

Opinnäytetyö

Petri Salonen

Sorvaussolun menetelmöinti ja käyttöönotto

Työn ohjaaja DI Arto Jokihaara
Työn teettäjä Sandvik Mining and Construction Oy,
valvojana tuotantoteknikko Heikki Saharinen
Tampere 2009

Työn nimi: Sorvaussolun menetelmöinti ja käyttöönotto
Sivumäärä: 39 sivua + 8 liitesivua
Työn valmistumisaika: Joulukuu 2009
Työn ohjaaja: DI Arto Jokihara
Työn tilaaja: Sandvik Mining and Construction Oy, valvojana
tuotantoteknikko Heikki Saharinen

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö on tehty Sandvik Mining and Construction Oy:n Tampereen toimipisteen porakonetehtaalla.

Opinnäytetyön aiheena on uuden sorvaussolun menetelmöinti ja käyttöönotto. Työn tavoitteena oli valmistella koneen saapumista ja suunnitella tulevia työstömenetelmiä siten, että laitteiden saavuttua ylösajo onnistuisi mahdollisimman sujuvasti.

Työssä perehdyttiin nykyaikaisiin koneistusmenetelmiin ja niiden suunnitteluun ja kehitykseen. Lisäksi otettiin selvää automatisoidun koneistussolun toteuttamisessa käytettävistä koneista ja laitteista. Työssä käsiteltiin myös tarvittavien työvälineiden ja kappalekiinnittimien kartoitusta sekä koneistusmenetelmien ja -ohjelmien tekoa, analysointia ja optimointia.

Projektin yhteydessä tehtaalle hankittiin uusi integroitu sorvaus-jyrsintä-keskus ja siihen yhdistetty automaattisen panostuksen mahdollistava robottisolu. Soluun hankittiin lisäksi tarkan suunnittelun pohjalta kaikki tuotantomenetelmissä vaadittavat työkalut ja laitteet.

Uuden sorvaussolun ja sen antamien mahdollisuuksien mukaan suunniteltujen uusien työstömenetelmien avulla saavutettiin suuria parannuksia tuotannon tehokkuudessa ja työstöajoissa.

Tämän opinnäytetyön liitesivut ovat, yhdessä työn ohjaajan ja työn tilanteen yrityksen kanssa, sovittu salassa pidettäviksi.

Thesis: Process planning and initialization of turning cell
Pages: 39 pages + 8 appendixes
Graduation time: December 2009
Thesis Instructions: DI Arto Jokihaara
Commissioning Company: Sandvik Mining and Construction Oy, supervised by
Heikki Saharinen

ABSTRACT

This thesis was made at the Sandvik Mining and Construction Oy Tampere for Drifter Factory.

The subject of this thesis is to introduce a new turning cell and calculate processes for the cell. The goal of this work is to prepare and plan upcoming machining processes so that after the new machines arrive everything will be ready.

This work concentrates on tool and work piece gripper choices. It also tells about making and optimizing machining programs.

By using the new equipment and machining methods, we managed to accomplish significant improvements on efficiency and production times.

The appendixes of this thesis were settled to be classified.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
SISÄLLYSLUETTELO.....	4
1 JOHDANTO	6
1.1 Sandvik Group	6
1.2 Sandvik Mining and Construction Oy	6
1.3 Tampereen tehdas	7
1.4 Työn tarkoitus ja tavoitteet	8
2 AUTOMATISOINTI	9
2.1 Yleistä tuotannon automatisoinnista	9
2.2 Teollisuusrobotit	10
3 LASTUAVA TYÖSTÖ	12
3.1 Yleistä lastuavasta työstöstä	12
3.2 Sorvaus.....	12
3.3 Jyrsintä	14
4 UUSI SORVAUSSOLU	15
4.1 Sorvauskeskus.....	15
4.2 Sorvaussolun robottijärjestelmä.....	17
4.2.1 Robotti.....	18
4.2.2 Robotin tarttijat.....	19
4.2.3 Materiaalikärryt.....	22
4.2.4 Työkierto	23
5 TYÖKALUT JA KIINNITTIMET	25
5.1 Sorvin työkalut.....	25
5.2 Kutisteistukkalaitteisto.....	25
5.3 Kappalekiinnittimet.....	26

6 MENETELMÖINTI.....	28
6.1 Mori-APNT -ohjelmointiohjelmisto	28
6.2 Koneistusmenetelmät	29
6.3 Esimerkkikappaleet	30
7 LAITTEIDEN ASENNUS.....	35
8 YHTEENVETO	37
8.1 Tavoitteiden toteutuminen	37
8.2 Tulevaisuudessa	37
LÄHDELUETTELO.....	38
LIITTEET	39
LIITE 1 Asetuskortti	
LIITE 2-6 Hankitut työkalut	
LIITE 7 Kuvia esimerkkikappaleista	
LIITE 8 Kuvia koneistetuihin kappaleisiin	

1 JOHDANTO

1.1 Sandvik Group

Sandvik on vuonna 1862 perustettu kansainvälisesti toimiva huipputekniikan teollisuuskonserni. Sandvik on jaettu kolmeen liiketoiminta-alueeseen, jotka ovat Sandvik Mining and Construction, Sandvik Tooling ja Sandvik Materials Technology. Konsernin tuotteilla on suuri markkinaosuus jokaisella tuotealueella. Sandvik Toolingin tuotteita ovat erilaiset metallintyöstötyökalut. Sandvik Materials Technology kehittää ja valmistaa mm. ruostumattomia teräksiä ja erikoismetalliseoksia. Sandvik Mining and Constructionin tuotteisiin kuuluvat poralaitteet, murskaus- ja rikotuslaitteet ja louheen siirtolaitteet. Vuonna 2008 yritys työllisti noin 50 tuhatta työntekijää 130:ssä eri maassa, ja sen liikevaihto oli noin 93 miljardia Ruotsin kruunua. Sandvik on yksi Ruotsin suurimmista vientiyrityksistä. (Sandvik Intranet, www-sivu)

1.2 Sandvik Mining and Construction Oy

Sandvik Mining and Construction Oy on Sandvik- konserniin kuuluva yhtiö, johon on yhdistetty suurin osa Sandvik Mining and Constructionin sekä kahden muun liiketoiminta-alueen Suomen toiminnoista.

Yhtiöllä on neljä pääasiallista toimipaikkaa: Lahden Ahtialassa, Tampereen Myllypurossa, Turun Runosmäessä sekä Vantaalla Veromiehenkylän alueella.

1.3 Tampereen tehdas

Sandvik Mining and Construction Oy Tampereen tehtaan (kuva 1) juuret ulottuvat vuoteen 1856, jolloin Tampella perustettiin. Nykyinen Myllypuron tehdas valmistui vuonna 1972. Myöhemmin se toimi Tamrock-nimellä, jonka osake-enemmistön Sandvik-konserni osti vuonna 1997 (Sandvik Intranet ,www-sivu).

Tehtaalla suunnitellaan, valmistetaan ja markkinoidaan porauslaitteita ja niiden varaosia sekä maanalaiseen että maanpäälliseen kiven louhintaan. Pääasiallisia asiakkaita ovat kaivosyhtiöt sekä louhintaurakoitsijat ympäri maailman. Henkilöstön määrä Tampereella on noin 900.



Kuva 1 Sandvikin Tampereen tehdas Myllypurossa (Sandvik Intranet, www-sivu)

1.4 Työn tarkoitus ja tavoitteet

Tämä opinnäytetyö tehtiin vuoden 2009 aikana Sandvikin Tampereen porakonetehtaalla, joka on koneistukseen ja kokoonpanoon keskittynyt tehdas. Tehtaalla on vanhanaikaiset ja iäkkäät sorvi ja työstökeskus, joiden töitä haluttiin siirtää nykyaikaisemmalle koneelle. Tähän tarkoitukseen hankittiin uusi Mori Seikin integroitu jysintä-sorvaus-keskus, joka on varustettu automaattisella panostuksella.

Tarkoitus oli saada työstömenetelmistä tehokkaampia ja nostaa tehtaan tuotantokapasiteettia. Nämä tavoitteet saavutetaan nykyaikaisemmalla työstökoneella ja automaattisen panostuksen mahdollistamalla miehittämättömällä ajolla.

Työn tarkoituksena on hankkia ja suunnitella laitteille tarvittavat työkalut ja kiinnittimet sekä suunnitella työstömenetelmiä valmiiksi ennen laitteiden saapumista. Lisäksi tarkoitus on toimia tukena laitteiston käyttöönotossa ja ylösajossa. Työtehtävien jakautuminen eri henkilöiden kesken on kuvattu taulukossa 1.4.

Taulukko 1.4 Tehtävien jakautuminen

	Minä	Koneenkäyttäjä	Ulkopuolinen	Muu Sandvik
Työstömenetelmien suunnittelu	X	X		
NC-ohjelmat esimerkkikappaleihin	X			
NC-ohjelmat jatkossa		X		
Robotin ohjelmointi (perustyökierto)			X	
Robotin tarttujien suunnittelu	X			X
Laitteiston asennus			X	
Robottisolun suunnittelu			X	X
Solun lay-out				X
Hankittavan sorvauskeskuksen valinta				X
Työkalutarpeiden kartoitus	X			X

2 AUTOMATISOINTI

2.1 Yleistä tuotannon automatisoinnista

Automatisointi on erittäin tärkeä osa nykyaikaista konepajateollisuutta, jossa reagointinopeus ja joustavuus ovat entistä tärkeämpiä. Tuotantoautomaatio kiinnostaa erityisesti mahdollisuutena lisätä tuotannon tehokkuutta ja keinona vähentää tuotantokustannuksia. Perusteluja tuotantoautomaation käyttämiselle yrityksissä ovat esimerkiksi seuraavat:

- raskaiden ja vaarallisten työtehtävien välttäminen
- tuotannon laadun tasaisuus
- tuottavuuden parantaminen
- yritys- ja tuoteimagon ylläpito ja parantaminen
- miehittämättömien tuotantojaksojen mahdollistaminen
- tuotantolaitteiden käyttösuhteen parantaminen
- tuotantokapasiteetin lisääminen. (Aaltonen & Torvinen, 1997, 9-11.)

Tuotantoautomaatio on hyvin laaja käsite ja se käsittää monenlaisia eri laitteistoja. Yksinkertaisimpia sovelluksia ovat esimerkiksi yksittäiset robotilla varustetut työstökeskukset. Laajemmassa mittakaavassa toteutettu tuotantoautomaatio voi tarkoittaa täysin automatisoituja tehtaita, joissa tuotantolaitteet, materiaalin siirrot ja kokoonpano on yhdistetty yhdeksi suureksi automaattisesti ohjattavaksi järjestelmäksi. Automatisoidun tuotantojärjestelmän osia ovat:

- tuotantolaitteet ja -koneet
- ohjausjärjestelmät
- oalvontalaitteet
- kappaleenkäsittelylaitteet
- ohjelmointijärjestelmä. (Aaltonen & Torvinen, 1971, 14-16.)

Tuotantoautomaation käyttöönotto yrityksessä ei aina ole yksinkertaista ja se vaatii yritykseltä uusien asioiden omaksumista sekä oikeanlaista asennetta uusia järjestelmiä kohtaan. Automaatiojärjestelmien suunnittelu vaatii asiantuntemusta koneensuunnittelun ja -rakentamisen, ohjaus ja säätötekniikan sekä tietotekniikan aloilta. Vain näitä kaikkia yhdessä soveltamalla saavutetaan toimiva automaatiojärjestelmä. (Aaltonen & Torvinen, 19971, 32-33.)

2.2 Teollisuusrobotit

Robotin määrittäminen yksiselitteisesti on vaikeaa. Standardin SFS-EN 775 mukaan teollisuusrobotti on:

”Automaattisesti ohjattu, uudelleen ohjelmoitava ja monikäyttöinen käsittelylaite, jolla on useita vapausasteita, ja joka voi olla joko kiinteästi paikalleen tai liikkuvaksi asennettuna, käytettäväksi teollisuuden automaatiojärjestelmissä”

Uudelleen ohjelmoitavalla laitteella tarkoitetaan laitetta, jonka ohjelmoituja liikkeitä pystyy muokkaamaan ilman rakenteellisia muutoksia. Monikäyttöisellä taas tarkoitetaan laitetta, jota voidaan käyttää erilaisissa käyttösovelluksissa rakenteellisten muutosten avulla. Näissä määritelmässä rakenteellisella muutoksella tarkoitetaan muutosta mekaanisessa rakenteessa tai ohjausyksikössä. (Aaltonen & Torvinen, 1971, 141-142.)

Robotteja alettiin valmistaa kaupallisesti jo 1960-luvulla ja teollisuudessa niitä on käytetty jo 1970-luvulta saakka. Siitä asti teollisuuden käytössä olevien robottien määrä on kasvanut jatkuvasti. Tällä hetkellä robottien käyttö onkin tärkeä osa nykyaikaisen konepajan arkea. (Aaltonen & Torvinen, 1971, 138-140.)

Teollisuusrobotteja on valmistettu erilaisilla rakenne ja nivelratkaisuilla. Robottien avulla on tarkoitus korvata ihmisen tekemiä töitä, joten myös robottien rakenteessa on usein yritetty matkia ihmisen rakennetta. Yleisten nivelvarsirobottien rakenteesta löytyy ihmisen käsivarren, ranteen ja kouran liikkeitä vastaavat akselit. Rakenne määrittelee suurilta osin robotin kappaleenkäsittelykyvyn ja toistotarkkuuden. (Aaltonen & Torvinen, 1971, 145.)

Robottien ohjaus on helpottunut viimeisten vuosien aikana huomattavasti, mikä on osaltaan lisännyt niiden kysyntää. Robottien käyttämiseen ei enää tarvita laajaa koulutusta, vaan jo pikaisella perehtymisellä pystyy luomaan ja muokkaamaan yksinkertaisia ohjelmia.

Perusteen robotisoinnille ovat yleensä pääosin samat kuin mille tahansa muullekin automatisoinnille, eli tuotannon tehostaminen ja tarve tuottavuuden ja kilpailukyvyn lisäämiseen.

3 LASTUAVA TYÖSTÖ

3.1 Yleistä lastuavasta työstöstä

Lastuavalla työstöllä tarkoitetaan työstömenetelmää, jossa aihioista poistetaan ainetta lastuina, kunnes tuloksena on halutun muotoinen ja kokoinen kappale. Lähes rajoittamattoman toiminta-alueen ja hyvän työstötarkkuuden ansiosta lastuaminen on kaikista työstömenetelmistä tärkein ja käytetyin. Lastuava työstö voidaan jaotella lastuamismenetelmän perusteella. Näitä ovat terällä lastuavat menetelmät ja hiomarakeella lastuavat menetelmät. Terällä lastuavia menetelmiä ovat sahaus, höyläys, poraus, jysintä ja sorvaus. Hiomarakeella lastuavia menetelmiä taas ovat hionta, hoonaus, hiertäminen ja hiveltäminen. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen, 1997, 1-4.)

Lastuavan työstön lopputulokseen vaikuttavat monet eri tekijät. Suurimpia vaikuttajia ovat käytetyt työkalut ja terämateriaalit, työkappaleen materiaali, muoto ja kiinnitys, työstökoneen ominaisuudet sekä käytetyt lastuamisarvot. Hyvän ja toimivan työstömenetelmän suunnittelu vaatii näiden tekijöiden hyvää tuntemusta.

3.2 Sorvaus

Sorvaus on lastuavista työstömenetelmistä kaikkein yleisin. Kaikista lastuavista työstökoneista noin 30 % on sorveja. Suurin osa näistä koneista on nykypäivänä numeerisesti ohjattuja sorveja, jotka ovat syrjäyttäneet manuaaliset sorvit lähes kokonaan. Manuaalisorveja käytetään nykyään lähinnä korjaus- ja kunnossapitotöissä. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen, 1997, 174-178.)

Sorvaustyöstössä työkappale pyörii pituusakselinsa ympäri sorvin pakkaan kiinnitettynä. Syöttöliikkeen työkappaleen suhteen suorittaa työkalu. Tyypillisimpiä sorvauskappaleita ovat erilaiset holkit, sylinterit ja akselit. Sorvausmenetelmiä on useita erilaisia:

- lieriösorvaus
- tasosorvaus
- kartion sorvaus
- muotosorvaus
- reikien poraus pyörintäakselille
- sisäsorvaus
- kierteytys.

Karkeasti jaoteltuna sorvaus voidaan jakaa kahteen erilaiseen työstötapaan, rouhinta- ja viimeistelysorvaukseen. Rouhintasorvauksen tärkein tavoite on mahdollisimman tehokas ja nopea aineenirrotus. Rouhinnassa pyritään käyttämään mahdollisimman tukevia työkaluja ja koneen tehon ja tukevuuden kannalta ääriarajoilla olevia työstöarvoja. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen, 1997, 174-178.)

Viimeistelysorvauksen päätavoitteet ovat riittävän hyvä pinnankarheus sekä mitta- ja muototoleranssi. Viimeistelyssä käytetään hyvin ohutta lastua, mutta suurta leikkuunopeutta. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen, 1997, 177.)

3.3 Jyrsintä

Toinen perinteinen ja yleinen lastuava työstömenetelmä on jyrsintä. Toisin kuin sorvauksessa, jysinnässä työkalu pyörii akselinsa ympäri ja työkappale pysyy paikoillaan. Tämän ansiosta lastunhallinta on huomattavasti helpompaa kuin sorvauksessa, koska pitkiä jatkolastuja ei synny. Tyypillisimpiä jysittäviä kappaleita ovat monimuotoiset ja kulmikkaat koneen osat, joihin jysitään erilaisia uria ja tasopintoja. Jysinkoneella pystyy suorittamaan myös kappaleeseen tulevat poraukset. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen, 1997, 205-207)

Perinteisiä jysinkoneita on sekä pysty- että vaakakaraisia käyttötarkoituksesta riippuen. Myös jysinkoneet ovat pääosin numeerisesti ohjattuja. Nykyisin jysintää voidaan suorittaa myös moderneilla sorvauskeskuksilla, joihin on lisätty liikeakseleita ja pyöriviä työkaluja jysinnän mahdollistamiseksi.

4 UUSI SORVAUSSOLU

Uuden sorvaussolun tarkoituksena on korvata vanha 80-luvun Nakamura-merkkinen sorvi sekä lisätä tuotantokapasiteettia ja tehokkuutta. Lisäksi sorvaussolu korvaa osittain Kira-merkkisen vanhan pystykaraisen koneistuskeskuksen. Uusi sorvaussolu koostuu jysintä-sorvaus-keskuksesta ja siihen yhdistetystä robottijärjestelmästä. Töitä solussa tehdään kahdessa vuorossa, aamu- ja iltavuorossa. Automaattisen panostuksen avulla kapasiteettia saadaan lisättyä myös miehitetyn ajan ulkopuolelle.

4.1 Sorvauskeskus

Työstökoneeksi soluun valittiin japanilainen integroitu jysintä-sorvaus-keskus Mori Seiki NT-4200DCGx1500SZ (kuva 2). Koneen valintaan vaikutti monet asiat. Kyseinen kone on kokoluokkaansa nähden äärimmäisen tukeva ja kaikki tarvittavat ominaisuudet olivat saatavilla. Hinta oli kilpailijoihin nähden kilpailukykyinen. Lisäksi Mori Seikin maine työstökonevalmistajana on erittäin hyvä.

Koneessa on yhdistetty sorvin ja vaakakaraisen koneistuskeskuksen ominaisuudet. Koneen runko on erittäin tukeva, ja muutenkin koneen rakenteessa on kiinnitetty erityistä huomiota tukevuuteen ja työstötarkkuuteen. Työkalukara on varustettu Capto C6-työkalukartiolla. Lisäksi kone on varustettu alarevolverilla, vastakaralla ja sadan työkalun makasiinilla. Koneita ohjaa Fanuc 31iTA-ohjaus Mori Seiki MAPPS III-käyttöliittymällä. Sorvauskeskuksen tärkeimmät tekniset tiedot on esitelty taulukossa 4.1.



Kuva 2 Mori Seiki NT4200DCGx1500SZ

Taulukko 4.1 Mori Seiki NT4200DCGx1500SZ Tekniset tiedot (Mori Seiki CO., LTD.,
www-sivu,)

Suurin sorvaushalkaisija työkalukara	Ø660 mm
Suurin sorvaushalkaisija työkalurevolveri	Ø350 mm
Suurin sorvauspituus	1576 mm
X-akselin liikematka työkalukara	750 mm
Y-akselin liikematka työkalukara	±210 mm
Z-akselin liikematka työkalukara	1550+100 mm
B-akselin liike työkalukara	±120°
X-akselin liikematka työkalurevolveri	195 mm
Z-akselin liikematka työkalurevolveri	1525 mm
Karan maksimi pyörimisnopeus	5000 rpm
Työkalukaran maksimi pyörimisnopeus	12000 rpm
Työkalumakasiinin kapasiteetti	100 kpl

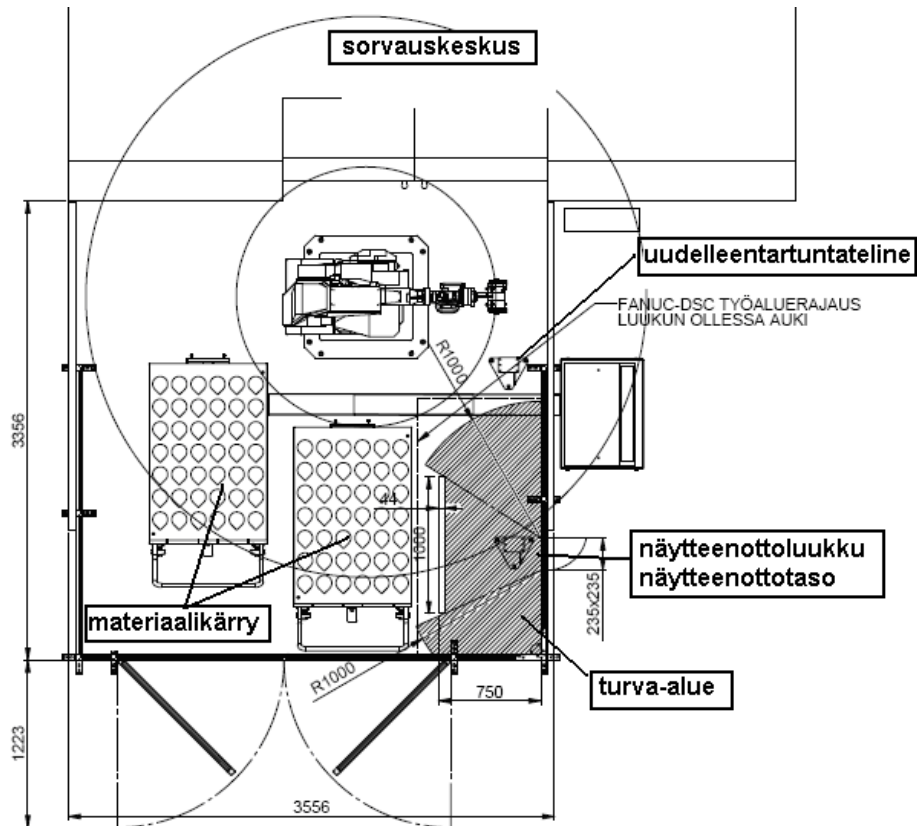
Sorvauskeskus on varustettu Mori Seikin kehittämällä MAPPS III -käyttöjärjestelmällä.

Käyttöjärjestelmän tärkeimpiä ominaisuuksia ovat mm.

- keskusteleva automaattinen ohjelmointi
- ohjelman muokkaus toiminto
- työkalun hallintajärjestelmä
- 3D törmäystarkastelu.

4.2 Sorvaussolun robottijärjestelmä

Robottijärjestelmä on suunniteltu palvelemaan joustavasti sorvauskeskusta. Järjestelmä muodostuu yhdestä Fanuc M710iC/50 -robotista, tarttujasta, kahdesta materiaalikärrystä, uudelleentartuntatelineestä, näyteluukusta sekä suojista (kuva 3). Solua ohjaa robotin ohjain Fanuc R-J30iA ja yhteys sorviin hoidetaan digitaalisella I/O:lla, joka on yleisin tapa tiedonsiirtoon tämän tyyppisessä sovelluksessa.



Kuva 3 Robottijärjestelmän lay-out

4.2.1 Robotti

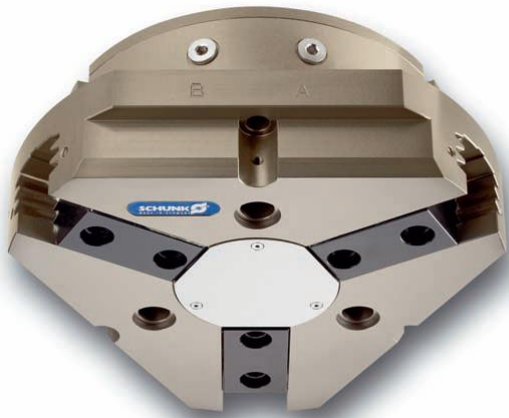
Soluun asennetussa Fanuc M710iC/50 -teollisuusrobotissa on kuusi AC-servomoottorilla varustettua liikeakselia. Robotti on kiinnitetty tukevasti solun lattiaan ankkuripultein. Varsi on varustettu tarttujan/työkalunhallintayksiköllä. Yksikkö sisältää paineilmaventtiilit tarttujan käyttöä varten, painekeytimen painetason tarkkailua varten sekä kahdeksan tulo- ja kahdeksan lähtöliitintä pääterasiaan.



Kuva 4 Fanuc M710iC/50 -nivelsirobotti

4.2.2 Robotin tarttajat

Robotin tartuttajaksi valittiin kaksoistarttuja, jotta pystytään käsittelemään kahta erikokoista kappaletta samanaikaisesti. Tarttujan molemmat päät on varustettu pneumaattisilla 3-sormitarttujilla. Tällaisten tarttujen arvioitiin olevan toimivimmat, koska lähes kaikki sorvattavat kappaleet ovat muodoltaan sylinterimäisiä. Tarttujaksi valikoitui Schunk PZN-plus 125-1 (kuva 5), jonka tekniset tiedot löytyvät taulukosta 4.2.2.

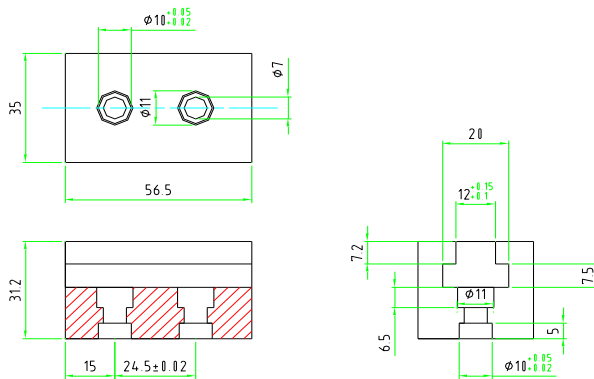


Kuva 5 Schunk PZN-plus 125-1 -tarttuja (SCHUNK GmbH & Co. KG., [www-sivu](http://www.sivu))

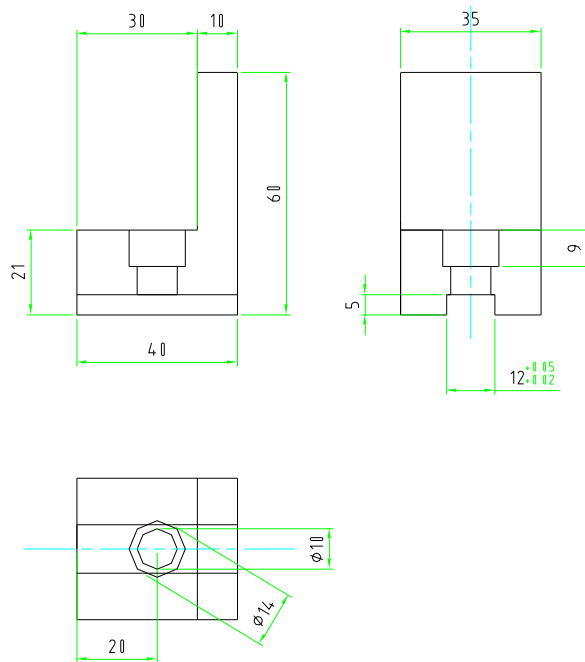
Taulukko 4.2.2 Schunk PZN-plus 125-1 -tarttujan tekniset tiedot (SCHUNK GmbH & Co. KG., www-sivu)

Sormen liike (mm)	13
Sulkemisvoima (N)	3100
Avausvoima (N)	3330
Paino (kg)	2,8
Suosittelun työkappaleen massa (kg)	15,5
Ilman kulutus (cm³)	230
Alin paine (bar)	2
Ylin paine (bar)	8
Nimellinen toimintapaine (bar)	6
Sulkeutumisaika (s)	0,2
Avausaika (s)	0,2
Suurin sallittu sormen pituus (mm)	160
Suurin sallittu paino per sormi (kg)	2,1
Ympäristön alin lämpötila (°C)	-10
Ympäristön ylin lämpötila (°C)	90
Toistotarkkuus (mm)	0,01

Kolmisormitarttujen sormet suunniteltiin ja valmistettiin itse, koska aihion halkaisijan mukaan säädettäviä sormia ei muualta löytynyt. Sormet on valmistettu kahdesta erillisestä osasta. Välipala (kuva 6) kiinnitetään suoraan istukkaan ja varsinainen sormi (kuva 7) tämän päälle. Välipalan ulkoreunassa on 1,5 mm hammastus, jollainen löytyy myös sormen alareunasta. Hammastetun välipalan ansiosta sormien tartuntahalkaisijaa pystytään säätämään.



Kuva 6 Tarttujan sormien välipala



Kuva 7 Robotin tarttujan sormi

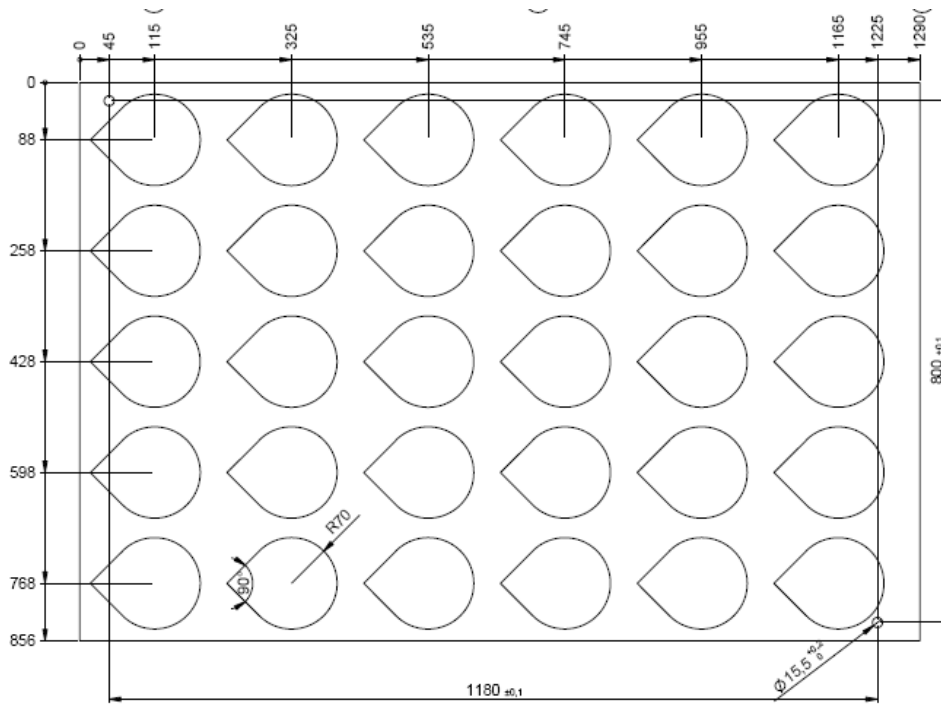
Sormet voidaan kiinnittää välipalaan molemmin päin, jolloin mahdollista tartuntahalkaisija-
aluetta saadaan kasvatettua. Sormet ulospäin voidaan tarttua halkaisijaltaan 80 – 180 mm:n
kappaleisiin, kun taas sormet sisäänpäin käännettynä mahdollinen tartunta halkaisija on 25
– 125 mm. Sormet kiristetään välipalan sisällä olevassa urassa olevan T-palan ja pultin
avulla. Sääto tapahtuu pulttia löysäämällä ja liikuttamalla sormea hammastuksella. Säädon
helpottamiseksi sormen kylkeen tehtiin numeroasteikko ja välipalaan merkkiviiva.
Kolmisormitartuttajat asennettuina näkyvät kuvassa 8.



Kuva 8 Kolmisormitartuttajat

4.2.3 Materiaalikärret

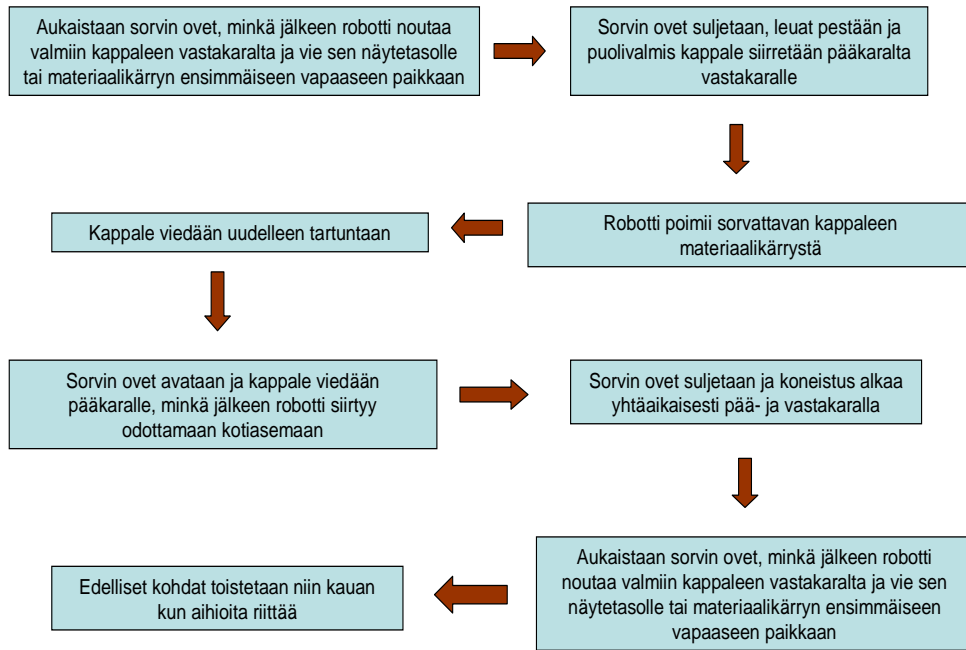
Aihiot tuodaan soluun ja poistetaan sieltä materiaalikärryillä. Solu sisältää kaksi
eurolavakokoista materiaalikärryä ja niihin kolmet erikokoiset paikoituslevyt.
Paikoituslevyt tilattiin robottisolun toimittajalta, joka valmisti levyt toiveidemme
mukaisesti. Isoimmille aihioille tarkoitetulle levyille (kuva 9) mahtuu halkaisijaltaan 140
mm aihio. Paikoituslevyissä on pisanan malliset aukot, joita vasten aihiot paikottuvat aina
tarkalleen samaan kohtaan. Lattiaan on pultattu telakointiasemat, joihin materiaalikärret
voidaan työntää ja telakoida tarkasti paikoilleen.



Kuva 9 Materiaalikärryjen lavakuvio

4.2.4 Työkierto

Kuvassa 10 on järjestelmän tavanomainen työkierto sarjatuotannossa. Tämän lisäksi sarjan ensimmäisen ja viimeisen kappaleen valmistamiseen on omat työkiertonsa, joissa sorvin työstö tapahtuu ainoastaan pää- tai vastakaralla. Näiden työkiertojen avulla saadaan valmistettua sarjan ensimmäinen kappale puolivalmiiksi ja sarjan viimeinen kappale puolivalmiista valmiiksi.



Kuva 10 Robotin työkierto sarjatuotannossa

5 TYÖKALUT JA KIINNITTIMET

5.1 Sorvin työkalut

Sorvin työkalurevolveri varustettiin kaksipuoleisilla Capto-pitimillä, jotka mahdollistavat yhteensä 24 työkalun kiinnittämisen revolveriin samanaikaisesti. Capto-kiinnitys myös nopeuttaa työkaluhuoltoon kuluvaan aikaan ja parantaa toistotarkkuutta. Revolveriin laitettiin rouhinta- ja viimeistelyterät sekä sisäpuoliseen että ulkopuoliseen sorvaukseen pääkaran ja vastakaran suuntaan. Lisäksi alarevolveri varustettiin yleisimmillä uransorvausterillä.

Loput työkalut sijoitettiin sorvin työkalumakasiiniin, jossa on tilaa yhteensä sadalle työkalulle. Makasiinissa on kaikki työkalut, joita valmistettavien kappaleiden koneistamiseen tarvitaan. Lista kaikista sorvauskeskukselle hankituista työkaluista löytyy liitteistä 2-6.

5.2 Kutisteistukkalaitteisto

Kierukkaporat ja jysintapit päädyttiin kiinnittämään kaikki kutisteistukoihin. Kutisteistukkaan työkalu kiinnitetään lämpölaajenemista hyväksi käyttäen. Istukka kuumennetaan, jolloin siinä oleva reikä laajenee ja huoneenlämpöinen työkalu pystytään työntämään reikään. Jäähtyessään istukan reikä kutistuu alkuperäisiin mittoihinsa ja kiristää työkalun tiukasti reikään. Tällä tavalla syntynyt liitos on erittäin tarkka ja terä heitoton. Tarkka liitos parantaa työstötarkkuutta ja vaikuttaa terän kestoikään parantavasti. Terä myös irroitetaan lämmittämällä istukkaa, jolloin terä pystytään vetämään irti reiästä. Kutisteistukoita varten hankittiin sähkömagneetilla toimiva lämmityslaite Haimer Power Clamp Comfort (kuva 11), jossa on integroitu jäähdytyslaitteisto. Laitteen tärkeimmät tekniset tiedot ovat:

- teho: 13 kW
- mitat ilman jäähdytys koneistoa: 500x670x700 mm
- pyörivä teline kolmelle kutisteistukalle
- kiinnitettävän työkalun koko Ø3-32 mm
- kiinnitettävän työkalun materiaali: pikateräs ja kovametalli.



Kuva 11 Haimer Power Clamp Comfort

5.3 Kappalekiinnittimet

Pääkara ja vastakara on molemmat varustettu hydraulisella kolmileukaistukalla SMW KNCS-N 210–52, jonka tekniset tiedot on lueteltu seuraavassa:

- halkaisija 210 mm
- suurin tankoaineen halkaisija 52 mm
- leukojen pikavaihto
- maksimipyörimisnopeus 6000 rpm
- leukojen liike.

Leuat istukoille valittiin Schunkin mallistosta. Pääkaralla käytetään kovia piikkileukoja, koska kiinnitettävät aihiot ovat pääosin raaka-aihoita. Kovia leukoja hankittiin kolmea eri kokoa, ja niiden kiinnityspituus on säädettävissä eri mittaisilla irrotettavilla nastoilla.

Vastakaralle puolestaan hankittiin erilaisia ja eri kokoisia pehmeitä leukoja, jotka sorvataan kappaleen muodon mukaiseksi. Osassa leuoista on perusleuka ja siihen pulteilla kiinnitetty erillinen muotoon sorvattava leuka. Osassa leuoista perusleuka on kiinteästi mukana. Kuvassa 12 vasemmalla ovat kovat piikkileuat, keskellä pehmeä leuka kiinteällä perusleualla ja oikealla pehmeä leuka pulttikiinnitteisellä irrallisella perusleualla.



Kuva 12 Erilaisia sorvin leukoja

6 MENETELMÖINTI

6.1 Mori-APNT -ohjelmointiohjelmisto

Työstöohjelmien tekemiseen käytetään Mori Seikin toimittamaa Mori-APNT ohjelmointi ohjelmistoa. Ohjelma on PC:lle asennettava CAPS (conversational automatic programming system) -ohjelmisto joka on täysin yhteensopiva sorvauskeskuksen MAPPSIII-käyttöjärjestelmän kanssa. Ohjelman avulla ohjelmoija voi luoda koneistusohjelmia tietokoneen avulla ja siirtää ne tämän jälkeen suoraan sorvauskeskukselle. Täten ohjelmointi voidaan suorittaa rauhallisessa toimistoympäristössä ilman ylimääräisiä häiriötekijöitä

Ennen käytön aloittamista ohjelmaan piti luoda työkalu- ja materiaalikirjastot. Työkalukirjastoon syötettiin tarkat tiedot kaikista hankituista työkaluista. Näiden tietojen avulla ohjelma pystyy päättelemään, mikä on oikea työkalu kuhunkin työstöön. Materiaalikirjastoon syötettiin tiedot kaikista käytettävistä raaka-aineista. NC-ohjelmaa luodessa Mori-APNT laskee näiden arvojen avulla oikeat lastuamisarvot kullekin materiaalille.

6.2 Koneistusmenetelmät

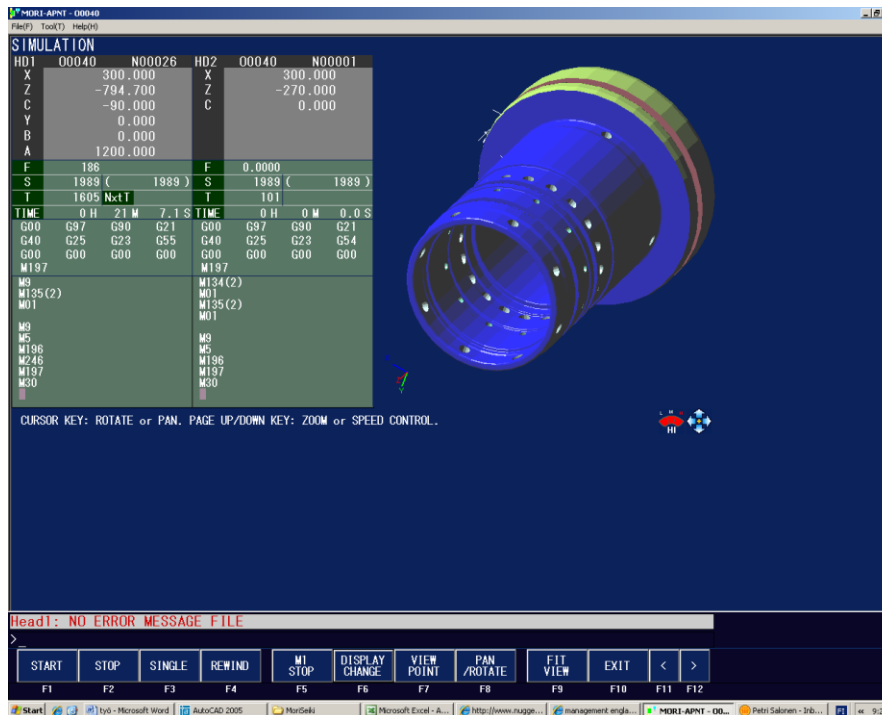
Koneistusmenetelmiä suunnitellessa tärkeimpiä tavoitteita olivat valmistusajan minimointi ja työkalujen riittävä kestoikä. Menetelmien suunnittelussa käytettiin apuna Mori-APNT ohjelmistoa, jonka avulla pystyttiin simuloimaan työstötapahtuma (kuva 13) ja laskemaan eri työstövaiheisiin kuluva aika. Työstö tapahtuu samanaikaisesti sekä pää- että vastakaralla, jolloin koneaika saadaan tehokkaimmin käyttöön. Ohjelmat pyrittiin optimoimaan, siten että työstö jakautuisi mahdollisimman tasaisesti työkalukaran ja työkalurevolverin kesken. Haasteena tässä oli se, että kaikki poraus- ja jyrätyökalut sekä vähemmän käytetyt sorvaustyökalut ovat käytettävissä ainoastaan työkalukaralla.

Koneistusmenetelmiä suunniteltaessa on erittäin tärkeää huomioida ainakin seuraavat asiat:

- työkappaleen materiaali
- työkappaleen kiinnitys
- käytössä olevat työkalut
- työstökoneen teho ja tukevuus
- pinnankarheus- ja mittatarkkuusvaatimukset.

Jokaiseen työstömenetelmään pyrittiin valitsemaan juuri siihen parhaiten sopiva työkalumalli ja materiaali. Lisäksi mahdollisimman paljon kappaleiden jäysteenpoistosta pyrittiin tekemään sorvauskeskuksella. Tämä vähentää raskaan ja epämukavan manuaalisen työn määrää koneenkäyttäjiltä ja lisää näin työviihtyvyyttä.

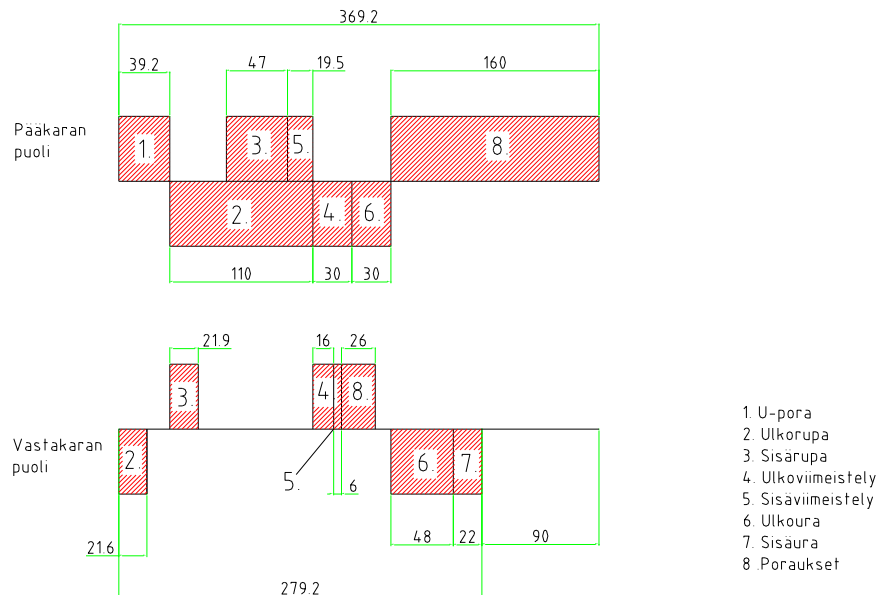
Kun menetelmä oli saatu viimeisteltyä lopulliseen muotoon, tehtiin asetuskortti, josta käyvät ilmi kaikki tarvittavat tiedot menetelmästä. Tämä helpottaa työn uudelleen aloittamista tapauksissa, joissa koneenkäyttäjä vaihtelee. Esimerkki luodusta asetuskortista löytyy liitteestä 1.



Kuva 13 Mori-APNT -simulointi

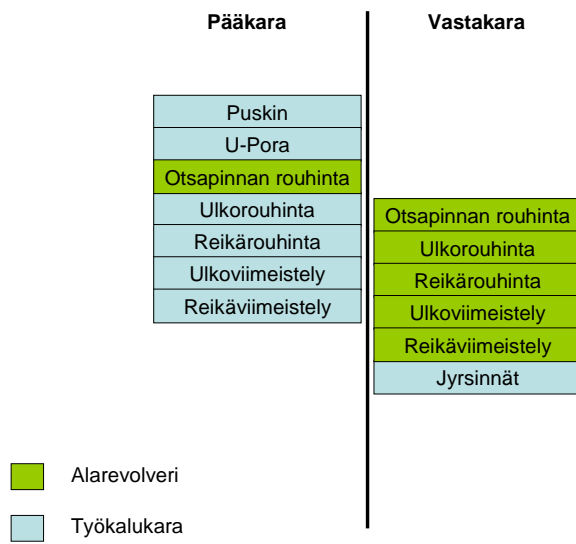
6.3 Esimerkkikappaleet

Ennen työn aloittamista valittiin viisi esimerkituotetta, jotka kuvastaisivat mahdollisimman laajasti koko tuotevalikoimaa. Kuvia kappaleista löytyy liitteestä 7. Näistä tuotteista tehtiin menetelmät ja ohjelmat jo ennen koneiden saapumista. Kyseisten tuotteiden oli myös tarkoitus olla ensimmäiset, jotka valmistettaisiin koneen ylösajon jälkeen. Näin myös tapahtui lukuun ottamatta takalaakeria, jota ei tämän työn kirjoittamiseen mennessä ole valmistettu. Näissä tuotteissa käytettyjä menetelmiä tullaan jatkossa hyödyntämään muissa samankaltaisissa tuotteissa. Ensimmäiseksi kappaleeksi valittiin valmistukseltaan hyvin yksinkertainen, ja siitä siirryttiin pikkuhiljaa kohti monimutkaisempia ja haastavampia kappaleita. Esimerkkikappaleista tehtiin aikalaskelmat perustuen Mori-APNT -ohjelman simuloimiin työstöaikoihin. Malli työstöaikatarkastelusta on kuvassa 14, jossa viivan yläpuolella olevat palkit kuvaavat työkalukaran suorittamaa työstöaikaa ja viivan alapuolella olevat palkit alarevolverin suorittamaa työstöaikaa sekunteina.



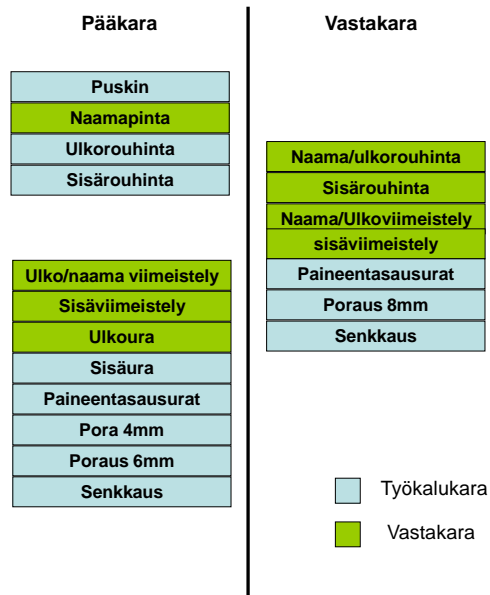
Kuva 14 Esimerkki työstöaikatarkastelusta

Ensimmäiseksi kappaleeksi valikoitui poraholkki, joka on valmistettavista tuotteista muodoiltaan yksinkertaisimpia ja näin ollen helppo ohjelmoida. Tavallisten rouhinta- ja viimeistelysorvausten lisäksi poraholkissa on ainoastaan pienet jyrityt urat kappaleen päädyssä. Kappale sorvattiin pääosin siten, että työkalukara sorvaa pääkaran puolella ja alarevolveri vastakaralla. Poikkeuksena tähän on otsapinnan tasaus pääkaralla ja jyrintä vastakaralla. Kuvassa 15 on kuvattu työstön vaiheet aikajärjestyksessä sekä työkalukaran ja alarevolverin liike pää- ja vastakaran välillä.



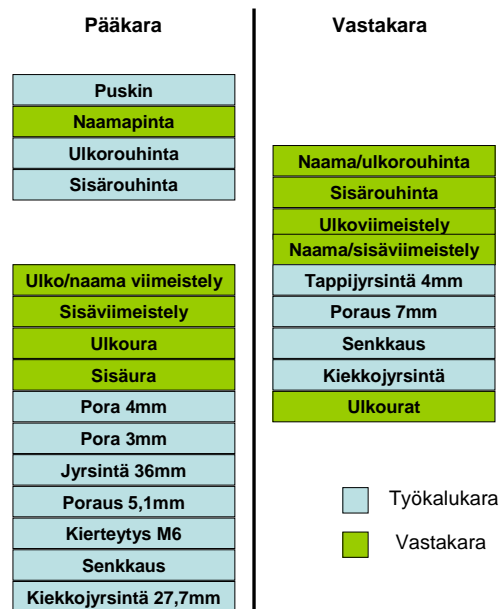
Kuva 15 Poraholkin työstömenetelmän kuvaus

Myös toinen kappale oli vielä hyvin yksinkertainen jakokappale. Työstö koostui pääosin perinteisestä sorvauksesta ja reikien porauksesta. Jakokappaleen ulkokehälle tehdään lisäksi paineentasausurat, joita varten hankittiin erillinen työkalunsa. Työstömenetelmä on kuvassa 16.



Kuva 16 Jakokappaleen työstömenetelmän kuvaus

Seuraava esimerkkikappale oli jo hieman haastavampi etupesä, jossa työkaluja ja menetelmiä piti miettiä jo huomattavasti pidempään. Molemmilla karoilla on paljon porausta ja jyrsintää, jotka vaativat työkalukaran käyttöä. Tästä johtuen myös työkalukaran työstöajasta tuli huomattavasti pidempi kuin alarevolverilla. Menetelmä saatiin kuitenkin toimivaksi, ja työstöaika lyheni noin 30 % verrattuna aikaisemmin käytössä olleella koneella tehtyyn.



Kuva 17 Etupesän koneistusmenetelmän kuvaus

Viimeisenä sisäänajokappaleena oli kansi, joka poikkesi muista esimerkkikappaleista siten että siinä on jyrsintää huomattavasti enemmän kuin sorvausta. Tällä kappaleella saimme huomattavan suuren parannuksen työstömenetelmään (kuva 18) verrattuna vanhoihin menetelmiin. Aikaisemmin kappaletta on työstetty kahdella eri koneella, sorvilla ja työstökeskuksella. Kiinnityksiä oli ennen yhteensä kolme, kun nyt kappale valmistuu kerralla valmiiksi. Tästä seuraa huomattavaa säästöä asetusajoissa. Myös työstöaikaan tuli suuri muutos parempaan päin. Ennen kappaleen valmistus kesti 1,1 tuntia ja nyt ainoastaan noin 25 minuuttia.

Pääkara	Vastakara
Puskin	Naamarouhinta
U-poraus 48mm	Naamaviimeistely
U-poraus 24mm	Sisärouhinta/viimeistely
Naamapinta	Päättyura
Ulkorouhinta	Jyrsin 66mm
Sisärouhinta	Viistejyrsinnät
Ulko/naama viimeistely	
Sisäviimeistely	
Ulkoura	
Tappijyrsin 6mm	
U-pora 22mm	
Jyrsi 20mm	
Poraus 12,5mm	
Viistejyrsinnät	

□ Työkalukara
■ Vastakara

Kuva 18 Kannen koneistusmenetelmän kuvaus

7 LAITTEIDEN ASENNUS

Ennen sorvauskeskuksen saapumista oli ensin tehtävä joitain esivalmisteluja. Sorvin suuren massan vuoksi lattialta vaaditaan hyvää tukevuutta. Oikea paikka löytyikin aikaisemman konehankinnan yhteydessä uudelleen valetulta lattialta. Lattialle tyhjennettiin tila uutta konetta varten ja mitattiin paikat sorvin ”tassuja” varten.

Koneen siirtäminen rekan lavalta asennuspaikalle oli myös ostajan vastuulla. Tähän tehtävään vuokrattiin vaunualustainen TEREX-DEMAG AC 80-2 -autonosturi. Nosturin avulla painava sorvi saatiin nostettua paikoilleen tassujensa päälle. Nostotapahtuma näkyy kuvassa 19.



Kuva 19 Sorvauskeskuksen paikalleen asennus

Kun kone oli saatu paikoilleen, myyjän edustajat aloittivat varsinaisen asennustyön. Ensimmäinen tärkeä asennusvaihe oli koneen vaaittaminen suoraan ja akselien suoruuden tarkistaminen laserin avulla. Kone kytkettiin myös verstaan sähköverkkoon.

Verstaassa on koneita varten leikkuunesteen keskusjärjestelmä, jonka osaksi myös Mori Seiki päädyttiin liittämään. Koneeseen oli tätä varten tehty joitain muutoksia jo tehtaalla. Muun muassa leikkuunestesäiliötä on pienennetty ja lisätty liitännäiset paluupumpulle ja tulvavahdille. Leikkuunestejärjestelmään liitettiin myös korkeapainepumppu lisälaitteineen. Pumppu syöttää nestettä korkeapaineella kuuteen eri kohteeseen ja normaalilla keskusjärjestelmän paineella kolmeen kohteeseen.

Koneen asennus sujui pääosin hyvin, vaikka aikaa asennukseen kuluikin suunniteltua enemmän. Kun sorvauskeskus oli saatu asennettua, saapui robottijärjestelmä. Laitteiston toimittaja suoritti asennuksen ja liittämisen sorviin. Tämä sujui varsin vaivattomasti ja melko nopeasti.

Viimeiseksi solun yhteyteen lisättiin muut tarvittavat välineet, kuten jäysteenpoistopiste, työtasot ja työkalukaapit. Kuvassa 20 kaikki laitteet ja kalusteet ovat asennettuina.



Kuva 20 Sorvaussolu asennettuna

8 YHTEENVETO

8.1 Tavoitteiden toteutuminen

Työn tavoitteet saavutettiin. Työkalut ja kappalekiinnittimet saatiin hankittua ennen laitteiden saapumista. Myös työstömenetelmiä suunniteltiin ja tehtiin etukäteen työstön aloittamisen nopeuttamiseksi asennuksen jälkeen. Sorvi ja robottisolun on nyt saatu asennettua ja käyttöön otettua. Sorvilla on myös sorvattu täyspäiväisesti, siten että kappaleenkäsittelyrobotin on ollut käytössä. Tähän mennessä on valmistettu viittätoista eri nimikettä. Miehitettömänä koneella ei ole vielä ajettu, johtuen heikosta työtilanteesta.

8.2 Tulevaisuudessa

Tulevaisuudessa on tarkoitus jatkaa uusien töiden sisäänajoa ja kehittää menetelmiä entisestään. Laitteistoa tullaan tulevaisuudessa ajamaan myös miehitettömänä. Automaattinen työkappaleen mittaus ja työkalun rikkotarkastus otetaan myös pian käyttöön, kun tarvittava koulutus saadaan koneen toimittajalta. Automaattisen mittauksen ja rikkotarkastuksen ansiosta miehitettömän käyttö saadaan huomattavasti luotettavammaksi ja konerikkojen vaara pienenee.

LÄHDELUETTELO

1. Aaltonen Kalevi, Andersson Paul & Kauppinen Veijo: *Koneistustekniikat*. Porvoo: WSOY, 1997. s.1-4, 174-178 ja 205-207.
2. Aaltonen Kalevi & Torvinen Seppo: *Konepaja-automaatio*. Porvoo: WSOY, 1997. s.
3. MORI SEIKI CO., LTD. [www-sivu]. [Viitattu 27.8.2009] saatavissa:
http://www.moriseiki.com/english/products/multi/01/nt_index.html
4. Sandvik Mining and Construction Oy Intranet. [www-sivu]. [viitattu 19.08.2009].
5. SCHUNK GmbH & Co. KG. [www-sivu]. [viitattu 28.8.2009] saatavissa:
http://www.schunk.com/schunk_files/attachments/PZN-plus_125_US.pdf
6. Standardi SFS-EN 775. Teollisuusrobotit. Turvallisuus, 1993

LIITTEET

LIITE 1	Asetuskortti
LIITE 2-6	Hankitut työkalut
LIITE 7	Kuvia esimerkkikappaleista
LIITE 8	Kuvia koneistetuista kappaleista