

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernit tuotantojärjestelmät, tuotantotalous
Seppälä Joni-Jussi

Opinnäytetyö

Koneistusvaiheiden ja -menetelmien kehittäminen

Kohdekoneena Moriseiki NT 4300 DCG

Työn ohjaaja
Työntilaaaja
Tampere

Diplomi-insinööri Arto Jokihaara
Ata Gears Oy, ohjaajana teknikko Jani Mustonen
joulukuu 2010

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma,
Modernit tuotantojärjestelmät, tuotantotalous

Kirjoittaja	Seppälä, Joni-Jussi
Työn nimi	Koneistusvaiheiden ja -menetelmien kehittäminen
Sivumäärä	36 sivua + 15 liitesivua
Valmistumisaika	joulukuu 2010
Työn ohjaaja	Diplomi-insinööri Arto Jokihaara
Työn tilaaja	Ata Gears Oy, ohjaajana teknikko Jani Mustonen

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin erilaisia mahdollisuuksia, joilla voitaisiin nopeuttaa valmistusprosessia sekä vähentää valmistuksen kustannuksia. Kohdekoneena käytettiin Moriseiki NT 4300 DCG -monitoimisorvia.

Työ tarkoituksena oli vaiheistaa uudelleen tarkasteluun valitut tuotantokappaleet sekä kehittää koneistusta siten, että kuljetukset vähenisivät ja kustannukset laskisivat.

Työssä saatiin selville vierintäjyrsinnän uudelleenvaiheistuksella saavutetut kustannussäästöt pilottikappaleiden osalta sekä suunniteltiin ja valmistettiin työkalu, joka mahdollisti lautaspyörän kiilauran valmistuksen sorvauksen yhteydessä.

Kaikki tässä työssä esiintyvät asiakkaiden nimet sekä liitteet pidetään salassa Ata Gears Oy:n toivomuksesta.

Hakusanat: kartiohammaspyörä, Moriseiki, kiilaura, kokonaiskoneistus

TAMK University of Applied Sciences
Department of Mechanical and Production Engineering,
Modern production systems, production economics

Author	Seppälä, Joni-Jussi
Thesis	Developing of machining phases and methods
Pages	36 pages + 15 appendix pages
Graduation time	December 2010
Thesis supervisor	Arto Jokihaara, M.Sc.
Commisioned by	Ata Gears Oy, supervisor technician Jani Mustonen

ABSTRACT

In this thesis a variety of opportunities to accelerate the manufacturing process and reduce manufacturing costs were examined. As a target machine we used Moriseiki NT 4300 DCG-lathe.

The work was intended to re-phased review of selected pieces of production and to develop the machining, so that transportation would be reduced and costs lowered.

Cost savings obtained with rephrasing of the manufacturing pilot parts were discovered. Also, a new tool was designed and made. This tool enabled the keyway making on wheel at connection with the manufacture of facing.

All of inserts and customer names were kept in secret.

Keywords: spiral bevel gear , Moriseiki, keyway, totalmachining

ESIPUHE

Kiitän opinnäytetyöni valvojaa Jani Mustosta mielenkiintoisesta ja haastavasta aiheesta. Tampereen ammattikorkeakoulusta haluan antaa kiitokseni ohjaajalleni Arto Jokihaaralle, jolta sain hyviä neuvoja työn edetessä. Työkavereista suurimman kiitoksen ansaitsee koneistaja Juha Paukkunen, joka toimi koneenkäyttäjänä testauksien aikana sekä antoi hyviä vinkkejä työkalujen suunnitteluun. Myös muille työkavereille kiitos kannustuksesta.

Kiitän myös avopuolisoani Nina Sippolaa sekä perhettäni tuesta ja kannustuksesta.

Tampereella 24.11.2010

Joni Seppälä

Sisällysluettelo

1	Johdanto	8
2	Ata Gears Oy:n tuotteet	9
	2.1 Tuotantoketju hammaspyörän valmistuksessa	10
	2.2 Työn tavoite	11
3	Ata Gears Oy:n hampaiden valmistustekniikat	12
	3.1 Koneistus ennen lämpökäsittelyä	12
	3.2 Koneistus lämpökäsittelyn jälkeen	14
	3.3 Koneistuksen kehittäminen	15
	3.3.1 Moriseiki NT 4300 DCG	15
	3.3.2 CAPTO C6 -vierintäuritusuritusyökalut	17
	3.3.3 Kiilauran koneistus lautaspyörään	18
	3.4 Tuotannon tehostaminen	19
4	Vierintäuritus testeihin valitut pilottikappaleet	19
	4.1 Asiakas 1 piirustusnumero 2014293	19
	4.2 Asiakas 2 piirustusnumero 2014838	19
	4.3 Asiakas 3 piirustusnumero 2016680	20
5	Tuotannon vaiheistus	21
	5.1 piirustusnumero 2014293	22
	5.2 piirustusnumero 2016680	23
	5.3 piirustusnumero 2014838	24
6	Tuotannon läpäisy aika	25
	6.1 piirustusnumero 2014293	26
	6.2 piirustusnumero 2016680	27
	6.3 piirustusnumero 2014838	28

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernit tuotantojärjestelmät, tuotantotalous

7	Kiilaurien valmistus höylästyökalulla	29
	7.1 Kiilauran höyläysvarren suunnittelu	29
	7.2 Kiilauratyökalun testit	31
	7.3 Havaitut ongelmat ja ratkaisut	32
	7.4 Menetelmällä saavutetut hyödyt	34
8	Yhteenveto	36

Lähteet

Liitteet

Lyhenteiden selitykset

Lautaspyörä	Hammaspyöräparin osa, jossa hammasluku on suurempi
Pinioni	Hammaspyöräparin osa, jossa hammasluku on pienempi
Mn	Moduuli
FM-järjestelmä	Joustava valmistusjärjestelmä (FMS)
CAD/CAM	Graafinen ohjelmointi ja mallinnusohjelma
HPG-S	Hampaan kovaviimeistely (High Power Gear)
CNC	Numeerisesti ohjattu työstökone/työstökeskus
Ata	Ata Gears Oy
5-akselikone	Työstökone, jossa on viisi liikuteltavaa akselia

1 Johdanto

1.1 Ata Gears Oy

Kun entisen Ab Autotarvike Oy:n toimitusjohtaja Erik Duncker osti neljän muun sijoittajan kanssa yrityksen konepajan v. 1937, syntyi Ata Gears Oy. Ata toimi ensimmäiset vuotensa ns. hoppakaupan talossa joka sijaitsi Sorin aukion vieressä. Vuonna 1941 Ata muutettiin nykyiselle paikalleen Atalaan Teiskoon johtavan tien varrelle noin 9 kilometrin päähän Tampereen keskustasta. Uudet tilat mahdollistivat tuotannon tehostamisen ja erikoistumisen kartiohammaspyörrien valmistajaksi. Erilaiset hammaspyörät olivat Atan pääartikkeli, mutta tehtiin muutakin: muun muassa pioneerijoukoille ponttonisiltojen säätöjaksoja. Vuonna 1942 Ata osti Saksasta Klingelbergin hammaspyörän jyrshintäkoneen, ja sai sen avulla nostettua tuotannon kapasiteettia sekä kappaleiden laatua huomattavasti. Kaksi vuotta myöhemmin Ata onnistui hankkimaan toisen hammastuskoneen, tällä kertaa lautaspyöräkäyttöön soveltuvan Klingelbergin. Toinen näistä koneista on edelleenkin tuotantokäytössä. /1/

Nykyään Atan toimipisteet sijaitsevat Atalassa, Leinolassa sekä Pälkäneellä, jossa on yrityksen koko materiaalivarasto. Atalan tehdasta laajennettiin vuonna 2004 ja entiset Lukinkadun ja Ikaalisten tehtaot siirrettiin sinne. Viimeisin suuri laajentuminen tapahtui vuonna 2009, kun Tampereen Leinolaan valmistui uusi 6 000 m²:n kokoinen halli. Uuteen halliin siirrettiin kaikki koneet edellisestä laajennuksesta sekä investoitiin uuteen 5-akselityöstötekniikkaan.

Atan tuotteisiin on kuulunut vuosien aikana mm. kilpa-autojen välityksiä, traktorien ja muiden työkoneiden välityksiä sekä hammasvaihteita, joista vain kartiohammaspyörät ovat edelleen tuotannossa. Vuonna 2009 Atan liikevaihto oli 48 milj. euroa ja siitä viennin osuus oli 67 %. suurimpana yksittäisenä markkina-alueena on Suomi 33 %. Ata valmisti vuonna 2009 noin 13 000 hammaspyöräparia. Henkilöstöä yrityksellä on 170. Kaikki Atan valmistamat tuotteet muodostavat aina hammaspyöräparin, joka sisältää lautaspyörän sekä pinionin. Poikkeustapauksissa lautaspyörä voi olla useampia yhtä pinionia kohden tai päinvastoin. /2/

2 Ata Gears Oy:n tuotteet

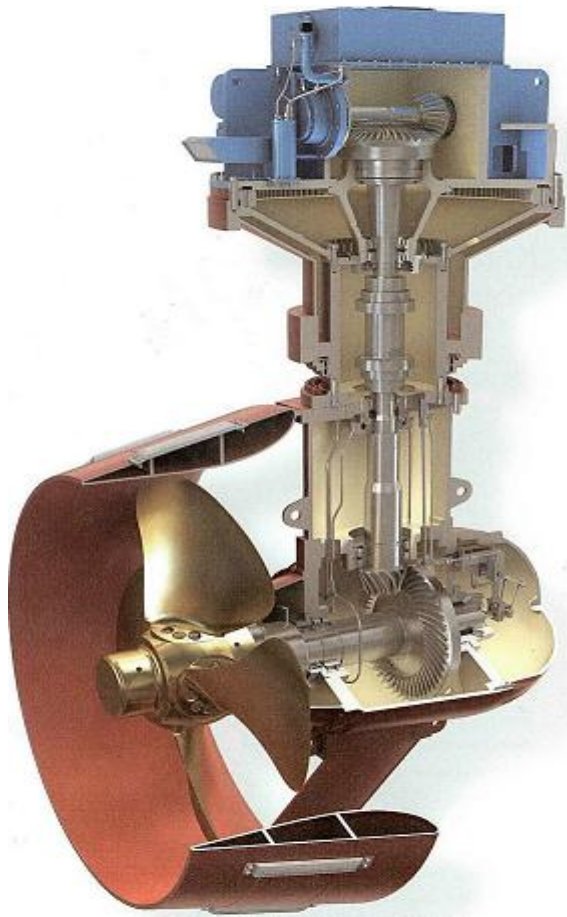
Atan suurimmat markkina-alueet ovat raskaassa konepajateollisuudessa, meriteollisuudessa sekä raskaassa ajoneuvoteollisuudessa. Jonkin verran hammaspyöriä valmistetaan erikoistilauksesta myös kilpa-autoihin ja muihin vaativampiin sovelluksiin.



Kuvio 1. TEREX maansiirto ajoneuvo



Kuvio 2. Valmis hammaspyöräpari



Kuvio 3. Laivan kääntöpotkuri.

2.1 Tuotantoketju hammaspyörän valmistuksessa

Tuotantoketjulla kuvataan yleisesti eri tuotteiden valmistusreittiä suunnittelusta valmiin tuotteen lopputarkastukseen saakka. Atan tuotantoketju on vuosien aikana muokkaantunut hammaspyörien valmistukseen sopivaksi ja mukautunut sekä piensarja- ja yksittäiskappaletuotantoon.

Tavallisessa tuotantoketjussa hammaspyörien valmistus etenee asiakkaan tilauksen jälkeen Atan suunnitteluosastolle, jossa tehdään valmistuspiirustukset sekä menetelmäsuunnittelu.

Suunnitteluvaiheiden jälkeen tieto työn aloituksesta etenee Pälkäneen materiaalivarastolle, jossa aihiot sahataan ja lähetetään tehtaille. Kun aihiot ovat saapuneet tehtaille, niihin tehdään tarvittavat koneistukset sekä hammastus ennen lämpökäsittelyä.

Lämpökäsittelyn jälkeen kappaleet normaalisti hiotaan, kova koneistetaan sekä viimeistellään vaihtoehtoisilla menetelmillä, jotka ovat

- läppäys
- HPG-hammastus (kovahammastus)
- hammashionta

Kaikki hammaspyörät käyvät läpi Atan oman lopputarkastuksen. Osalle kappaleista tehdään vielä luokituslaitoksen suorittama laatusertifikaatin mukainen luokitushyväksyntä.



Kuvio 4. Ata Gears Oy:n tuotantoketju.

2.2 Työn tavoite

Atan valmistamissa kartiohammaspyörissä on useita eri työvaiheita, ja aikaisemmin ne onkin pitänyt valmistaa eri toimipisteissä. Tässä työssä tavoitteena oli koota jo Moriseiki NT 4300 DCG:llä tehtyjen vierintäuritus testauksien tulokset ja selvittää niiden perusteella tuotannon läpimenoaikaan ja menetelmän taloudelliseen kannattavuuteen liittyvät hyödyt.

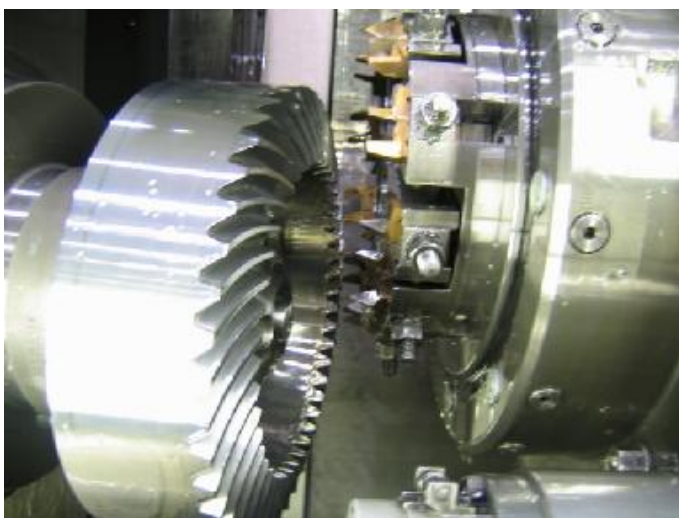
Toisena tavoitteena oli selvittää, voidaanko lautaspörien kiilaurien koneistus tehdä samalla kiinnityksellä muun sorvauksen yhteydessä.

Tilaaajan kanssa sovittiin, että lopullinen versio työstä olisi valmiina joulukuuhun 2010 mennessä. /3/

3 Ata Gears Oy:n hampaiden valmistustekniikat

3.1 Koneistus ennen lämpökäsittelyä

Hammaspyörien valmistuksen ensimmäinen vaihe on sahaaminen, joka tehdään Pälkäneen materiaalivarastolla. Sahatut aihiot kuljetetaan tehtaalle, jossa ne sorvataan oikeisiin mittoihin ja muotoihin. Tämän jälkeen sorvatut aihiot hammastetaan joko syklo-palloidi (Kuvio 5) tai palloidihammastuskoneilla (Kuvio 6) ja tehdään muut tarvittavat koneistukset odottamaan lämpökäsittelyä.



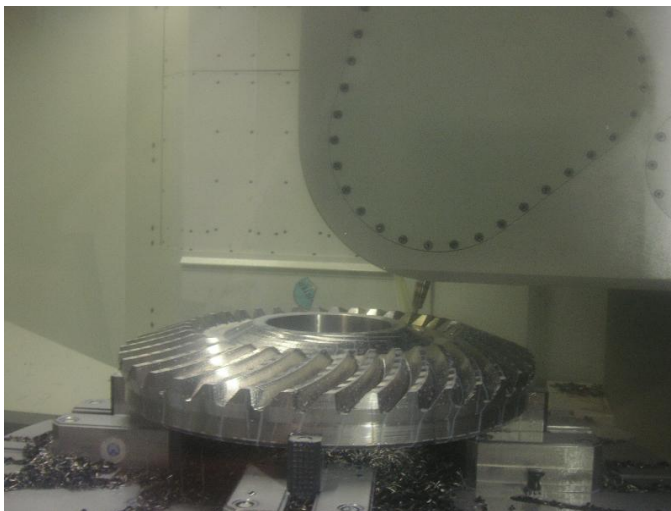
Kuvio 5. Lautaspyörän jysintää Klingelnbergin syklo-palloidikoneella



Kuvio 6. Lautaspyörän jysintää Klingelnbergin palloidikoneella

Nykytekniikka on tehnyt mahdolliseksi tehdä kaksoiskaarevia pintoja myös jysintapilla. Hampaan ”avaus” tapahtuu siten, että jokainen hammas jysitään erikseen kerrallaan valmiiksi (Kuvio 7). Hammastuksen työstöradan profiilit lasketaan sekä

ohjelmoidaan CAD/CAM -ohjelmalla. Tätä tekniikkaa voidaan soveltaa pinionille sekä lautaspyörälle.



Kuvio 7. Hammaspyörän jyröntä 5-akselikoneella

Viisiakseli teknologialla eli niin sanotulla tappiteknikalla avataan lähinnä vain pyöriä, jotka ovat HPG -viimeistelyjä. Siksi pinnanlaadun kanssa ei tarvitse olla kovin tarkka, koska hampaiden kyljet viimeistellään karkaisun jälkeen.

Perinteiseen Klingelberg hammastusteknologiaan verrattuna uudet jyröntekoneet ovat hitaampia lastuamisaikoihin verraten. Se johtuu pääosin siitä, että hammastusgeometrian jyröntään kuluu enemmän aikaa, koska jokainen hammas jyröntään erikseen.

Suurin ajansäästö saadaan, koska kappaleita ei tarvitse siirrellä hammastuksesta purseenpoistoon eikä jyröntekoneissa tarvitse tehdä asetustöitä koneen sisällä.

Jyröntekoneesta saadaan siis valmiita kappaleita lämpökäsittelyyn.

Työstötavan valintaan vaikuttaa eniten hampaan koko eli moduuli sekä hammaspyörän halkaisija. Etenkin suuri moduuliset hammaspyörät on taloudellisempaa valmistaa jyröntekoneella pitkien työstöaikojen takia. Jyröntekoneita on mahdollista käyttää yön yli ilman koneenkäyttäjän läsnäoloa.

Klingelberg menetelmällä tarvitaan jokaista työvaihetta varten oma koneensa. Näillä erikoiskoneilla hampaan jyröntäminen on nopeampaa, mutta aikaa kuluu asetusten tekoon huomattavasti enemmän. Joissakin tapauksissa asetusaika voi olla pidempi kuin lastuamisaika.

3.2 Koneistus lämpökäsittelyn jälkeen

Karkaisun jälkeen hammaspyöräpareille (lautaspyörä ja pinioni) tehdään viimeistelytyövaiheita, joiden tarkoituksena on vähentää karkaisuvääntelyiden vaikutuksia ja pienentää käyntiääntä sekä parantaa kulutuskestävyyttä. Lämpökäsittelyn jälkeen kappaleet hiotaan. Pinioneihin tehdään pyöröhionta ja lautaspyöriin reikä ja tasojen hionnat. Ataa ostaa osan hiontatöistä alihankkijoilta. Pintojen hionta pyritään korvaamaan tapauskohtaisesti myös sorvaamalla kovasorvaukseen tarkoitettulla sorvilla. Hampaat viimeistellään kovahammastuksella (kuvio 8), hampaanhionnalla tai läppäämällä. Lautaspyörän hampaita kovaviimeistellään Atassa myös 5-akselitekniikalla, joka toteutetaan samalla tavalla kuin pehmeävauksessakin. Jokainen hammas viimeistellään erikseen valmiiksi. Lopuksi pinioneiden kiristyskierteet avataan sekä laakeripinnat kiillotetaan. Kiilaurat hiontaan sekä lautaspyörästä, että pinioninista.



Kuvio 8. HPG hammastusta Klingelnberg syklo-palloidikoneella

3.3 Koneistuksen kehittäminen

3.3.1 Moriseiki NT 4300 DCG

Moriseiki on suuri japanilainen työstökonevalmistaja, jonka Suomen maahantuontia hoitaa Nugget Oy. NT 4300 DCG on Moriseikin 5-akselinen sorvauskeskus (kuvio 9), jonka suurin sorvaus halkaisija on 660mm ja suurin sorvauspituus 700mm. /4/

Työkalujen kiinnitys tapahtuu Sandvikin CAPTO C6 -menetelmällä. Koneella on mahdollista tehdä monimutkaisia kappaleita ns. start-to-finish menetelmällä, jossa raaka-aineaihiosta on mahdollista tehdä täysin valmis hammaspyörä.



Kuvio 9. Moriseiki NT 4300 DCG

Kone hankittiin Ataan vuonna 2009, ja sillä oli tarkoituksena tehostaa monimutkaista tuotannon vaiheketjua valmistamalla useampi vaihe samalla kiinnityksellä.

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltava ollut pinioniin tuleva ulkopuolinen vierintäauritus, joka on aikaisemmin tehty siihen erikseen tarkoitettulla koneella (Kuvio 11), mutta nyt se on mahdollista tehdä muun sorvauksen yhteydessä samalla kiinnityksellä (Kuvio 10). Samassa vaiheessa on mahdollista poistaa hammastuksen tarvitsema tuki (Kuvio 12). Näiden vaiheiden jälkeen kappale on valmis lämpökäsittelyyn.



Kuvio 10. Vierintäurituksen valmistus sorvissa



Kuvio 11. Vierintäjyrsinkone Liebherr



Kuvio 12. Kappale ennen ja jälkeen poistosorvausta ja uritusta

3.3.2 CAPTO C6 -vierintäuritustyökalut

Sandvikin toimittamat CAPTO C6 -työkalupitimet mahdollistavat muiden työkaluvalmistajien tarjoamien vierintäuritustyökalujen kiinnittämisen Moriseikin työkalumakasiiniin. (Kuvio 13)



Kuvio 13. Erikokoisia vierintäuritusteriä.

3.3.3 Kiilauran koneistus lautaspyörään

Lautaspyörien kiilaurien koneistukseen on Atassa kaksi erillistä, vain siihen tarkoitukseen olevaa konetta (Kuviot 14 ja 15). Näillä koneilla valmistetaan kaikki 5-34mm leveät kiilaurat.

Uuden sorviin sopivan kiilauran höylästyökalun myötä on tarkoitus vapauttaa kapasiteettia aluksi pienempiä kiilauria (leveys 5–20 mm) valmistavalta koneelta (Kuvio 15). Höylästyökalu suunnittelin sekä piirsin (Liitteet 4 ja 5) Atassa ja työkalun valmistus toteutettiin Jaloterät Oy:ssä



Kuvio 14. Kiilauran vetokone Frömag



Kuvio 15. Kiilauran pistokone Ravensburg

3.4 Tuotannon tehostaminen

Atassa on siirretty tuotantolinjamaiseen hammaspyörien valmistukseen. Sen tarkoituksena on saada aikaan nopeampi tuotannon läpimenoaika, kun tietyllä linjalla tehdään vain juuri sen linjan kappaleita. Tuotantolinjoja muodostettiin viisi, ja niissä lukuarvot tarkoittavat lautaspyörän halkaisijaa. Murskainlinjalla on tarkoitus tehdä vain kivenmurskaimien käyttöön valmistettavia hammaspyöriä.

- 0–600 mm
- 500–800 mm
- 700–1200 mm
- 1100–2000 mm
- Murskainlinja

Linjoista kaksi pienintä sijaitsevat Hautalankadun tehtaalla ja muut Atalan tehtaalla.

Tämä opinnäytetyö käsittelee linjan 0–600 mm koneistustyövaiheita ennen pehmeähammastusvaihetta. Tehostuminen pyritään saamaan aikaiseksi yhdistelemällä eri työvaiheita ja koneistamalla useampi vaihe samalla kiinnityksellä. Tällöin kappaleiden siirtoaika lyhenee ja saavutetaan parempi tuotannonläpimenoaika.

4 Vierintäuritus testeihin valitut pilottikappaleet

Työhön valittiin kolme erilaista kappaletta niiden valmistus- ja vaiheistusketjujen perusteella. Tavoitteena oli löytää sellaiset tuotteet, joiden valmistuksen uudelleen-vaiheistuksesta saataisiin mahdollisimman suuret edut. Kriteereinä valinnalle oli sisäisten kuljetusten vähentyminen, useamman työvaiheen koneistaminen samalla kiinnityksellä sekä töiden toistuvuus tuotannossa. Työpiirustukset ovat liitteinä 1, 2 ja 3.

4.1 Asiakas 1 piirustusnumero 2014293

Ruotsalainen *Asiakas 1* on eräs maailman tunnetuimmista maantiivistys ja tienpäällystyskoneiden valmistajista. Heidän valmistamiin tuotteisiin kuuluvat mm. uppopumput, teollisuuden täryttimet, betonisauvat ja muuttajat, tärypalkit, hierrinkoneet, lattiahiomakoneet, asfalttisahat ja tärylevyt. Yhtiö on perustettu vuonna 1935. /5/

4.2 Asiakas 2 piirustusnumero 2014838

Asiakas 2 on vuonna 1930 perustettu saksalainen pienvetureita valmistava, korjaava ja markkinoiva konepaja, jonka toimitilat sijaitsevat Diepholzissa. Yritys valmistaa sekä kapearaiteiselle että standardilevyiselle raidelevydelle soveltuvia diesel- ja sähkövetureita vaihtotöihin, tunnelitöihin, huoltojuniin sekä kaivoksiin. Yritys työllistää noin 130 henkeä, ja se vie vetureita kaikkialle maailmaan.

Yritys on toimittanut vetureita muun muassa Englannin kanaalin alittavan Kanaali-tunnelin ja Alppien alitse kulkevan Gotthardin tunnelin rakennustyömaille. Jokioisten Museorautatiellä on käytössä *Asiakas 2:n* vuonna 1969 valmistama CFL 60-DC - dieselveturi. /6//7/

4.3 Asiakas 3 piirustusnumero 2016680

Asiakas 3 on hollantilainen vuonna 1980 perustettu ohjauspotkurilaitteiden toimituksiin, huoltoon ja korjauksiin erikoistunut yritys. Se huoltaa ja korjaavaa useiden eri laitevalmistajien laitteita esimerkiksi Rolls-Royce, Jastram, HRP ja Schottel ovat heidän asiakkaitaan.

Asiakas 3 toimittaa myös eri laitevalmistajien potkurilaittekokonaisuuksia. Näitä ovat esimerkiksi Kamewa Propeller, Brunvoll, Berg propulsion ja Lips. *Asiakas 3* toimittaa ja huoltaa myös eri valmistajien vesiturbiinilaitteita sekä kytkinlaitteita. /8/

5 Tuotannon vaiheistus

Tuotannon vaiheistus alkaa aina materiaalin sahauksella Pälkäneen varastolla. Siellä sahatut kappaleet keskiöidään sorvausvalmiiksi aihioiksi, minkä jälkeen aihiot kuljetetaan Atalan ja Leinolan tehtaille, jossa suoritetaan sorvaus, hampaiden jyräntä ja muita koneistuksia. Pinionin vaihelistasta (taulukko 1) nähdään, että työvaiheita on useita erilaisia, joten tehtaiden välisiä kuljetuksia on jouduttu tekemään.

Uudet konehankinnat ovat mahdollistaneet sen, että useammat työvaiheet pystytään valmistamaan samalla koneella ja siten sisäiset kuljetukset vähenevät merkittävästi. Tuotannon vaiheistusta vertailtiin kolmen pilottityön avulla, jotta saataisiin selville, minkälaisia hyötyjä ja etuja uudella vaiheistuksella saataisiin aikaan. Kaikki vertailtavat kappaleet ovat pinioneita, koska niissä on huomattavasti monimutkaisempi tuotannonvaiheketju, ja siitä syystä pidempi valmistusprosessi.

Seuraavista taulukoista selviää pinionin työvaiheet ennen lämpökäsittelyä. Taulukoista selviää työvaiheen numero, tuotantopaikka sekä työstökoneen numero, jolla kyseinen työvaihe on tehty. Moriseiki NT 4300 DCG:n numero on K-404.

Taulukko 1. Esimerkki pinionin työvaiheista

Vaihe nro	Vaiheen kuvaus	Toimipaikka
10	Sahaus	Pälkäne
50	Keskiöinti	Pälkäne
100	Sorvaus pehmeänä	Leinola
195	Ultraäänitestaus	Leinola
200	Hammastus pehmeänä	Leinola
210	Purseenpoisto	Leinola
300	Lämpökäsittely	Leinola
310	Oikaisu	Leinola
320	Pyöröhionta	Leinola
400	Hampaanviimeistely	Leinola
410	Sorvausviimeistely	Leinola
490	Kiilauran hionta	Leinola
600	Lopputarkastus	Leinola

5.1 Piirustusnumero 2014293

Tässä taulukossa (taulukko 2) esitetystä kappaleesta ei Leinolan tehdasta ollut vielä perustettu, joten kuljetuksia oli vain Atalan ja Pälkäneen välillä.

Taulukko 2. Vaiheistus ennen

Vaihe nro	Vaiheen kuvaus	Toimipaikka	Kone
10	Sahaus	Pälkäne	K-72
20	Hehkutus	Pälkäne	
50	Keskiöinti	Pälkäne	K-94
100	Sorvaus pehmeänä	Alihankinta	
200	Hammastus pehmeänä	Atala	K-53
220	Poistosorvaus	Atala	K-130
230	Uritus pehmeänä	Pälkäne	K-33

Uudelleen vaiheistuksen (taulukko 3) ansiosta vaihelistaa saatiin lyhennettyä sekä kuljetukset minimoitua. Tähän tulokseen päästiin, kun Moriseikillä oli mahdollista tehdä vaihe nro. 230 samalla kiinnityksellä.

Taulukko 3. Uusi vaiheistus

Vaihe nro	Vaiheen kuvaus	Toimipaikka	Kone
10	Sahaus	Pälkäne	K-73
20	Hehkutus	Pälkäne	
50	Keskiöinti	Pälkäne	K-94
100	Sorvaus pehmeänä	Leinola	K-146
200	Hammastus pehmeänä	Leinola	K-37
230	Uritus pehmeänä (sis. poisto sorv.)	Leinola	K-404

5.2 Piirustusnumero 2016680

Taulukossa 4 esitetystä vaiheistuksesta jouduttiin tekemään useita edestakaisia kuljetuksia johtuen koneiden sijoittelusta eri tehtaiden välillä.

Taulukko 4. Vaiheistus ennen

Vaihe nro	Vaiheen kuvaus	Toimipaikka	Kone
10	Sahaus	Pälkäne	K-73
40	Keskiöinti	Atala	K-94
100	Sorvaus pehmeänä	Pälkäne	K-130
120	Uritus pehmeänä	Pälkäne	K-80
140	Sorvaus pehmeänä	Pälkäne	K-130
160	Kanuunaporaus	Atala	K-94
200	Hammastus pehmeänä	Atala	K-53

Taulukossa 5 esitetty tämänhetkinen vaiheistus vähentää kuljetuksia ja siten myös kappaleen läpimenoaikaa tuotannossa. Vaiheet 100 ja 150 pystyttiin tekemään samalla kiinnityksellä ja vaihe 40 (keskiöinti) oli mahdollista jättää kokonaan pois.

Taulukko 5. Uusi vaiheistus

Vaihe nro	Vaiheen kuvaus	Toimipaikka	Kone
10	Sahaus	Pälkäne	K-73
60	Kanuunaporaus	Pälkäne	K-197
100	Sorvaus pehmeänä	Leinola	K-404
150	Uritus pehmeänä	Leinola	K-404
200	Hammastus pehmeänä	Leinola	K-149

5.3 Piirustusnumero 2014838

Tässä työssä kappaleita ei ole jouduttu kuljettamaan edestakaisin, mutta suurin hyöty saavutettiin vaiheiden 100 ja 150 yhdistämisellä. Tällä mahdollistetaan, että erillisellä vierintäurituskoneella ei tarvita miehitystä, joten sorvia kyetään käyttämään täysipainoisesti. Tämän kappaleen kohdalla tuotantoa ei juurikaan saatu nopeutettua lyhyen vaiheketjun vuoksi.

Taulukko 6. Vaiheistus ennen

Vaihe nro	Vaiheen kuvaus	Toimipaikka	Kone
10	Sahaus	Pälkäne	K-72
50	Keskiöinti	Pälkäne	K-94
100	Sorvaus pehmeänä	Leinola	K-146
150	Uritus pehmeänä	Leinola	K-33
200	Hammastus pehmeänä	Leinola	K-149

Taulukko 7. Uusi vaiheistus

Vaihe nro	Vaiheen kuvaus	Toimipaikka	Kone
10	Sahaus	Pälkäne	K-73
50	Keskiöinti	Pälkäne	K-94
100	Sorvaus pehmeänä + uritus pehmeänä	Leinola	K-404
200	Hammastus pehmeänä	Leinola	K-37

6 Tuotannon läpäisy aika

Hautalankadun 0–600 mm:in linjalla tuotannon läpimenoaika on normaalisti 4–6 viikkoa, johon sisältyvät kaikki vaiheet raaka-aineen sahaamisesta lopputarkastukseen asti.

Atassa valmistettavat hammaspyörät vaativat tuotannolta sekä tuotannonohjaukselta joustavuutta, sillä useat vaiheet vaativat samaa konetta useassa eri työvaiheessa. Sisäiset kuljetukset vaativat myös oman aikansa ja ovat siten merkittävä osa läpimenoajassa. Alla olevissa taulukoissa on esitetty tuotannonläpäisyajat lämpökäsittelyyn saakka.

Kappaleiden tuotannonläpäisyajat on otettu Powered-tuotannonohjausjärjestelmästä. Kappaleet esiintyvät tuotannossa usein, mutta sarjan koko saattaa vaihdella, minkä vuoksi samankokoisia sarjoja piti hakea työhistoriasta melko kaukaa. Läpimenoajat ovat laskettu suorana ilman viikonloppujen huomioimista, koska joitakin vaiheita tehdään 4-vuorotyönä, joka sisältää viikonlopputyötä.

Seuraavissa taulukoissa on esitetty tarkastelun alla olleiden kappaleiden vaiheketjujen läpimenoajat ennen ja jälkeen uudelleenvaiheistuksen. Taulukoissa käytetään ajan yksikkönä viikkoa, koska kappaleita ohjataan tuotannossa niin sanotulla viikkovauhdilla.

Laskelmat tuotannon läpäisyajojen muutoksilla saavutetuista ajallisista hyödyistä ja säästöistä ovat liitteinä 11, 12 ja 13.

6.1 Piirustusnumero 2014293

Taulukossa 8 esitetty valmistusaika kuljetuksineen ennen lämpökäsittelyä on 73 päivää joka on 10 viikkoa ja ylittää budjetoidun läpimenoajan kuudella viikolla. Alla olevassa esimerkissä on tuotannossa ollut pitkiä katkoksia usean vaiheen välissä ja se on pidentänyt tuotantoa huomattavasti.

Taulukko 8. Läpäisy aika ennen uudelleenvaiheistusta

Vaihe	Vaiheen kuvaus	Aloituspvm	Lopetus pvm	Toimipaikka
10	Sahaus	13.10.2005	13.10.2005	Pälkäne
20	Hehkutus	14.10	14.10	Pälkäne
50	Keskiointi	24.10	24.10	Pälkäne
100	Sorvaus pehmeänä	9.11	9.11	Alihankinta
200	Hammastus pehmeänä	15.11	16.11	Atala
220	Poistosorvaus	15.12	15.12	Atala
230	Uritus pehmeänä	16.12	16.12	Pälkäne

Taulukossa 9 on esitetty läpäisy aika uudelleenvaiheistuksen jälkeen. Tuotannon läpäisyyn kulunut aika oli 35 päivää joka on 5 viikkoa. Eli läpäisy aika puolittui kuljetusten sekä alihankintojen poistuttua.

Taulukko 9. Läpäisy aika uudelleenvaiheistuksen jälkeen

Vaihe	Vaiheen kuvaus	Aloituspvm	Lopetus pvm	Toimipaikka
10	Sahaus	17.2.2010	17.2.2010	Pälkäne
20	Hehkutus	19.2	19.2	Pälkäne
50	Keskiointi	22.2	22.2	Pälkäne
100	Sorvaus pehmeänä	23.2	23.2	Leinola
200	Hammastus pehmeänä	18.3	19.3	Leinola
230	Uritus pehm. (sis. poisto sorv.)	24.3	24.3	Leinola

6.2 Piirustusnumero 2016680

Taulukossa 10 on esitetty läpimenoaika ennen uudelleenvaiheistusta. Tuotannon läpäisyyn kulunut aika oli 51 päivää joka 7 viikkoa. Tässä ennen lämpökäsittelyä olevat vaiheet kuluttavat koko budjetoidun läpäisyajan. Suurin syy on edestakaiset kuljetukset

Taulukko 10. Läpäisy aika ennen uudelleenvaiheistusta

Vaihe	Vaiheen kuvaus	Aloituspvm	Lopetus pvm	Toimipaikka
10	Sahaus	4.2.2008	4.2.2008	Pälkäne
40	Keskiointi	21.2	21.2	Atala
100	Sorvaus pehmeänä	27.2	28.2	Pälkäne
120	Uritus pehmeänä	5.3	6.3	Pälkäne
140	Sorvaus pehmeänä	12.3	13.3	Pälkäne
160	Kanuunaporaus	13.3	14.3	Atala
200	Hammastus pehmeänä	27.3	27.3	Atala

Taulukossa 11 on esitetty läpäisy aika uudelleenvaiheistuksen jälkeen. Tuotannon läpäisyyn kulunut aika oli 21 päivää joka on 3 viikkoa. Eli läpäisy aika puolittui, koska sisäiset kuljetukset saatiin minimoitua sekä tehtyä useampi koneistusvaihe samalla kerralla. Samalla säästetään kolmen eri koneen asetajat.

Taulukko 11. Läpäisy aika uudelleenvaiheistuksen jälkeen

Vaihe	Vaiheen kuvaus	Aloituspvm	Lopetus pvm	Toimipaikka
10	Sahaus	10.2.2010	10.2.2010	Pälkäne
60	Kanuuna poraus	16.2	18.2	Pälkäne
100	Sorvaus pehmeänä	23.2	23.2	Leinola
150	Uritus pehmeänä	24.2	24.2	Leinola
200	Hammastus pehmeänä	25.2	25.2	Leinola

6.3 Piirustusnumero 2014838

Taulukossa 12 on esitetty läpimenoaika ennen uudelleen vaiheistusta. Tuotannon läpäisyyn kulunut aika oli 23 päivää joka 3,2 viikkoa.

Taulukko 12. Läpäisy aika ennen uudelleenvaiheistusta

Vaihe	Vaiheen kuvaus	Aloituspvm	Lopetus pvm	Toimipaikka
10	Sahaus	29.1.2008	29.1.2008	Pälkäne
50	Keskiointi	29.1	30.1	Pälkäne
100	Sorvaus pehmeänä	18.2	18.2	Leinola
150	Uritus pehmeänä	20.2	20.2	Leinola
200	Hammastus pehmeänä	21.2	21.2	Leinola

Taulukossa 13 on esitetty läpäisy aika uudelleenvaiheistuksen jälkeen. Tuotannon läpäisyyn kulunut aika oli 30 päivää joka on 4,2 viikkoa. Työajan lyhenemiseen on vaikuttanut se, että kappaleet koneistettiin ensimmäisen kerran kyseisellä koneella ja uudella menetelmällä siitä syystä asetuksia jouduttiin tekemään melko pitkään. Koneistajan kanssa keskusteltuani todettiin, että seuraavan kerran kun samaista kappaletta valmistetaan on koneajoista mahdollista saada vähennettyä yli 50 %.

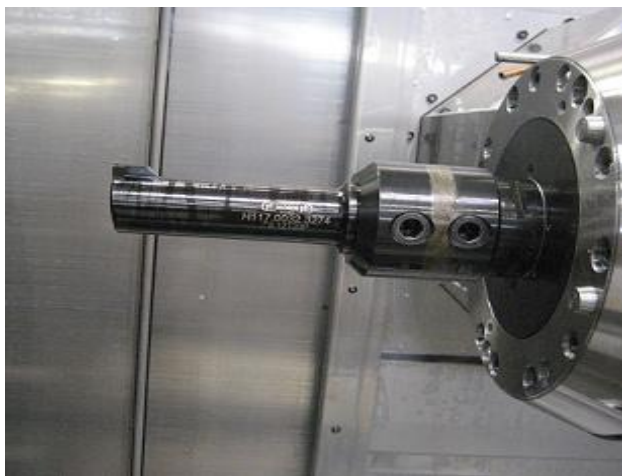
Taulukko 13. Läpäisy aika uudelleenvaiheistuksen jälkeen

Vaihe	Vaiheen kuvaus	Aloituspvm	Lopetus pvm	Toimipaikka
10	Sahaus	4.3.2010	4.3.2010	Pälkäne
50	Keskiointi	4.3	4.3	Pälkäne
100	Sorvaus pehm. + uritus pehmeänä	29.3	31.3	Leinola
200	Hammastus pehmeänä	1.4	5.4	Leinola

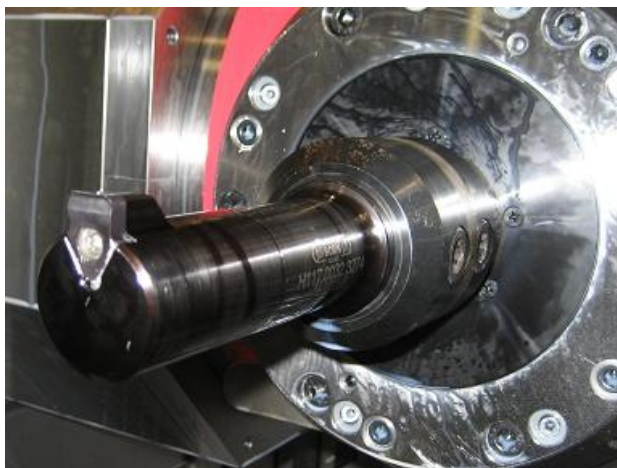
7 Kiilaurien valmistus höylästyökälulla

7.1 Kiilauran höyläysvarren suunnittelu

Aloitin kiilaurien höyläysvarren suunnittelun heinäkuussa palaverilla Tuotannon kehityspäällikkö Juho Pyhälän kanssa, joka oli ollut seuraamassa Japanissa Moriseikin tehtaalla heidän kiilauran höyläämistestejä. Heidän työkalunsa oli Amerikkalaisen Ph HORN Ph:n valmistama (kuvio 16), jossa terävarteen oli kiinnitetty siihen erikseen tarkoitettu teräpala (kuvio 17). Kiinnitys koneeseen oli toteutettu samalla tavalla kun meidän koneessa, CAPTO C6 kiinnityksellä. /9/



Kuvio 16. Ph HORN Ph:n kiilauran höyläysvarsi (kuva Juho Pyhälä)



Kuvio 17. Ph HORN Ph:n varren teräpala (kuva Juho Pyhälä)

Lähtökohtana oman, juuri Atan tuotteille sopivan varren suunnittelussa oli, mahdollisuus käyttää samoja teriä (kuvio 19) kuin uranpistokone Ravensburgissa. Toisena lähtökohtana oli se, että sillä piti pystyä tulevaisuudessa valmistamaan kiilaurat 5–10 mm, joiden pituus on enintään 100 mm. Työkalun pitimenä käytettiin Sandvikin poraistukkaa, joka on valittu Sandvik Coromantin työkaluluettelosta (liite 7). Työkalua voidaan käyttää kaikissa Atan koneissa, joissa työkalukiinnitys on CAPTO – menetelmällä. Työkalun valmistuspiirustukset liitteinä 4 ja 5.



Kuvio 18. Kiilauran höyläysvarsi kiinnitettynä Sandvik C6-391.27-40 085 poraistukkaan.



Kuvio 19. Kiilauran höyläystestissä käytetty terä, leveys 19,8 mm.

7.2 Kiilauratyökalun testit

Työkalun ensitesti Atassa tehtiin lokakuun lopussa Moriseiki NT 4300 DCG -koneella. Testi ajettiin vastaavaan lautaspyöräaihioon, joka oli seuraavalla viikolla tulossa tuotantoon. Testi kyseiseen aihioon palvelisi tulevaa tuotantokappaleeseen tehtävää testiä. Tuotantopiirustus liitteenä 6.

Työstöarvot testikappaleelle kopioitiin suoraan Frömagilta. Kappaleeseen (kuvio 20) ajettiin neljä kiilauraa ja kaikissa käytettiin samoja työstöarvoja (taulukko 14). Poikkeus tehtiin uran kaksi kohdalla, jossa sama ura ajettiin kahteen kertaan. Tällä simuloitiin kiilauranvetokone Frömagin työkiertoa, jossa uranpohjan kaksi viimeistä lastua ajetaan samasta syvyydestä. Tällä varmistetaan uranpohjan suoruus ja minimoidaan muitakin mahdollisia virheitä.

Työstöön vaadittavan ohjelman rakentaminen oli koneistaja Juha Paukkusen mukaan helppo ja yksinkertainen työ, koska tarvittava työkierto oli itseään toistava ja samaa ohjelmaa ajettiin koneessa tarvittava määrä. Työstö tapahtui siten, että kone liikuttaa teränpidintä edestakaisin 90 mm matkalla. Jokaisella pistolla uraa syvennettiin 0,03 mm.



Kuvio 20. Kappale johon on höylätty neljä kiilauraa, Jokaisen uran leveys oli 19,8 mm ja pituus 90 mm

Taulukossa 14 esitetty teoreettinen työstöaika t_1 on suoraan laskennallinen uranpituudesta, syvyydestä sekä syötön nopeudesta. Siinä ei ole otettu huomioon mitään muita työkalun liikkeitä kuin työstöön tarvittava edestakainen liike. Todellinen työstöaika t_2 on todettu koneen kellosta, ja siinä on huomioitu työkalun liikkeet vaihtoasemaan ja takaisin.

Taulukko 14. Testissä käytetyt työstöarvot sekä työstöajat

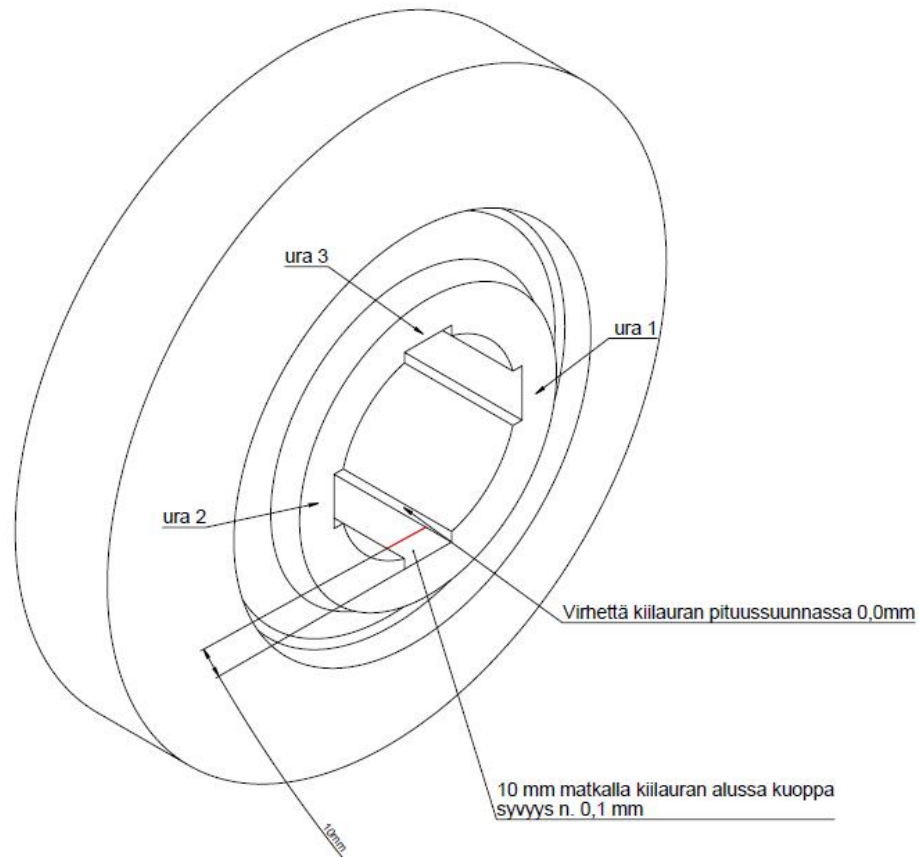
Lastunpaksuus s	0,03 mm
Syöttö F	7000 mm/min
Uran syvyys	5 mm
Piston pituus	90 mm
Pistoon kuluva aika t	0,8 s
Pistojen lukumäärä	167 kpl
Teoreettinen työstöaika t_1	4,3 min
Todellinen työstöaika t_2	5,3 min

7.3 Havaitut ongelmat ja ratkaisut

Kiilauraa höylätessä oli mahdollista, että työkalunvarsi taipuisi työstön voimasta ja aiheuttaisi kiilauraan virhettä pituus – ja korkeussuunnassa. Mahdollista oli myös, että kiilauraan olisi tullut kartiomaisuutta, joka tarkoittaa eroa kiilauran syvyydessä. Virhe olisi havaittavissa erona uran alun ja uran lopun syvyyksien välisenä erotuksena.

Työkalun ensimmäisessä versiossa havaittiin, että kiilaurien alkuun noin 10 mm matkalle muodostui kiiltoa ja kuoppa. Tämä aiheutui työstön voimasta sekä lastun paineesta, joka kohdistui suoraan kiilauran alkuun. Tästä syystä työkalu antoi hieman periksi ja taipui hetkellisesti kohti kappaletta.

Tämä virhe yritettiin korjata työstämällä sama ura uudestaan, jotta mahdollinen lastupaine olisi pienempi. Tämä ei kuitenkaan auttanut vaan sama pykälä jäi silti uran alkuun. Kiilauraan ei syntynyt pituus – eikä korkeussuuntaista virhettä. Tämä mitattiin mittakellolla heti koneistuksen päätyttyä. Kuviossa 21 on esitetty graafisesti kiilauriin syntyneet virheet.



Kuvio 21. Malli kiilaurasta mitatuista virheistä, kuvaan merkitty urien numerot koneistusjärjestyksessä. Pituussuuntaisella virheellä tarkoitetaan uranleveysmitan poikkeavuutta uran alkupisteen ja loppupisteen välillä.

Työkalun vääntymisen välttääkseni suunnittelin työkalusta uuden tukevamman version. Uudessa versiossa tullaan käyttämään samoja teriä kuin edellisessä työkalussa, koska kyettiin toteamaan, ettei vika ei ollut terässä.

Aihiona tässä tullaan käyttämään Sandvikin työkaluluettelosta löytyvää istukka-aihiota (liite 8). Tähän valmiiseen aihioon tullaan koneistamaan tarvittavat muodot ja kiinnitykset. Aihiossa on valmiudet kiinnittää se suoraan se Sandvikin supistuskappaleeseen (kuvio 22). /10//11/

Uusi versio tulee olemaan edellistä versiota tukevampi, sillä siinä kiinnitykset ovat yhteensopivia keskenään CAPTO –järjestelmän ansiosta, ja tukevuutta lisää myös se, että se on valmistettu yhdestä aihioista. Uskon, että tällä ratkaisulla voitaneen välttää uran alkuun kuopan aiheuttaneet vääntymät. Uusi työkalu ei ehtinyt valmistua tämän työn aikarajojen puitteissa, joten sitä ei päästy testaamaan. Valmistuspiirustus liite 10.



Kuvio 22. Sandvik supistuskappale C6-391.02-40 080 A

7.4 Menetelmällä saavutetut hyödyt

Työkalua ensimmäistä versiota testattiin myös tuotannossa samanlaiseen lautaspyörään kuin testeissä. Vanhassa vaiheketjussa (taulukko 15) jokainen vaihe tehdään eri koneella kun uudella menetelmällä vaiheet 100 ja 150 voidaan yhdistää (taulukko 16).

Taulukko 15. Tuotanto testissä käytetyn lautaspyörän työvaiheet

Vaihe nro.	Vaiheen kuvaus	Kone
10	Sahaus	K-73
100	Sorvaus pehmeänä	K-146
150	Kiilauranpisto	K-117
200	Hammastus pehmeänä	K-148

Taulukko 16. Taulukossa 16 kuvattuna vaiheketju vaiheiden 100 ja 150 yhdistämisen jälkeen

Vaihe nro.	Vaiheen kuvaus	Kone
10	Sahaus	K-73
100	Sorvaus pehmeänä + kiilauranpisto	K-404
200	Hammastus pehmeänä	K-148

Taulukoissa 17 ja 18 on esitetty vaikutukset työstöaikoihin kiilauranvetokonetta käyttämällä ja uutta menetelmää sorvauksen yhteydessä käyttäen. Suuria eroja ei työstöaikoihin saatu, mutta tällä menetelmällä saadaan huomattavasti vähennettyä Ravensburgin työkuormaa koneistamalla kiilaurat jo sorvauksen yhteydessä ja siten siirrettyä henkilökapasiteettia Frömagin käyttöön, koska kumpaakin urituskonetta käyttää sama henkilö. Tällä voidaan varmistaa keskeytymätön tuotanto Frömagilla.

Taulukko 17. Työstöajat kahdella eri koneella.

Vaihe nro.	Vaiheen kuvaus	Työstöaika/h
100	Sorvaus pehmeänä	4,6
150	Kiilauranpisto	3,25

Taulukko 18. Työstöajat kun molemmat vaiheet tehdään samalla koneella.

Vaihe nro.	Vaiheen kuvaus	Työstöaika/h
100	Sorvaus pehmeänä	4,26
150	Kiilauranpisto	2,5

8 Yhteenveto

Työn tavoitteena olleet vierintäurituksien uudelleenvaiheistuksiin liittyvät testaukset saatiin tarkasteltua sillä tarkkuudella kun oli mahdollista. Menetelmästä saavutetut hyödyt laskettiin niin ajallisesti kuin taloudellisestikin. Testauksien taloudelliset ja -ajalliset vaikutukset on laskettu liitteissä 11, 12 ja 13. Nämä eivät olleet ainoat kappaleet, joiden vaiheistusta on mahdollista nopeuttaa uuden sorvin myötä, vaan kappaleita vaiheistetaan uudelleen koko ajan lisää.

Toisena tavoitteena oli suunnitella työkalu, jolla mahdollistetaan kiilauran koneistaminen sorvauksen yhteydessä. Tätä menetelmää silmälläpitäen suunniteltiin kaksi erilaista työkalua, joista ensimmäistä ehdittiin testaamaan ja käyttämään myös tuotannossa. Toinen versio työkalusta on tällä hetkellä valmistuksessa. Toivottavasti kyseistä menetelmää tullaan jatkossa hyödyntämään ja kehittämään.

Lähteet

- 1 ATA – puolivuosisataa voimansiirtoa, Ata Gearsin 50-vuotis juhla kirja. (Karisto Oy, ISBN 951-99913-2-8)
- 2 Ata gears Oy:n vuosikertomus 2009
- 3 Mustonen, Jani, Työnjohtaja Ata Gears Oy, keskustelu 10.4.2010
- 4 nugget.fi [www-sivu]. saatavissa <http://www.nugget.fi/ntsarja.htm>
- 5 Asiakkaan www-sivu
- 6 wikipedia, [www-sivu]
- 7 Asiakkaan www-sivu
- 8 Asiakkaan www-sivu
- 9 Pyhälä, Juho, Tuotannon kehityspäällikkö Ata Gears Oy, keskustelu 6.7.2010
- 10 Sandvik Coromant, tilausluettelo 2009 s. G34
- 11 Sandvik Coromant, tilausluettelo 2009 s. G48

Liitteet

LIITE I	Valmistuspiirustus Asiakas 1, piirustusnumero 2014293
LIITE II	Valmistuspiirustus Asiakas 2, piirustusnumero 2014838
LIITE III	Valmistuspiirustus Asiakas 3, piirustusnumero 2016680
LIITE IV	Valmistuspiirustus kiilauratyökalun ulkopuolisesta osasta
LIITE V	Valmistuspiirustus kiilauratyökalun sisäpuolisesta osasta
LIITE VI	Valmistuspiirustus kiilauratestin lautaspyörästä piirustusnumero 2019150
LIITE VII	Poraistukka C6-391.27-40 085
LIITE VIII	Istukka-aihiö C4-391.50-40 120 B
LIITE IX	Supistuskappale C6-391.02-40 080 A
LIITE X	Valmistuspiirustus supistuskappaleeseen C6-391.02-40 080 A tulevasta työkalusta
LIITE XI	Kustannuslaskelma Asiakas 1, piirustusnumero 2014293
LIITE XII	Kustannuslaskelma Asiakas 2, piirustusnumero 2014838
LIITE XIII	Kustannuslaskelma Asiakas 3, piirustusnumero 2016680

LIITE VII

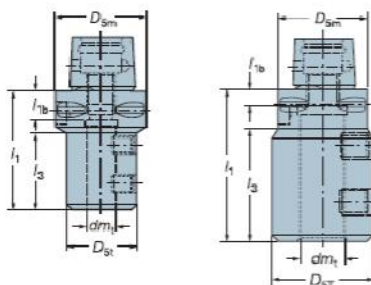
Coromant Capto® – Adaptors for rotating tools

TOOL HOLDING SYSTEMS

Adaptor for drills

Shank according to ISO 9766

391.27

 l_1 = programming length

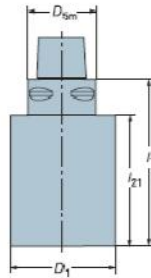
Coupling size	Ordering code	Dimensions, mm							
		D_{sm}	dm_1	D_{st}	$l_1^{(1)}$	$l_{1b}^{(2)}$	l_3	$\frac{l_3}{l_1}$	
C3	C3-391.27-16 056	32	16	36	56	6.5	41	0.4	
	C3-391.27-20 060	32	20	40	60	8.5	45	0.4	
C4	C4-391.27-16 056	40	16	36	56	6.5	32.5	0.6	
	C4-391.27-20 060	40	20	40	60	8.5	60	0.6	
	C4-391.27-25 077	40	25	45	77	19.5	57	0.7	
C5	C5-391.27-16 065	50	16	36	65	15.5	41.7	0.8	
	C5-391.27-20 060	50	20	40	60	8.5	37.7	0.7	
	C5-391.27-25 071	50	25	45	71	8.5	46.7	0.9	
	C5-391.27-32 075	50	32	52	75	13.5	55	1.0	
C6	C6-391.27-16 070	63	16	36	70	20.5	43	1.1	
	C6-391.27-20 070	63	20	40	70	18.5	43.8	1.2	
	C6-391.27-25 070A	63	25	45	72	12.5	45.8	1.2	
	C6-391.27-32 075	63	32	52	75	13.5	49.8	1.3	
C8	C6-391.27-40 085	63	40	65	85	13.5	63	1.7	
	C8-391.27-16 080	80	16	36	80	30.5	42	2.2	
	C8-391.27-20 080	80	20	40	80	28.5	43.8	2.3	
	C8-391.27-25 085	80	25	45	85	27.5	49.8	2.3	
	C8-391.27-32 090	80	32	52	90	28.5	53.8	2.6	
	C8-391.27-40 095	80	40	65	95	23.5	62.8	2.8	

⁽¹⁾ Programming length for Coromant H drills and CaptoDrill 800

LIITE VIII

Blank adaptor

391.50

**Blanks for special applications**

Adaptor blanks are supplied with the coupling hardened and ground, and the front soft to allow machining of special shapes. Both ends are centered to permit machining between centers if necessary.

The material for Coromant Capto® is 25 Cr Mo 4, low alloy steel.

Tensile strength 700N/mm². HB 270 – 325.

If localized hardening is required, induction type hardening is advised.

Coupling size	Ordering code	Dimensions, mm				
		D_{sm}	D_1	h	l_{21}	$\frac{h}{D_1}$
C3	C3-391.50-32 090-B	32	32	90		0.6
	C3-391.50-60 090-B	32	60	90	75	1.8
C4	C4-391.50-40 120-B	40	40	120		1.2
	C4-391.50-80 120-B	40	80	120	100	4.2
C5	C5-391.50-50 150-B	50	50	150		2.5
	C5-391.50-95 150-B	50	95	150	130	8.0
C6	C6-391.50-120 180-B	63	120	180	158	14.8
	C6-391.50-63 180-B	63	63	180		4.6
C8	C8-391.50-145 200-B	80	145	200	169	24.5
	C8-391.50-80 200-B	80	80	200		8.5
C8X	C8X-391.50-145 200-B	100	145	200	167	24.6

Note! Tighten the screw with a torque wrench. Information on page G85.



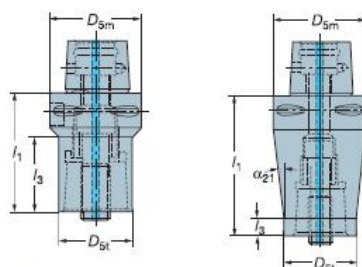
LIITE IX

Coromant Capto® – Adaptors for rotating tools

TOOL HOLDING SYSTEMS

Reduction adaptor

391.02



Design 1

Design 2

 l_1 = programming length

Design	Coupling size		Ordering code	Dimensions, mm					
	Basic holder	Adaptor		D_{bt}	D_{bm}	l_1	l_3	α_{21}	
1	C4	C3	C4-391.02-32 055A	32	40	55	31		0.5
2		C3	C4-391.02-32 070A	32	40	70	12	6°	0.6
1	C5	C3	C5-391.02-32 060A	32	50	60	34.8		0.7
1		C4	C5-391.02-40 065A	40	50	65	40		0.8
1	C4	C4	C5-391.02-40 085A	40	50	85	12	5.4°	1.1
1	C6	C3	C6-391.02-32 070A	32	63	70	39		1.1
1		C4	C6-391.02-40 080A	40	63	80	51.4		1.2
1	C5	C5	C6-391.02-50 080A	50	63	80	51.5		1.5
2	C5	C5	C6-391.02-50 110A	50	63	110	12	4.9°	2.2
1	C8	C3	C8-391.02-32 060A	32	80	60	29.3		1.7
1		C4	C8-391.02-40 070A	40	80	70	36.5		2.0
1	C5	C5	C8-391.02-50 080A	50	80	80	49.3		2.3
1	C6	C6	C8-391.02-63 080A	63	80	80	53.1		2.5
2	C6	C6	C8-391.02-63 120A	63	80	120	12	6.2°	4.1
1	C8X	C6	C8X-391.02-63 080	63	100	80	41		3.4
1		C8	C8X-391.02-80 100	80	100	100	62		4.4
2	C8	C8	C8X-391.02-80 150	80	100	150	12	5.4°	7.3

Short version, for segment clamping only