, A & Räsänen, O, 1983. Mittaustekniikka 1)

3.3 Kalibrointi

Kalibroinnilla tarkoitetaan niitä toimenpiteitä, joiden tarkoituksena on

määrittää spesifioiduissa oloissa mittausvälineen tai -järjestelmän näyttämien tai kiintomitan tai vertailuaineen edustamien suureen arvojen ja vastaavien mittanormaaleilla mitattujen arvojen välinen yhteys. **Täysin virheettömän mittauksen suorittaminen**, eli suureen oikean arvon saaminen mittauksen tuloksena, **ei ole mahdollista**. (Autio, A, 1983. Mittaustekniikka 1)

Jokaista mittausta suoritettaessa mittaustulokseen vaikuttavat mittausolosuhteet, mittaaja, mittauslaite ja mittauksen kohde. Samoillakin mittalaitteilla saadaan eri tuloksia, jos niiden käyttöolosuhteet tai mittaaja muuttuvat. (Esala, A, 2007. Konepajan tuotantotekniikka, konepajatekninen mittauskurssiaineisto)

3.4 Konepajan mittaustehtävät

Konepajassa mittauksia tehdään paljon eri työvaiheissa. Ponsella tuotteiden ja nimikkeiden mittauksia suorittaa pääasiassa koneistajat ja laatuosasto. Yleisesti mittaustehtävät sisältävät koneistettujen kappaleiden reikien mittauksia ja valmistuksesta tulevien kappaleiden laadunvarmistusmittauksia. Tuotannon työntekijöillä on omia mittaustehtäviä, koneistajat varmistavat laatua jatkuvasti heidän tekemistään kappaleista. Mittaukset käsittävät pituuden-, kartion-, kierteen- ja pinnankarheudenmittauksia. Koneistajat mittaavat myös koko ajan koneistuskeskusten laaduntuottokykyä.

3.5 Mittausepävarmuus

Mittausepävarmuuden laskemisesta, arvioinnista ja ilmoittamisesta tekee vaikean asian monitahoisuus.

Mittausepävarmuus riippuu:

- mittauslaitteesta
- mittauskohteesta
- mittaajasta
- mittausolosuhteista
- käytetystä mittausten menetelmästä

Mittausvirheet voidaan jakaa kolmeen päätyyppiin:

- Systemaattiset virheet

Systemaattisille virheille on ominaista, että ne esiintyvät toistuvissa mittauksissa aina suuruudeltaan ja suunnaltaan samanlaisina

- Satunnaiset virheet

Satunnaisille virheille on ominaista, että niiden suuruus ja suunta vaihtelevat mittauskerrasta toiseen. Näitä virheitä ei pysty mittausteknisesti hallitsemaan.

- Karkeat virheet

Karkeat virheet ovat yleensä erilaisista erehdyksistä johtuvia, lukemisvirheet, lasku-
virheet tai väärä mittausmenetelmä. Karkeiden virheiden suuruus voi olla moninker-
tainen muihin virhelähteisiin verrattuna ja ne voidaan poistaa huolellisella työskente-
lyllä. (Esala, A, 2007. Konepajan tuotantotekniikka, konepajatekninen mittauskurssi-
aineisto)

TAULUKKO 1. Erilaisten mittalaitteiden mittausepävarmuuksia pituuden mittaukses-
sa hyvissä olosuhteissa. (Esala, A, 2007. Konepajan tuotantotekniikka, konepajatekni-
nen mittauskurssiaineisto)

Mittalaite	Mittausalue	Mittausepävarmuus (mikrometriä)
Laser-interferometri	0-60m	$(0,02 + L/2000)$
Mittapalat	0,02-2000mm	$(0,05 + L/1000)$
Mittausanturit	0-100mm	$(0,01 + L/100)$
Mittakellot	0-100mm	$(0,1 + L/100)$
Mittakellolla varustetut kaarimittalaitteet	0-2000mm	$(1 + L/100)$
Korkeusmittalaitteet	0-1000mm	$(3 + L/250)$
Sisämikrometrit	0-3000mm	$(1 + L/200)$
Kaarimikrometrit	0-2000mm	$(1 + L/100)$
Työntömitat	0-2000mm	$(20 + L/250)$
Etäisyysmittarit	0-100mm	$(50 + L/1000)$
Mittanauhhat	0-50m	$(200 + L/100)$

4 TOLERANSSIT

Kun puhutaan toleransseista, asiaan liittyy paljon peruskäsitteitä. Alla hieman selvitetty, mitä käsitteet tarkoittaa.

Perusmitta

Mitta, jota käytetään ilmoitettaessa rajamittoja

Nimellismitta

Valmistusmitan perusarvo (ilmoitetaan yleensä täysinä milleinä)

Eromitta

Kappaleen sallittu poikkeama nimellismitasta

Yläeromitta

Kappaleen suurin hyväksyttävissä oleva mitta sallitun poikkeaman nimellismitasta

Alaeromitta

Kappaleen pienin hyväksyttävissä oleva mitta sallitun poikkeaman nimellismitasta

Rajamitat

Sallitut ääriarvot, joiden väliin kappale on valmistettava

Ylärajamitta

Kappaleelle hyväksyttävä suurin mitta

Alarajamitta

Kappaleelle hyväksyttävä pienin mitta

Toleranssi

Ylärajamitan ja alarajamitan erotus

(Esala, A, 2007. Konepajan tuotantotekniikka, konepajatekninen mittauskurssiaineisto)

Mitään mitta ei voida valmistaa absoluuttisen tarkasti. Erilaisista valmistusmenetelmistä, -laitteista ja materiaaleista aiheutuu aina mittavaihtelua ja ne pitää rajata toleransseilla. Perustavoitteena on mahdollisimman halpa valmistus. Toleranssien on oltava mahdollisimman suuret, koska toleranssivaatimusten kasvaessa kappaleen valmistuskustannukset nousevat. Ilman oikeita ja järkeviä toleransseja komponenttien yhteensovittaminen on mahdotonta. (Esala, A, 2007. Konepajan tuotantotekniikka, konepajatekninen mittauskurssiaineisto)

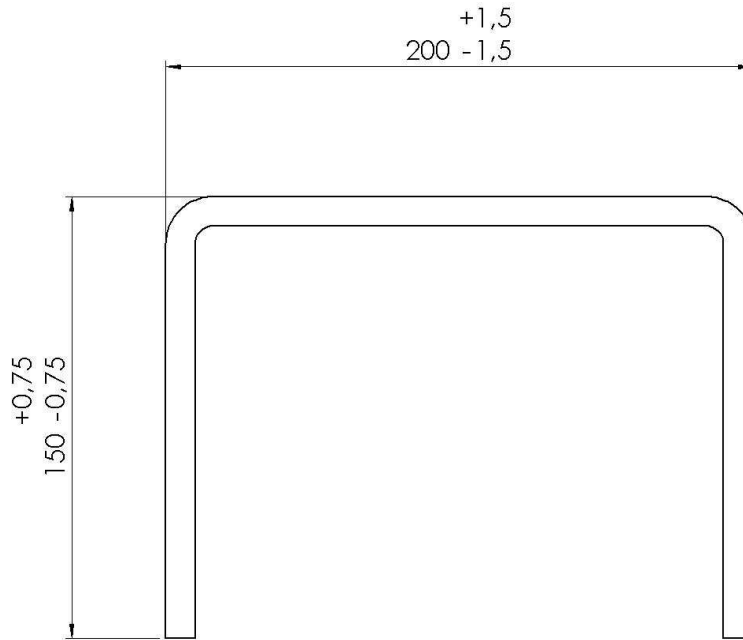
Tässä työssä juuri toleranssit ovat koko asian ydin, koska kaikki työvaiheet aiheuttavat mittavaihtelua ja kaikissa vaiheissa pitää pysyä toleranssien sisällä.

4.1 Puomin valmistuksen tärkeät toleranssit

Erikoislujissa (W03) rakenneteräksissä materiaalitoleranssit ovat suuret. Materiaalin lujuus tekee lähes kaikista työvaiheista vaikeimpia. Paksuusalueella $>4.7>150\text{mm}$ mittastandardi on EN 10029 ja tässä työssä käytetyn 8 mm materiaalin valmistaja antaa paksuustoleranssiksi välin $-0.5\rightarrow+1.2$ mm. Tässä työssä juuri tämä toleranssi aiheuttaa sen tosiasian, jonka vuoksi valmiin palkin pinnalta mittaamalla ei saavuteta milloinkaan hyödyllistä tulosta. (SFS-käsikirja 66–1, hitsaus osa 1 hitsauksen laadunhallinta)

Toisena merkittävänä asiana täytyy ottaa huomioon leikkaustoleranssi. Kun materiaalista laserleikataan sopivan muotoiset kappaleet, lopputulokseen vaikuttavaa mittavaihtelua aiheutuu. Palkin levyaihioiden laserleikkaukselle on annettu standardi ISO 9013–321, joka antaa mitoille toleranssin. Työhön valitun puomin U-profiilin levyaihioille standardi antaa toleranssiksi ± 1.5 mm.

Kolmantena on otettava huomioon särmäystoleranssi. Kun leikattu levymateriaali särmätään, on tärkeää määrittää sallitut mittapoikkeamat särmätylle kappaleelle. Mittapoikkeamille on määritelty standardi SFS5803-m. Standardissa särmäyksen toleranssi on ± 1.0 mm. Särmäyksen toleranssit työssä valitulle puomille (kuvio 7). Puomin leveydessä sallitut mittapoikkeamat on ± 1.5 mm ja korkeudessa ± 0.75 mm. Tämä toleranssi on suurempi kuin standardissa, koska sitä on jouduttu helpottamaan valmistusmenetelmän vaikeus huomioiden. Lujia teräksiä särmättäessä joudutaan taivuttamaan reilusti yli ohjearvon, koska kappale palautuu takaisinpäin. Myös särmäyksen säde pitää olla suurempi kuin pehmeillä teräksillä, jotta materiaali ei murru. (SFS-käsikirja 66–1, hitsaus osa 1 hitsauksen laadunhallinta)



KUVIO 7. SÄRMÄYKSEN HYVÄKSYTYT MITTAPOIKKEAMAT

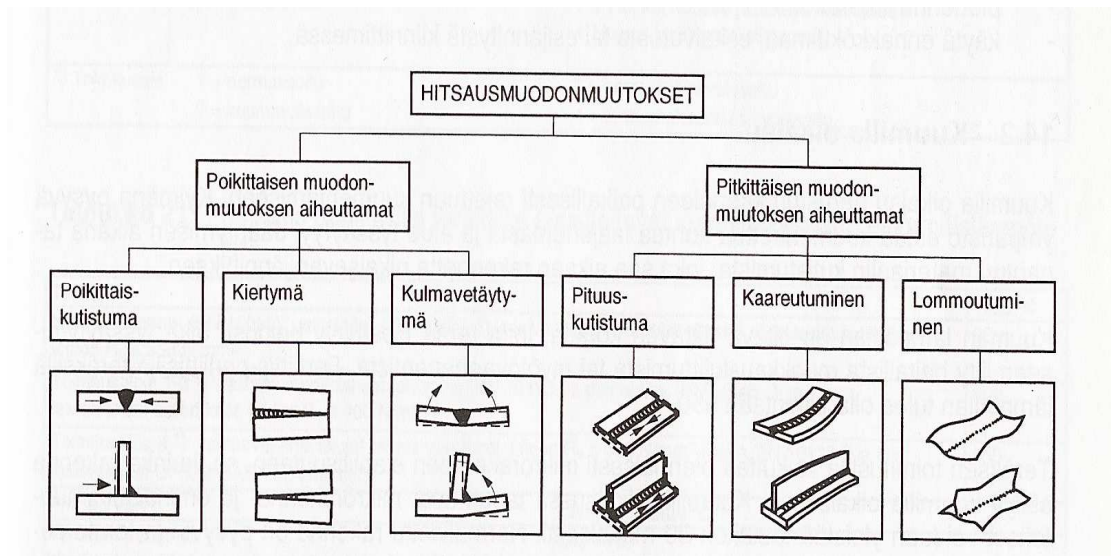
4.2 Hitsauksen aiheuttamat muodonmuutokset

Teräsrakenteeseen syntyy sisäisiä jännityksiä eri käsittely- ja valmistusvaiheissa. Jännityksiä aiheuttaa levyn valmistus, kylmämuovaus, hitsaus, leikkaus ja särmäys. **Hitsaus on merkittävin jäännösjännitysten ja muotovirheiden aiheuttaja.** Muodonmuutosten lajit jakautuvat kahteen pääryhmään, pitkittäisen ja poikittaisen suunnan kutistumaksi. Kutistuman suuruuteen vaikuttaa materiaali, palkojen lukumäärä, rai- lonmuoto ja rakenteen jäykkyys. Kutistuman lisäksi kappaleissa tapahtuu kulmavetäytymää, jolla tarkoitetaan hitsausjännityksen aiheuttamaa toisiinsa liitettyjen kappaleiden välistä kulman muutosta. Poikittaisen muodonmuutoksen aiheuttamia ovat kulmavetäytymän lisäksi kiertymä ja poikittaiskutistuma. Pitkittäisen muodonmuutoksen aiheuttamia ovat pituuskutistuma, kaareutuminen ja lommoutuminen. (Vähäkainu, O. & Silvennoinen, S, 2003. HITSAAJAN OPAS Rautaruukin teräkset)

4.2.1 Hitsausmuodonmuutosten lajit

Hitsattaessa sulanmuodostuksessa ja sulan jäähmettymisessä tapahtuu aina muodonmuutoksia tai syntyy jännityksiä. Jännityksiä syntyy, kun rakenne lämpenee pieneltä alueelta ja ympärillä oleva kylmä materiaali estää lämpölaajentuneen alueen muodonmuutoksen. Laajentunut materiaali tyssääntyy ja jäähtyessään kuroutuu alkuperäistä pienemmäksi. Hitsausmuodonmuutokset johtuvat myös hitsattavien palkkien ja

levyjen laatuvaihteluista, hitsausjärjestyksistä. Lisäksi muodonmuutoksia aiheutuu, kun hitsattavat materiaalit ovat eri vahvuisia. Tällöin hitsausarvot vaikuttavat erilaisilla eripaksuisiin materiaaleihin ja muodonmuutokset ovat erilaiset. Muodonmuutoksia voidaan hallita jigeillä, esitaivutuksilla ja suunnittelemalla railonmuodot sopiviksi. Hitsausmuodonmuutosten pääajit esitelty kaaviossa (kuvio 8).



KUVIO 8. HITSAUSMUODONMUUTOSTEN PÄÄLAJIT (VÄHÄKAINU, 2003. HITSAAJAN OPAS RAUTARUUKIN TERÄKSET)

4.2.2 Hitsausmuodonmuutosten ehkäisy

Muodonmuutosten ehkäisyyn on paljon keinoja, mutta yksi merkittävä ehkäisykeino on hitsausjärjestyksien miettiminen jo suunnitteluvaiheessa. Mitä jäykemmäksi rakenne saadaan hitsauksen alkuvaiheessa hitsattua, sitä paremmin se sietää muodonmuutoksia. (Vähäkainu, O, 2003. HITSAAJAN OPAS Rautaruukin teräset)

Alla on esitetty erilaisten muodonmuutosten ehkäisykeinoja.

Pituuskutistuma

- lämmöntonniin vähentäminen
- monipalkohitsaus
- katkohitsaus, jos mahdollista
- siltahitsien vähentäminen ja – pituus.

Poikittaiskutistuma

- lämmöntuonnin vähentäminen
- pienahitsien koko
- kappaleen jäykkyys
- V- railoista X- railoiksi
- siltahitsien vähentäminen ja – pituus
- hyppelehtivä silloitushitsausjärjestys
- taka-askelhitsaus
- pienempi ilmarako.

Kiertymä

- riittävä silloitus
- hyppelehtivä silloitushitsausjärjestys.

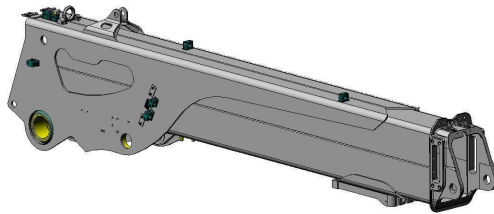
Kulmavetäytymä

- lämmöntuonnin vähentäminen
- molemmin puolin viistetyt railot
- vähemmän palkoja
- katkohitsaus, jos mahdollista
- pienempi ilmarako
- esitaivutus.

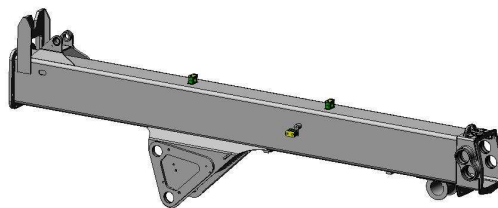
(Vähäkainu, O, 2003. HITSAAJAN OPAS Rautaruukin teräkset)

5 NOSTURIN PUOMIEN VALMISTUS

Harvesterin pääpuomi (kuvio 9) ja kuormatraktorin siirtopuomi (kuvio 10). Näillä puomeilla on koneissa hieman eri tehtävä. Harvesterissa liikutetaan harvesteripäätä ja kaadetaan puita. Kuormatraktorissa siirtopuomi toimii kuormaimen osana, kun puita kuormataan koneen kyytiin. Puomit eroavat toisistaan lähinnä mittojen, liikeratojen ja ainevahvuuksien osalta.



KUVIO 9, HARVESTERIN PUOMI



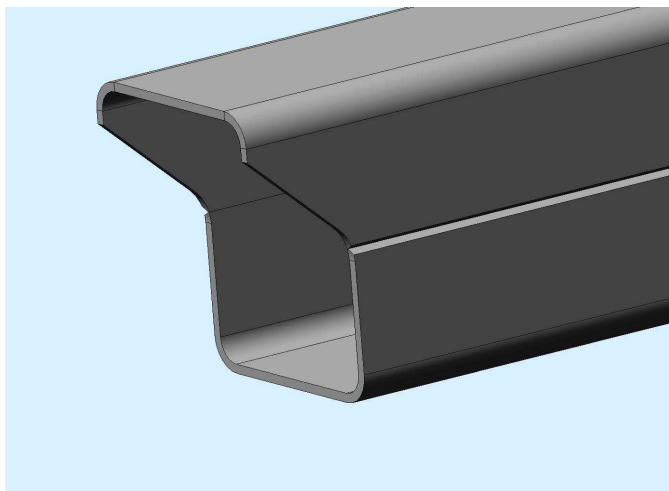
KUVIO 10. KUORMATRAKTORIN PUOMI

5.1 Materiaalit

Kotelopalkit tulevat valmiiksi hitsattuna alihankinnasta. Palkkien materiaalit ovat erikoislujia rakenneteräksiä eli W03 luokan teräksiä. Palkkeja on erikokoisia. Yleisesti palkit ovat valmistettu kahdesta U-profiilista hitsaamalla yhteen. Pienemmät kotelopalkit on rullamuovattua materiaalia ja niissä laatuerot eivät ole kovin suuret. Rullamuovattujen palkkien valmistuksessa päästään nyky menetelmillä ± 0.5 mm tarkkuuteen.

5.2 Palkin valmistus

Tähän työhön valittiin tarkasteltavaksi kuormaimen siirtopuomin kotelopalkki. (kuvio 11). Erikoislujasta rakenneteräslevystä leikataan sopivan muotoiset kappaleet ja ne särmätään U-profiiliksi. U-profiileihin on leikkausvaiheessa tehty viisteet laserleikkausmenetelmällä. Profiilit hitsataan yhteen jauhekaarimenetelmällä. Hitsauksen aikana käytetään kuparista juuritukea, jonka päällä pidetään keraamista nauhaa. Kotelopalkkeissa, joiden sisään ei tule enää toista palkkia, juurituki on kiinteä ja jää paikalleen. Hitsaukselle toleranssina on määritelty hitsin kuvun vajoitus ja korkeus päältä ja juuren puolelta. Päällä sallitaan 0.6 mm vajoitus, mutta yli tuleva kupu on hiottava palkin pinnan tasoon. Lisäksi on määritelty valmiin palkin leveys- ja korkeustoleranssi.

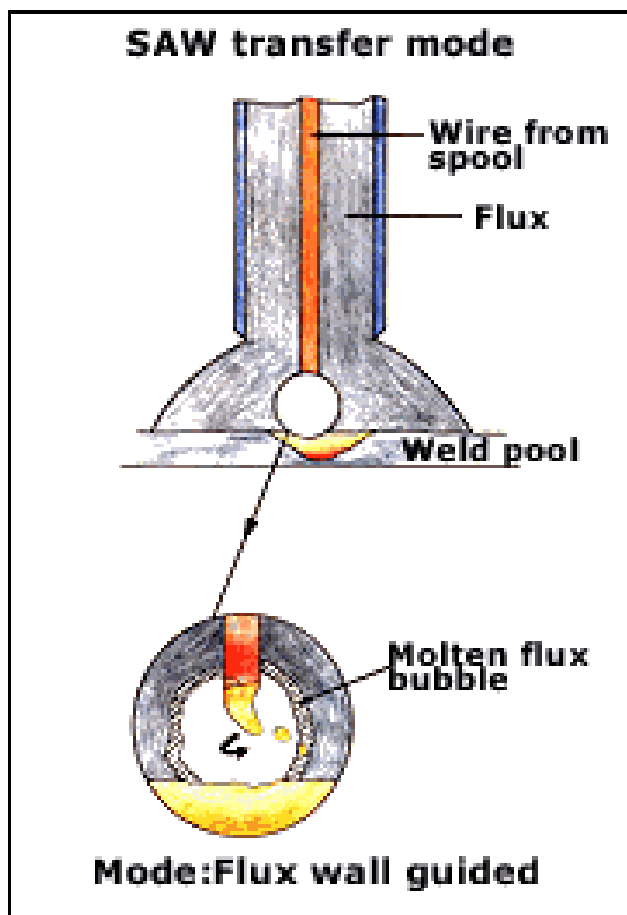


KUVIO 11. KOTELOPALKIN RAKENNE

5.2.1 Palkille valittu hitsaustapa

Palkin pituushitsi toteutetaan jauhekaarimenetelmällä (SAW, Submerged Arc Welding) (kuvio 12). Jauhekaarihitsaus on kaarihitsausta, jossa valokaari palaa hitsauslan-

gan ja työkappaleen välissä hitsausjauheen alla. Hitsausjauhe suojaa hitsaustapahtuman ympäröivältä ilmalta. Osa jauheesta sulaa ja muodostaa hitsin päälle kuonakerroksen, joka myöhemmin poistetaan. Jauhekaarihitsauksessa valokaari palaa piilossa jauheen alla. Tästä syystä ei synny lämpö- ja valosäteilyä eikä hitsaussavuja. Jauhekaarihitsauksen etuina on suuri tehokkuus (hitsiaineentuotto), suuri tunkeuma, työympäristöystävällisyys, tunteettomuus vedolle ja tuulelle sekä pitkäikäiset ja toimintavarmat laitteet. Näiden palkkien hitsaukseen on valittu jauhekaarihitsaus, koska se on tehokas ja paras menetelmä suoran hitsin hitsaukseen. Merkittäviä etuja on myös, että jauhekaarimenetelmä on helposti mekanisoitavissa. (Jauhekaarihitsaus, 2006, Esab)



KUVIO 12. JAUHEKAARIHITSAUKSEN PERIAATEKUVA

(Jauhekaarihitsaus, 2006, Esab)

5.2.2 Kokoonpanohitsaus

Kokoonpanohitsaus toteutetaan MAG hitsauksena. Hitsaukselle on määritelty kaksi standardia SFS-EN ISO 5817-C hitsauslaadulle ja hitsausmitoille SFS-EN ISO 13920-BF. Työssä esiintyvän siirtopuomin hitsaukselle hitsauslaatustandardissa hitsausluok-

ka C antaa laatuluokan tuotannossa valmistukseen, ei valmistetun tuotteen tarkoitukseen sopivuuteen. (SFS-käsikirja 66–1, hitsaus osa 1 hitsauksen laadunhallinta)

Hitsausluokka C määrittää hitsausvirheille raja-arvot, 8mm ainevahvuudelle. Alla esimerkkejä puominvalmistuksessa tärkeistä raja-arvoista.

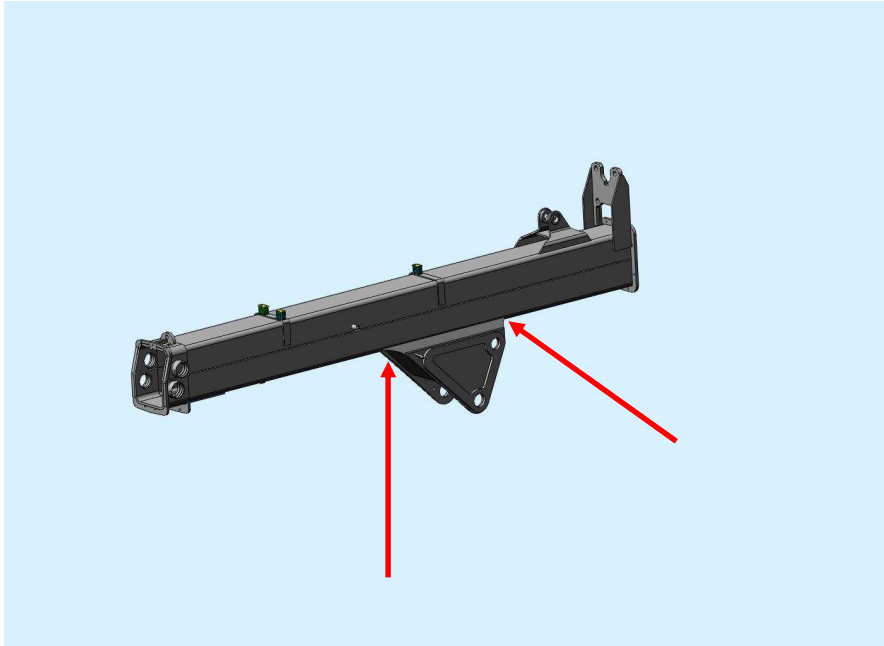
- Liitosvirhe, ei sallita.
- Halkeamat, ei sallita.
- Juurenpuolen reunahaava, ($h \leq 0.1t$, enintään 1 mm).
- Korkea kupu, ($h \leq 1 \text{ mm} + 0.15b$, enintään 7 mm).
- Kraaterihalkeamat, ei sallita
- Pintahuokonen, ($d \leq 0.2s$, enintään 2 mm).
- Avoin imuontelo ($h \leq 0.1t$, enintään 1 mm).
- Vajaa hitsautumissyvyys juuressa, ei sallita.

(SFS-käsikirja 66–1, hitsaus osa 1 hitsauksen laadunhallinta)

Hitsauslaatu varmistetaan hitsaajien osalta pätevyyskokeilla ja laatuosaston toimesta säännöllisesti tehtävillä rikkomattomilla mittausmenetelmillä, ultraääni- ja tunkeumanestetarkastuksilla. Palkkeihin hitsataan paljon erilaisia komponentteja, sylinteriholkkeja, korvakoita ja kiinnitysosia esimerkiksi hydrauliputkille. Nämä hitsaukset tapahtuvat robottihitsauksen jälkeen viimeistelyhitsauksessa.

Punaisilla nuolilla on kuvattu siirtopuomin kriittisimmät paikat (kuvio 13), joissa tämän siirtopuomin kuroutuminen on suurinta. Näissä kohdissa ovat myös kovimmat jännitykset metsäkonetta käytettäessä. Siinä tulee isojen hitsien aloitus ja lopetuskohdat ja siksi lämpölaajeneminen on voimakkainta.

Jatkeiden silloitushitsaus suoritetaan käsihitsauksena, mutta päähitsit hitsataan robotilla. Silloitusvaiheessa hitsattavat komponentit hitsataan pienillä siltahitseillä jigeissä oikeille paikoille ja robotti hitsaa tuotteen päähitsit. Kriittisten kohtien viimeistelyyn käytetään TIG-hitsausta. Hitseistä tasoitellaan kaikki mahdolliset reunahaavat, ettei jää mahdollisia repeämisen alkukohtia.



KUVIO 13. SIIRTOPUOMIN KRIITTISET KOHDAT

5.2.3 Hitsaus

Hitsausparametrit on määritelty hitsausohjeessa (WPS). Hitsausohjeessa annetaan yksityiskohtaisesti hitsaustyön toteuttamiseen tarvittavat oleelliset tiedot. Käytettävä hitsausohje määräytyy hitsiliitoksessa ohuemman ainevahvuuden mukaan.

5.3 Koneistus

Hitsattujen puomien koneistus suoritetaan CNC- koneistuskeskuksella. Koneistettavia kohteita ovat hydraulisynterien-, tappien reiät, liitettävien puomien tasopinnat ja erilaisten komponenttien kiinnitysreiät ja -kierteet. Koneistukselle siirtopuomiin on määritelty standardi SFS-EN 22768-1-M. Standardissa määritetään sallittuja pituusmittapoikkeamia (ei viistettyjä kulmia). Toleranssiluokkatunnus M tarkoittaa keskikarkeaa ja antaa 8mm ainevahvuuden pituusmitoille ± 0.2 mm. Reikien koneistukselle puomeissa on määritelty sallitut toleranssit erikseen, tappien rei'ille H7 (esimerkki 70 mm reiälle $-0 \rightarrow +0.03$ mm).

5.4 Kokoonpano

Kokoonpano aloitetaan puomien varustelulla. Puomeihin asennetaan erilaisia kiinnityskomponentteja, kulutuspaloja ja hydrauliputkia ja-sylintereitä. Kun varustelu on

suoritettu, seuraava työvaihe on palkkien sisäkkäin liittäminen. Palkit asennetaan sisäkkäin ja kytketään hydraulisylinteri kiinni. Palkkeja liikutetaan edestakaisin ja seurataan silmämääräisesti ulomman palkin pintaa. Palkit eivät saa jäädä toisiaan kohtaan väljäksi, eikä myöskään ulompi palkki saa juuttua kiinni missään kohdassa.

Palkit joudutaan irrottamaan toisistaan useita kertoja, ennen kuin sopiva tiukkuus löytyy. Sisemmän palkin päähän lisätään sovitelevyjä arvion mukaan ja kootaan jatke uudestaan. Sovitelevyjä on 0,1 mm–1,0 mm paksuisia ja näistä tehdään sopiva nippu sisemmän palkin päähän. Liukupalat eivät saa jäädä tiukalle, koska ne kuluvat loppuun nopeasti, palkki pullistelee ja saattaa rikkoutua. Liian väljä sisäpalkki aiheuttaa toisenlaisia ongelmia, epätarkkuutta nosturin käytössä ja ylimääräistä heilahtelua työskennellessä. Valmiin harvesterin pääpuomin kokoonpanokuva. (kuvio 14).



KUVIO 14. VALMIIN HARVESTERIN PÄÄPUOMIN KOKOONPANOKUVA

5.5 Tavoite

Kokoonpanon tavoitteena oli, että sisäkkäisten palkkien irrotusvaihetta ei enää tarvitse. Kokoonpanotyössä perusajatuksena on kokoonpano eikä minkäänlaista purkamista sallita. Kuten toleranssiosiossa oli kerrottu, palkkien valmistuksessa ja materiaaleissa toleranssit ovat tällä hetkellä sellaiset, että joudutaan elämään pienen vaihtelun kanssa. Ratkaisuna tähän on kehitetty mittalaite, jolla valmistusvaiheiden aiheuttama palkkien kurouma saadaan mitattua palkin sisältä. Tätä mittaustulosta hyödyntäen voi asentaa kulutuspalat sisälle tuleviin palkkeihin. Mittauslaitteella selviää kotelopalkin leveys- ja korkeusmitta ylä- ja alareunasta sekä etäisyys palkin päästä, missä kurouma on.

6 ANTURIT

Antureita löytyy nykyään lähes kaiken mittaamiseen tai todentamiseen. Tekniikka kehittyy ja antureista tulee pienempiä, tarkempia ja kestävämpiä. Antureita on analogisia ja digitaalisia. Analogisissa antureissa tieto johtuu välittyy mekaanisesti esimerkiksi mittarin näyttöön. Digitaalisissa antureissa tieto siirtyy sähköisesti esimerkiksi tietokoneen muistiin ja näytölle.

6.1 Anturityyppejä

Alla on lueteltu erilaisia anturityyppejä, joita tässä työssä tutkittiin soveltuvaksi pitkien kotelopalkkien sisäpinnan mittaamiseen. Antureiden ominaisuuksissa tärkeinä asioina pidettiin kokoa, suojausluokkaa, tarkkuutta, hintaa ja kalibrointia. Nämä ominaisuudet laitettiin tärkeysjärjestykseen ja siten saatiin pisteytettyä sopivin anturi tähän mittalaitteeseen.

- Pulssianturit
- Ultraäänianturit
- Etäisyysanturit
- Lähestymisanturit
- Valokennot
- Konenäköanturit
- Laseranturit

6.1.1 Absoluuttiset pulssianturit

Absoluuttiset pulssianturit on kehitetty siirtymien ja kulmien täsmälliseen mittaamiseen. Absoluuttinen tarkoittaa kosketuksettomuutta eli tieto välittyy magneettisesti. Siirtymät, sijainnit ja kulmat ovat tyypillisiä mittaushetkiä teollisuusautomaation piirissä. Mittaustarkkuutensa ansiosta pulssianturi on voittamaton työkalu. Sama pätee nopeuden ja kiihtyvyyden määrittämiseen. Toimintaperiaatteena antureissa optisten koodikuvioiden valosähköinen skannaaminen. Tämän ominaisuuden ansiosta näiden anturien resoluutio on siirtymien mittaamisessa mikrometrien luokkaa ja kulmien mit-

taamisessa muutaman tuhannesosa-asteen verran. Pulssianturit pärjäävät myös vähemmän vaativissa tehtävissä. Absoluuttiset pulssianturit tuovat mukanaan erään merkittävän edun: ne eivät vaadi alustavaa referenssiajoa.

Potentiometrityyppinen (IG09M) absoluuttinen pulssianturi (kuvio 15). Anturissa on 2560 pulssia / kierros. Anturi on suojausluokaltaan IP63, joten puomien mahdollinen likaisuus ei häiritse antureiden toimintaa. Kun mittalaitetta käytetään jatkossa myös hitsaamon puolella, tästä suojausluokasta on etua. Liitteessä 1 on anturin tekniset tiedot. (Pulssianturit Siko, 2009, SKS)



KUVIO 15. ABSOLUUTTINEN PULSSIANTURI (PULSSIANTURIT SIKO, 2009, SKS)

6.1.2 Ultraäänianturit

Ultraäänianturit (kuvio 16) ovat riippumattomia materiaalista, pinnasta, väristä tai koosta. Anturit toimivat pölyssä, liassa, sumussa ja kirkkaassa valossa. Toimintaperiaatteena ultraääniantureissa on mitata äänen kulku-aika kohteeseen. Ääni kulkee ilmassa edestakaisin noin 6 ms/m. Verrattuna muihin mittausmenetelmiin, ultraäänimenetelmä soveltuu erittäin hyvin vaikeisiin olosuhteisiin, koska se läpäisee epäpuhtaudet hyvin. Ratkaisun etuja on erinomainen taustan vaimennus ja kohteiden luotettava havaitseminen riippumatta ulkomuodosta. (Teollisuusanturit, 2009, SICK)



KUVIO 16. LEUZE ULTRAÄÄNIANTURI (TEOLLISUUSANTURIT, 2009, SICK)

6.1.3 Etäisyysanturit

Etäisyysanturit (kuvio 17) säteilevät valoa tarkasteltavaa esinettä tai peiliä kohti ja evaluoivat takaisin heijastuneen valonsäteen. Prosessi tuottaa sähkösignaalin, joka on verrannollinen määritettyyn etäisyyteen. Laseranturi on hyvin pieni, (48x38x15 mm) ja on tarkkuudeltaan huippuluokkaa. Mittatarkkuudeksi luvataan 0.01 mm. Mitattava matka on tällä anturilla 25–45 mm. (Asema- ja etäisyysanturit, SKS, 2009)



KUVIO 17. LEUZE LASERETÄISYYSANTURI (TEOLLISUUSANTURIT, 2009, SICK)

6.2 Valittujen antureiden vertailu

Antureista tehtiin taulukossa 2 esitetty vertailu ja sen perusteella valittiin sopivimmat anturit. Vertailussa kolme mallia erottui muista selvästi. Pulssianturi, laseranturi ja

ultraäänianturi olivat sopivia tähän työhön. Ulostulo (output) on tarkkuuden lisäksi tärkeimpiä ominaisuuksia, koska silloin tietokoneelle tuloksen saaminen on mahdollista. Koko oli myös tärkeä ominaisuus, koska mittalaite pitää mahtua kotelopalkkien sisään.

Absoluuttisissa pulssiantureissa riittää ominaisuuksia ja valittu anturimalli on sopivan kokoinen, hyvin suojattu ja tarkka. Lisäksi anturissa on helppo kiinnitys ja liitäntä. Ultraääniantureissakin kaikki ominaisuudet riittävät mittalaitteen tarpeeseen, mutta eroa tuli hieman kalibroinnin osalta.

Laseranturin koko, toimintavarmuus ja erityisesti tarkkuus olivat sen vahvoja ominaisuuksia. Työ olisi yhtä hyvin voitu tehdä laserantureilla, mutta hieman kalliimpi hinta kallisti valinnan pulssianturiin. Laseranturi olisi vaatinut myös hieman erilaisen mittalaitteen rungon, koska mittausetäisyys (25 - 45 mm) ei olisi riittänyt erikokoisille palkkeille. Anturi olisi pitänyt asentaa liikkuvaksi, jolloin mittaussmatka leveämmällä palkilla ei olisi ylittynyt.

Työhön valittu absoluuttinen pulssianturi on sopivan kokoinen (40.8 mm x 67.5 mm), erittäin tarkka (2 560 pulssia/kierron) ja hyvin suojattu (IP63). Anturi on helppo kiinnittää 40 mm reikään. Anturissa on 20 mm reikä, johon käyttöakseli lukitaan pidätinruuvilla. (Pulssianturit Siko, 2009, SKS)

TAULUKKO 2. ANTURIVERTAILU

	output	hinta	tarkkuus	kalibrointi	suojausluokka	
tärkeys	4	1	5	2	3	YHT.
Pulssianturit	X	X	X	X	X	15
Ultraäänianturit	X	X	X		X	13
Etäisyysanturit		X		X		3
Lähestymisanturit	X	X				5
Valokennot			X	X		7
Konenäköanturit	X			X	X	9
Laseranturit	X		X	X	X	14

7 MITTAUSLAITE

7.1 Käyttäjän vaatimukset

Käyttäjälle laite tulee olla mahdollisimman helppokäyttöinen ja kertoa tarvittavat mittatiedot selkeästi. Mittalaitteen esisuunnitteluvaiheessa rajattiin ominaisuuksia, mitalaitteen ei tarvitse mitata palkin ”salmiakkimaisuutta” eikä korkeusmittaa.

Mittaustuloksesta täytyy ilmetä palkin leveyden minimi- ja maksimiarvo. Leveysmitta pitää selvittää palkin ylä- ja alareunasta ja millä palkin pituuskohdalla ne sijaitsevat. Näillä tiedoilla asentaja voi valita testivaiheessa tehdystä taulukosta sopivan paksuiset kulutuspalojen sovitukset sisemmän puomin päähän.

7.2 Laitteen vaatimukset:

- edullinen
- helppo käytettävyys
- helposti valmistettavissa
- mallikohtainen mittataulukko
- leveydenmittaus palkin ylä- ja alareunasta
- pituuden asema
- selkeästi analysoitava mittaustulos
- mittaustulos käyränä tietokoneelle
- raja-arvojen ilmaisu

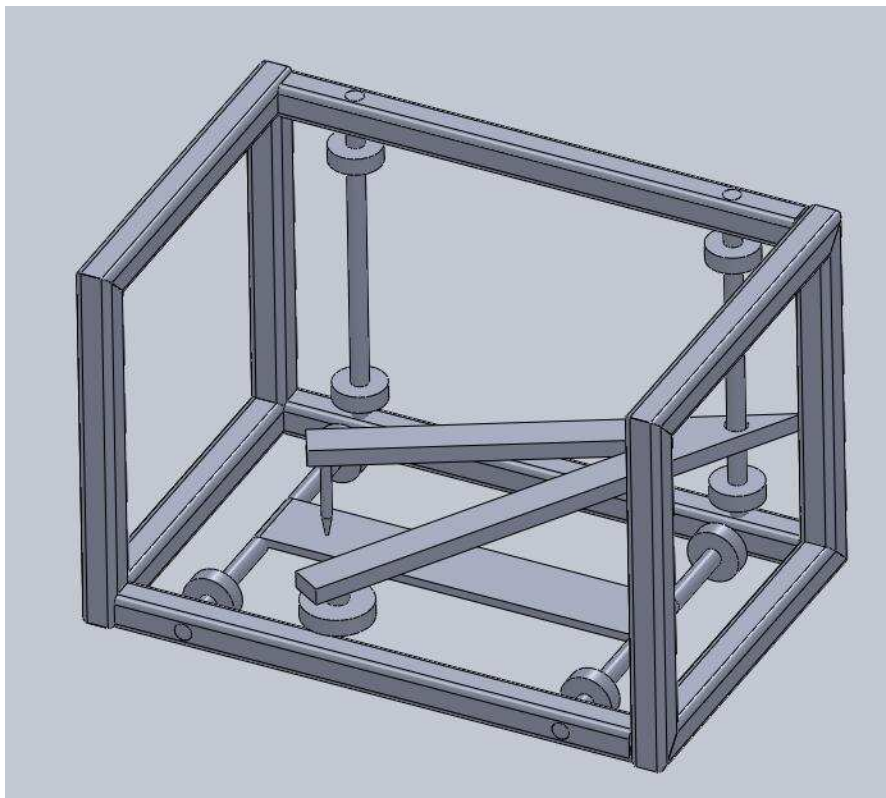
Ennen menetelmän käyttöönottoa, alkuvaiheessa täytyy useat hyväksi havaitut jatkeet purkaa. Niissä mitataan, millainen uloin palkki on ja millaiset kulutuspalat siihen on asennettu. Asennus on aina kompromissi ja kulutuspaloja ei voi asentaa pelkästään kapeimman kohdan mukaan.

Kun ensimmäinen asennus on suoritettu, jatketta liikutellaan hydraulisesti edestakaisin ja seurataan uloimman palkin pintaa. Tämä silmämääräinen tarkistus on vuosikymmenien kokemuksen tulos. Kun jatke on kokoonpantu ja hyväksytty, se täytyy purkaa liukupalojen paksuudenmittausta varten. Näitä mittauksia täytyy tehdä kymmenelle

jatkeelle ja niistä saadaan mittataulukko, jonka mukaan seuraavassa samanmittaisessa jatkeessa liukupalat asennetaan. Purkaminen on hankala työvaihe, koska jatkeen oma sylinteri ei ylety työntämään palkkeja erilleen vaan joudutaan käyttämään välitankoa sylinterin jatkona. Koska kokoonpanotyön tarkoituksena on koota tuotteita, purkaminen aiheuttaa ylimääräistä ja hallitsematonta ajan menetystä tuotantoon.

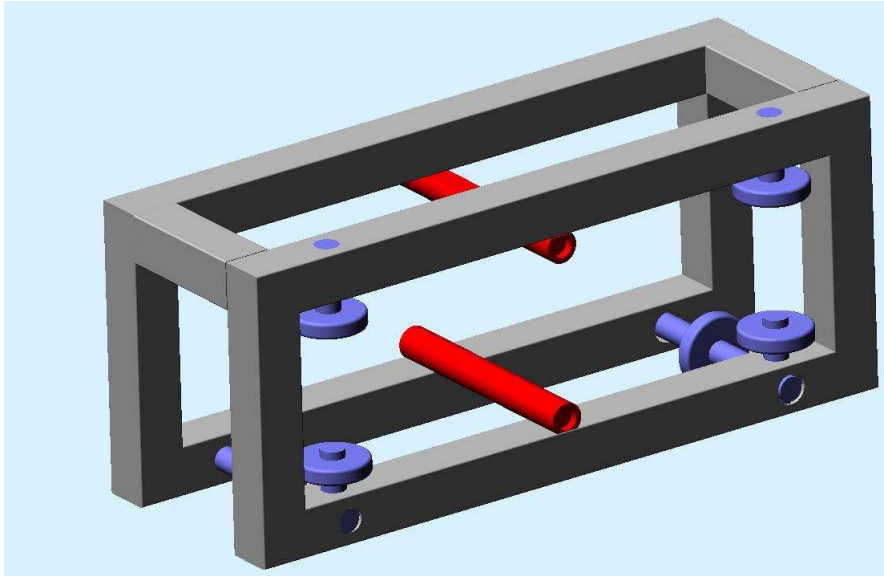
7.3 Luonnosten arviointi

Mittalaitetta suunniteltiin kolme erilaista mallia. Ensimmäinen (kuvio 18) oli mekaaninen malli, jossa mittaustulos piirtyi paperille. Laitteen paperirulla, joka pyöri renkaan akselin mukana ja samalla paperi siirtyi toiselle rullalle. Rullien välissä oli jousikuormitettu piirtolaite, joka piirsi leveystietoa kun laitetta työnnettiin palkin sisään. Kun paperi siirtyi toiselle akselille, siitä ilmeni millä kohtaa palkkia leveämpi ja kaapeampi kohta on.



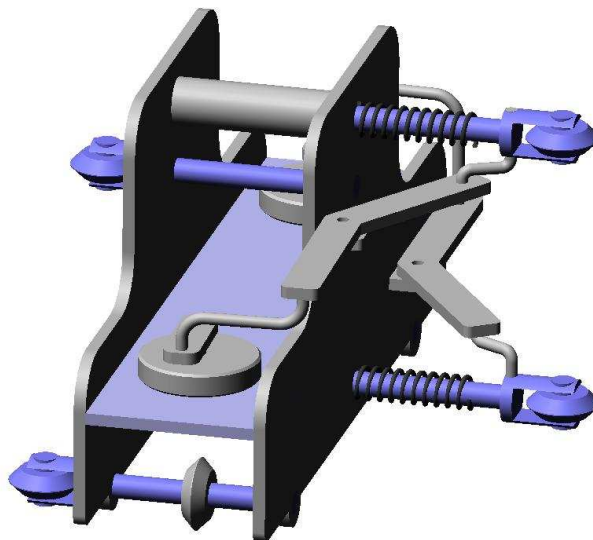
KUVIO 18. MEKAANINEN MITTALAITE (Martikainen, 2009)

Toisessa luonnoksessa mittalaite (kuvio 19) oli toteutettu ultraäänianturilla. Anturit mittaavat palkin sisäpintaa ylä- ja alareunasta molemmilta puolilta. Jousikuormitteiset pyörät painavat mittalaitteen runkoa palkin toista reunaa vasten.



KUVIO 19. MITTALAITE ULTRAÄÄNIANTUREILLA (Martikainen, 2009)

Valittu (kuvio 20) malli on toteutettu absoluuttisilla pulssiantureilla, joka osoittautui hyväksi hinnan, tarkkuuden ja toimivuuden suhteen. Anturit on liitetty mekaaniseen niveleeseen, jonka päässä oleva mittapyörä seuraa palkin sisäpinnan muutosta ja välittää tiedon anturin kautta tietokoneelle. Ideana tässä on sama kuin mekaanisessa mittalaitteessa, mutta mittaustulos tallentuu tietokoneelle pulssianturien välityksellä.



KUVIO 20. MITTALAITE ABSOLUUTTISILLA PULSSIANTUREILLA (Martikainen, 2009)

7.4 Mittalaitteen rakenne

Mittalaitteen rakenne on hyvin yksinkertainen, eikä vaadi erikoisia osia valmistuksessa. Mittalaitteen toisella sivulla on kolme rullaa, joita vasten jousikuormitteiset mittarullat painavat. Tieto leveydenvaihtelusta välittyy pulssiantureille, joista eteenpäin tietokoneelle.

Mittalaite (osaluettelo liitteessä 2) koostuu laitteen rungosta, joka on valmistettu 5 mm laserleikatusta teräslevystä, kolmesta absoluuttisesta pulssianturista ja kannettavasta tietokoneesta. Koska palkit ovat pitkiä (n. 4 000 mm), käytetään mittalaitteen liikuttamiseen kevyttä alumiinista työntötankoa. Runko on tehty neliöputkesta ja se liukuu rullien varassa puomien sisällä. Runkoon on kiinnitetty kaksi jousikuormitteista mittarullaa, jotka liukuvat koneistetuissa metalliputkissa. Mittarullilta tieto välittyy niveldyn tangon välityksellä pulssianturille, joka välittää asematiedon tietokoneelle. Kolmas anturi pyörii renkaan akselin mukana ilmoittaen pituusaseman puomin sisältä.

Laite seuraa aina palkkien vasenta reunaa, koska oikean puolen jousikuormitteiset pyörät pakottavat sen sinne. Näin mittaus tapahtuu oikeasta reunasta ja mittauksen nollapiste on vasemman puolen kiinteät pyörät. Pyörät ovat tehty teräviksi, jolloin saadaan mahdollisimman tarkasti mittaus suoritettua. Keskellä alhaalla on vaan kaksi pyörää, jolloin mittalaite voi kallistua vapaasti vasemman puolen kiinteitä pyöriä vasten. Vasemmalla puolella on kolme pyörää, mittalaite paikoittuu aina puomin pinnan suuntaiseksi. Kolme pyörää on tällaisessa tilanteessa paras vaihtoehto, silloin laite keskittyy varmasti hyvin eikä voi jäädä kantamaan yhden rullan varaan. Pulssiantureiksi valittiin SKS:n tuotteista malli SIKO IG09M.

7.5 Mittalaitteen kalibrointi ja mittaustulos

Laite ei vaadi erillisenä työvaiheena kalibrointia, koska absoluuttiset mitta-anturin ”nollataan” aina mittauksen alussa. Laitteen kalibrointi suoritetaan ulkopuolisella kalibrointiliikkeellä. Mittaustulosta hyödynnetään aluksi kokoonpanossa. Kun nostureiden jatkeita aletaan valmistaa kokoonpanossa, käytetään mittalaitetta uloimman puomin sisällä. Mittalaite piirtää tietokoneelle käyrän palkin sisäpinnan leveydestä, ylä- ja alareunasta. Kun hyväksi havaituista jatkeiden kokoonpanoista on mittaustulokset taulukossa, niiden perusteella voidaan määrittää kulutuspalojen säätölevyjien paksuus.

8 YHTEENVETO

Tällä työllä pyrittiin Ponssen nostureiden ja kuormainten palkkien mittavaihtelun hallintaan ja kehittämään valmistusprosessia hallitsemaan hitsauksen aiheuttamia muodonmuutoksia. Työn aikataulusta ja maailmantaloudentilasta johtuen mittalaitetta ei ole vielä valmistettu. Kun nosturi ja kuormainmallien muutokset saadaan valmiiksi, tiedetään hieman tarkemmin minkä kokoisille palkeille mittalaite täytyy mitoittaa.

Mittalaitteen tarve tulee jatkuvasti tärkeämmäksi, koska koneet suurenevat ja silloin myös nostureiden ominaisuuksilta vaaditaan enemmän. Kuormitusten kasvaessa joudutaan siirtymään kulutusaloista rullilla liikkuviin puomeihin. Silloin palkkien muodot tulevat todella tärkeiksi, ettei palkit valssaudu sisältä rullien paineen vaikutuksesta.

Työn tuloksina syntynyt mittalaitteen suunnitelma on käyttökelpoinen ja monessa työvaiheessa syntyy säästöä työajan muodossa. Myös Ponssen metsäkoneiden laatuvaatimukset huomioiden mittalaitteella pystytään vähentämään asiakkaille koneiden huollon tarvetta ja parantamaan jälkimarkkinointiosastojen työtä ympäri maailmaa. Metsäkoneet ovat kalliita investointeja ja niiden pienikin seisottaminen ongelmien takia tuo asiakkaille kohtuutonta harmia. Työ on ollut hyvin mielenkiintoinen tutkielma särmättävien ja hitsattavien rakenteiden elämään ja ongelmiin. Myös mittaustekniikka ja niiden laitteet ovat hyvin mielenkiintoisia, nykypäivänä löytyy mahdollisuuksia lähes kaikkeen mittaamiseen.

9 JATKOSUUNNITELMAT

Jatkossa mittaustulosta aiotaan hyödyntää hitsauksen suuntaan. Tarkoitus on kehittää erilaisia menetelmiä, jigejä, hitsausjärjestyksiä ja hitsausennakoita hitsattaville puomeille, joiden vaikutusta voidaan välittömästi seurata mittalaitteella. Aina mitä vähemmän vaihtelua on, sitä helpompi on kokoonpanotyön tekeminen ja laatuvaatimusten täyttäminen.

Työn loppuvaiheessa mietittiin mittalaitteen tulevaisuuden mahdollisuuksia ja mahdollisia muutoksia mittaukseen. Koska kulutuspalojen takia ei tarvitse muuta kuin leveystieto, mittalaite on tällaisena todella käyttökelpoinen. Mutta jos mittaustuloksella haluttaisiin selvittää palkin kiertymä tai ”salmiakkimaisuus”, silloin mittalaitetta pitäisi hieman muuttaa. Mittalaitteeseen pitäisi asentaa laseranturit ja koko mittalaite johteen varaan puomin sisälle. Laserantureilla suoritettaisiin mittaus ja niiltä saataisiin leveys- ja korkeustiedot tietokoneelle. Tämä ratkaisumalli olisi huomattavasti kalliimpi vaihtoehto ja pitäisi selvittää todellinen tarve ensiksi.

PAINETUT LÄHTEET

Vähäkainu, O. & Silvennoinen, S, 2003. HITSAAJAN OPAS Rautaruukin teräkset, Painopaikka: Rautaruukki.

Mäkinen, J & Katainen, A, 1983. Hitsaustekniikka 1

Esala, A & Lehto, P & Tikka, K, 2007. Konepajan tuotantotekniikka, konepajatekninen mittauskurssiaineisto, Painopaikka: Eteläkarjalan mittauskeskus, Jyrki Laaksonen.

Autio, A & Räsänen, O, 1983. Mittaustekniikka 1

SFS-käsikirja 66–1, hitsaus osa 1 hitsauksen laadunhallinta. 7 uudistettu painos 2005, s.156–164, Painopaikka: Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry.

PAINAMATTOMAT LÄHTEET

Asema- ja etäisyysanturit, 2009, SKS. [Viitattu 30.11.2009]. Saatavissa:

[http://www.sks.fi/inet/sks/fi/akp.nsf/frameset/Frameset?OpenDocument&content=/inet/sks/tuote.nsf/Products_FI?openview&company=SKS+Mekaniikka+Oy&top=/inet/sks/fi/akp.nsf/Top?ReadForm&topcat=SKS-mekaniikka&topmargin=/inet/sks/fi/akp.nsf/MarginTop?ReadForm&margintopbg=/inet/sks/akpme-dia.nsf/Resources/margintop_bg_mekaniikka.jpg/\\$file/margintop_bg_mekaniikka.jpg&showheadertop=0](http://www.sks.fi/inet/sks/fi/akp.nsf/frameset/Frameset?OpenDocument&content=/inet/sks/tuote.nsf/Products_FI?openview&company=SKS+Mekaniikka+Oy&top=/inet/sks/fi/akp.nsf/Top?ReadForm&topcat=SKS-mekaniikka&topmargin=/inet/sks/fi/akp.nsf/MarginTop?ReadForm&margintopbg=/inet/sks/akpme-dia.nsf/Resources/margintop_bg_mekaniikka.jpg/$file/margintop_bg_mekaniikka.jpg&showheadertop=0)

Jauhekaarhitsaus, 2006, Esab. [viitattu 18.9.2009]. Saatavissa:

<http://www.esab.fi/fi/fi/education/processes-saw.cfm>

Pulssianturit Siko, 2009, SKS, [Viitattu 11.10.2009]. Saatavissa:

<http://www.sks.fi/inet/sks/fi/akp.nsf/frameset/Frameset>

Teollisuusanturit, 2009, SICK, [Viitattu 12.10.2009]. Saatavissa:

<http://www.sick.fi/fi/products/tuoteryhmat/teollisuusanturit/fi.html>

Historia, 2009, Ponsse Oyj, [Viitattu 23.11.2009]. Saatavissa:

<http://www.ponsse.com/suomi/konserni/historia/index.php>

Huoltopalvelut, 2009, Ponsse Oyj, [Viitattu 23.11.2009]. Saatavissa:

<http://www.ponsse.com/suomi/palvelut/loggersinn/index.php>

Konserni, 2009, Ponsse Oyj, [Viitattu 23.11.2009]. Saatavissa:

<http://www.ponsse.com/suomi/konserni/index.php>

Tuotteet, 2009, Ponsse Oyj, [Viitattu 5.8.2009]. Saatavissa:

<http://www.ponsse.com/suomi/tuotteet/index.php>

Ultraäänianturi, 2009, Sensorola, [Viitattu 12.10.2009]. Saatavissa:

<http://www.sensorola.fi/ultra-aanianturi.html>

LIITE 1

Mechanical data

Incremental encoder IG09M

Flat design with through hollow shaft

Feature Technical data Additional information

Max. speed plain bearing 6000 rpm

Shaft moment of inertia $\sim 0.15 \times 10^{-6} \text{ kgm}^2$

Starting torque $\leq 2 \text{ Ncm}$, IP53

$\leq 3.5 \text{ Ncm}$, IP63

at 20 °C

Weight $\sim 0.12 \text{ kg}$

Protection category IP53

IP63

Operating temperature -20 ... +100 °C

Storage temperature -20 ... +100 °C

Shock resistance 200 g/6 ms according to DIN EN 60068-2-27

Vibration resistance 10 g/50 Hz according to DIN EN 60068-2-6

Shaft browned steel

Housing reinforced plastic

Cable sheath PUR Ø 4.8 mm

LIITE 2

- 2 kpl laserleikattuja sivulevyjä (runko)
- 1 kpl laserleikattu runkolevy
- 2 kpl saranalattaa
- 2 kpl absoluuttisia pulssiantureita **IG09M**
- 5 kpl mittarullaa, 2 kpl liukuvaa ja 3 kpl kiinteää
- 2 kpl liukuvaa jousikuormitteista rullaa
- 2 kpl antureidenkäyttölinkkua
- 3 kpl erilaista antureidenkäyttötankoa
- 2 kpl pyörää mittalaitteen pyöräksi

