

VANNEKEHÄN KÄSITTELYN
AUTOMATISOINTI
TÄSMÄYSVAIHEESSA

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikka
Mekatroniikka
Opinnäytetyö
Syksy 2009
Petri Vaitti

Lahden ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka

VAITTI, PETRI: Vannekehän käsittelyn automatisointi täsmäsvaiheessa

Mekatroniikan opinnäytetyö, 42 sivua, 1 liitesivua

Syksy 2009

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö käsittelee Levypyörä Oy:n vannekehätuotannon kehittämistä. Levypyörä halusi kehittää vannekehätuotantoa. Tuotannon kehittämistä haluttiin automatisointia lisäämällä.

Opinnäytteen teoriaosassa käydään läpi vaihtoehtoja, joilla voitaisiin tuotantoa automatisoida. Samalla tarkastellaan kriittistä kohtaa automatisoinnissa, joka on ollut esteenä aikaisempina kertoina. Kriittisin kohta on ollut vannekehän mittauksen siirtäminen käsimittauksesta automaatiomittaukseen. Luotettavaa automatisoitua mittaustapaa ei ole löydetty.

Opinnäytetyön ohjaajina toimivat Levypyörän suunnittelu päällikkö Heikki Kuljukka ja Lahden Ammattikorkeakoulun puolelta mekatroniikan koulutusohjelman yliopettaja Olli Kaikkonen.

Opinnäytetyössä tarkastellaan työpisteen ergonomiaa ja työympäristön yleisiä olosuhteita. Ergonomisia parannuksia ja työympäristön parannuksia tuodaan esille.

Nykyhetken automatisoinnilla voidaan keventää työtaakkaa ja tehostaa tuotantoa. On löydettävä optimaalinen vaihtoehto, joka sitten toteutetaan.

Opinnäytetyön lähtökohta oli tuotannon kehittäminen Levypyörä Oy:n vannekehän valmistuksessa. Nykyistä tuotantoa tulisi kehittää niin, että vannekehän valmistus olisi täysin automatisoitu.

Avainsanat: automaatio, mittaus, ergonomia,

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

VAITTI, PETRI: Rim handling automatization in expanding workstage

Bachelor's Thesis in Mechatronics, 42 pages, 1 appendix

Fall 2009

ABSTRACT

This Bachelor's Thesis deals with the development of rims. The study was commissioned by Levypyörä Oy. The company wanted to improve their rim production by increasing automation to the production process.

In the theory part of this thesis, a few possible methods to automate the production process are introduced. Additionally, the most critical part for the automation of the production process is examined. The most critical part was the automation of band circle measuring. The lack of a reliable means for automated measuring of band circles has been the obstacle which has prevented further development up to this date.

Levypyörä's Design Manager Heikki Kuljukka and Principal Lecturer Olli Kaikkonen for mechatronics of Lahti University of Applied Sciences acted as instructors for this thesis.

The ergonomics of the work station and the general circumstances of the work environment were examined. Further improvements for ergonomics and work environment are therefore introduced.

With the present state of automation, the workload can be reduced and the production optimized. The optimal alternative has to be found and implemented. The current production process should be developed so that the production of the band circle would be fully automated.

Key words: automation, metering, ergonomics

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Työntarkoitus	1
1.2	Levypyörä Oy	1
2	VANNEKEHIEN NYKYINEN VALMISTUS	3
2.1	Täsmästyövaihe	7
2.1.1	Nostin	8
2.2	Täsmäyskone	10
2.2.1	Rei'ituskone	12
2.2.2	Lavaus	13
3	KÄSITELTÄVÄT KAPPALEET	15
4	KÄSITTELIJÄVAIHTOEHDOT	16
4.1	Mallit	17
4.1.1	Dalmeg	17
4.1.2	Oy Ergolift Ab	18
4.1.3	Cimcorp Oy	19
4.1.4	ABB 20	
4.1.5	Motoman	21
4.1.6	Orfer Oy	22
4.2	Tarttuja	23
4.3	Pesu	23
5	MITTAUS TEORIA	25
6	KOMPONENTIT	28
6.1	Gaussin käyrä	31
6.2	Mitattava alue	33
7	EHDOTELMAT	36
7.1	Työnkierto	37
8	YHTEENVETO	40
	LIITTEET	42

1 JOHDANTO

1.1 Työntarkoitus

Aiheen opinnäytteeseen sain tavattuani eri yritysten johtohenkilöitä Lahti Mekatroniikkaklusteri tapaamisissa. Lahti Mekatroniikkaklusterissa käyminen tuotti tulosta, sillä Levypyörä Oy tarjosi sopivaa tutkimusaihetta. Levypyörä Oy:ssä haluttiin selvittää, kuinka kehävalmistuslinjan loppuosan toimintaa saataisiin muutettua automaattiseksi ja tehokkaammaksi.

Työn aiheeksi tulisi kappaleen automaattinen käsittely Levypyörä Oy:n pyöräosaston täsmäyksessä. Kysynnän kasvu ja nykyiset tuotantoresurssit antoivat aiheita manuaalisen tuotannon muuttamiseen automaattiseksi. Manuaalinen käsittely on raskasta, sillä suurimmat vannekehät painavat 130kg. Yrityksen etuna on, että se voi valmistaa pieniä vannekehäsarjoja lyhyessä ajassa. Näin ollen yritys palvelee asiakkaiden tarpeita. Automatisointi toisi apua ajankäyttöön ja tuottaisi mahdollisesti säästöä suurissa sarjoissa. Automatisointi toisi mahdollisesti parannusta myös ergonomiaan ja samalla työympäristöön.

1.2 Levypyörä Oy

Levypyörä Oy on vuonna 1955 perustettu metallialan yritys. Nykyisin Levypyörä Oy on osa Weckman-konsernia. Työntekijöitä Levypyörä Oy:llä on noin 162, joista 20 henkeä on toimihenkilöitä. Levypyörä Oy:n liikevaihto oli vuonna 2007 noin 21 miljoonaa euroa. Levypyörä Oy toimii koneenrakennusteollisuuden partner-toimittajana ja valmistaa asiakastoivomusten mukaisia teräksen kylmämuovaukseen ja hitsaukseen perustuvia sarjavalmistettavia osia ja osakokonaisuuksia. Levypyörä Oy:ssä on erikoistuttu levyn kylmämuokkaamiseen. Tuotteiden perustana on toimitusvarmuus, laatu ja asiakastyytyväisyys. Laatu osoitetaan kolmella laatusertifikaatilla: laatustandardi ISO 9001/2000, ympäristöstandardi ISO 14001 ja työturvallisuusstandardi OHSAS 18001. (Levypyörä Oy)

Levypyörä Oy:n tavoitteena on olla Euroopan nopein suurten erikoislevy-pyörien toimittaja sekä halutuin sopimusvalmistaja suomalaiselle raskaalle työkoneteollisuudelle. Levypyörä Oy:n tuotesarjaan kuuluvat traktoreiden ja metsäkoneiden vanteet, traktoreiden välirungot, kuorma-autojen akselit ja iskuvasaroiden komponentit. Levypyörä Oy:n suurimpiin asiakkaisiin lukeutuvat Valtra, Sisu, Nokian Renkaat ja Sandvik. Yritys muodostuu kahdeksasta erillisestä osastosta, joita ovat pyöränvalmistus-, teräsrakenne-, Valtra-valmistus, esikäsittely/varasto-, työkalu-, menetelmäkehitys-, puristin- ja tehdaspalveluosasto. Kaikilla osastoilla on yrityksen organisaatiossa oma tehtävä, ja kutakin osastoa johtaa oma työnjohtaja. Levypyörä Oy:ssä on käytössä imuohjausjärjestelmä, jonka avulla hallitaan tuotevarastoja. (Levypyörä Oy)

2 VANNEKEHIEN NYKYINEN VALMISTUS

Vannekehän valmistus alkaa levyaihiosta, josta leikataan määräpaloja nipuiksi. Leikatut levyniput siirretään trukilla pyöräosastolle kehänpyörityssoluun. Aihioput laitetaan kuljettimelle, josta ne yksi kerrallaan siirretään leimaukseen. Levyyn painetaan tulevan vannekehän tiedot. Leima tulee eri vannekehämalleissa eri etäisyydelle reunasta. Tästä levy siirtyy kuljetinta pitkin pyörityskoneelle. Pyörityskoneella levy pyöristetään ympyrälieriöksi, joka on vannekehäaihiö. Levyn päät kohtaavat pyörityksessä. Vannekehäaihiö nostetaan hitsauspisteeseen. Tässä vaiheessa levyn päät hitsataan muutamasta pisteestä toisiinsa kiinni. Näin saadaan vannekehäaihiö pysymään lieriömuodossa. Saumakohdan reunoille lisätään saman paksuiset apupalat vannekehäaihion kanssa plasmahitsausta varten.

Tämän jälkeen vannekehäaihiö siirretään plasmahitsaukseen. Plasmahitsauksessa vannekehäaihion pituussauma hitsataan koko pituudeltaan. Liitoksessa on tärkeää, että juuri on läpihitsautunut. Kun plasmahitsaus on suoritettu, hitsatut apupalat poistetaan ja suoritetaan aloituksen ja lopetuksen jäysteiden hionta.

Vannekehäaihiö siirretään radalle, joka vie kartiointikoneelle. Kartiointikoneella vannekehäaihion reunoja muovataan ulospäin. Kartioinnin jälkeen vannekehäaihiö siirtyy mankeliin, jossa vannekehä saa ensiprofiloinnin. Menetelmää kutsutaan rotaatiovalssaukseksi. Toisen vaiheen mankeli tekee jalkatilan ja sarven muodot. Mankelointivaiheita voi olla kaksi tai kolme kehäprofiilista riippuen. Kolmannessa vaiheessa kehäprofiilissa ei tapahdu suuria muutoksia.

Tarvittaessa kehälle tehdään pyällys, joka estää vannekehän pyörähtämisen kumissa johon vannekehä on asennettu. Kuvio 1:ssä on havainnekuva pyälletystä vannekehästä. Muuten vannekehän jalkatila on tasainen.



KUVIO 1. Pyälletty vannekehä



KUVIO 2. Täsmästyöpieste

Pyälläyksen jälkeen vannekehä jatkaa rataa metrin, jonka jälkeen se pysäytetään. Vannekehä nostetaan ketjunostimella radalta täsmäysvaiheeseen (kuvio 2). Nostimelle on tehty oma tarttuja, jolla saadaan mahdollisimman hyvä tartunta. Vannekehä nostetaan radalta täsmäyslaitteelle, jossa vannekehä täsmätään (kuvio 3).



KUVIO 3. Täsmäyskone alkutilanteessa

Täsmäys tehdään molemmille puolille, eli vannekehä nostetaan ja käännetään. Täsmäys tapahtuu täsmäyskoneen keskellä olevan kiilan noustessa pakan keskeltä ylöspäin (kuvio 3). Pakan ympärillä on täsmäyspalat, jotka vaihdetaan vannekehämallin mukaan.



KUVIO 4. Täsmäyskone, kiila ulkona

Täsmäyskoneen työntyessä ulospäin, kiila työntää täsmäyspaloja sivulle päin eli vannekehää kohti (kuvio 4). Täsmäyksen ideana on suurentaa vannekehä oikeaan mittaansa. Vannekehä mankeloidaan määrämittaa pienemmäksi, jotta vannekehä voidaan täsmätä oikeaan mittaansa. Täsmäysvaiheessa täsmääjä mittaa täsmättävän vannekehän mitalla, jota kutsutaan helminauhaksi. Jokaiselle vannekehämälille on oma helminauhansa.

Täsmäyksen jälkeen vannekeeseen tehdään venttiilin reikä. Vannekehä nostetaan täsmäyskoneelta ja siirretään rei'ittimelle. Reikä tehdään samalle puolelle kuin leima; reiän paikka riippuu kehän mallista. Joissakin keissä voi olla myös toisella puolella myös venttiilin reikä. Tämän jälkeen vannekehä lavataan lavalle eri lavauskuvioita käyttäen. Lavauskuvio riippuu vannekehä mallista. Lavat kuljeteaan joko varastoon tai jatkokäsittelyyn.

2.1 Täsmästyövaihe

Mankeloinnin yhteydessä sumutettu mankelointiöljy valuu kehistä lattialle tipoitain. Tämä aiheuttaa työskentelyalueen lattiapinnassa liukkautta. Näin ollen työntekijän liukastumisriski on suuri. Raskasta kappaletta käsittelevällä työntekijällä on loukkaantumisen vaara, ja pahimmassa tapauksessa siirrettävä vannekehä voi tippua työntekijän päälle. Ajan kuluessa öljy jähmettyy lattialle tahmaiseksi massaksi, joka kaavitaan lattiasta pois. Kyseinen mankeliöljy sotkee sekä lattioita että työvälineitä. (kuvio 5)



KUVIO 5. Työympäristön lattiaa

Mankelista saapuva vannekehä lämpenee mankeloinnissa ja lämmin vannekehä voi pahimmassa tapauksessa polttaa työntekijän ihoa. Lämpimät vannekehät säteilevät lämpöä ympäristöön ja näin nostavat työskentelylämpötilaa. Lisälämpö tuo työntekijälle lisärasitusta. Mankeloinnissa sumutettu mankelointiöljy ja vannekehan lämpiäminen aiheuttavat öljyn ja veden seoksen höyrystymisen. Tämän vuoksi työntekijän tulisi käyttää hengityssuojaimia, mikä lisää työskentelyn kuormitta-

vuotta. Työntekijä joutuu suojautumaan myös melulta. Työntekijällä menee täsmäessä vannekehää aikaa keskimäärin 0,101 h/kpl (6min/kpl).

2.1.1 Nostin

Tämänhetkinen työskentelytapa ei ole ergonomisesti hyvä. Nostimena käytettävän ketjunostimen runkorakenne puoltaa, jolloin nostettava kappale viettää eri suuntaan, mihin sitä haluttaisiin viedä. Käyttäjä joutuu tekemään ylimääräistä työtä nostimen vuoksi. Kappaletta siirtäessään käyttäjä joutuu vetämään ja työntämään kappaletta ilmassa.

Nostinrakenne on siltanosturin tapainen. Keskipalkki liikkuu vapaasti päätypalkeilla. Näin ollen keskipalkki menee aika ajoin vinoon ja voi jumiutua. Ongelmia on itse nostinlaitteessa, kun nostimen ylösalas - liikettä ohjataan nostimen runkoon laitetulla ohjaimella. Nostin on jatkuvassa käytössä. Pitkäaikaisen käytön myötä nostimen ja ohjaimen välinen johto kuluu, ja tästä seuraa sähköisiä kontaktiongelmia. Paineilma tuodaan erillisellä spiraaliletkulla tarttujan sylintereille. Tämä aiheuttaa välillä tarttujaa vaihdettaessa sen, että ohjaimen kaapeli ja paineilmaspiraali sotkeutuvat toisiinsa. Nostimelle tuotu sähköjohto vioittuu aika ajoin.

Nostinmalleja on tehty eri vannekehämalleille sopiviksi. Vannekehän asemointi täsmäyskoneeseen tuottaa välillä ongelmia, jos vannekehään on tartuttu huonosti. Täsmäyskoneen täsmäyspalojen ja vannekehän sisäpuolen välitys ei ole suuri. Jos vannekehää tuodaan hieman vinossa, niin vannekehä kiilautuu täsmäyskonetta vasten. Työntekijä joutuu isompien vannekehien kanssa työskennellessään nostamaan nostimen niin että hänen kätensä ovat olkapäiden yläpuolella. Kun vannekehä viedään lavalle, tällainen tilanne syntyy ylintä kerrosta aseteltaessa. Nostimen käyttäjän olkapäät joutuvat rasitukseen. Samoin selkään kohdistuu turhaa rasitusta. Nämä työskentelyasennot aiheuttavat pidemmän päälle särkyä ja lääkäriillä käyntejä.



KUVIO 6. Nostin ja tarttuja

Kun vannekehää käännetään toisen puolen täsmäystä varten, on vaarana vannekehän irtoaminen tarraintyökalusta. Tämä tilanne aiheuttaa vaaratilanteen. On mahdollista, että vannekehä putoaa työntekijän jalan päälle. On myös mahdollista, että työntekijä tarttuu käsin kiinni putoavaan vannekehään vaistomaisesti, jolloin käsi ja sormet ovat vaarassa, mahdollisesti myös koko keho. Tällaisen tilanteen pystyy välttämään valitsemalla tarraintyökalun, joka soveltuu kyseiselle vannekehälle parhaiten, ja varmistamalla, että tarttujan nastat ovat kunnossa. Itse nostimen käyttöön tuli muutos. Alun perin nostinta käytettiin perinteisellä nostinohjaimella, joka oli sijoitettu tarttujan runkoon. Nyt nostinta voidaan käyttää kauko-ohjaimella periteisen nostinohjaimen sijaan. Ohjaimella ohjataan pystysuuntaista liikettä ja itse tartuntaa hallitaan manuaalisesti (kuvio 6).

2.2 Täsmäyskone

Täsmäyskoneella täsmätään vannekehät oikeaan mittaansa. Vannekehistä tehdään tarkoituksella alimittaisia, jotta ne saadaan täsmäyskoneella venytettyä oikeaan mittaansa. Olisi mahdollista tehdä ylimittaisia vannekehiä, jotka vastaavasti puristettaisiin kasaan oikeaan mittaansa. Tämä menetelmä vaatisi kuitenkin suuremmat koneet. Työkalujen koot kasvaisivat myös.



KUVIO 7. Vannekehää mitataan täsmättäessä

Vannekehän mittaus suoritetaan helminauhalla (kuviot 7, 8 ja 9). Nauha lepää täsmäyskoneen päällä. Helminauhan saa helposti nostettua pienten vannekehien ympärille vannekehää täsmättäessä. Isompien vannekehien kohdalla helminauhan saanti vannekehän ympärille tuottaa välillä ongelmia. Mitan lukeminen on hankalaa riittämättömän valaistuksen vuoksi. Myös mitan lukualue voi työn aikana liikaantua öljystä, jolloin tämä alue on puhdistettava.



KUVIO 8. 22,5 tuuman vannekehän helminauha



KUVIO 9. 52 tuuman vannekehän helminauha

Helminauhan päissä on lukukohdat, joista luetaan vannekehän mitta. On tärkeää, että saadaan oikea mittaustulos. Mittaustoleranssi on $\pm 1,2$ millimetriä. Vannekehän ja vannekehälle asennettavan kumin toleranssi on sama. Jos vannekehä jää pieneksi on vaarana kumin asennuksessa tai pyöräntäytön aikana, että paine pääsee purkautumaan räjähdysmäisesti, aiheuttaen mahdollisia vahinkoja. Vanneke-

hää käsin käsiteltäessä on syytä olla varovainen, sillä vannekehän reunoille on voinut syntyä metallitikkuja tai reuna on voinut terävöityä. Täsmättäessä on vaarana, että vannekehä repeää koko liitoksen pituudelta, jolloin täsmääjä on vaarassa saada viillon tai iskun kehoonsa revenneestä vannekehästä. On myös mahdollista, että vannekehän revetessä mittaustilanteessa helminauha lipeää täsmääjän toisesta kädestä irti. Tällöin kädestä irti päässyt pää voi aiheuttaa piiskan iskun täsmääjälle.

2.2.1 Rei'ityskone

Rei'ityskoneella rei'itetään vannekehään venttiilin reikä (kuvio 10). Eri vannekehä malleissa venttiilin reikä voi sijoittua eri kohtaan, joko tasaiselle pinnalle tai vinolle pinnalle. Venttiilin reiän paikka määrää kummalle puolelle konetta vannekehä lasketaan. Koneen rei'itintyökalua pitää kääntää, kun vannekehämalli vaihtuu. Reiän asemointi tehdään manuaalisesti.



KUVIO 10. Rei'ityskone

2.2.2 Lavaus

Ylempää kerrosta lavattaessa työntekijä voi joutua kurottamaan saadakseen vannekehän paikalleen. Ensimmäisiä kehiä lavattessa työntekijä joutuu laskeutumaan alas nostimen kanssa. Sidontarautoja joutuu kurkottamaan vannekehien keskelle ylempiä kerroksia sidottaessa. Vannekehä lavataan 1000 x 1200 x 150 mm (FIN) -lavalle, jolla ne kuljetetaan varastoon tai jatkokäsittelyyn. Isoimmat vannekehät



KUVIO 11. Lavatut vannekehät

lavataan pystyasentoon. Isoille vannekehille on tehty omat lavat. Lavauskuvio riippuu vannekehämalleista. Pienempiä vannekehiä voidaan asettaa neljä yhteen kerrokseen ja suurempia kolme yhteen kerrokseen. Seuraava kerros ladotaan ristiin alempaan verrattuna (kuvio 11). Suuremmat vannekehät lavataan niille erikseen tehdyille lavoille pystyasentoon.

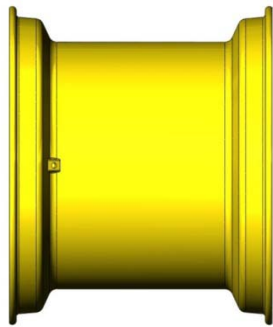
On havaittu seuraavia ongelmia:

- öljyn leviäminen
- öljyn höyry
- lämpö
- tartunta
- raskaat kappaleet
- huono ergonomia
- mittaus
- valaistus
- melu
- laadun mittaus
- tehokkuuden katoaminen

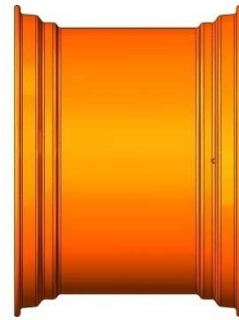
Nämä kaikki ovat jokapäiväisiä ongelmia, joita työntekijä kohtaa. Ongelmia on mahdollista poistaa muuttamalla esimerkiksi työskentelytapaa ja parantamalla laitteistoa

3 KÄSITELTÄVÄT KAPPALEET

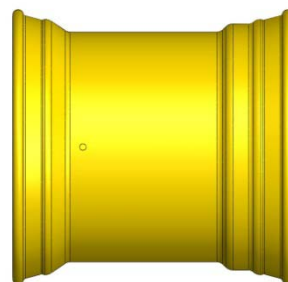
Vannekehä on saatettu profiilimuotoonsa, kun vannekehä saapuu käsittelijälle. Tartunta tapahtuu kappaleen keskipudotus kohdasta. Vannekehänostin asemoidaan niin, että vannekehä on tarttujassa tasapainossa. Näin vannekehä ei aiheuta ylimääräistä momenttia robotin ensimmäiselle nivelelle. Nykyisessä menetelmässä käyttäjä valitsee tartuntakohdan, tarttuessaan tarttujalla vannekehään kiinni. Kun tartunta tehdään niin, että vannekehä ei ole tasapainossa, vannekehän käsittely hankaloituu selvästi. Tartunnan ottaminen symmetrisissä kehissä on helppoa, kun molemman puolet ovat samanlaiset. Tartunta on siis helppo kohdentaa keskelle. Epäsymmetrisissä kehissä oikean tartuntakohdan valitseminen on jo huomattavasti hankalampaa, joka vaatii enemmän tarkkuutta (kuviot 12, 13 ja 14).



KUVIO 12. W- kehäprofiili 5°



KUVIO 13. DW- kehäprofiili 5°



KUVIO 14 DW- kehäprofiili 15°

4 KÄSITTELIJÄVAIHTOEHDOT

Robotin toimittajan valintaan vaikuttivat hinta, tarjouksen laajuus, toimitusaika ja automatisointiaste. Alkuvaiheessa päädyttiin lineaariliikkeeseen robottiin, joka liikkuisi siltarakenteen avulla. Idea oli sinänsä hyvä, mutta vastaan tulivat realiteetit. Sen projektin halli, johon tätä automatisointia tehdään, ei olisi tarpeeksi korkea siltamaiselle sovellukselle. Hallin omat siltanosturit eivät pääsisi toimimaan. Perushinta oli jo korkea.

Motoman Robotics Finland Oy toimittaa suurimmaksi osaksi robotteja. Kaikkia haluttuja sovelluksia Motoman ei kuitenkaan pystyisi toimittamaan. Haluttua mitaussovellusta Motoman ei tarjonnut. ABB:llä on hitsausrobotteja ja myös muihin toimintoihin soveltuvia robotteja. Cimcorp Oy:lla oli tarjolla siltamalli ratkaisu eli portaali ratkaisu, josta on varastoinnin kannalta hyviä esimerkkejä. Elintarviketeollisuudesta ja rengasteollisuudesta Cimcorp:lla on tarjota hyviä esimerkkejä. Näiden pohjalta ideoitiin mahdollisuutena muokata robottia kappaleen käsittelijäksi. Fyysiset rajoitteet tulivat kuitenkin vastaan, joten vaihtoehto oli pakko hylätä.

Levypyörä Oy:llä on käytössään Valtra - linjallaan Dalmegin kevennin. Keventimellä nostetaan Valtran välirunkoja ja myös käännetään niitä toiseen asentoon erityyppisiä vaiheita varten. Vastaavanlainen kevennin voisi olla hyvä apu myös vannekehän siirtämiseen. Toisaalta lähtökohtana oli saada mahdollisemman automatisoitu linja. Tällainen kevennin tarvitsee yhtäläillä käyttäjän kuin nykyään käytössä oleva ketjunostinkin. Käyttäjät suhtautuivat keventimen hankintaan kielteisesti, sillä sen liike nopeudet ovat hitaita ja kevennin voisi myös olla kömpelö. Jopa keventimen toimittaja totesi nykyisen ketjunostinmallin olevan hyvä ratkaisu. Itse tarttujassa olisi parantamisen varaa. Eri vannekehämalleille on omat tartuntapalat. Osa tartuntapaloista käy toisille vannekehille. Näin on saatu vähennettyä ylimääräisten tartuntapalojen määrää.

4.1 Mallit

4.1.1 Dalmec

Dalmecillä on toimittaa manipulaattoreita ja keventimiä. Keventimien periaatteena on kompensoida nostettavan kappaleen paino. Nostinta voisi näin keveästi siirrellä. Keventimeen voi lisätä erilaisia tarttuvia, joilla voi tarttua myös pyöreisiin kappaleisiin (kuvio 15). Kappaleet voivat olla raskaita. Nostimet toimivat paineilman avulla. Nostimen hyödyllisyyttä ei tarkemmin tutkittu, koska Dalmecin toimittaja totesi Levypyörä Oy:n nykyisen nostimen toimivaksi ja hyväksi. Heidän nostimensa ei siis paljoa apua toisi tilanteeseen. Tämä nostin ei automatisoi täsmäystä, tämän käyttämiseen tarvitaan yhtäläillä työntekijä kuten nykytilanteessakin.



KUVIO 15. Dalmecin keventin

4.1.2 Oy Ergolift Ab

Ergolifttä löytyi tarttuja, jolla saattoi ottaa vannekehästä kiinni ja jota on käytetty vastaavanlaisissa kappaleissa. Tämä nostin (kuvio 16.) ei kuitenkaan automatisoi täsmäystä, ja tämän käyttämiseen tarvitaan yhtäläillä työntekijä. Käyttäjien aikaisemmat kokemukset kyseisen valmistajan tuotteesta ei olleet positiivisia. Levy-pöyrällä oli aikaisemmin Ergoliftin kevennin.



KUVIO 16. Ergoliftin nostin

4.1.3 Cimcorp Oy

Cimcorp Oy:n päätoimipaikka on Ulvilassa ja huoltotoimipisteitä on Vantaalla, Riihimäellä, Lahdessa ja Jyväskylässä. Cimcorp valmistaa portaali- ja lineaarirobotteja, joita käytetään varastoinnissa (Cimcorp Oy). Kiinnostavinta oli robotin sijoittelu. Robotti toimii siltanosturin tavoin, puhutaan portaali ratkaisusta. Silta liikkuu hallissa pituussuuntaisesti, ja sillalla oleva kelkka liikkuu sillalla. Kelkassa on varsi, jonka päässä on robottiyksikkö. Tällä tavalla säästettäisiin lattia-pinta-alaa, jota on vähän käytettävissä. Periaatteessa robotilla olisi mahdollisuus liikkua koko hallin alalla.

Cimcorpilta oli hankala saada kiinni ihmistä, joka olisi ollut valmis tarjoamaan robottia. Useamman yhteydenoton jälkeen sain henkilön kiinni. Tilauskanta oli Cimcorpilla pitkälle vuoteen 2009 eikä heillä ollut suunnittelijoita vapaana. Lähtö hinta oli korkea jo pelkälle robotille. Kaikki muut toimintalaitteet tulisivat kokonaishintaan lisää. Näin kokonaissumma nousisi liian korkeaksi (kuvio 17).



KUVIO 17. Cimcorpin portaali ratkaisu

4.1.4 ABB

ABB ei ollut valmis tekemään tarjousta robottisolusta vaadituilla ehdoilla. Tarkempia yksityiskohtia ei näin ollen käsitelty. ABB:lta pyydettiin palaamaan asiaan kesän jälkeen. Pyrkimyksenä oli saada kappaleen käsittely selväksi kesän aikana, jotta sitä voitaisiin tarkentaa alkusyksystä. Tämän vuoksi asiaa ei voinut siirtää syksyyn. Henkilö johon olin yhteydessä ABBhen, ei ohjannut toiselle henkilölle, jonka olisi ollut mahdollista käsitellä asiaa tarkemmin. ABBlla olisi ollut tarjolla kapasiteetiltaan käypiä robotteja ja myös kuusiakselisena robottina (kuvio 18) (ABB Oy).



KUVIO 18. ABB IRB 7600- robotti

4.1.5 Motoman

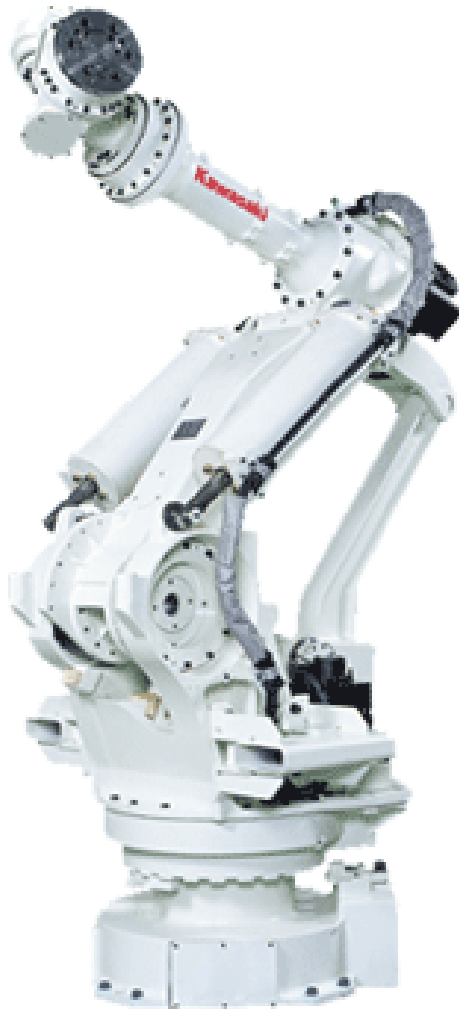
Motoman toimii Turussa, josta käsin huoltotoimenpiteet hoidetaan. Motomanilta oli valmiiksi tarjous toiseen projektiin. Tähän tarjouspohjaan olisi lisätty manke-
lienpanostus robotti, johon kuuluu robotin lineaarirata (kuvio 19). Motomanilla ei ollut tarjota mittaukseen sovellusta. Lavaustoimi olisi ollut mahdollista toteuttaa. Motoman on toimittanut jo aikaisemmin Levypyörälle hitsausrobotteja. Näin ollen olisi mahdollista ottaa kaikki robotit Motomannilta. Näin varaosa ja huoltopalvelu tulisi yhdestä paikasta (Motoman Robotics Finland Oy)



KUVIO 19. Motoman UP350N - robotti

4.1.6 Orfer Oy

Kawasaki-robottia toimittaa Suomessa Orfer Oy Orimattilasta. Orferilla on pitkä kokemus kappaleen käsittelystä robotilla, ja se suorittaa erilaisia robottisovelluksia. Orferin huoltomiehet toimivat Orimattilasta käsin. Orferilla oli tarjota tarvittava kokonaisuus (kuvio 20). Robotin kapasiteetti riitti, ja tarjolla oli myös tarkempaan työhön soveltuvia robotteja. Mahdollisissa vikatilanteissa Orferilla on huomattava etusija sijainnin puolesta. Huoltohenkilöstön saisi nopeasti paikalle. Tarjolla olisi myös VPN-yhteys, jolloin Orferin toimipisteestä voitaisiin ottaa yhteyttä soluun ja tarkastaa, voiko vian paikallistaan tämän kautta. Vikatilanteessa huoltomiestä ei välttämättä tarvita, ja Levypyörän henkilöstöllä olisi mahdollisuus korjata vika itse.



KUVIO 20. Kawasaki MX500 robotti

4.2 Tarttuja

Tarttujan perusrakenteen tulisi olla sellainen, että sitä voidaan hyödyntää kaikissa vannekehämalleissa. Tartuntapalojen pitäisi olla vaihdettavissa eri vannekehiä varten. Palojen vaihdannalla pyritään saamaan optimaalinen tartunta vannekehän keskipudotuksesta. Palojen tulee olla helposti vaihdettavissa. Tarttujassa pitää olla säädettävä puristusvoima, jottei vannekehä pääse puristumaan soikeaksi puristuksessa. Pienissä vannekehissä tämä puristuminen on vähäistä. Suuret kapeat vannekehät painuvat helpommin soikeiksi. Epäsymmetrisyyden synnyttämistä tulee välttää. Puristuspainetta tulisi saada helposti säädettyä eri vannekehämalleille suotuisaksi. Tarttujan tulisi olla mahdollisemman yksinkertainen, jotta se olisi helppo huoltaa ja jotta siihen olisi helppo vaihtaa tartuntapalat.

4.3 Pesu

Vannekehän pesu tapahtuu vannekehän maalauksen yhteydessä. Tätä ennen vannekehään on hitsattu keskiö, mahdolliset reunavahvikkeet ja venttiilin suoja. Tätä ennen vannekehää ei koneellisesti puhdisteta. Hitsauksen yhteydessä osa kehistä on saatettu puhdistaa käsin, sillä makeloinnissa käytetty rasva palaa vannekehään kiinni, ja sitä on sitten myöhemmässä vaiheessa hankala saada irti. Mekaanista puhdistusta vannekehälle ei tehdä. Pesu tapahtuu maalauslinjassa kemikaalien avulla. Kiinni palanut rasva heikentää maalauslaatua, joten kiinni palaneesta rasvasta tulisi päästä eroon. Hitsauksessa palava rasva aiheuttaa myös katkuhaittaa. Hitsatessa tulee käyttää hengityssuojainta.

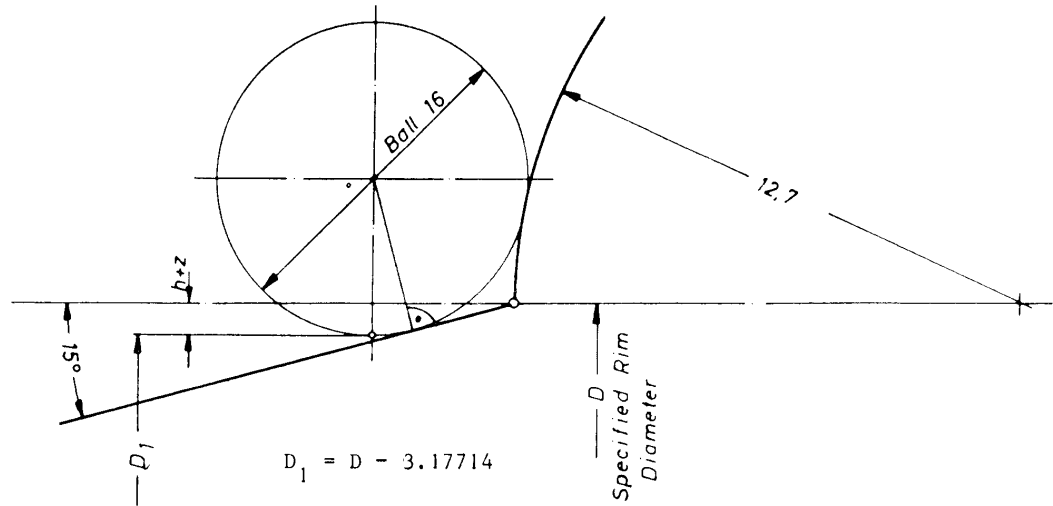
Mankeloinnin jälkeen vannekehä ei tarvitse rasvaa ja näin ollen vannekehän voisi pestä jo heti mankeloinnin jälkeen ennen täsmäystä tai sitten täsmäyksen jälkeen. Pesun etuna olisi ympäristön siisteys ja näin ollen työturvallisuuden kohoaminen kun öljy ei pääsisi valumaan kehistä lattialle.

Vannekehä lämpenee mankeleilla muokattaessa huomattavasti. Vannekehän lämpötila voi olla mankeloinnista tultaessa 70 – 100 celsiusastetta. Pintaan jäänyt öljy on tuolloin notkeaa. Mahdollisen öljyn poiston voisi tehdä ilmaveitsellä kaapimalla. Tuolloin kappaletta täytyisi pyörittää. Tämä voisi tapahtua pyällyksen yhteydessä. Ilmaveistä käytettäessä on öljyn leviämiskaava eli tarvitaan kotelointia. Sa-

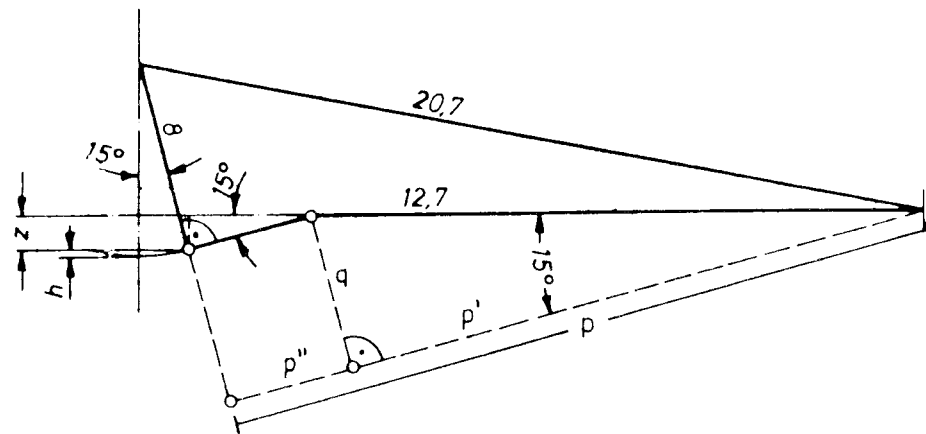
moin ilmaveitsi synnyttää voimakasta melua. Tarvittava paineilma puristettaisiin erillisellä kompressorilla. Samalla ilmaveitsi jäähdyttäisi vannekehää, mikä olisi suotuisaa ennen mittaukseen siirtymistä.

Tuotannon aikana tehtyjen testauksen avulla on havaittu, että kun vannekehää sumuttaa hienolla vesisuihkulla, saadaan jo suurin osa öljystä vannekehän pinnalta pois. Pinnalle jää hieno kerros öljyä.

Pesukoneita kysyttiin Teijo Pesukoneet Oy:lta, Sampo Rosenlewilta ja Idea Machinelta. Ongelmiksi osoittautuivat pesutahdin aika ja tila, johon pesukoneen tulisi mahtua. Tehtyjen huomioiden perusteella pesukone voi olla yksikammioinen, ja siinä pitää olla isot säiliöt toimiakseen hyvin. Pesusuuttimien tulee olla suunnattu optimaalisesti siten, että kaikki pinnat tulee pestyä. Sisäpinnalle voidaan järjestää oma sisäpesuri.



KUVIO 22. 15°:n mittakuva



KUVIO 23. 15°:n mittakuva

Seuraavilla laskutoimituksella lasketaan tarvittavat arvot vannekehän mittapisteelle:

$$q = 12.7 \times \sin 15^\circ = 12.7 \times 0.25882 = 3.287014$$

$$p = \sqrt{20.2^2 - (8 + q)^2} = \sqrt{301.1} = 17.35199$$

$$p' = 12.7 \times \cos 15^\circ = 12.7 \times 0.96593 = 12.267311$$

$$p'' = p - p' = 17.35199 - 12.26711 = 5.08468$$

$$z = p'' \times \sin 15^\circ = 5.08468 \times 0.25882 = 1.31602688$$

$$h = 8(1 - \cos 15^\circ) = 8 \times 0.03407 = 0.27256$$

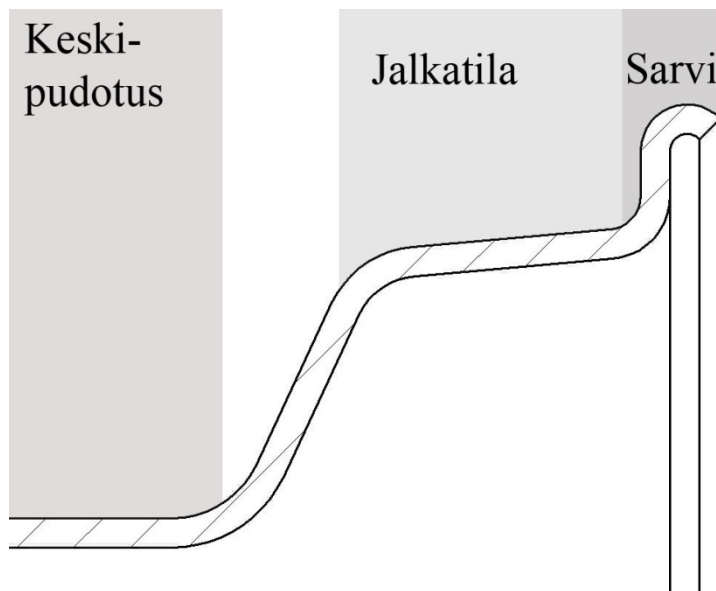
$$h + z = 1.58857$$

$$D_1 = D - 2(h + z) = D - 3.17714$$

Taulukko 1. Standarti (E.T.R.T.O)

RIM DIAMETER CODE	SPECIFIED RIM DIAMETER D		MANDREL DIAMETER D ₁	TAPE CIRCUMFERENCE (mm)	
	(mm)			Mimum	Maximum
17,50	444,5	(17,500")	441,32	1386,0	1386,8
19,50	495,3	(19,500")	492,12	1545,6	1546,4
22,50	571,5	(22,500")	568,32	1785,0	1785,8
24,50	622,3	(24,500")	619,12	1944,6	1945,4

Taulukossa 1 on taulukoitu perus vannekehän mittoja. Vannekehän eri alueet on nimetty kuviossa 24.



KUVIO 24. Vannekehän osanimikkeitä

6 KOMPONENTIT

Kameratekniikka on kehittynyt 2D-maailmasta 3D-maailmaan. Mittauksessa käytettävä kamera on 3D-kamera. Uudesta tekniikasta on yleisesti niukasti tietoa, mutta perustiedot löytyvät tuotteiden valmistajien kautta. Valmiista sovelluksista ei tarkkoja tietoja ole haluttu antaa.

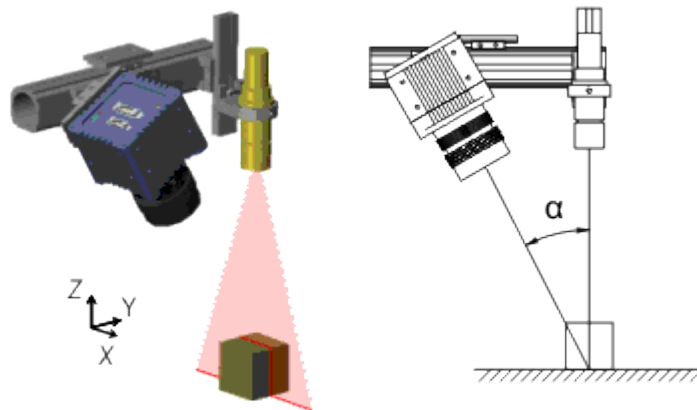
Mittauksessa voidaan käyttää viivalaseria, joka kohdistetaan mitattavaan kohteeseen. Optimaalisen mittaustuloksen saa konkreettisesti testaamalla. Laserin ja laser juovaa lukevan kameran asemoinnilla voidaan vaikuttaa mittaustulokseen, sillä mittava kappale voi mahdollisesti heijastaa laserin valoa eri lailla eri kulmista. Oheisissa kuvissa (kuvio 25) juovalaser on kohdistettu kohtisuoraan kohteeseen. Toinen vaihtoehtoinen tapa (kuvio 26) olisi asemoida kamera kohti suoraan kohteeseen. Kolmas tapa voisi olla (kuvio 27) niin, että sekä kamera että juovalaser ovat pystysuunnassa eri kulmissa. Seuraavia tunnuksia käytetään kuvissa:

dX = resolution along the laser line,

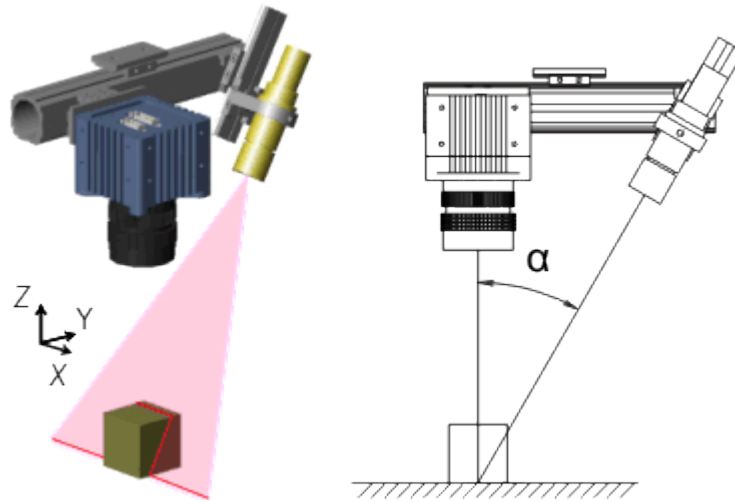
dY = resolution perpendicular to the laser line (in the direction in which the object or the camera moves),

dZ = resolution in the direction of height.

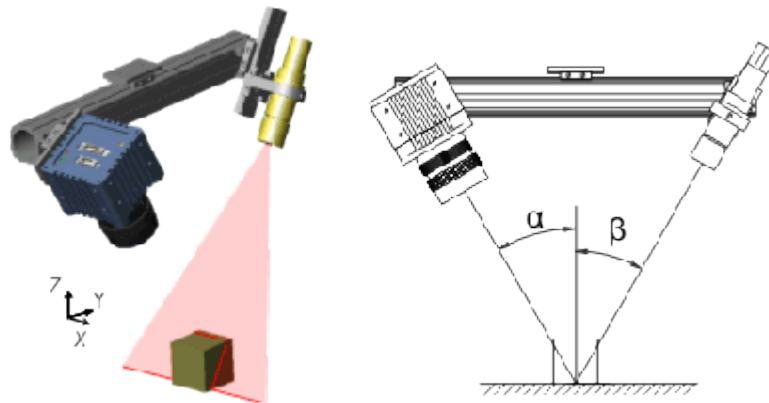
(Automation Technology 2.12.2008)



KUVIO 25. $dZ = dX / \sin(\alpha)$



KUVIO 26. $dZ = dX / \tan(\alpha)$



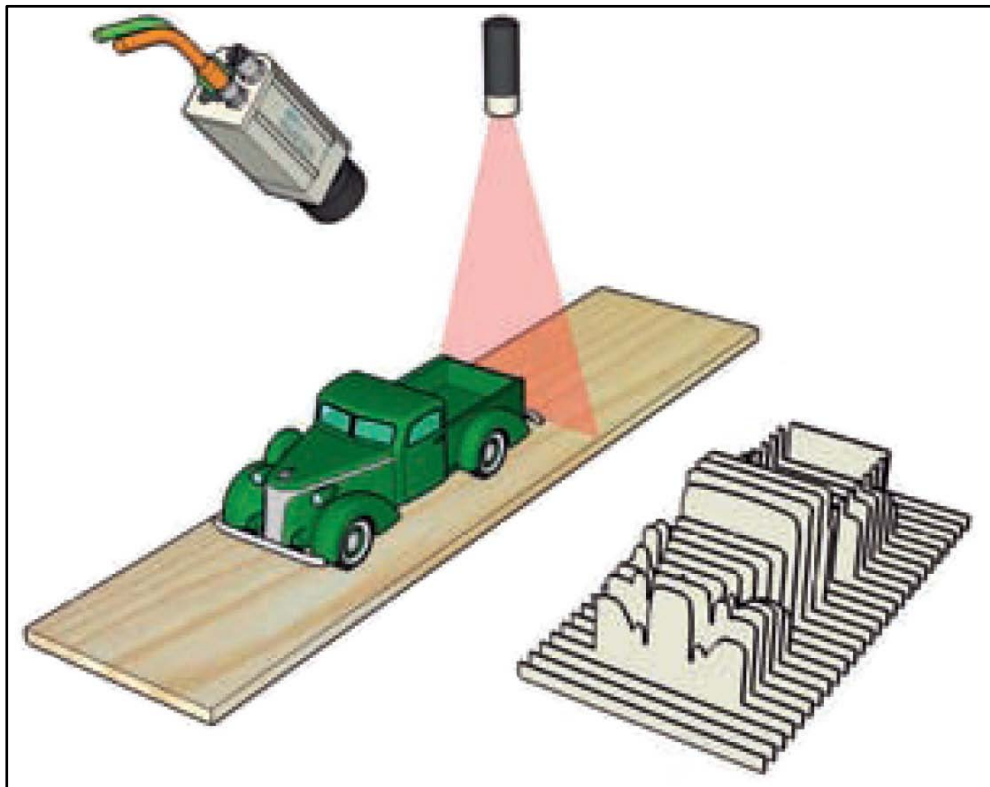
KUVIO 27. $dZ = dX / 2 * \sin(\alpha)$

Mittaustekniikka perustuu kolmiomittaukseen. Vannekehää pyöritetään mittausalustalla. Tarkoituksena on näin eliminoida mahdolliset mittavirheet. Laser ja 3D-kamera olisivat kiinteästi asennettuja. Kameraa ja laserin etäisyyttä vannekehästä voitaisiin säätää työstökonealuokan lineaarijohderatkaisulla. Mittatulokseen vaikuttaa mittapöydän pyörimisliike. Pyörimisliikkeen tulee olla tasainen ja tietty. Tämä siksi, että voidaan laskea pyörimisnopeuden ja kameralla saadun pistejoukon avulla vannekehän 3D-profiili. Mittaus suoritetaan seuraavalla tavalla:

- 1) Mitataan vanteen profiilia laserkameralla sivulta, vannetta pyöritetään ympäri, jotta saadaan tasaisesti joka puolelta tarvittava määrä profiili näytteitä (eli laseriivan suuntainen jono pisteitä 3D-avaruudessa)
- 2) Yhdistetään profiilit vanteen pyörimisen kulmatietoon ja samalla etsitään profiilista referenssipiste (eli se piste, jota käytetään mittareferenssinä). Näin saadaan 3D-pistejoukko kehälle.

- 3) Sovitetaan 3D-kehäpistejoukkoon taso, projisoidaan jokainen piste tasolle jolloin saadaan 2D-pistejoukko kehästä.
- 4) Sovitetaan 2D-pistejoukkoon ellipsi, josta saadaan A- ja B-akseli ynnä muuta. (Mahdollisesti voisi sovittaa ellipsin suoraan 3D-pisteisiin, mutten löytänyt valmista algoritmiä sille)

Laskentaa ja kuvan luontia varten tarvitaan tietokone. Tietokoneelle on luotava sovellus, joka suorittaa mittauksesta saatujen tietojen avulla profiilin muodon. Tämä mittaus tulos voidaan tallentaa tietokoneelle tai määrättyyn tietokantaan. Tällä tavoin voidaan kerätä tietoutta kaikista vannekehistä ja käyttää tietoa tuotteen laadun valvonnassa (kuvio 28).



KUVIO 28. Havainnekuva mittauksesta ja saaduista tuloksista

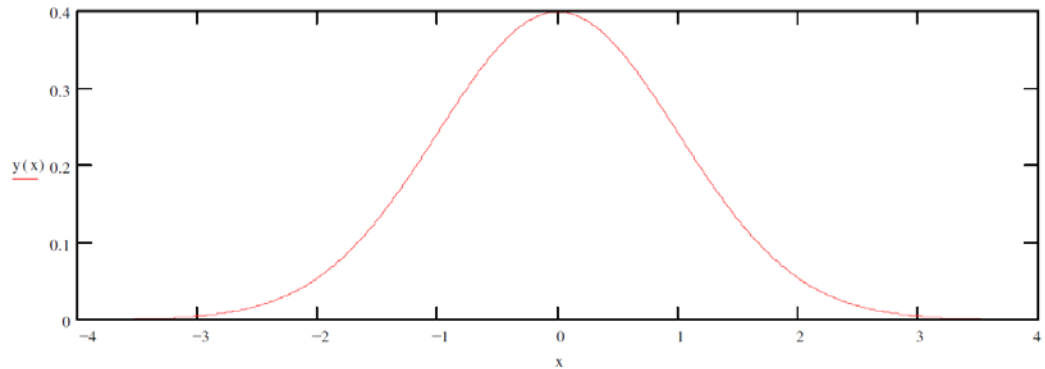
Vannekehästä otetaan näytteitä halutun verran, samankaltaisesti kun kuviossa 28. Kuviossa 28 havaitaan selkeästi viivamainen muoto. Tarkkuutta saadaan näytteiden ottojen määrää lisäämällä, jolloin muodon yhtenäisyys paranee. Tällöin käsiteltävän tiedon määrä kasvaa. On tutkittava, kuinka paljon näytteitä tarvitaan.

6.1 Gaussin käyrä

Kamera lukee laserviivaa. Laserinviivaa tulkitaan Gaussin käyrän avulla, näin saadaan pistejoukko määriteltyä. Gaussin käyrä tunnetaan myös normaalijakaumana. Tärkein jatkuvista jakaumista on *normaalijakauma*. Sen tiheysfunktion kuvaajaa sanotaan *Gaussin käyräksi* tai muotonsa takia myös *kellokäyräksi*. Käyrällä on yksi huippu, ja käyrä on symmetrinen huipun kautta kulkevan y-akselin suuntaisen suoran suhteen. Asymptoottina on x-akseli. Käyrän sijainti koordinaatistossa riippuu pelkästään odotusarvosta μ , ja muoto pelkästään keskihajonnasta σ . Käyrän huippu on aina odotusarvon kohdalla. Keskihajonta vaikuttaa käyrän muotoon niin, että keskihajonnan pienentyessä käyrä kapenee. Oheinen kuva (kuvio 29) esittävät normaalijakauman tiheysfunktion kuvaajia muutamilla parametrien μ ja σ arvoilla piirrettynä. Normaalijakaumaa merkitään lyhyesti $N(\mu, \sigma)$. (Caculus 4)

Normaalijakauma on käytännössä hyvin yleinen. Usein jonkin suureen arvoon vaikuttavat monet toisistaan riippumattomat syyt. Voidaan osoittaa, että näiden syiden yhteisvaikutuksena saatavan satunnaismuuttujan jakauma on ainakin lähes normaalijakauma. Esimerkiksi tehdasvalmisteisen tuotteen painolla on normaalijakauma, sillä painon vaihtelu aiheutuu lukemattomista pienistä häiriöistä valmistusprosessissa. Samoin noudattavat ihmisen pituus, paino tai älykkyys normaalijakaumaa suuressa ihmisjoukossa. (Caculus 4)

Normitetussa normaalijakaumassa odotusarvo on 0 ja keskihajonta 1. Normitettua normaalijakaumaa merkitään lyhyesti $N(0, 1)$, sen kertymäfunktiota isolla Φ -kirjaimella ja tiheysfunktiota pienellä φ -kirjaimella. Tiheysfunktio on
$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}x^2}.$$
 Sen sijaan kertymäfunktion Φ lauseketta ei voida ilmoittaa alkeisfunktioiden avulla. Kertymäfunktion arvo kohdassa a saadaan selville tiheysfunktion kuvaajan ja x-akselin väliin jäävän alueen pinta-alatulkinnan sekä symmetrian avulla. Ohessa on muutamia esimerkkejä kertymäfunktion Φ käytöstä. (Caculus 4)



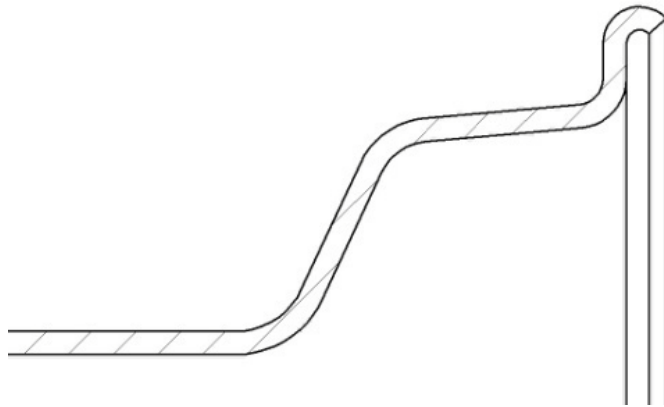
KUVIO 29. Tämän kuvaajaa kutsutaan Gaussin kellokäyräksi

Vannekehän keskipudotuksen mittaus voitaisiin mitata etäisyysmittarilla. Tämä mitta vaikuttaa vannekehän ja keskiön liittämiseen toisiinsa. Vannekehän keskipudotuksen halkaisija ei saa olla liian pieni, tai muuten keskiö ei mahdu vannekeeseen. Se ei saa myöskään olla liian suuri, jolloin keskiö olisi liian väljä. Tämä tuottaa joskus ongelmia hitsattaessa vannekehää ja keskiötä toisiinsa.

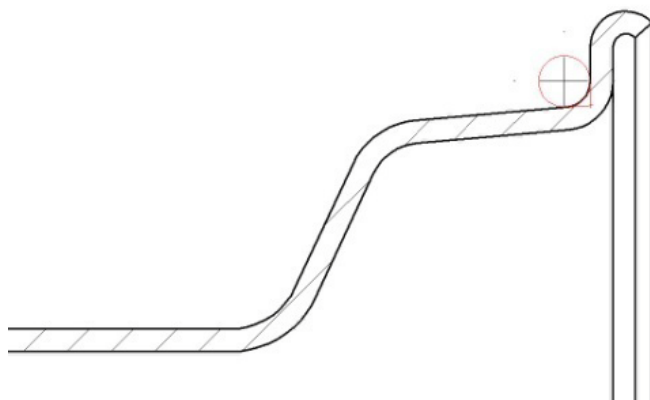
Vannekehän sauman tarkistus tehtäisiin seuraavasti. Vannekehän sisäosaa valaisitaisiin valaisimella ja tämän valaisimen valoa etsittäisiin kehän ulkopuolelta. Mahdollisesta repeämäkohdasta valoa pääsee lävitse. Tämän optinen anturi havaitsee ja ilmaisee tästä eteenpäin. Mittaus tapahtuu koko vannekehän pituudelta (kuvio 29). Sijoittelun voi tehdä toisinkin päin, jolloin ulkokehää valaistaan ja sisäpuolen kehästä haetaan valoa. Ideana olisi, että vannekehä pyörisi ja mittavälineet olisivat kiinteästi paikallaan. Mahdollisia etäisyysäättöjä voisi tehdä eri vannekehäprofiileille riippuen. Tämä mittaus ei ole tarkkuusmittausta kuten itse koon mittaus.

6.2 Mitattava alue

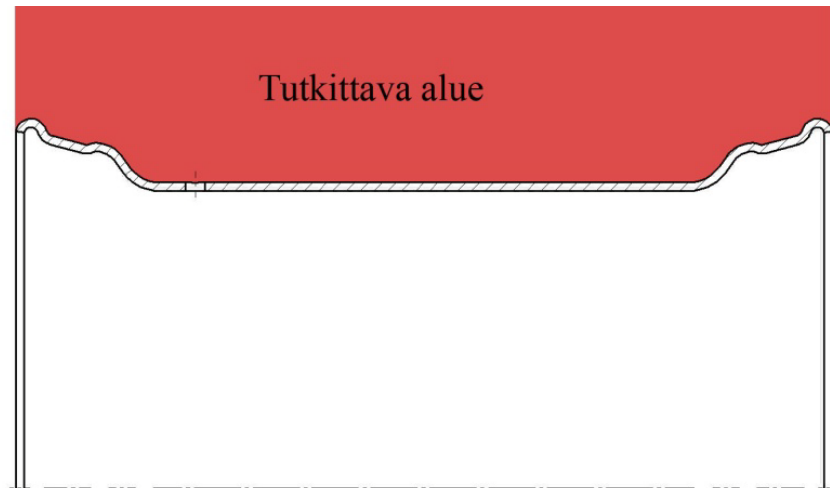
Vannekehä mitataan reunasta keskikohtaan niin paljon kuin on oleellista mitata. Tavoitteena on saada tarvittava vannekehän ulkomitta ja samalla mahdollisesti vannekehän profiili. Profiilia päästään vertailemaan suunniteltuun 3D-malliin. Mitatut tulokset tallentuvat tietokantaan tietokoneelle. Näin ollen mittaustuloksia voidaan tarkastella takautuvasti. Hitsaussauman tarkastus tapahtuisi ulkoa päin. Tässä tapauksessa vannekehän sisäpuolella on valo. Jos vannekehän hitsaussaumassa on repeämä, niin sisäpuolella olevan valaisimen valo pääsee virhekohdasta lävitse ja tämä valo havaitaan.



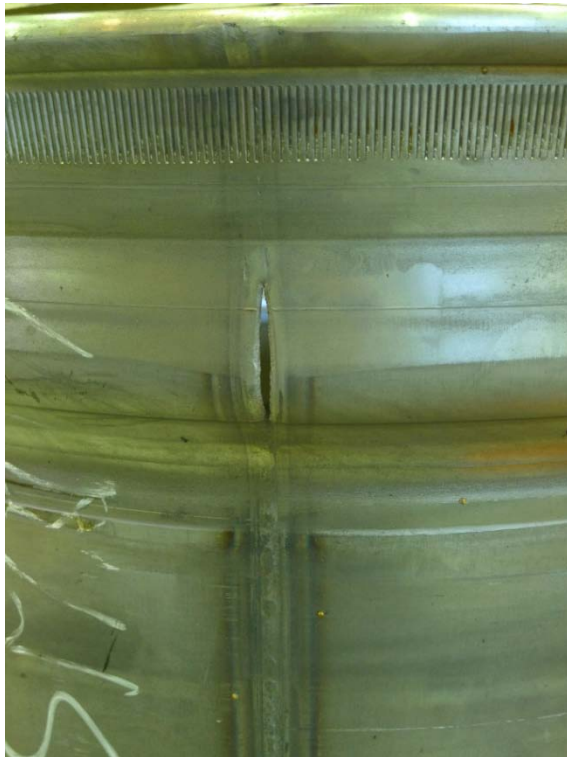
KUVIO 30. Vannekehän sarvi ja jalkatila



KUVIO 31. 16mm:n helmi mittauskohdassa

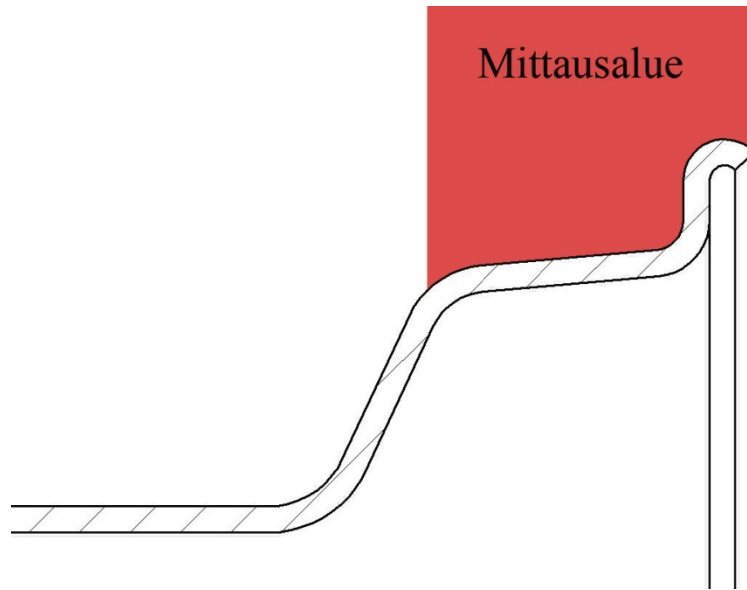


KUVIO 32. Vannekehän hitsaussauman repeämän etsiminen

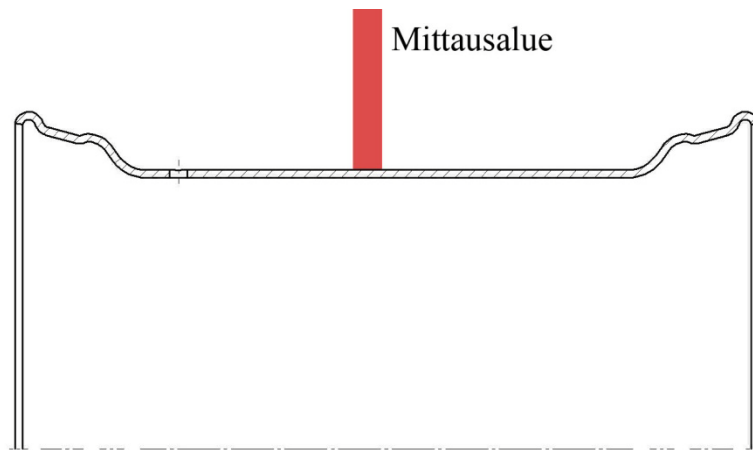


KUVIO 33. Vannekehän revennyt hitsaussauma

Vannekehästä etsitään hitsaussauman virhettä (kuvio32), joka on voinut syntyä jo hitsattaessa tai vannekehää mankeloidessa (kuvio 33).



KUVIO 34. Vannekehän mittausalue



KUVIO 35.

7 EHDOTELMAT

Robotin on tarkoitus käsitellä lieriön muotoisia kappaleita, esimerkiksi raskaiden ajoneuvojen vanneaihioita, jotka kylmämuovataan muotoonsa. Suurin vannekehän halkaisija on 54 tuumaa ja pienin 22,5 tuumaa. Vannekehän leveys on 30 tuumasta 8 tuumaan. Raskain vannekehä on noin 110 kg painava. Robotti käsittelisi 40 vannekehää/h eli 1,5 min/vannekehä kun käsin tämä tapahtuisi 6min/vannekehä. Teoriassa robotin tahtiaika olisi neljä kertaa nopeampi kun käsin tehdessä.

Robotti noutaa vannekehän kartiointikoneelta ja kastaa vannekehän öljyastiassa. Astia on lattialla mankelin edessä. Vannekehän kastaminen korvaa sumutettavan mankelointiöljyn. Näin välttyttäisiin lähiympäristöön leviävältä öljyltä. Vannekehä nostetaan ensimmäisen mankelin ala-akselille, ja mankelin työkiero alkaa. Kun vannekehä valmistuu ensimmäisestä mankelista, robotti siirtää vannekehän seuraavaan mankeliin. Tämän jälkeen robotti noutaa uuden vannekehän kartiointikoneelta ja suorittaa edellisen toiminnon. Kun vannekehä valmistuu toiselta mankelilta, robotti käy siirtämässä tämän vannekehän kolmannelle mankelille.

Kolmatta mankeliä ei aina tarvita, sillä yleisimmät vannekehät valmistetaan kahdella mankelilla. Tällöin robotti kastaa vannekehän öljyaltaaseen, joka on kyseisen mankelin edessä. Kun ensimmäinen vannekehä on valmistunut kolmannelta mankelilta, robotti siirtää vannekehän pyällyskoneeseen. On vielä mahdollista, että valmistuslinjanpohjakuvaa päivitetään. Ei ole vielä varmaa, jääkö pyällyskone nykyiselle paikalleen tai tuleeko mankeleiden jälkeen teollisuuspesukone.

Pyällysloneen jälkeen vannekehä menee pesutunneliin ja sieltä toisen robotin alueille. Pesukone on yksikammioinen tilan vähyyden vuoksi. Pesukoneen tahtinopeuden vuoksi ja halutun puhtauden takia pesukoneen valuma-altaan tulee olla mahdollisemman suuri. Pesukonetta korotetaan, hallikorkeutta voidaan näin käyttää hyväksi. Mankelointiaika on noin 40 sekuntia. Nykyisessä toteutuksessa on rata, jota pitkin vannekehät kulkeva, ja vannekehät nostetaan nostopöydillä mankelille. Nostopöytien työaika on noin 50 sekuntia.

Robotti korvaa raskaskäyttöisen ketjunostimen, ja tämän nostimen käyttäjästä tulee robotille operaattori. Nykyisen nostimen korvaaminen robotilla vähentää huomattavasti työntekijöiden raskasta työtaakkaa. Käsien nostaminen yli hartioiden jää pois. Näin ollen käynnit lääkäriillä ja poissa olot vähenevät. Tästä syntyy

kustannussäättöä. Nostimen jumiutumiset jäävät pois. Työnkierto on toistuvaa, vaikka kappaleen koko muuttuu välillä. Robotti ei välitä kehien lämpimyydestä, robotti voidaan varustaa tarvittaessa lämpöantureilla. Kehistä höyrystyvä manke-lointiöljyn höyry ei haittaa robotin työntekoa. Työntekijän ei tarvitse olla tilassa, jossa kuumat vannekehät liikkuvat ja jossa on öljyhöyryä. Robotti on väsymätön työnpuurtaja. Työntekijä pitää työpäivän normaalit tauot joista kertyy 60 minuuttia taukoa. Kuumina kesäpäivinä työympäristön lämpötila voi nousta yli 27 celsiusastetta ylitse, jolloin työntekijä pitää tuntia kohden 10 minuutin tauon. Näitä taukoja ei robotti tarvitse.

Robotin tarttuvia tulee olemaan haasteellinen, sillä vannekehä malleja on yli 100 kappaletta. Vannekehissä profiilin muoto muuttuu, mutta keskipudotus löytyy kaikista liki samasta kohtaa. Vannekehien kokoero pienemmästä suurempaan on huomattava. Täytyy ratkaista, tarvitaanko tarttuvia kaksi vai onnistuuko toiminta yhdellä tarttujalla.

7.1 Työnkierto

Nykyinen työkierto tapahtuu seuraavalla tavalla. Kappale tulee pyällyskoneelta rataa pitkin. Otetaan tarttujalla kiinni vannekehästä, joka on ketjunostimessa. Tästä vannekehä viedään täsmäyskoneelle, jossa vannekehää laajennetaan sisältäpäin. Tässä vaiheessa suoritetaan vannekehän mittaus helminauhalla, ja saadaan tieto vannekehän mitasta. Tarvittaessa vannekehää täsmätään uudelleen. Vannekehä pitää kääntää ja täsmätä sen toinen puoli ja suorittaa mittaus. Tämän jälkeen vannekehään tehdään venttiilin reikä hydraulisella rei'ittimellä. Tästä vannekehä lavataan lavalle. Lavauskuvio riippuu vannekehämallista. Vannekehiä pinotaan kerrokseen ja ne sidotaan keskeltä sidontaraudoilla, joissa on kolme tai neljä piikkiä lavauskuviosta riippuen. Sidontaraudat robotti noutaa lavalta tai tasolta, jonne sidontaraudat on laitettu tiettyyn asentoon ja tiettyyn positioon.

Työkierrot aloitetaan tyhjältä radalta. Automatisoitu työkierto voisi edetä seuraavalla tavalla. Robotti vie vannekehän pyällyskoneelta täsmäyskoneelle. Täsmätään ensimmäinen puoli, käännetään ja täsmätään toinen puoli. Täsmäyskoneelta vannekehä viedään mittaukseen. Mittaus suoritetaan konenäön avulla. Mittauksessa tarkastetaan vannekehän ympärysmitta ja hitsaussauman mahdolliset repeämät.

On myös mahdollista mitata jalkatilan halkaisija. Robotti noutaa uuden vannekehän pyällyskoneelta, toistaa täsmäyksen ja jättää vannekehän täsmäyskoneelle, kunnes toinenkin puoli on täsmätty. Robotti käy noutamassa mittauksessa olevan vannekehän, jonka on todettu olevan oikeanmittainen. Robotti vie vannekehän mittauksesta rei'itykseen. Tässä vaiheessa robotti voi käydä siirtämässä täsmäyskoneessa olevan vannekehän mittaukseen ja nostaa pyällyskoneesta uuden vannekehän täsmäyskoneelle. Robotti käy noutamassa rei'ityksessä olevan vannekehän ja siirtää sen lavalle.

Nykyisellä menetelmällä vannekehä kiilautuu täsmäyskoneen täsmäyspaloihin. Tämä aiheutuu siitä asennosta, jossa vannekehä tuodaan täsmäyskoneelle. Robotin kanssa on olemassa riski, että vannekehä kiilautuu jumiin täsmäyskoneessa. Robotin etuna on, että vannekehä kalibroidaan tiettyyn paikkaan, se noudetaan samasta paikasta ja vannekehään tartutaan tietyistä kohdasta. Täsmättävien vannekehien asento tulee näin ollen olemaan sama. Tätä asentoa voidaan korjata niin, että vannekehä tuodaan kohtisuorasti täsmäyskoneelle. Näin vältetään asennosta johdettu kiilautuminen täsmäyskoneella.

Työkierto etenisi seuraavasti. Kun robotti on vienyt vannekehän rei'itykseen, täsmäyskone on vapaa. Nyt robotti noutaa tähän uuden vannekehän. Kun rei'itys on valmis, robotti vie kehän lavalle. Vannekehän tahtiaika on 1,5 minuuttia. Tässä ajassa vannekehä on pyällyskoneelta tai pesukoneelta lavalla. Mittaukset suoritetaan mahdollisesti konenäön avulla. Näin luonnistunee laadun tarkkailukin. Valmistuksessa voi syntyä hitsaussauman repeämä, jolloin vannekehä pitää siirtää sivuun hylkylavalle. Yli 30,5 tuuman vannekehät siirretään ulos solusta yksittäin ja lavataan omiin kehikkoihin.

Vannekehän mittauksen automatisoinnista on paljon hyötyä. Vielä parempi olisi, jos robottien avulla onnistuttaisiin vertaamaan profiileja suunniteltuihin malleihin. Kehäpituuden toleranssi $\pm 1,2$ millimetriä, jossa toleranssissa on pysyttävä. Lavausautomatisointi toisi nopeutta varastointiin.

Tavoitteena on saada kokonaisuudesta mahdollisimman automatisoitu. Pohjapiirustuksessa on ehto, että täsmäyskone sijoittuu täsmäyskoneelle tehtyyn monttuun. Muutoin täsmäyskonetta voi liikuttaa pohjapiirustuksessa. Täsmäyskoneen ympärille tulisi jättää työtilaa, sillä vannekehämallille on omat työkalut, joten ne

pitää päässä vaihtamaan. Muita koneita voi pohjapiirustuksella siirrellä. Ongelmallista voi olla tuon tilan käyttö. On mahdollista, että pyällyskoneen ja täsmäyskoneen hydraulikat sijoitetaan seinän toiselle puolelle.

8 YHTEENVETO

Ensimmäisenä päivänä minulla oli mielikuva robotista, joka työskentelee vannekehän käsittelijänä. Ensimmäisissä tapaamisissa, joissa käsiteltiin tätä ongelmakoh-
taa, ilmaistiin, että robottia haluttiin välttää. Kuitenkin tilanteen ja työn edetessä
robottia alettiin pitää hyvänä vaihtoehtona.

Tilanahtaus ja rajallinen käytettävyys oli haaste. Myös valmiiksi kaivettu täs-
mäyskoneen asennusmonttu teki pohjapiirustuksen suunnittelua rajalliseksi. Lin-
jamaista ratkaisua ei näin ollen ollut mahdollista toteuttaa kuin täsmäyskoneen
monttua ja kulkuoven paikkaa siirtämällä kauemmaksi. Kulkuaukkoa oli jo aikai-
semmin siirretty yhden pylväsvälin verran pois päin mankelilinjalta. Oviaukon
siirtämistä ei katsottu aiheelliseksi, sillä tämä olisi hankaloittanut trukin kulkua ja
syönyt varastotilaa.

Täsmäyskoneen monttu ja kulkuoven sijainti rajasivat käytettäviä vaihtoehtoja
pois. Hallin korkeus oli yksi raja tekijä. Uudet mankelointikoneet kohoaisivat niin
korkealle, että nykyisten siltanostureiden käyttö voisi olla mahdotonta.

Enää ei olisi vaaraa, että vannekehä putoaa työntekijän päälle. Tosin jää mahdolli-
suus, että vannekehä irtoaa robotin tarttujasta. Riskiä vähentää se, että kun robotti
liikkuu, sen toiminta-alueella ei saa olla ihmisiä. Kun robottia mahdollisesti aje-
taan käsiajolla, on sen toiminta-alueella oltava varovainen. Alueella ei myöskään
saa olla ylimääräisiä henkilöitä. Robotin toiminta-alueen on oltava siten rajattu,
ettei sille pääse vahingossa.

Lähteet

Levypyörä Oy

Orfer Oy

Kirjalliset lähteet:

Jäppinen, P., Kupiainen, A. & Räsänen, M. 1998 Calculus 4. Keuruu: Otava.

Verkkolähteet:

Automation Technology

[Viitattu 2.12.2008] Saatavilla:

<http://www.automationtechnology.de/cms/en/3d-camera/c3-technology/principle-of-measurement.html>

Cimcorp Oy

[Viitattu 2.12.2008] Saatavilla:

<http://www.cimcorp.fi/Referenssiluettelo>

Oy Ergolift Ab

[Viitattu 2.12.2008] Saatavilla:

<http://www.ergolift.fi/tuotteet/>

Kawasaki

[Viitattu 2.12.2008] Saatavilla:

http://www.kawasakirobot.co.uk/kawasaki_mx420lfd44_eng.pdf

Motoman Robotics Finland Oy

[Viitattu 2.12.2008] Saatavilla:

<http://motoman.eu/fi/Sovellukset/Sovellukset/>

Lahden Ammattikorkeakoulu, Tekniikan laitoksen sivut

[Viitattu 2.12.2008]. Saatavissa:

http://tl-automaatio.lpt.fi/automaatio/opetus/luennot/pdf_tiedostot/Robotiikka_yleinen.pdf

ABB

[Viitattu 2.12.2008] Saatavilla:

[http://www04.abb.com/global/gad/gad02007.nsf/0/E3835120919F7FECC1256F030035590B/\\$File/IRB7600_300dpi_720.jpg](http://www04.abb.com/global/gad/gad02007.nsf/0/E3835120919F7FECC1256F030035590B/$File/IRB7600_300dpi_720.jpg)

Sick Ranger- 3D Camera

[Viitattu 2.12.2008] Saatavilla:

<https://www.mysick.com/saqqara/get.aspx?id=im0016818>

Sick 3D Cameras

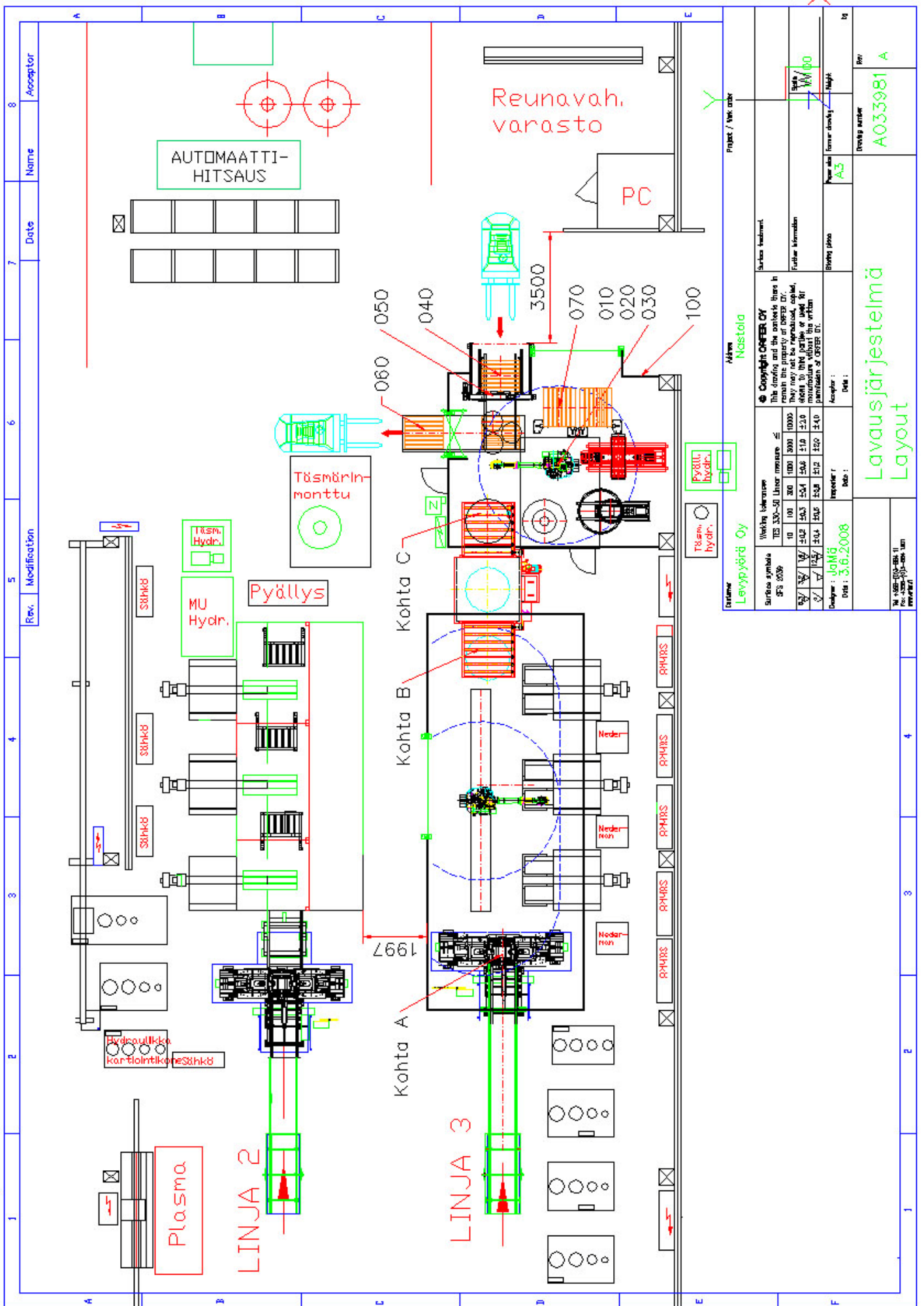
[Viitattu 2.12.2008] Saatavilla:

<https://www.mysick.com/saqqara/get.aspx?id=im0016819>

LIITTEET

1. LIITE

Sijoittelu pohjapiirustus



© Copyright OFFICE OY
 This drawing and the contents thereof remain the property of OFFICE OY. They may not be reproduced, copied, stored in a retrieval system or used for any purpose other than that for which they were originally written without the written permission of OFFICE OY.

Working tolerance	±0.10	±0.20	±0.30	±0.40	±0.50	±0.60	±0.80	±1.00
Surface finish	0.4	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5	25	50
Linear measure	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.00
Surface finish	0.4	0.8	1.6	3.2	6.3	12.5	25	50

Lavausjärjestelmä
 Layout

Project / task name
 A033981 A

Rev
 A

Rev.	Modification	Date	Name	Acceptor