

Harri Salmela

**KONENÄKÖ KONEISTUSKESKUKSEN TYÖKALUN
TARKISTUKSESSA**

**Opinnäytetyö
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Syyskuu 2014**

TIIVISTELMÄ

Yksikkö Ylivieska	Aika Syyskuu 2014	Tekijä/tekijät Harri Salmela
Koulutusohjelma Tuotantotalous		
Työn nimi Konenäkö koneistuskeskuksen työkalun tarkistuksessa		
Työn ohjaaja Sakari Pieskä Jari Kaarela		Sivumäärä 21
Työelämäohjaaja Antti Lauhikari		
<p>Opinnäytetyön aiheena oli tutkia yrityksen työkaluprosessin ongelmia ja niiden konenäköön pohjautuvia ratkaisuja. Testit konenäköjärjestelmän osalta toteutettiin Centrian tuotantotekniikan laboratoriossa, testeissä keskityttiin konenäköjärjestelmän mahdollisuuksiin työkalun tarkastuksessa.</p> <p>Testit sisälsivät useita vertailuja konenäköjärjestelmän ja työkalusta piirretyn referenssikuvan välillä. Testien tuloksena todettiin, että konenäköjärjestelmää voidaan hyödyntää koneistuskeskuksen työkalun tarkistuksessa. Konenäköjärjestelmänä käytettiin Omron FZ2 505-10 laitteistoa.</p> <p>Työssä selvitettiin riittääkö järjestelmän, tai yleensä vastaavanlaisen konenäkö menetelmän, tarkkuus työstökeskusten työkalujen tarkastelutarkkuuteen.</p> <p>Työn tavoitteena oli tutkia ja tarkastella työstökeskuksen työkalun tarkastamisen prosessia ja tunnistaa siitä inhimilliset virheet. Näitä inhimillisiä virheitä pyrittiin työn tuloksien mukaan karsimaan tai jopa eliminoimaan kokonaan pois.</p> <p>Saadut tulokset olivat siinä määrin rohkaisevia, että Sievi Tools Oy aikoo viedä projektin toteutukseen, kuitenkin erilaisella variaatiolla.</p>		
Asiasanat Lastuava työkalu, koneistus, konenäkö		

ABSTRACT

Unit Ylivieska	Date September 2014	Author/s Harri Salmela
Degree programme Industrial management		
Name of thesis UTILISING MACHINE VISION IN ASSEMBLING MACHINING TOOLS		
Instructor Sakari Pieskä Jari Kaarela		Pages 21
Supervisor Antti Lauhikari		
<p>The objective of this thesis was to research Sievi Tools tool process problems and solutions based on machine vision. Machine vision tests were made in Centria's production technology laboratory, and the focus in the tests was on the possibilities of machine vision systems in inspecting machinery tooling.</p> <p>The tests included several comparisons between machine vision system and a reference picture drawn of the tools. As a result of testing it was found out that machine vision systems can be used in machinery tooling inspection. The machine vision system that was used in the test was Omron FZ2 505-10.</p> <p>In the thesis the aim was to find out if the accuracy of a machine vision system, or a similar system in general would be enough for inspect tooling.</p> <p>The objective in this thesis was to research and examine the process of inspecting the tool of a milling machine and identify possible human errors. The aim was to eliminate most of the human errors, even eliminate them all.</p> <p>The results were so encouraging that Sievi Tools will implement the project with some changes.</p>		
Key words Machining, machine vision		

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 TUTKIMUSONGELMA	3
3 KONENÄKÖ	5
3.1 Kamera	6
3.2 Optiikka	8
3.3 Valaistus	10
3.4 Kuvan kaappaus	11
3.5 Tiedonsiirto	12
4 TYÖKALUN KASAAMINEN JA MITTAUS NYKYISELLÄÄN	13
4.1 Työkalun valinta työstettävälle kappaleelle	14
5 TYÖKALUPROSESSI	16
5.1 NC- ohjelmointi	16
5.2 Työkalun kasaus työkalupisteessä	16
5.3 Työkalun asetus ja ohjelman luku työstökoneelle	17
6 TULOKSET JA POHDINTAA	19
LÄHTEET	20

1 JOHDANTO

Tutkittavana on koneistuskeskuksen työkalujen tarkastusmenetelmät ja niiden epäkohdat nykyisessä tilanteessa. Nämä epäkohdat, jotka ovat suurelta osin inhimillisiä virheitä, ovat merkittävä tekijä koneistuksen uudelleenteon syinä.

Syyt prosessin tutkimiseen ja selvitykseen tulivat Sievi Tools Oy:n alettua seurata ja raportoida tapahtuneita virheitä. Niiden analysoinnin pohjalta todettiin, että inhimillisen virheen osuus työkalun asetteessa oli merkittävä.

Tutkimuskohteena oli työkalun mittaamisesta ja sen asetteesta aiheutuvat virheet ja niiden aiheuttamien vahinkojen minimointi, jopa pois sulkeminen. Koska työkaluja voi olla kymmeniä, tulisi järjestelmän olla jouheva ja vähän aikaa vievä. Näin ollen keskityttiin tehdyn asetteen tarkastamiseen optisella järjestelmällä ja siltä vaadittavien tarkkuusvaatimusten selvittämiseen. Itse työkaluprosessin kulkuun ja sen vakiintuneisiin tapoihin ei pyritty vaikuttamaan vaan kehittämään järjestelmä, joka mahdollisimman pienillä muutoksilla soveltuisi nykyiseen prosessiin.

Tutkimuksen lähtökohtana oli, että referenssi kameratarkastukselle tulisi suoraan PowerMill-ohjelmointiohjelmalta. Näin ollen siihen ei olisi voinut mikään inhimillinen tekijä vaikuttaa. Referenssiksi suunniteltiin tässä tapauksessa ohjelmoinnin jälkeen tehdyn törmäystarkastelun ja simuloinnin jälkeen työkalusta tehtyä poikkileikkauskäyrää. Tämä poikkileikkauskäyrä tulisi niin työkalusta kuin istukastakin, tämä käyrä asetettaisiin nimenomaiselle työkalulle 2D tarkastusgeometriaksi. Kameran sovellus vertaisi tätä tarkastusgeometriaa ja ottamaansa kuvaa rakennetusta työkalusta, ja toteaisi tarkastuksen hyväksytyksi tai hylätyksi. Kameran sijoituspaikaksi suunniteltiin joko koneistuskeskuksen työkalumakasiinia tai Zoller-mittalaitteen yhteyteen integroitua kuvauspistettä.

Testit tehtiin Centrian Tuotantotekniikan laboratoriossa ja konenäköjärjestelmänä toimi Omronin FZ2 505-10. Tämän kyseisen sovelluksen monimutkaisuus ja vaikeaselkoisuus kävi ilmi ensi testeistä lähtien. Optiikaltaan ja kuvantuottokyvyltään laitteisto kyllä oli enemmän kuin riittävä, mutta sovelluksen tarkastelumahdollisuudet tällä periaatteella eivät olleet optimaaliset. Testit saatiin kuitenkin tehtyä ja niiden tarkkuus todettiin riittäväksi.

Testiolosuhteissa käytettiin todellista työkalua ja 2D poikkileikkauskäyrää, joka oli testattavaa työkalua vastaava. Virhetilanteita varten käyrää muutettiin siten, että se ei vastannut enää todellista työkalua.

Sievi Tools Oy on 1999 perustettu vaativaan koneistukseen perehtynyt koneistuspalveluja tarjoava yritys, joka tarjoaa asiakkailleen edistyksellistä 3D-tekniikkaan perustuvaa koneistuspalvelua. Sievi Tools Oy valmistaa asiakkailleen ruiskupuristusmuotteja, alipainemuotteja, erilaisia valumuotteja ja kokoonpanokokonaisuuksia, jotka sisältävät koneistettavia osia. Palveluina on myös digitointia Faro PowerGage mittakäsivarren avulla, jonka avulla saadaan tarkat mittausraportit valmistettavista osista. Yrityksen asiakkaina ovat niin lentokoneiteollisuus kuin myös moottorin valmistusteollisuus, asiakaskategoriasta löytyy myös öljyntorjuntaa ja veneteollisuuttakin.

Sievi Tools Oy toimii koneistuksen osalta kolmessa vuorossa ja ohjelmoinnin osalta kahdessa vuorossa. Työntekijöitä on 19, joista 3 toimihenkilöä, liikevaihto vuonna 2013 1,4 milj. euroa.

2 TUTKIMUSONGELMA

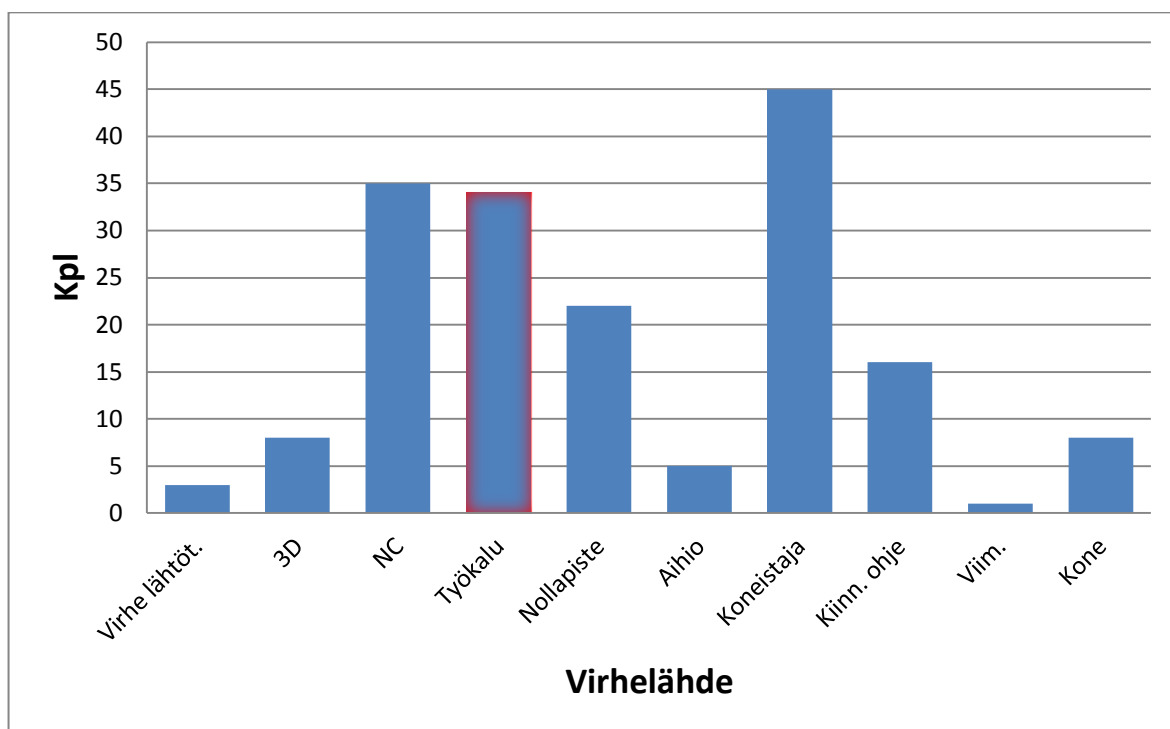
Tutkimusongelmana on toimeksiantajayrityksen koneistuksen yhteydessä ilmenneet mittavirheet työkalun asetuksissa. Työn tarkoituksena on tutkia konenäköjärjestelmän soveltuvuutta työkalutarkastukseen.

Työkalujen kasauksessa ja tarkistuksessa tapahtuvat pienetkin virheet voivat aiheuttaa jopa satojen eurojen materiaalikustannukset, ja pelkästään tehdyn työn ja menetetyt kapasiteetin myötä kustannukset voivat nousta jopa tuhansiin euroihin. Ongelmana on havaittu olevan myös terän istukan väärä halkaisija. Tämä aiheuttaa työstettäessä hankaumia ja jopa materiaalin poistoa, alueelta jolle nimenomainen työkalu ei oikeassa tilanteessa olisi koskenutkaan.

Suurin vahinko kohdistuu kuitenkin itse koneistuskeskukseen. Työkalun kasauksessa tapahtunut riittävän suuri virhe voi johtaa työkalun törmäykseen työstettävään kappaleeseen, joka rikkoo karan laakeroinnin. Tässä tapauksessa kustannus on kymmeniä tuhansia euroja ja pahimmillaan tuotannon seisahtuminen viikoiksi kyseenomaisella työstökeskuksella.

Jo 1 mm virhe työkalun halkaisijassa tai pituudessa, on materiaalista riippuen iso ongelma. Jos työkalu on liian pitkä tai halkaisijaltaan liian iso, työkalu poistaa työstettävästä kappaleesta enemmän materiaalia kuin on suunniteltu. Liian lyhyt tai halkaisijaltaan pieni toisaalta ei poista riittävästi materiaalia, tämä taas on korjattavissa uudelleen ajamalla oikealla työkaluasetuksella. Liikaa materiaalia poistanut työkalu ja sen tekemän virheen korjaus on vaativissa kappaleissa lähes mahdotonta, erityisesti ohutseinämäiset kappaleet, jotka tehdään yhdestä aihioista. Tällöin materiaalin poisto voi olla jopa 90 % aihioista, ja vaatimukset ovat niin tiukkoja, että minkäänlaista korjausta esim. hitsaamalla tai muuten virhettä korjaamalla ei sallita.

Nämä virheet vaikuttavat niin yrityksen toimitusvarmuuteen kuin myös kykyyn hallita koneistuskapasiteettia. Tällaisella tapahtumaketjulla kapasiteetti puuroutuu ja virheen selvittely ja mahdollinen korjaus kuormittaa suhteettomasti joka vaihetta suunnittelusta viimeistelyyn. Kuvio 1 osoittaa työkaluvirheiden määrän olevan kolmanneksi suurin virheiden aiheuttaja, prosenttiosuus on 19,2 %. Otanta on virheiden seurannasta 20 kuukauden ajalta.



KUVIO 1. Virheiden seurantadiagrammi

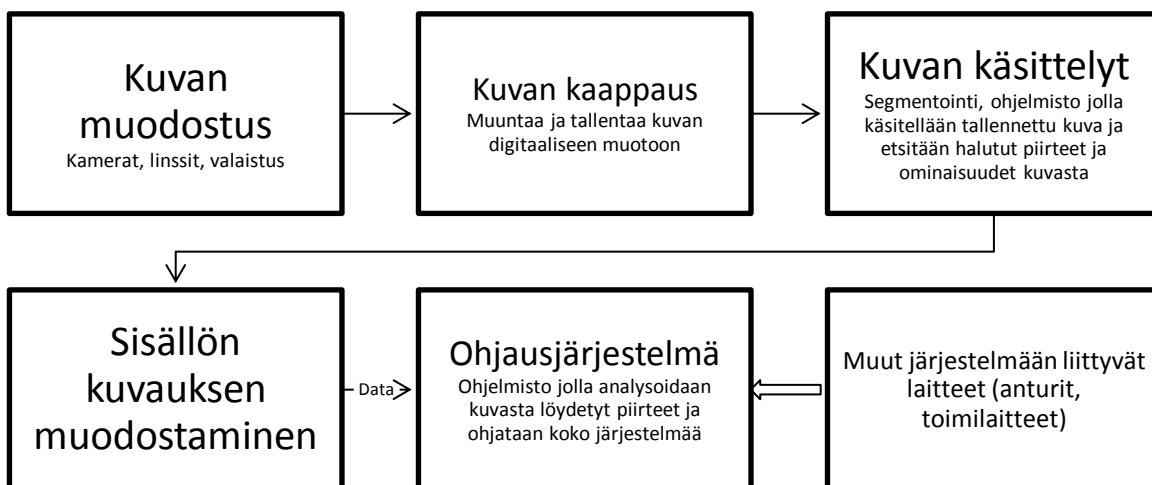
Työkalujen mittaongelmiin ja tarkastukseen haettiin ratkaisua konenäköjärjestelmällä.

3 KONENÄKÖ

Tämän kappaleen tarkoitus on selventää mitä konenäkö on. Konenäköjärjestelmä muodostuu seuraavista komponenteista: kamera, optiikka, kuvankaappaus, kuvan käsittely, ohjausjärjestelmä ja valonlähde.

Konenäön perusteena on kameran ja kuvankäsittelyohjelmiston kyky havainnoida ja toimia opetetulla tavalla, informatiivisen tiedon muuntaminen näkemästään binäärisiksi, järjestelmän analysoitavissa olevaksi tiedoksi. Konenäkö on joko analogista tai digitaalista informaation siirtoa filmille tai kennolle, analogisessa filmille ja digitaalisessa kennolle. Informaatio siirretään analogisessa digitaaliseen muotoon, digitaalisessa se on jo sitä valmiiksi. Tämä digitaalinen tieto siirretään binäärisessä muodossa bitteinä järjestelmän muistikortille tai näyttöpäätteelle, tiedon jatkokäsittely on tapauskohtainen ja käyttötarkoituksesta ja järjestelmän opetuksesta riippuvainen.

Konenäkösovelluksia on nykyajan teollisuudessa hyvin monenlaisia, konennäköä hyödynnetään laaduntarkkailussa, lajittelussa, liikkeen ohjauksessa ja mittauksissa. Järjestelmät kuvaavat kohteita ja ohjausjärjestelmä opetetaan käyttäytymään eri sääntöjen mukaan riippuen mitä järjestelmältä halutaan, opetetut toiminnot ja muistiin tallennetut hyväksytyt ja hylättävät kuvat toimivat järjestelmän referenssitietona.



KUVIO 2. Konenäköjärjestelmän toiminta (Halinen 2007,3.)

Konenäköjärjestelmä toimii kuvion 2 mukaisesti. Kohteesta heijastuva valo ohjautuu optiikan kautta kennoihin, jolloin kuva muodostuu. Kennojen reagoiessa valon kanssa ne tallentavat syntyvän varauksen. Analysointia ja lukemista varten varaus siirretään piirillä eteenpäin, analogisessa järjestelmässä sähkösignaali muutetaan digitaaliseksi digitoijalla.

Kun kuva on saatu, täytyy se esikäsitellä ja segmentoida. Tällä toimenpiteellä saadaan tarpeellinen ja haluttu tieto kuvasta esille, samalla poistetaan virheitä ja epäoleellista tietoa. Segmentoinnilla pyritään myös saamaan kohde irti taustastaan, tämä voidaan suorittaa joko reunailmaisimella tai aluepohjaisesti. Koko järjestelmän kannalta segmentoinnilla on merkittävä vaikutus lopputulokseen, tähän perustuu koko kuva-analyysin onnistuminen.

Segmentoidut ja kohdennetun informaation sisältävät kuvat tarkastellaan matemaattisin menetelmin, segmentoinnin ominaisuudet ja yksityiskohdat vaikuttavat osien erotteluun toisistaan. Ominaisuudet voivat olla kappaleen muodot tai niissä ilmenevät tekstit ja värit, näiden ominaisuuksien vallitessa täytyy kohteesta olla tietoa niiden erilaisuudesta. Tätä kutsutaan kuvatiedon esittämiseksi eli representaatioksi.

Ohjausjärjestelmän sovittaessa kuvatun kohteen ja sille aiemmin opettujen hyväksytyjen ja hylättyjen kuvien mukaan, ohjausjärjestelmä ohjaa järjestelmän toimimaan opetetulla tavalla. (Peltoniemi 2011, 4)

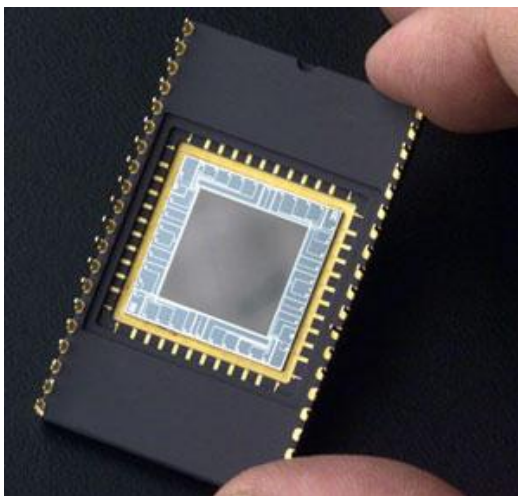
3.1 Kamera

Konenäköjärjestelmässä käytettävät kamerat ovat erittäin pienikokoisia, tämä johtuu nykyisin käytettävien elektroniikkakomponenttien pienentyneestä koosta. Kamerassa on kenno eli detektori, jolle valotus tapahtuu ja oheiselektroniikka, tämän lisäksi kamerassa on ohjaus valaistukselle ja ulkoiselle tiedonsiirrolle liitännät. Kameratyyppeinä järjestelmissä on joko analoginen (Kuvio 3) CCD- kenno (Charge Coupled Device) tai digitaalinen CMOS- kenno (Complementary Metal- Oxide- Semiconductor).



KUVIO 3. JAI CV-M77 analoginen kamera (Phase)

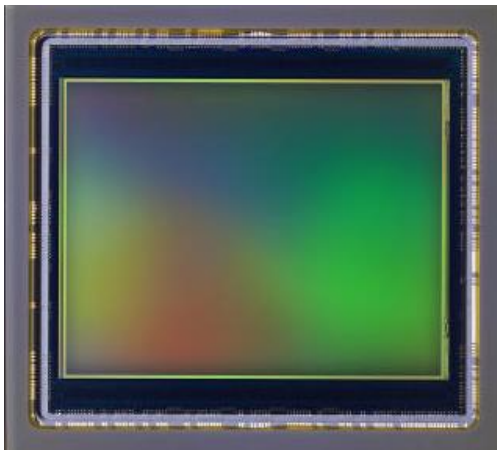
Analogisen järjestelmän CCD- kennon (Kuvio 4) kuva muodostuu analogisena kennolle, josta se digitoijan kautta siirretään digitaalisessa muodossa jatkokäsittelyyn. Kennon sisältämät valoherkät fotodiodit muodostavat valituksen herkkyyden kanssa musta-valko kuvan, käytettäessä värisuotimia saadaan aikaiseksi värikuva.



KUVIO 4. CCD-kenno (EngineersGarage 2014)

Tyypillinen suodin analogisissa kameroissa on RGB- suodin jolla suodatetaan punainen, vihreä ja sininen väri, tämä on asennettuna diodien päälle. CCD- kennon muodostuessa pikseleistä hyvin pienellä alalla ja pikseleiden määrän ollessa suuri pikseleiden kokokin on pieni. Tällä on suora vaikutus kuvan tarkkuuteen: mitä suurempi pikselimäärä sitä tarkempi kuva. Pikseli sisältää yhden fotodiodin, ja siinä valon määrä muuttuu sähkövaraukseksi, joka luetaan yksitellen jokaisesta pikselistä numeeriseksi arvoksi. Fotodiodeja puolestaan on CCD- kennossa kahdenlaisia, parittomia ja parillisia. Nämä reagoivat valoon ja synnyttävät sähkövarauksen. Nämä varaukset muodostavat pikselien bitit, digitaalinen kuva muodostuu näiden yhdistelmästä.

Digitaalisen järjestelmän CMOS- kennon (Kuvio 5) myötä järjestelmää saadaan yksinkertaistettua, kun ei tarvita erillistä signaalimuunninta. Toimintaperiaate on yhä analoginen, mutta kenno muuntaa signaalin suoraan digitaaliseen muotoon. Kennossa siis jokainen pikselin varaus muuntuu jännitteeksi ja vahvistaa signaalin. Kennon energian kulutuskin on pienempi juuri tästä syystä, koska signaalia ei ole tarvetta siirtää eteenpäin. (Pelli 2011,19.)



KUVIO 5. CMOS-kenno (mynewsdesk 2014)

3.2 Optiikka

Kameroiden optiikat (Kuvio 6) valitaan yleensä kohteen mukaan, tähän vaikuttaa kohteen koko ja kuvausetäisyys. Optiikan tehtävänä on keskittää valonsäteet detektorille, jotta kuvan muodostus tapahtuu, tarkan kuvan aikaansaamiseksi on kameran pikseleiden ja optiikan sovituksella keskeinen osa. Optiikan säädettävyyden merkitys objektiin ja tämä

voi olla välillä 200- 300 mm:ä. Optiikan termi linssiyhtälö, jonka avulla lasketaan polttoväli, ja jota osoitetaan optiikassa kirjaimella f , sen yksikkönä on millimetrit. Polttovälillä taas määrätään kuvan tarkkuus, ohuen linssin laskemisessa käytetään kaavaa: $\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$, missä a on etäisyys linssistä kohteeseen, ja b on linssin etäisyys kuvasta. Resoluutioiden määrän f_x matriisin x - suunnassa saadaan kaavalla: $f_x = \frac{n_x}{\left(\frac{a}{f}-1\right)} * r_x$. Kaavassa n_x on pikseleiden määrä x -suunnassa, r_x kennon koko millimetreissä x -suunnassa, a linssin etäisyys kohteesta ja f polttoväli, kaavan ollessa muodossa $1/x$ on resoluutio epälineaarinen



KUVIO 6. MO814-MP2 linssi (Oprema 2014)

Suurennoksen voi laskea kuvan suhteesta tai kaavalla: $m = \frac{b}{a}$, jossa m on suurennos, a kohteen korkeus, ja b on itse kuvan korkeus.

Optiikassa on myös F-luku joka kuvaa linssin halkasijan ja polttovälin suhdetta, F-luku saadaan selville seuraavalla kaavalla: $F = \frac{f}{d}$, jossa d on tehollinen linssin halkaisija ja f polttoväli. Tämä kaava on teoreettinen, koska linssin paksuuden vaihdellessa se vaikuttaa lopputulokseenkin.

Määrävinä tekijöinä valittaessa optiikkaa konenäköjärjestelmään on pidettävä polttoväliä, kameran kennokokoa, kuvausetäisyyttä ja kameran näkemää kuva-alueen kokoa.

Matemaattisesti yhteys asialle on seuraava: $\frac{\text{Kennokoko}}{\text{Polttoväli}} = \frac{\text{Kuva-alue}}{\text{Kuvausetäisyys}}$.

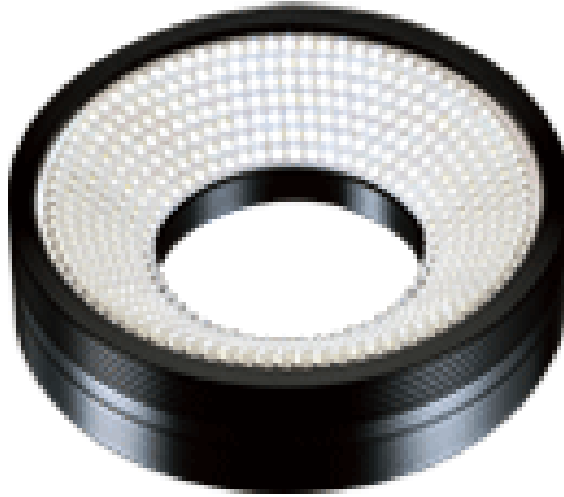
Lopullinen sovittaminen on tehtävä kokeilemalla, mutta edellä mainitulla kaavalla pääsee suunnitelmissa riittävään tarkkuuteen optiikan valinnassa. (Pelli 2011, 23.)

3.3 Valaistus

Suurin yksittäinen tekijä onnistuneessa konenäköjärjestelmässä on valaistus, tämä siksi että kuvan muodostuminen perustuu valotukseen. Valotuksessa taas on kaksi merkittävää tekijää, jotka vaikuttavat lopputulokseen: valotusaika sekä aukon suuruus. Valotusaikaa pystytään säätämään, eli määritellään kuinka kauan valoa kennoille annetaan. Aukon suuruudella taas määrätään kuinka paljon valoa pääsee kennolle kerralla. Rajoituksena valotusajalle on kuvien määrä/sekunti, toisin sanoen kuvattavien kohteiden nopeus. Tästä johtuen tilan valaistukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota jo suunnittelu vaiheessa.

Valaistuksen vaihtoehtoina ovat led, hehkulamppu ja halogeenivalaistukset. Ledvalaistuksen (Kuvio 7) ollessa ehdottomasti paras ja yleisin muoto, on vastaavasti hehkulampun ja halogeenivalaistuksen hukkatheho ja sen tuottama lämpöteho järjestelmään joiltakin osin soveltumaton. Näitä käytettäessä voi käyttökohteesta riippuen tarvita erillisen jäähdytyksen. Loisteputkien soveltumattomuus konenäköjärjestelmiin johtuu loisteputken valon jaksollisuudesta. Taajuuden ollessa kaksinkertainen verkkotaajuuteen nähden kuvaus osuu usein muutaman sadasosasekuntia kestäväälle pimeälle jaksolle. Tämä siis estää kuvattavan kohteen tunnistamisen ja vertailun.

Näistä parametreista johtuen kuvausolosuhteiden tulisi olla stabiilit, ja mahdollisuuksien mukaan rakennettavissa erilliseen tuotannosta erillään olevaan kokonaisuuteen. (Pelli 2011, 25.)



KUVIO 7. LDR2-120SW2 Led valaisin (CCS Inc. 2014)

3.3 Kuvankaappaus

Kuvankäsittelyyn ja tallentamiseen kuin myös itse kuvankaappaukseen konenäköjärjestelmissä tulee yleensä oma näytöllä varustettu ohjausyksikkö. Näin ollen itse kaappaus tapahtuu automaattisesti. Ohjelmisto sen sijaan suorittaa tallentamisen ja kuvankäsittelyn. Jos järjestelmään ei näitä kuulu, ja kuvankäsittely ja tulkinta vaatii huomattavaa laskentatehoa, tulee siihen liittää tietokoneyksikkö. Laitteisto vaatii myös kuvankaappausohjelmiston, joka sopii laitteistolle.

Käsittelyn tarkoituksena on poistaa kuvasta kaikki epäolennainen joka on tunnistamisen kannalta turhaa, kuvaan voidaan myös lisätä oleellisia piirteitä tai korostettuja alueita tai tunnisteita. Käyttäjän ei siis tarvitse tietää kuvankäsittelystä muuta kuin mitä ohjelmiston menetelmillä saadaan aikaan.

Kuvan ominaisuuksia saadaan korostettua tai häivytettyä matemaattisten tai loogisten operaatioiden avulla. Kuvaa voidaan käsitellä erilaisilla päästösuotimilla, jotka päästävät

läpi vain tiettyä taajuusalueita kuten ylipäästösuotimella, kaistanpäästösuotimella ja alipäästösuotimella. Haluttaessa vähentää kuvan kohinaa ja vääristymiä alipäästösuotimella päästään haluttuun tulokseen, mutta menetetään kuvan terävyyttä. Reunojen korostuksessa ja irrottaessa kuvaa taustasta tulee käyttää ylipäästösuotimia, näitä löytyy tyypiltän useita ja niillä on eri ominaisuuksia. (Peltoniemi 2011, 14.)

3.4 Tiedonsiirto

Siirrettäessä tietoa tulee siirtomuoto valita ohjelmallisesti oikeaksi järjestelmän ja tiedonsiirtokaapelin mukaan, tämä voidaan toteuttaa PC:lle tai PLC:lle rinnakkaissiirtona tai sarjasiirtona. (Halinen 2007, 5)

4 TYÖKALUN KASAAMINEN JA MITTAUS NYKYISELLÄÄN

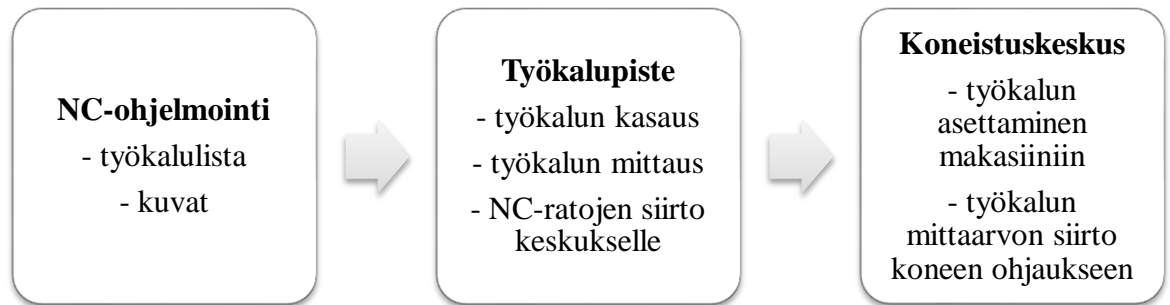
Nykyisellä menetelmällä työkalun asettaja saa ohjelmointiohjelmistosta (PowerMill) Excel muotoon muokatun työkalulistan jonka mukaan työkalut rakennetaan, listasta käy ilmi työkalun numero, halkaisija, terän pyöritys, terän pituus, istukan halkaisija, istukkaosan pituus ja kokonaispituus kartiolaipasta lähtien. Kuvio 8 on ote työkalulistasta.

Työkalu- tyyppi	Terä	TK No	Halkaisia	R	Työkalu			Pituus istukasta	Istukan määrittely					Istukan nimi
					leik- pituus	työkalun pituus	leikkuiden määrä		Osa1 halkaisija	Osa1 pituus	Osa2 halkaisija	Osa2 pituus	Istukan Kok. pituus	
Pora	KESKIS-10	40	10		6	90	2	50	42	50	0	0	50	D42 L50
Pora	KESKIS-6	353	6		4	100	2	30	18	25	20	87	148	D20 L140 SYIC DAT40xSKS6-140
Kierre	M6* 1L60	64	6		14	81	1	60	42	60	0	0	60	D42 L60
Tappiterd	NJS63L90AL	15	63		11	90	6	90	0	0	0	0	0	
Pallopdin	PAL6L30AL	24	5,98	2,99	20	65	2	30	30	50	0	0	50	
Pora	Pora-2.5L40	129	2,5		30	57	2	40	20	60	0	0	60	D20 L60
Pora	PORA-5L62	128	5		52	86	2	62	42	60	0	0	60	D42 L60
Tappiterd	ROUH16L50AL	7	15,98		20	92	3	50	42	60	0	0	60	D42 L60
Tappiterd	TAP10L35AL	286	9,98		22	81	2	35	30	60	49,5	25	85	D30L60ER16
Pyivistett	TAP10R3L40AL	188	9,98	3	23	73	3	40	30	60	49,5	25	85	D30L60ER16
Tappiterd	TAP16L45AL	179	15,98		28	93	3	45	42	60	0	0	60	D42 L60
Tappiterd	TAP6L35AL	190	5,98		9	100	2	35	30	60	49,5	25	85	D30L60ER16

KUVIO 8. Työkalulista

Työkalun kasaamisen jälkeen se tarkastetaan optisella Zoller-laitteella, joka mittaa työkalusta sen halkaisijan ja pituuden. Mittauksen jälkeen tulostetaan Zollerilla tarra, josta arvot käyvät ilmi, tämän jälkeen työkalu viedään koneistuskeskuksen työkalumakasiiniin sille työkalulistassa osoitetulle paikalle.

Työkalun makasiiniin asettamisen jälkeen tarralapussa olevat työkalun halkaisija ja pituusmitta syötetään manuaalisesti koneistuskeskuksen työkalukirjaston arvoihin työkalunumeron kohdalle. Tämä toistetaan jokaiselle työkalulle erikseen, työkalujen määrä käy ilmi koneistajalle tullessa työkalulistassa. Inhimillisen erehdyksen vaara on syöttäessä Zollerilta saamat arvot koneistuskeskuksen työkalukirjastoon. On tilanteita, jolloin tulee kirjoitusvirheitä tai syötettävät numerot luetaan muuten huolimattomasti. Kuvio 9 kuvastaa työkaluprosessia nykyisellään.



KUVIO 9. Kuvaus vanhasta työkaluprosessista

4.1 Työkalun valinta työstettävälle kappaleelle

Koneistuksessa käytävien työkalujen kasaamiseen ja valintaan vaikuttaa niin materiaali kuin itse koneistuskeskus, työstettävän materiaalin osuus sanelee työkalun valinnan pääpiirteittäin. Materiaalin mekaaniset ominaisuudet vaikuttavat valintaan kuin myös vaadittu pinnanlaatu ja geometriset piirteet. Työstökoneen karan pyörimisnopeus ja karamoottorin kilowattien määrittelemä vääntö työkalulle asettavat yhden valintakriteerin työkaluille. Eräänä työkalun ja karan vakauttavana asiana on myös karakartion koko, mitä suurempi sen vakaampi. Koneistettavien kappaleiden sarjakokokin vaikuttaa valittaviin työstömenetelmiin, tehdäänkö proto niillä työkaluilla mitä saatavilla on vai siirrytäänkö heti kustannustehokkaaseen sarjavalmistukseen, jossa joutuu useasti tilaamaan erikoistyökaluja.

Karkea analyysi koneistettavan kappaleen vaikuttavista tekijöistä saadaan, kun selvitetään seuraavat tekijät, nämä tekijät lajitellaan kahteen kategoriaan. (Niemi, 2.)

Tekniset tekijät:

- Kappaleen muodon ja materiaalin asettamat rajoitteet

- Tarkkuus- ja pinnanlaatuvaatimusten asettamat rajoitteet

Edellä mainituilla kriteereillä saadaan jo useampi potentiaalinen menetelmä selville.

Taloudelliset tekijät:

- Valmistusmäärä
- Toimitusaikatekijät
- Alihankintamahdollisuudet

Näillä tekijöillä tuotteen koneistustyökalujen valinta on jo karsittu minimiin.

Ohjelmointiohjelman törmäystarkastelu ja simulointi ohjelman ratojen osalta helpottaa työkalupitimien ja terien pituuden valintaa. On kuitenkin ensiarvoisen tärkeää, että työkalu on optimaalinen työstettävän tuotteen pinnanlaadun kannalta. Liian pitkällä ja heikolla kiinnityksellä olevan työkalun värinä on todennäköisempää kuin tukevan vaihtoehdon. Tästä johtuen samoja teriä voi olla samalla ohjelmalla moniakin, ne vain ovat erilaisissa istukoissa tai pitimissä. Ero tässä tapauksessa on pitimen ja istukan pituudessa. Vaikka pitimen tai istukan pituus olisikin pitkä, on sillä mahdollista saavuttaa hyvä pinnanlaatu. Tämä tilanne vaatii vain tiheämmän ratavälin, ymmärrettävää on, että tämä vie aikaa eikä se ole kannattavaa. Näin ollen lyhyemmällä vakaammalla työkalulla, jolla rataväli voi olla suurempi, aikaa kuluu vähemmän ja työstöajat lyhenevät.

5 TYÖKALUPROSESSI

Työkaluprosessi etenee NC- ohjelmoinnista työkalupisteessä tehtävään kasaukseen ja sitä kautta itse työstökoneen asetuksiin ja työstöön. Seuraavat kappaleet kuvaavat suunniteltua prosessia ja niihin tehtäviä muutoksia. Näillä muutoksilla pyritään vähentämään, jopa poistamaan kokonaan inhimillisen erheen mahdollisuus prosessista. Itse prosessi tukeutuu kuvion 8 tuottamaan informaatioon, jota koneistaja hyödyntää kasatessaan työkaluja. Tiedon ollessa numeerista ja määrältään huomattavaa, kasvaa inhimillisen virheen mahdollisuus.

Lopullisessa suunnitellussa versiossa työkalutarkastuspisteet sijoittuvat jokaisen työstökoneen työkalumakasiiniin. Näin mahdollistetaan se, että saadaan tarkistettua jo keskuksilla olevat valmiit työkalut. Tämä siksi, että työkaluja ei tarvitse enää poistaa makasiinista ja tarkistaa erikseen.

5.1 NC- ohjelmointi

NC- ohjelmointi etenee kuten tähänkin asti, ainoana uutena ominaisuutena tulee ohjelmistoon liitettävä toiminto, joka tekee konenäön referenssikuvana toimivan poikkileikkauskäyrän itse terästä ja kiinnittimestä. Tämä tieto tulee samaan tiedostoon itse rataluetteloiden ja työkaluasetuslehtien oheen. Näin ollen käyrät ovat korvamerkittyjä, eivätkä pääse sekoittumaan toisten tuotteiden tai ohjelmien tarkastuskäyrien kanssa.

Myöhemmässä vaiheessa tutkielmaa ja opinnäytetyön edetessä havaittiin, että NC-ohjelmoijat tekevät työkalulistan (Kuvio 8) Excel-taulukoon sen luettavuuden takia. Näin ollen myöhemmässä vaiheessa mainittu ohjelmisto voi lukea työkalujen nominaaliarvot numeerisesti suoraan Excel-taulukosta ja muodostaa referenssikuvan työkalulle.

5.2 Työkalun kasaus työkalupisteessä

Työkalun kasaus tehdään kuten ennenkin työkalulistan (Kuvio 8) mukaisesti, tarkistetaan Zoller-mittalaitteella ja tulostetaan tarralappu, jossa on työkalun pituus sekä halkaisija. Samalla tarkistetaan jo mahdolliset työkalumakasiinissa olevat valmiit työkalut, niiden terien kunto ja oikeellisuus. Kasausvaiheeseen ei tule erillisiä muutoksia uuden

tarkistusmenetelmän vuoksi. Eräs versio uudesta työkaluprosessin tarkastuksesta oli, että kamera olisi liitetty tähän Zoller-mittavälineen yhteyteen. Tässä tapauksessa ei olisi päästy tarkistamaan jo työstökoneen makasiinissa valmiina olevia työkaluja.

5.3 Työkalun asetus ja ohjelman luku työstökoneelle

Ohjelma luetaan työstökoneelle päätteeltä, jolloin myös referenssikuvat luetaan työstökoneen yhteydessä olevalle erilliselle tietokonepäätteelle. Tällä erillisellä päätteellä on ohjelmisto, joka hallinnoi referenssikäyrät ja konenäköjärjestelmän toimintaa. Konenäköjärjestelmä on integroitu työstökeskuksen työkalumakasiiniin. Työkalun asetus tapahtuu manuaalisesti työstökeskuksen työkalumakasiiniin, tämän jälkeen työkalun Zoller-tarranauhan arvot siirretään itse työstökoneen työkalukirjastoon asennetun työkalunumeron kohdalle. Tämän jälkeen ohjelmisto erillisellä päätteellä kuvaa yksitellen jokaisen tuotteen valmistuksessa tarvittavan työkalun ja tarkistaa ne referenssikuvaa vasten. Mikäli työkalu ei vastaa referenssikuvaa, ohjelmisto ei anna tarkistuksen edetä vaan vaatii työkaluksi referenssikuvaa vastaavan työkalun.

Idean jalostuessa ja prosessin selkeytyessä kasvoi ajatus myös ohjelmiston mahdollisuudesta tarkistaa itse työstökoneen kirjastoon syötetyt tiedot vielä kertaalleen. Tämä olisi mahdollista, sillä työstökoneen työkalukirjastoon syötettävä tieto on numeerista ja sieltä luettavissa myös ulospäin järjestelmästä. Näin ollen niin työkalu tulisi niin fyysisesti tarkistettua kuin myös käsin syötetty tieto työstökoneen työkalukirjastosta. Kuvio 10 kuvastaa suunniteltua työkaluprosessia.



KUVIO 10. Kuvaus uudesta työkaluprosessista

6 TULOKSET JA POHDINTA

Konenäköä hyödyntäviä sovelluksia, jotka tarkastavat erilaisia piirteitä on lukemattomia, nämä sovellukset ovat pääasiallisesti massatuotannossa ja tarkastelevat tuotteita lähinnä kaksiulotteisesti. Kiinnostus konenäön hyödyntämiseen heräsi lähinnä siksi, että mahdollisuus yhteyteen NC-ohjelman ja konenäön välillä nähtiin mahdolliseksi juuri kaksiulotteisuuden vuoksi. Ainoana riskinä konenäön osalta oli sen tarkastelutarkkuus, toleranssiksi sovittiin 0,1 mm, tämä on riittävä tarkkuus.

Tulokset testeistä ja menetelmän soveltuvuudesta tarkistukseen olivat siinä määrin rohkaisevia, että heräsi kysymys miksei vastaavaa ole jo kaupallisilla markkinoilla. Osittain tästä johtuen tutkimuksen ja testien teko oli mielekästä, tutkimuksen edetessä todellinen tarve sovellukselle ja menetelmälle konkretisoitui jatkuvien työkaluasetusten virhemäärien kasvaessa. Lopputuloksena testeistä oli ymmärrys ja karkea suunnitelma toteutukselle, joka on mahdollista laajentaa ja muokata tarpeiden niin vaatiessa.

Testit ja niiden tulokset edesauttoivat Centrian ja Sievi Tools Oy:n yhteistyöhön ja yrityksen tilaamaan käytännön sovelluksen Centrialta. Käytännön sovellus ei ollut täysin tutkielman mukainen vaan säästöjä haettiin mm. kameran valinnalla, ja referenssikuvan muodostamisen numeerisesta tiedosta (Kuvio 8) eikä ohjelmiston tekemästä poikkileikkauskäyrästä. Edellä mainitussa toimintatavassa on etuna se että itse NC-ohjelmointiohjelmaan ei tarvitse tehdä muutoksia ja se että ohjelmisto saa referenssikoordinaatiston numeerisista arvoista, jolloin se on täsmällinen.

LÄHTEET

Ccs Inc. 2014. Led light units. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.ccs-grp.com/s2_ps/src/pro_item/1/1/1/1/36/e.html. Luettu 14.6.2014

EngineersGarage. 2014. Charge Coupled Devices. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.engineersgarage.com/articles/ccd-charge-coupled-devices>. Luettu 14.6.2014

Halinen, M. 2007. Konenäkö robotin ohjauksessa. Aalto-yliopisto. Luentomateriaali. Saatavissa: http://automation.tkk.fi/attach/AS-0-2230/lab3c_teorija.pdf. Luettu 12.1.2014

Mäenpää, T. Niskanen, M. Pylkkö, H. Ropponen, S. Silven O. 2008. Konenäön hyödyntämismahdollisuudet teiden ylläpidossa ja hoidossa. Tiehallinnon selvityksiä 26/2008. Saatavissa:

http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf2/3201105-v-intopii_konenakopilotti.pdf.

Luettu 13.10.2013.

Mielonen, T. 2007. Konenäkösovellus paperirullien hylsyjen sijainnin tutkimuksessa. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.

mynewsdesk. 2014. Pentax 645Z – CMOS-kenno. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.mynewsdesk.com/fi/focus_nordic/images/pentax-645z-cmos-kenno-285193.

Luettu 14.6.2014

Niemi. E. 2014. Lastuava työstö. Aalto-yliopisto. Luentomateriaali. Www-dokumentti. Saatavissa:

https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/10048/materiaali/10048_esko_niemi_lastuava_tyosto.pdf. Luettu 9.11.2014

Oprema. 2014. 2/3”8mmf1.4 w/locking Iris & Focus, Megapixel (C Mount). Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.oprema.co.uk/Products/Optoelectronics/Megapixel-Lenses/Fixed-Focal-MP-Lenses/M0814-MP2.aspx>. Luettu 28.8.2014

Phase1. 2014. Machine vision cameras. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.phase1tech.com/Cameras/JAI-CV-M77>. Luettu 14.6.2014

Pelli, V. 2011. Konenäköjärjestelmä käyttöönotto oppilaitosympäristössä. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Peltoniemi, T. 2011. Konenäön hyödyntäminen huonekalutehtaalla. Opinnäytetyö. Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu.

Skinnari, T. 2005. Konenäön soveltaminen pintaviilun leikkauksessa. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu.