

Heikki Reunanen

SORVAUSSOLUN TEHOKKUUDEN OPTIMOINTI

Tuotantotalouden koulutusohjelma

2014

SORVAUSSOLUN TEHOKKUUDEN OPTIMOINTI

Reunanen, Heikki
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Tammikuu 2014
Ohjaaja: Santanen, Teemu
Sivumäärä: 57
Liitteitä: 2

Asiasanat: sorvaus, tuotanto, tuottavuus

Opinnäytetyön aiheena oli kehittää palloventtiilejä valmistavan Flowserve Naval Oy:n sorvaukseen erikoistuneen solun toimintaa niin, että se saataisiin tuotannollisesti tehokkaammaksi. Solun ongelmaksi todettiin erilaisten mittareiden ja vertailujen avulla sen vähäinen valmistettujen kappaleiden määrä verrattuna muihin yrityksissä oleviin soluihin. Vertailuja suoritettiin esimerkiksi solujen tuottavuuskertoimien mukaan.

Solun toimintaa tutkittiin monella eri tavalla: työtä tutkittiin havainnoimalla työntekijöiden ajankäyttöä, seurattiin asetusten tekoa ja ottoetäisyyksiä. Myös sorvien ohjelmia ja niiden työstöparametrejä tutkittiin, sekä testattiin erilaisia teräpaloja teräpalatoimittajien kanssa.

Teoriaosuudessa perehdyttiin Leanin ja 5S:n periaatteisiin ja niitä käytettiin hyväksi opinnäytetyön ratkaisuja kehittäessä. Esimerkiksi yhtenä uudistuksena ehdotettiin työ- ja asetusohjeiden käyttöönottoa. Ohjeiden tekemisen idea pohjautui näihin teoriakokonaisuuksiin.

Esille tuli myös muita parannusehdotuksia, joita esiteltiin yritykselle. Isoimpana uudistuksena olisivat investoinnit, joiden avulla solun sorvit saataisiin samantyyppisiksi, mikäli investoinnin kohteina olisi samanmerkkisiä sorveja. Tällöin työskentely solussa olisi helpompaa. Ehdotuksena oli myös sorvien ohjelmien lukumäärän karsinta ja uudelleen nimeäminen. Tämän jälkeen ohjelmia olisi selkeämpi käyttää.

Yrityksessä alettiin suunnitella joitakin esitettyjä ehdotuksia käyttöön välittömästi. Osa ehdotuksista päätettiin jättää odottamaan myöhempää toteuttamisajankohtaa.

OPTIMIZATION OF TURNING CELL'S EFFICIENCY

Reunanen, Heikki

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Industrial Management

January 2014

Supervisor: Santanen, Teemu

Number of pages: 57

Appendices: 2

Keywords: turning, production, productivity

The purpose of this thesis was to develop the operations and practices used in manufacturing ball valves at the work cell, which specializes in turning processes at the Flowserve Naval Oy. The primary aim was to find viable solutions to improve the productivity of the unit. The results obtained through various comparisons and parameters clearly suggested that as opposed to other factory departments, their volume of productions was not sufficiently high. The differences in productivity between the cells were studied i.e. by using productivity coefficients.

Work practices at the cell were studied in several different ways. Firstly, workforce productivity was measured by observing employees' work time management. This was done for example by focusing on the set up practices and the reach distances of the settings. Secondly, this study examined various lathe programs, their machining parameters and, finally, tested several lathe cutting tools, currently available on the market, together with the lathe cutting tool manufacturers.

The theory part of the thesis presents the two leading production practices so called "Lean" and "5S" manufacturing principals, which were used in this study to find applicable solutions for the work cell's productivity problems. An example of these improvement suggestions, which were derived from the above mentioned manufacturing principles, was to create and implement a set a guidelines for work practices and for lathe programming.

Moreover the study spawned several other development suggestions, which were presented to the company. Probably the most important reforms involved the company's decision to run a unified fleet by investing in similar type of lathes of same brand. This would considerably facilitate the operation of the work cell. Furthermore, it was suggested that in order to facilitate the use of programs their number should first be reduced where after the programs could be renamed.

The company started to plan and realize a few of these suggestions immediately, however, some of them were postponed for later implementation.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Yritysesittely.....	6
1.1.1	Valmistettavat tuotteet.....	7
1.2	Työn kohteena oleva sorvaussolu.....	8
1.3	Opinnäytetyön tavoite ja rajaukset.....	9
2	TUOTANTO.....	9
2.1	Lean.....	10
2.1.1	Työohjeet.....	13
2.2	5S.....	14
2.3	JOT – Juuri oikeaan tarpeeseen.....	15
2.4	Asetuksen teko.....	15
2.4.1	Single-Minute Exchange of Die (SMED).....	16
2.5	Solutuotanto.....	17
3	SORVAUS.....	19
3.1	Lastuaminen.....	20
3.2	Työkalut ja teräpalat.....	22
3.2.1	Terien automaattikaapisto.....	28
3.3	Pinnanlaatu.....	29
3.4	Numeerinen ohjaus – M- ja G-käskyt.....	30
3.5	Lastuamismestejärjestelmä.....	32
4	TUTKIMUSTYÖ.....	32
4.1	Havainnointitutkimus työajankäytöstä.....	35
4.2	Ottoetäisyysanalyysi asetuksen teosta.....	38
4.3	Asetuksen videokuvaus.....	40
4.4	Lastuamisen ja sorvien ohjelman kehittäminen.....	44
4.5	Muut tutkitut ja kehitettävät kohteet.....	47
5	TEHOKKUUDEN OPTIMOINTI.....	48
5.1	Työntekijöiden motivointi.....	48
5.2	Työohjeet sorvaussoluun.....	51
6	OMAT POHDINNAT.....	53
7	YHTEENVETO.....	55
	LÄHTEET.....	56
	LIITTEET	

Termit ja lyhenteet

FANUC	NC-ohjausohjelma.
HK	Haponkestävä palloventtiili.
JP	Venttiilin jatkeputkiosa. Jatkeputkia on kaksi yhdessä venttiilissä.
Masterkey	Office Access-pohjainen tuotantotilausten raportointityökalu.
Runko	Venttiilin runko-osa.
TA	Täysiaukkoinen palloventtiili.

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee sorvaussolun tehokkuuden optimointia, jonka toimeksiantajana on Flowserve Naval Oy Laitila. Työ on osa Satakunnan ammattikorkeakoulun tuotantotalouden koulutusohjelmaa.

Työn tarkoituksena on kehittää keinoja ja toimenpiteitä, joilla tehtaalle ongelmallista sorvaussolua saadaan tehokkaammaksi. Ongelmallisen solusta tekee se, että muihin yrityksen tuotantosoluihin verrattuna sorvaussolu on heikkotuottoisin. Soluja voidaan verrata yrityksessä käytössä olevan solukertoimen perusteella, josta koostuu työntekijöiden yksi palkan osakokonaisuus, niin kutsuttu palkkiopalkka.

1.1 Yritysesittely

Flowserve Naval Oy on yksi maailman johtavista kokoonhitsattujen palloventtiilien valmistajista, jonka toimipiste sijaitsee Laitilassa. Työntekijöitä yrityksessä on yhteensä 125. Flowserve Naval Oy kehittää ja valmistaa pallo- ja linjasäätöventtiilejä pääasiassa kaukolämmityksen tarpeisiin. Käyttömahdollisuuksia tuotteille lisää esimerkiksi maakaasu- ja höyryventtiilit, jotka soveltuvat monenlaisen teollisuuden käyttöön. Vuosittainen tuotantokapasiteetti on yli 1 000 000 venttiiliä. (Flowserve Naval Oy:n www-sivut 2013.)



Kuva 1. Flowserve Naval Oy Laitila.

Flowserve-konserniin yhdistyminen vuonna 2002 on entisestään kasvattanut yrityksen ulkomaanmyyntiä, viennin osuus on jo yli 80 % kokonaisliikevaihdosta. Liikevaihto vuonna 2012 oli noin 30 M€. Markkina-alueita ovat Suomen lisäksi Skandinavia, Euroopan maat, Venäjä ja Pohjois-Amerikka. Myyntiä oli vuonna 2012 peräti 35 eri maahan. Flowserve-konserni toimii yli 55 maassa. Konsernilla on työntekijöitä n. 17 000. (Flowserve Naval Oy:n www-sivut 2013.)

1.1.1 Valmistettavat tuotteet

Flowserve Naval Oy valmistaa palloventtiilejä, jotka ovat täysin hitsattuja eikä niissä ole vaihdettavia osia. Tämän ansiosta venttiilit ovat huoltovapaita ja näin ollen myös toimintavarmoja. Venttiilien asennuskustannukset ovat alhaisia, koska niissä ei ole erikseen kiristettäviä osia. Tämä helpottaa asennusta huomattavasti. (Flowserve Naval Oy:n www-sivut 2013.)



Kuva 2. Ryhmäkuva Navalin venttiileistä. (Flowserve Navalin sisäinen tiedosto.)

Tuotevalikoimaan kuuluu tavallisia teräspalloventtiilejä, haponkestäviä palloventtiilejä, höyrypalloventtiilejä ja maakaasupalloventtiilejä. Lisäksi muita sovelluksia ovat linjasäätöventtiili, pitkäkarainen palloventtiili, täysaukkopalloventtiili ja paikallahaarotusventtiili. Kaikki venttiilit on mahdollista

varustaa sähkö- ja pneumaattisella toimilaitteella. (Flowserve Naval Oy:n www-sivut 2013.)

Vuodesta 1992 lähtien Navalilla on ollut ISO 9001-laatusertifikaatti ja vuodesta 1999 ISO-14001-ympäristösertifikaatti. Kaikki venttiilit on valmistettu painelaitedirektiivin (Pressure Equipment Directive) vaatimusten mukaisesti. (Flowserve Naval Oy:n www-sivut 2013.)

1.2 Työn kohteena oleva sorvaussolu

Flowserve Naval Oy käyttää tuotantomuotona solutuotantoa. Navalin sorvaussolussa on yhdeksän työntekijää, joista kerralla vuorossa on korkeintaan viisi työntekijää. Solussa työskennellään niin aamu-, päivä-, kuin iltavuorossa. Sorvaussolu eli solu 3 keskittyy sorvaukseen ja hydrauliseen puristukseen. Navalin sorvaussolussa on neljä numeerisesti ohjattua NC-sorvia. Merkeiltään ne ovat Dainichi, Femco, Takisawa ja Victor.



Kuva 3. Yleiskuva sorvaussolusta.

1.3 Opinnäytetyön tavoite ja rajaukset

Opinnäytetyön tavoitteena on saada yrityksen sorvaussolua tehokkaammaksi. Projektiluontoisessa opinnäytetyössä keskitytään sorvaussolun sorveihin ja näissä käytettäviin teräpaloihin, työajankäyttöön ja työntekijöiden työskentelytehokkuuteen. Sorvien asetusten teko ja ottoetäisyydet tutkitaan myös.

Tutkimuksessa saaduista tuloksista tehdään yritykselle ehdotuksia, joita tarvittaessa voi ottaa käyttöön. Joitain asiakokonaisuuksia, kuten teräpalavertailua tullaan tekemään opinnäytetyön ohessa. Keinoja, joilla työtä tarkastellaan ovat käytännönläheisesti tutkien sekä testaten että teoriapohjalta tutkien.

Opinnäytetyö on rajattu niin, että joitain asiakokonaisuuksia jätettiin työn edetessä pois. Esimerkiksi osaamismatriisin käyttöönotto jätettiin pois sen laajuuden takia. Myös hydraulipuristukseen liittyvät toimet jätettiin vähemmälle, poislukien havainnointitutkimus, joka tehtiin sorvien ohella myös puristimille.

2 TUOTANTO

Teollinen tuotanto voidaan jakaa kahteen osaan: Prosessiteollisuuteen ja kappaletavaratuotantoon. Prosessiteollisuudessa prosessi etenee virtana, joka ei keskeydy. Kappaletavaratuotannossa taas asiakkaille valmistetaan tuotteita yksittäin, joko pienissä erissä tai suurissa sarjoissa. (Peltonen 1997, 30.)

Uudet tuotantomenetelmät ovat kuin virtaavaa prosessi, joita ovat tehtaan sisä- ja ulkopuolella tapahtuvat toimenpiteet. Näitä ovat tilaus ja laskutus, myynti ja markkinointi, tuotteen suunnittelu, valmistus ja sen jakelu. (Peltonen 1997, 30.)

Tuotantoa voidaan kehittää pitämällä työpistekohtaiset varastot mahdollisimman pieninä, jolloin tarvittavat työvälineet ja materiaalit ovat helposti ja nopeasti saatavilla. Näin vältetään ylimääräistä kuljetusta keskitetystä varastosta. Kun

kuljetusalustojen ja -laatikoiden koko on vakioitu, niin näihin mahtuvat tavarat määräävät tuotantoerien koot. Näin silmämääräisesti voidaan säätää valmistusmääriä, ettei ylimääräisiä tuotteita valmisteta. Kun lattiapinta-ala pidetään pienenä, säästetään tilassa ja sillä, että tavaroille on muodostunut vakiopaikat lattialla. Myös ylimääräinen tavarantoimitus vähenee. Materiaalikäsittely helpottuu työpisteellä kun tavaraa toimitetaan keskitetysti. Esimerkiksi materiaalitilauksen voi ilmoittaa jollain merkillä, kuten valoilla tai väreillä. (Kajaste & Liukko 1994, 37-38.)

2.1 Lean

Lean-toimintamalli on peräisin Japanista, jossa Toyota kehitti sen tuotantoperiaatteiden pohjalta. Toyotalta se levisi muualle autoteollisuuteen ja siitä edelleen muihin toimialoihin. Yrityksiä, joissa Lean-periaate on vallitseva, voidaan pitää oman toimialansa kannattavimpina ja nopeimmin kasvavina. (Kouri 2009, 6.)

Leanille ominaista on koko henkilöstön osallistuminen kehitysohjelmaan. Pääpaino kehitysohjelmassa tapahtuu tuotannossa, eli siellä missä asiakkaan saama tuotteen arvo syntyy. Toisin sanoen asiakasnäkökulmasta katsoen Leanilla pyritään saamaan toimintaan tarkoituksenmukaisuutta, järkevyyttä ja täsmällisyyttä. Yrityksen on erittäin tärkeää seurata asiakkaiden tarpeita, koska nämä käytännössä ohjaavat yrityksen toimintaa. Tämän vuoksi koko henkilöstöllä pitäisi olla käsitys yrityksen asiakkaistaan ja heidän tarpeistaan. Toiminnan kehittämisen alkuvaihe muodostuu siitä, kun määritellään asiakkaalle aikaansaatu arvo. Tämä arvo muodostuu kolmesta eri tekijästä; laadusta, hinnasta ja ajasta. Myös toimitusvarmuus ja valmius reagoida mahdollisiin muutoksiin ovat tulleet tärkeiksi tavoiteltaviksi asioiksi. (Kajaste & Liukko 1994, 8; Kouri 2009, 6.)

Voidaan ajatella, että paras osaaminen ja tietämys ovat yrityksen sisällä, koska mahdolliset pulmat ratkeavat helpoimmin siellä, missä ne ovat syntyneet. Esimerkiksi jos työpisteessä on valmistettu virheellistä tuotetta, niin pitäisi selvittää että mistä tämä johtuu. Tärkeämpää olisi selvittää virheen syy, jotta vastaava pystytään välttämään jatkossakin jo ennakoitua. Virheen syyllistä ei ole tässä vaiheessa tarpeen selvittää. Tämä virheisiin liittyvä uusi toimintatapa olisi hyvä

sisäistää koko yrityksessä. Yrityksissä tulisi aina pyrkiä nollavirhelaatuun eli nollaan virheeseen. Tällä tarkoitetaan sitä, että kaikki tapahtuvat virheet voidaan tarvittaessa poistaa. (Kajaste & Liukko 1994, 9; Sakki 2003, 130.)

Systemaattinen ongelmanratkaisu on hyvä keino ratkaista ongelmien todellisia syitä. Yksinkertainen miksi-kysymys kun esitetään viidesti, niin ongelmien juurisyyt selviävät helposti. Esimerkiksi jos tuotannossa ilmenee jokin ongelma, kirjataan se ylös ja selvitetään sen esiintyminen ja laajuus. Tämän jälkeen selvitetään juurisyy kysymällä miksi näin on? Jatketaan miksi-kysymyksiä siihen asti kunnes ratkaisu eli todellinen ongelma selviää. Kun juurisyy on selvinnyt, se testataan jotta suunnittelu ja toimenpiteet sen poistamiseen onnistuvat. Vähän ajan kuluttua tarkistetaan toimenpiteiden toimivuus ja se, että poistui ongelma. Mikäli ongelma poistui, eikä jatkotoimia tarvita, niin vakiinnutetaan uusi toimintatapa pysyväksi. Yleensä huomataan, että pienen syyn takana on iso juurisyy. Samalla ilmi voi tulla, että juurisyy on aiheuttanut muitakin ongelmia, koska tätä ei ole korjattu aikaisemmin. (Kouri 2009, 30-31; Liker 2004, 253.)

Teollisuusyritystä voidaan ajatella niin, että se tuottaa asiakkaalle lisäarvoa prosesseina, eikä erillisinä toimintoina. Tärkeintä on siis kiinnittää huomio kokonaisuuteen, eikä pieniin osiin. Kaikkea tuhlausta pitäisi välttää. Kehitystyössä olisi erotettava jalostavat tehtävät jalostamattomista. Jalostavissa työvaiheissa materiaalia ja tietoa käsitellään niin, että ne tuovat asiakkaalle lisäarvoa. Esimerkiksi sorvauksessa kun kappale lastuaa, niin se tuo asiakkaalle lisäarvoa. Kaikesta muusta turhasta asiakas ei halua tietenkään maksaa. Näitä jalostamattomia vaiheita on esimerkiksi materiaalin ja tiedonsiirto, varastointi ja virheiden korjaus. Ihannetapaus olisi, että jalostamattomia vaiheita ei olisi lainkaan. (Kajaste & Liukko 1994, 10.)

Tuotannossa tapahtuu väkisinkin hukkia (japaniksi Muda), joita pitäisi välttää. Nämä hukat ovat kaikkea turhaa, joka ei lisää tuotteen arvoa, vaan suorastaan estävät tehokkaan työn tekemisen. Tuotannon hukat voidaan jakaa seitsemään eri luokkaan:

1. **Ylituotanto** on sitä, kun tuotteita valmistetaan välitöntä tarvetta enemmän. Varastoissa oleva materiaali, suuret eräkoot ja keskeneräinen tuotanto vahvistavat muita hukkia ja estävät todellisten ongelmien havaitsemisen.

2. **Odottelu ja viivästyks** tulevat esille esimerkiksi silloin, kun työntekijät odottelevat edellisestä työvaiheesta valmistuvia osia tai kun heidän käyttämässään koneessa on häiriö. Nämä odottelut eivät tuo mitään arvoa asiakkaalle.
3. **Tarpeeton kuljettelu** muodostuu ylimääräisistä tavarankuljetuksista. Esimerkiksi turha varastointi ja sieltä pois kuljettaminen kesken tuotannon ei lisää asiakasarvoa.
4. **Laadusta muodostuvat virheet** aiheuttavat turhaa työtä ja kustannuksia, kun viallista tuotetta tai osaa pitää korjata tai jopa hävittää se. Uuden osan valmistus taas vie aikaa ja tuo uusia kustannuksia.
5. **Tarpeettomat varastot** tuovat lisää kustannuksia, kun eri läpimenoajat pitenevät. Liian suuret varastot voivat piilottaa tuotannossa ilmeneviä ongelmia kuten tuotannon epätasapainot, pitkät asetusajat, viat ja myöhästyneet toimitukset asiakkaille.
6. **Ylikäsittely** on sitä, kun tarpeettomia vaiheita suoritetaan tavarankäsittelyssä. Hukkaa voi syntyä myös siitä, kun turhaan tuotetaan laadukkaampia tuotteita kuin on tarve.
7. **Tarpeeton liike** on sitä, kun työntekijä turhaan liikkuu työnteon lomassa. Turhaa ovat osien hakeminen ja etsiminen, kurkottelu ja pinoaminen. (Kouri 2009, 10-11; Liker 2004, 27-29.)

Joissain lähteissä käytetään myös kahdeksatta kohtaa, joka on työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen, toisin sanoen **aivojen alikäyttö**. Näitä ovat kaikki parannusehdotukset ja ideat joita työntekijä tuo ilmi, mutta häntä ei kuunnella tai kuunnella. Parannusehdotuksena tässä olisi tuoda laatu-aikaa keskusteluihin, joita työntekijöiden kanssa käydään. (Eklund 2013; Liker 2004, 29.)

Lean-toiminta perustuu Kaizenin ideaan. Kaizen sana tulee japaninkielisistä kai (purra osiin) ja zen (tehdä hyvää) sanoista. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että prosessi ensiksi puretaan osiin, jotta sen toimivuus kokonaan ymmärrettäisiin. Tämän jälkeen sitä aletaan kehittää ja parantamaan kun siitä on saatu kokonaiskäsitys. Kaizen siis lyhykäisyydessään tarkoittaa jatkuvaa parantamista, jossa pienet parannukset muodostavat suuren kokonaisuuden, joka lopulta vaikuttaa koko yrityksen toimintaan positiivisesti. (Asay 2002, 2.)

Jatkuva parantaminen on hyvä toimintatapa, jolla saa yrityksen tuottavuutta kehitettyä. Koko henkilöstö, työtehtävästä riippumatta, on velvoitettu kehittämään oman toimintansa laatua koko ajan. Jatkuvan parantamisen perusajatus on siinä, että jokainen on oman työnsä paras asiantuntija ja näin ollen myös sen paras kehittäjä. Yrityksessä tapahtuu jokaisessa toiminnassa väkisinkin kehitystä, kun kaikki kehittävät omaa työtänsä. Esimiehen pitää valvoa jatkuvaa parantamista ainakin aikataulujen kannalta. (Larikka, Heinilä, Selin & Tuominen 2007, 204.)

2.1.1 Työohjeet

Työohjeita on hyvä käyttää silloin, kun työ on jo vakiintunutta. Ohjeiden pitää olla selkeät ja yksinkertaiset, jotta kaikki ymmärtäisivät ne täysin. Ohjeissa pitää tulla ilmi työn päävaiheet ja keskeiset turvallisuuteen, laatuun ja tuottavuuteen vaikuttavat asiat. (Kouri 2009, 17.)

Hyviä havainnointia helpottavia keinoja on lisätä kuvia ja kaavioita työskentelytavoista. Turhat asiat kuten itsestään selvyydet on syytä jättää pois ja pääpaino olisi hyvä siirtää suorituksen kannalta tärkeisiin asioihin. Määriteltäessä ohjeita, ilmi pitäisi tulla työvaiheet, ongelma- ja avainkohtien toteutus ja laaditut laadunvarmistusohjeet. Tietoa voi olla myös tarvittavista materiaaleista ja työkaluista. Työohjeet olisi kiinnitettävä keskeiselle paikalle työpisteessä, jotta ne olisivat helposti saatavilla. (Kouri 2009, 17.)

2.2 5S

5S on menettelytapa, jolla pyritään saamaan yksilöitä ja ryhmiä parantamaan heidän työpisteitään. Tämän avulla pystytään optimoimaan työn tehokkuutta, hyvinvointia, turvallisuutta ja yleistä siisteyttä. 5S tulee japaninkielisistä sanoista seiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke. Suomeksi käännettynä nämä ovat erottele, järjestele, puhdista, vakioi ja ylläpidä ja kehitä edelleen. (Peterson & Smith 1998, 2; Tuominen 2010, 19.)

Jotta 5S-prosessi onnistuisi, on sitä noudatettava järjestelmällisesti vaihe kerrallaan. Vaiheita voi linkittää toisiinsa, mutta niitä ei saa ohittaa. Esimerkiksi jos ylimääräisenä työpisteellä olevaa tavaraa ei ole eroteltu ja poistettu, on sitä vaikeaa saada toisessa vaiheessa järjestykseen. Jos taas tavarat eivät ole järjestyksessä, on siisteyttä ja puhtautta hankala saavuttaa. Edut myös katoavat, kun siisteyteen ja puhtauteen liittyviä asioita ei ole vakioitu. Jotta viimeinen vaihe eli ylläpito ja kehittäminen saavutettaisiin, pitää neljäs kohta, eli vakiointi, olla kunnossa. (Tuominen 2010, 25.)

Ulkopuolisen silmiin on tärkeä antaa yrityksestä luotettava kuva. Tätä edesauttaa se, että työpaikka on yleisesti siistissä kunnossa. Näin ollen jokaisella materiaalilla, tuotteella ja työvälaineellä pitää olla omat tietyt paikat. Tällöin etsimiseen ja hakemiseen ei kulu niin paljoa aikaa kun tavaroiden paikat on vakioitu. Siisteydellä on vaikutus myös asenteisiin työpaikalla. (Kajaste & Liukko 1994, 38.)

5S:ään kuuluu keskeisesti myös turvallisuus, vaikkei alkuperäisessä 5S-menettelytavassa sillä ole omaa kohtaa. Se kuitenkin liittyy olennaisesti kolmeen ensimmäiseen vaiheeseen, eli erotteluun, järjestelyyn ja puhdistukseen (Grover 2012.)

Naval Oy:ssä sen sijaan on käytössä konsernin 6S, jossa turvallisuus on omana, kuudentena kohtana.

2.3 JOT – Juuri oikeaan tarpeeseen

Kokoonpanoteollisuudessa on jo parikymmenen vuoden ajan käytetty JOT-tuotantotapaa. JOT (engl. JIT – Just-In-Time) tuotannonohjausmenetelmänä perustuu imuohjaukseen, jossa tilataan kokoonpanossa tarvittavia osia edelliseltä työvaiheelta. Ajatuksena olisi välttää kaikkea ylimääräistä odotusta, joita valmistuksessa ja kokoonpanossa väkisinkin tulee. Nämä tuotteita ei jalostavat vaiheet on näin ollen turhia, koska niistä myös muodostuu tuotteelle kustannuksia. Havainnollistava on 5-95-sääntö. Sen mukaan valmistukseen kuluu vain viisi prosenttia ja odottamiseen, varastointiin ja virheiden korjaamiseen kuluu peräti 95 prosenttia. Tuottavuutta voidaan nostaa siis huomattavasti, mikäli turhia vaiheita pystyttäisiin karsimaan pois. Jotta tätä turhaa pystyttäisiin poistamaan, pitää asennoitumisessa tapahtua muutosta. Perinteisiä turhia rutiineja pitäisi muuttaa. Esimerkiksi tuotannon sisäinen tavarantoimitus vastaanotto pitäisi tapahtua niin, ettei turhia vastaanottotarkastuksia tarvittaisi enää, vaan luotettaisiin edellisen työvaiheen laadullisiin tarkastuksiin. (Sakki 2003, 129.)

Tuote ei jalostu eikä parane varastossa. Tämän takia varastoja pidetään turhina. Joustavuuteen varastot vaikuttavat päinvastoin kuin mitä yleisesti oletetaan, koska kysynnän imu pysähtyy juuri niihin. Asiakaskysynnässä tapahtuvat muutokset saavuttavat alihankkijat ja heidän tavarantoimitajansa vasta pitkän ajan päästä. (Sakki 2003, 129.)

On JOT-tuotantotavasta työntekijöillekin hyötyä, eikä vain pelkästään työnantajalle. Sen avulla päivittäinen tuotteiden valmistus sujuu jouhevammin, kun on poistettu ylimääräistä sotkua valmistustiloissa, tarpeetonta tavaroiden käsittelyä ja siirtelyä on vähennetty, koneiden asetusajat ovat nopeutettu ja puututtu koneiden vikoihin jotka ovat aiheuttaneet viivästyksiä. (Productivity Development Team. 1998, 9.)

2.4 Asetuksen teko

Asetus on se välttämätön toimenpide, joka suoritetaan koneen, työaseman tai jonkin muun tuotantolaitteen saamiseksi sellaiseen tilaan, että uutta tuotetta voidaan valmistaa edellisen tuotteen valmistuttua. Asetus suoritetaan aina kerran kunkin

tuotteen kohdalla. Asetusaika sisältää työkalujen, kiinnittimien, ohjelmien ja raaka-aineiden vaihdon, sekä muut tarvittavat toimenpiteet. Lisäksi on tärkeää testata uusi vaihdettu ohjelma pienillä nopeuksilla. Tällä välttyttäisiin mahdollisilta häiriöiltä. Jotta asetus tapahtuisi mahdollisimman tehokkaasti, niin kone pysäytetään vaan tarvittavaksi ajaksi kun tehdään uusi asetus. Kannattavaa on myös ennakkoon valmistella uutta tuotantoerää mahdollisuuksien mukaan kun vanha sarja on vielä käynnissä. Koneiden vakioasetukset ja muut tutut tavat helpottavat ja nopeuttavat asetuksen tekoa. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 60.)

Mikäli tehtävään asetukseen kuluu paljon aikaa, niin tällöin valmistettava tuotantomäärä on oltava tarpeeksi suuri, ettei syntyisi taloudellisia tappioita. Jotta tuotantoeriä saataisiin pienemmiksi, olisi tärkeää tällöin myös saada asetusajat lyhkäisemmiksi. Taloudellisesti mahdollisia pieniä tuotantoeriä voi tehdä silloin, kun asetusajat ovat pieniä (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 406.)

Tuotannon läpäisyajoja voidaan lyhentää asetusaikojia lyhentämällä. Asetusaikojia taas saadaan pienemmiksi asetuksen työvaiheita analysoimalla, jossa kaikki toimenpiteet kirjataan tarkasti ylös. Analysointia tehtäessä huomataan usein että on olemassa turhia tehtäviä, joilla ei ole mitään tekemistä asetuksen kanssa. Näitä ovat esimerkiksi huoltotoimenpiteet ja työkalujen etsiminen sekä hakeminen. (Kajaste & Liukko 1994, 37-38.)

2.4.1 Single-Minute Exchange of Die (SMED)

SMED menetelmää käytetään läpäisyajojen lyhentämiseen. Se ei tarkoita niinkään mekanisointia, vaan älykästä ajattelua, joka on etusijalla aina ennen kun käytetään automaatiota. Sillä pyritään pienentämään asetusaikojia ja samalla erottamaan varsinainen koneaika asetusajasta. Työkalujen vaihtoja analysoitaessa asetusaika jaetaan kahteen osaan: ulkoiseen ja sisäiseen asetusaikaan. (Peltonen 1998.)

Ulkoinen asetusaika pitää sisällään ennakkovalmisteluja ja tarkastuksia, joita voidaan tehdä vielä vanhan sarjan ollessa käynnissä. Niillä varmistetaan työkalujen, kiinnittimien ja raaka-aineiden toiminta ja käytettävyyys. Ulkoinen asetusaika on hyvä

tehdä aina, kun se on mahdollista. Sisäinen asetus aika on sitä, että koneenkäyttäjä pysyy koneensa luona, eikä poistu siitä tuotantotapahtuman aikana. Tätä on hyvä käyttää, mikäli se on mahdollista. (Peltonen 1998.)

Koneaikaa voidaan limittää asetusajan kanssa. Edut ovat huimat: tällöin voidaan tehostaa työtä jopa 30–50 %, kun esimerkiksi raaka-aineen esivalmistelut tai työkalujen asetukset suoritetaan samalla kun kone on käynnissä. Vakiotyökaluja, esimerkiksi sorvien pikakiinnitysvarsia käyttämällä, voidaan huomattavasti lyhentää asetusajoja. (Peltonen 1998.)

Suunnitteluvaiheessa tuotteesta karsitaan pois kaikki ylimääräiset elementit, jotta sen valmistus olisi mahdollisimman helppoa. Sopiminen kiinnittimeen suoraan helpottaa ja nopeuttaa tuotteen valmistusta. Joskus voidaan käyttää myös esiasetettavia kiinnittimiä, johon kappale on kiinnitetty koneen toimiessa. Tällä saadaan kokonaisuutta lyhyemmäksi. Suuret kappaleet olisi helpoin järjestää siten, että vaihto tapahtuisi samalta puolelta. Tällä pystytään helposti välttämään edestakaista liikkumista. (Peltonen 1998.)

Hienosäätöön kuluu noin 50–70 % sisäisestä ajasta. Tätä olisi tärkeää pienentää esimerkiksi paikoittamalla asetettava kappale. Hydraulisia tai pneumaattisia pikakiinnittimiä käyttämällä nopeutetaan kappaleen asettamista paikoilleen. (Peltonen 1998.)

2.5 Solutuotanto

Solu on valmistusyksikkö, jossa yleensä työskentelee 1-6 työntekijää. Solut ovat erikoistuneet johonkin tiettyyn työvaiheeseen. Tavoitteena on valmistaa jokin tietty tuotteen osa, joka valmistetaan yhdellä impulssilla siihen erikoistuneessa yksikössä. Voidaan siis ajatella että yksittäiset työvaiheet yhdistyvät isommaksi kokonaisuudeksi solussa. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen, 1997, 85.)

Solu määritellään itsenäiseksi yksiköksi ja sillä silloin pitäisi olla oma valmistettava tuoteisto, yhtenäinen alue, tuotantokalustonsa sekä siirto- ja nostolaitteensa,

kommunikoinnin mahdollistava tiivis henkilöstö ja vastuu kaikesta valmistuksesta ja muusta toiminnasta. Hallinnollisesti solua käsitellään omana yksikkönä tuotannon ohjauksessa, henkilöstöhallinnassa, palkkauksessa, tekniikassa ja kustannuslaskennassa. (Lapinleimu ym. 1997, 85.)

Solutuotannossa on keskitytty tiettyyn valmistustekniikkaan. Esimerkiksi jos jonkun tuotteen valmistusprosessi vaatii materiaalin katkaisun, tämän jälkeen poraamisen ja viimeistelyn, solun pitää tällöin sisältää kaikki nämä valmistuskoneet. Jotta tuotanto olisi nopeampaa ja vaivattomampaa, koneiden myös pitäisi olla tässä järjestyksessä. (Productivity Development Team. 1999, 2.)

Solujen läpäisyajat ovat lyhyet, samaten kuin asetusajatkin, kun siirrytään tuotteesta toiseen. Materiaalin virta on nopeaa, eikä välivarastoja näin ollen muodostu. Tuotteiden, joiden valmistukseen solu on suunniteltu, valmistus on joustavaa. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 477.)

Organisointi on hoidettu solussa niin, että tuote saadaan mahdollisimman nopeasti ja suoraviivaisesti eteenpäin. U-kirjaimen muotoisessa solussa kuljetusmatkat on minimoitu, joten keskeneräistä tuotantoa pyritään välttämään. JOT-tuotannon (juuri oikeaan tarpeeseen, engl. Just-In-Time) yksi tärkein osa on juuri solutuotanto. Siinä asetuksia ei saa olla merkittävästi erilaisten tuotteiden välillä, koska tuotteita ei voida tehdä erätuotantona viimeisessä ohjaavassa vaiheessa. (Lehtonen 2004, 65.)

Solussa valmistettavissa tuotteiden tuotantomäärissä ja eräko'oissa voi olla vaihtelua paljonkin. Tuotteita voidaan valmistaa pieninä sarjoina tai yksittäiskappaleinakin. Laadunvalvonta on solun sisällä helppoa, koska eri valmistusvaiheet tehdään samalla alueella. Tämän vuoksi mahdollisten virheiden löytäminen ja korjaaminen on myös helppoa. Motivaation ja tuottavuuden kannalta solutyöskentely on kannattavaa. Solutyöntekijät vastaavat itse työnsä suunnittelusta ja suorittamisesta. Näin ollen heillä on vapaudet vaikuttaa keskinäiseen työnjakoon ja tehtävien kierrättämiseen. (Haverila ym. 2005, 478.)

3 SORVAUS

Sorvaus on suosituin lastuava työstömenetelmä. Käytännössä työkappale pyörii pituusakselinsa ympäri. Käytettäviä sorvausmenetelmiä ovat: lieriö-, taso-, kartio-, muoto- sekä poraus- ja sisäsorvaus. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Kauppinen 2003, 150.)

Lastuavan terän ja sorvattavan työkappaleen välisiä liikkeitä on kolme erilaista: lastuamis-, syöttö- ja asetusliike. Nämä ovat sorvausvaiheiden kannalta tärkeimmät lastuamisparametrit. Lastuamisliike on lastunirroituksen suuntaista. Sen mittasuure on v [m/s tai m/min]. Syöttöliikkeen avulla terä siirtyy sivuttaissuunnassa uuden lastun kohdalle. Tämä liike on sorvauksessa jatkuvaa. Syötön mittasuure on s [mm/r tai mm/min]. Aetusliikkeellä taas määritetään lastuamissyvyys. Mittasuurena on lastuamissyvyys a [mm]. Tärkein huomioitava teräkulma on asetuskulma. Sillä kuvataan teräsärmän ja syöttökulman välistä kulmaa joka taas on tärkeä huomioida kun valitaan koneistukseen sopivaa työkalua. (Ihalainen ym. 2003, 141; Sandvik 2005, A9.)

Työkalun syöttöliike voi olla joko pituussorvausta tai tasosorvausta. Pituussorvaus on työkappaleen pituusakselin suuntaista. Tällöin lastuttavan työkappaleen halkaisija pienenee. Tasosorvauksessa taas terää syötetään työkappaleen päässä kohti kappaleen keskustaa. Tällöin lastuttavan työkappaleen pituus lyhenee. (Sandvik 2005, A6.)

Nykyään lähes kaikki sorvit ovat numeerisesti ohjattuja eli NC-sorveja. Syitä sorvien suureen käyttöön ovat niiden monimuotoiset käyttömahdollisuudet, kuten mahdollisuus käyttää niitä osana tuotantoautomaatiolinjaa. Robotteja voidaan myös liittää sorvien yhteyteen tuotannon tehostamiseksi. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen 1997, 175.)

Tehokkailla ja tukevilla NC-sorveilla on helppo valmistaa vaikeitakin geometrisia muotoja. Esimerkiksi pallopinnan ja lieriönmuotoisen kappaleen työstö on yhtä helppoa. NC-sorveille ominaista on niiden vinojohteinen rakenne. Tämän avulla

voidaan poistaa helposti suuria lastuvirtoja. Itse työstötahtumaa on hankala seurata, sillä sorvit ovat huolellisesti suojattu sinkoilevilta lastuilta ja runsaalta lastuamismesteeltä. Sorvissa voidaan säätää portaattomasti pyörimisnopeudet ja syöttöliikkeet. Kehittyneissä NC-sorveissa on paljon työstöä helpottavia ominaisuuksia. Esimerkiksi vakioastuamisnopeus pienenee aihion halkaisijan pientymisen myötä ja työkalujen mittojen kompensoiminen sen kulumisen seurauksena. Myös lastuamismesteen säädöt ovat helposti hallittavissa. (Ihalainen ym. 2003, 154.)



Kuva 4. NC-sorvi Dainichi F-35.

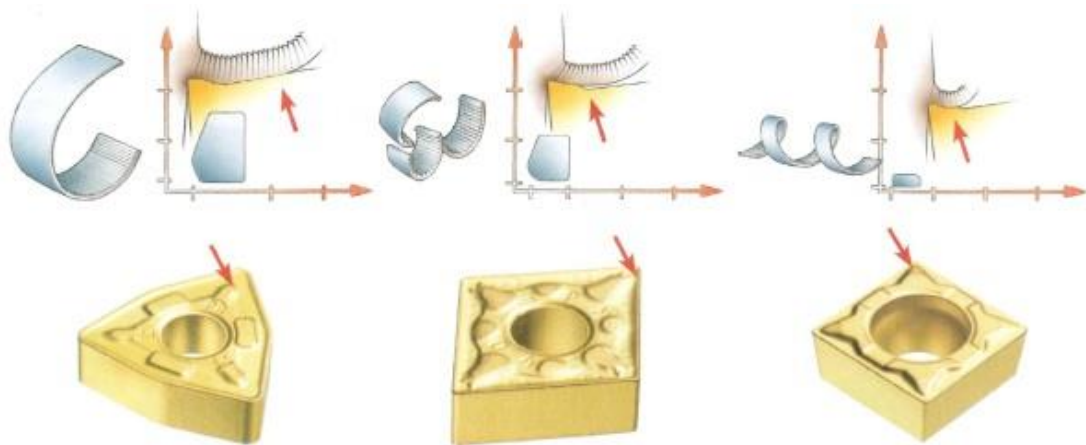
3.1 Lastuaminen

Lastuamistyö on suhteellisen kallista työstöä, jota on pyritty vähentämään tarkemmalla aihionvalmistustekniikalla. Kuitenkin kasvavat mittatarkkuusvaatimukset edellyttävät tarkat työstövaatimukset ja näin ollen lastuamisen osuus työstössä on säilynyt ennallaan. Lastuamisessa huomattavasti kovempi terämateriaali työnnyy pehmeämpään työstettävään materiaaliin ja näin

ollen syntyä plastista muodonmuutosta. Terän irrottama aine on lastua. (Ihalainen ym. 2003, 140.)

Sorvauksen tavoitteena on suuren lastuvirran ja nopeuden lisäksi myös tarkasti hallitut lastuamisparametrit sekä hyvä lopputulos kappaleen laadussa kuin myös prosessin luotettavuudessa. Jotta lastuille saadaan haluttu muoto ja koko, niin silloin lastuamisarvot pitää määrittää tarkasti. Pää tarkoituksena koneistuksena on siis valmistaa määrätynlainen kappale jolla on määrätynlainen pinnanlaatu. Tähän tavoitteeseen pääseminen edellyttää sitä, että kappaleesta saadaan lastuttua tietynlaisia lastuja. Tärkeä osatekijä tämän tavoitteen saavuttamiseksi on sujuva lastunpoisto. Tällä pyritään välttämään lastujen kertyminen terän ympärille, joka olisi vaaraksi niin koneistajalle kuin myös työstettävälle kappaleelle. (Sandvik 2005, A6.)

Yleisesti ottaen viimeistelyterissä lastunmurtajarakenne on nirkon tuntumassa, kun puolestaan raskaissa rouhintaterissä lastunmurtajat ovat terän rintapinnassa. Nykypäivän kääntöterät ovat monimutkaisia muodoltaan, jossa on erilaisia kulmia, tasoja ja säteitä. Näillä optimoidaan lastunmuodostus hyödyntäen esimerkiksi kosketuspituutta, lastunmurtoa ja koko lastuamistapahtumaa. (Sandvik 2005, A7.)



Kuva 5. Terägeometriassa lastunmurtaja toimii omalla syöttö-/lastuamissyvyysalueellaan. (Sandvik 2005, A8)

Suuremmat lastuamisarvot sorvauksessa ja muut prosessiin tehdyt parannukset voivat pienentää kappalekohtaisia kustannuksia hyvinkin paljon ja täten myös parantaa yrityksen yleistä kannattavuutta. Kannattavampaa on suurentaa lastuamisarvoja kuin pidentää terän kestävyyttä. Yritykselle tulee pitkällä aikavälillä kannattavammaksi käyttää suuria lastuamisarvoja kestäviä teriä kuin

heikkolaatuisempia. Esimerkiksi Sandvikin mukaan 20 %:n lisäys lastuamisarvoihin voi vähentää kappaleelle muodostuneita kustannuksia jopa yli 10 %:lla, koska vaikutukset kattavat kone-, yleis- ja työvoimakustannukset. Vastaavasti jos lisättäisiin 50 % terän kestoikään tai vähennettäisiin 30 % työkalukustannuksista, vähenee kappalekustannukset vain noin 1 %:n verran, sillä työkalukustannukset ovat vain keskimäärin 3-5 % tuotantokustannuksista. (Sandvik 2010, 4.)

3.2 Työkalut ja teräpalat

Sorvaus voidaan jakaa karkeasti kahteen eri osa-alueeseen: Rouhintasorvaukseen, jossa pyritään mahdollisimman tehokkaasti poistamaan ainetta ja viimeistely- eli silityssorvaukseen, jossa taas viimeistellään pinnankarheus vaatimusten mukaiseksi. (Aaltonen ym. 1997, 177.)

Tavalliset sorvaamalla valmistetut kappaleet ovat poikkileikkaukseltaan ympyrän muotoisia. Ne ovat ikään kuin pyörähdyskappaleita, esimerkiksi kiekkoja, akseleita, ruuveja, renkaita ja niin edelleen. Työstettävä kappale kiinnitetään sorvin istukkaan eli niin sanottujen leukojen väliin. Kun kappale on kiinnitetty, niin istukka laitetaan pyörivään liikkeeseen. Lastuavan työn hoitaa asetus- ja syöttöliikkeellä tällöin sorvin teräkelkkaan tai -varteen kiinnitetty teräpala. (Maaranen 2012, 129.)

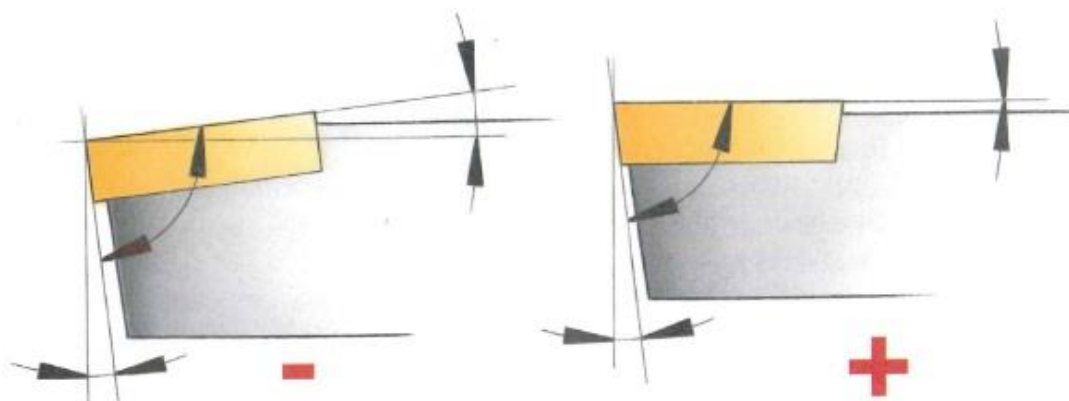


Kuva 6. Seco Toolsin teräpidike ilman teräpalaa.

Teräpaloja on montaa erilaista, samaten kun on sorvattavia kappaleitakin. Teräpaloja valittaessa on oltava tarkkana että se soveltuu juuri kyseisen materiaalin sorvaukseen. Sorvauksessa terä irrottaa lastua. Lastun muotoon ja sen irtoamiseen vaikuttaa terän

muoto, sorvin työstöarvot ja työstettävä materiaali. Tavoitteena olisi saada mahdollisimman lyhyttä lastua, kun pitkät lastut saattavat aiheuttaa vahinkoja. Kiertyminen terien ympärille voi heikentää sorvattavan kappaleen pinnanlaatua tai vastaavasti pitkät lastut voivat tukkia lastukuljettimen. Yleensä työstöarvoja, kuten syöttöä, suurentamalla saadaan optimipituus lastulle. (Maaranen 2012, 142.)

Teräpalat voidaan jakaa kahteen eri luokkaan geometrian avulla. Positiivisessa terässä teroituskulma on alle 90 astetta. Negatiivinen terä on teroituskulmaltaan 90 astetta, kun tarkastetaan poikkileikkausta teräsärmän perusmuodosta. Tämän vuoksi negatiivinen terä tarvitsee pitimen, jossa on negatiivinen viettokulma. Tällöin saadaan työkappaleeseen tangentiaalisesti koskettavaan terään päästökulma, ettei terä koko sivultaan hankaa työstökappaleeseen. Positiivisessa terässä tämä päästökulma on luonnostaan. (Sandvik 2005, A10.)



Kuva 7. Negatiivinen ja positiivinen terä. (Sandvik 2005, A10)

Sorvauksessa säästöjä saadaan aikaan kun vakioidaan työkalut ja terät sekä käytetään samoja työvaiheita, mitä on ennenkin käytetty. Suunnitteluosaston kanssa on tärkeä tehdä yhteistyötä, jotta mahdollisia muutoksia tehtäisiin vähän. Mitä vähemmän työvaiheessa tehdään muutoksia, sitä pienempinä kustannukset säilyvät. Sorvausta aloittaessa on hyvä kiinnittää huomiota työstettävään materiaaliin, kappaleen mittoihin ja muotoon, itse työstökoneeseen ja sen toimivuuteen sekä työkaluihin ja niiden toimivuuteen. (Aaltonen ym. 1997, 178.)

Työkalujen valitsemisessa huomio kannattaa kiinnittää seuraaviin vaiheisiin:

- Terän kiinnitysmenetelmää valitessa huomio kiinnittyy työstötapahtumaan ja työstettävään materiaaliin. Kiinnitykseen on vaihtoehtoina esimerkiksi vipu tai ruuvi keskireiästä tai vastaavasti kiinnityskynsi.
- Työkalun kokoa ja mallia valitessa olisi hyvä aina ottaa suurin mahdollinen työkalu, mikä sopii koneeseen. Tällä saadaan työstöolosuhteista mahdollisimman tukevat.
- Teräpalan muodoista tukevin on neliömäinen 90° terä. Kapeat 35° kärkikulmiltaan olevat terät ovat heikkoja kestäämään, mutta optimaalisia muotosorvauksessa ja viimeistelytyössä.
- Teräpalan koon tärkein valintakriteeri on rouhinnassa tapahtuva lastuamissyvyys. Mitä suurempi terä, sitä suurempi on lastun irtoaminen.
- Nirkonsäteen koko terässä vaikuttaa pinnankarheuteen. Eli suuri nirkonsäde vaikuttaa positiivisesti pinnankarheuteen.
- Teräpalan tyyppiin vaikuttaa lastun poikkipinta-ala. Pinta-ala muodostuu syötön ja lastuamissyvyyden tulosta. Lastun poikkipinnan avulla jaotellaan työstö kuuteen eri työstötapaan, jossa hienosorvauksessa on ohkaisinta lastua ja vastaavasti raskaassa rouhinnassa paksuinta. Näille kaikille löytyy sopivat teräpalat.
- Terien materiaaleista yleensä valitaan päällystettyjä kovametalleja. Päällystetyillä kovametalleilla pystytään sorvaamaan niin terästä kuin ruostumatonta terästä ja valurautaa. Muita terämateriaaleja on esimerkiksi keraamit ja timantit.
- Lastuamisarvojen määrittäminen on viimeinen tarkistettava kohta. Terä- ja materiaalitoimittajilta on saatavissa erilaisia lastuamisarvosuosituksia. Näistä taulukoista saa helposti selville työstöarvot perussorvaukseen. (Aaltonen ym. 1997, 179.)

Teräpalat ovat yleensä käännettävissä, jolloin niissä on enemmän sorvaussärmiä. Teräpalat ovat ISO-standardin mukaisia, joten eri valmistajien tuotteet sopivat yhteen keskenään. Terät kuluvat silloin kun tapahtuu lastuamista, eli ne hankaavat työstettävään kappaleeseen. Ensiksi terä alkaa tylsyä ja tämän jälkeen se murtuu, mikäli sitä ei vaihdeta uuteen. Kulumisnopeuteen vaikuttavat esimerkiksi työstettävä raaka-aine, teräaine ja sen laji, terän muoto ja kulmat sekä työstöarvot ja työstötavat.

Vaikuttavia asioita voi olla myös sorvin kunto sekä sorvaajan ammattitaito. (Maaranen 2012, 144.)

Terän kuluminen ja yleisimmät terävauriot voidaan jakaa kymmeneen erilaiseen rikkoutumiseen. Normaalein terän kuluminen on viistekuluminen. Siinä päästöpinnaan ja nirkon säteeseen muodostuu kulumisviiste. Tässä terä palaa helposti loppuun, mikäli sitä ei vaihdeta ajoissa. Viistekuluminen huonontaa pinnankarheutta. Tätä voidaan hidastaa suurentamalla syöttöä tai pienentämällä lastuamisnopeutta. Lovikuluminen aiheuttaa lastun reuna, joka hankautuu terän sivusärmään. Välttämiskeinoina on asetuskulman ja lastuamisnopeuden pienentäminen tai käyttämällä kestävämpiä kovametallilaatuja. Kuoppakuluminen aiheutuu kun lastu hankaa terää mekaanisesti. Pienentämällä syöttöä ja lastuamisnopeutta tätä pystytään hallitsemaan. Myös runsas lastuamisnesteen käyttö auttaa. Murtuminen ja lohkeaminen ovat seurausta kulumisesta. Rinta- ja päästökulmaa pienentämällä tätä voidaan välttää. Myös syötön ja lastuamisnopeuden pienentäminen auttaa asiaan. Plastinen muodonmuutos tulee terän leikkaavaan särmään ja se näkyy sisäänpainumana terän sivussa. Lastuamisnestettä lisäämällä ja syöttöä ja lastuamisnopeutta pienentämällä tätä voidaan estää. Irtosärmiä syntyy terän kärkeen, kun työstettävästä kappaleesta irtoaa osasia ja ne hitsautuvat terään kiinni. Tähän auttaa suurempi syöttö ja lastuamisnopeus. Lämpöhalkeamat aiheutuvat helposti lämpötilan vaihtelun seurauksena. Syöttöä sekä lastuamisnopeutta pienentämällä voidaan välttää tätä. Välttääkseen lämpötilan vaihtelut, pitää lastuamisnestettä käyttää runsaasti tai ei ollenkaan. Teräsärmän säröily aiheuttaa voimakasta viistekulumista. Liian hauras teränlaatu voi olla tähän syytä. Säröilyä voidaan estää suurentamalla lastuamisnopeutta tai sitkeämmällä kovametallilaadulla. Lastuhakkaumat aiheutuvat liian pitkistä lastuista ja ne muodostuvat teräsärmän lastuavan osan ulkopuolelle. Tähän voidaan vaikuttaa helposti syöttöä muuttamalla. Liuskemurtuvat tulevat terän yläpinnalle, jonka liian suuri terään kohdistuva paine aiheuttaa. Pienempi syöttö ja sitkeämpi kovametallilaatu auttavat tähän. (Maaranen 2012, 145; Sandvik 2010, A89.)

Teräpalojen pakkauksen takana on koodiavain, joka perustuu ISO 1832-2004 standardiin (Seco 2012, 16). Otetaan esimerkkiteräpalaksi Navalin paljon käyttämä

ruostumattoman teräksen sorvaukseen soveltuva Secon pala, jonka koodiavain on CNMG 120408-MF4 TM4000.



Kuva 8. Secon teräpalalaatikoita.

Taulukko 1. Teräpalojen koodiavainten selitykset.

Numero	Koodi	Selitys	Tässä terässä
1	C	Terän muoto	Vinoneliö, jonka kärkikulma on 80°
2	N	Terän päästökulma	0°
3	M	Toleranssit	Toleranssiluokka M
4	G	Terätyyppi tai lastunmurtaja	Kääntöterä, 4 teräsärmää
5	12	Teräsärmän pituus	12,00 mm
6	04	Paksuus	8,00 mm
7	08	Nirkon säde	0,8 mm
8		Teräsärmän pituus	
9		Lastuamissuunta	
10		Sisäinen merkintä	
11		Sisäinen merkintä	
12	F	Sorvaus	Viimeistely
13	4	Särmien määrä	4
	TM4000	CVD-pinnoitettu laatu	Ruostumattomien teräksien työstö. Kulutuskestävyys ja särmän sitkeys erinomainen.

Yleisesti ottaen teränpitimet jaetaan sisä- ja ulkosorvaustyökaluihin. Ulkosorvaustyökalut ovat varreltaan neliötankoja, johon teräpalat kiinnitetään ruuvi- tai kiilakiinnityksellä. SisäSORVAUSTYÖKALUT ovat ympyrämäisiä poikkileikkaukseltaan

ja halkaisijaltaan mahdollisimman ohkaisia, jotta ne mahtuvat kappaleen sisälle. (Aaltonen ym. 1997, 184.)

Teräpitimien tärkeimmät vaatimukset ovat riittävä tukevuus, sujuva lastuvirta, ulottuvuus, monipuolisuus käyttökohteissa, terän kestoiän edistäminen ja helppo huollettavuus. (Sandvik 2005, A 14.)

Työkaluissa on erilaisia sovelluksia. Esimerkiksi Capto -työkalujärjestelmät takaavat nopean käsikäyttöisen pikavaihtomahdollisuuden varsipitimissä. Sandvikin mukaan tämän pikavaihdon myötä koneistukseen voi vapautua keskimäärin 25 % enemmän aikaa. Etuja on myös että terähuolto voidaan suorittaa koneen ulkopuolella pikavaihdon myötä. Captoa kiinnittäessä sorviin kannattaa käyttää momenttiavainta, jolloin saavutetaan oikea kiristysmomentti. Capto -työkalujärjestelmässä on korkea taivutusvahvuus ja sillä voidaan ajaa suurella karanopeudella. (Sandvik 2011, G 5; Coromant Capto Systems 2013.)



Kuva 9. Sandvik Coromantin Capto -työkalu.

Capto -työkalut tarjoavat myös korkeapaineisen nesteensyötön. Tämän avulla voidaan käyttää korkeampaa lastuamisnopeutta rouhinnassa ja puolikarkeassa

koneistuksessa. Capto -työkaluissa lastuamisneste suuntautuu pienten 1 mm halkaisijaltaan olevien suuttimien avulla, mahdollisimman tarkasti suunnattuun nestesuihkuun. Tätä suihkua kutsutaan yhdensuuntaiseksi laminaarivirtaukseksi. Terän rintapintaan ja lastun alapinnan välille muodostuu nestekiila, kun suurinopeuksinen nestesuihku suunnataan oikeaan kohtaan. Nestekiila jäädyttää terän lastuamisvyöhykettä ja irrottaa lastun mahdollisimman nopeasti irti terästä, jolloin terä säästyy helpommin lastun aiheuttamista vaurioista. Suihku myös edistää lastujen murtumisen pienemmiksi kappaleiksi jolloin ne lähtevät helpommin terän luota. (Sandvik 2011, A 110.)

Capto -työkalujen monitoimiseen puomiin yhdistyy samaan työkaluun ulko- ja sisäSORVAUSTERÄ. Kun molemmat terät ovat samassa puomissa, niin säästetään ajassa sorvin revolverin pyöriminen vaihdettaessa toiseen työkaluun. Terien ollessa samassa puomissa myös huoltotoimenpiteet ja teränvaihdot voidaan tehdä yhtäaikaaisesti. (Sandvik 2012, H 1.)

3.2.1 Terien automaattikaapisto

Navalilla on käytössä yksi Secon tarjoama teräpalojen ja työkalujen automaattinen varastokaappi.

Kaappi on lukittu vetolaatikosto, jolla on oma sovellus. Tämän sovelluksen avulla järjestelmä huolehtii raportoinnista ja uusien tuotteiden tilaamisen loppumassa olevien tilalle. Kun tuotteet ovat lukituissa kaapeissa, niin hävikki on pienempää ja seurannan avulla pääomaa on sidottu varastoon vähemmän. (Tervola 2004, 39.)

Käytännössä kaappi toimii siten, että käyttäjä kirjautuu järjestelmään käyttäjätunnuksen ja salasanan avulla. Tämän jälkeen hän pääsee päätteellä selaamaan tai hakemaan kaapista etsimiään tuotteita, jotka löytyvät hakemalla käyttäen kyseisen tuotteen koodiavainta. Kun tuote on löydetty, ilmoittaa järjestelmä että missä laatikossa ja lokerossa tämä on. Kun käyttäjä on ottanut tuotteen, kirjaa hän järjestelmään ylös, että kuinka monta kappaletta kyseisiä tuotteita hän otti. Näin järjestelmä pysyy ajan tasalla lukumääristä. Kun kaapissa on ennaltaan määritellyn

hälytysrajan verran tuotteita jäljellä, tieto menee sähköpostitse ostajalle tai muulle kaapiston haltijalle ja hän laittaa tilauksen eteenpäin toimittajalle. Tietokoneella olevan ohjelman avulla on helppo tarkkailla kaapiston sisältämät tuotteet ja niiden määrät. Navalin kaappi sisältää teräpaloja ja työkaluja monelta eri toimittajalta.



Kuva 10. Secon teräpalojen ja työkalujen automaattinen varastokaappi.

3.3 Pinnanlaatu

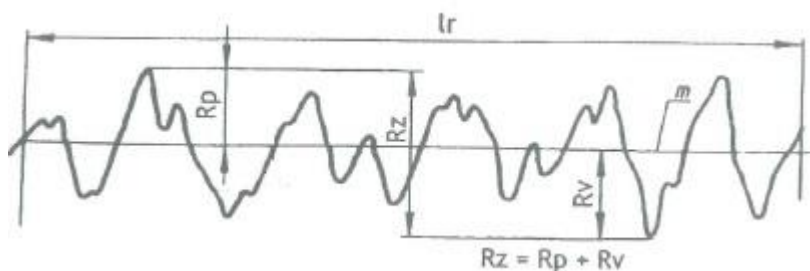
Pinnankarheusvaatimukset ja pinnankarheusominaisuudet ilmoitetaan käyttäen joko korkeussuuntaista tai pituussuuntaista suuretta. Tässä tarkastellaan pinnan korkeussuuntaista suuretta R_a - ja R_z -arvoa. R_a -arvo on profiilin aritmeettinen keski poikkeama, joka on profiilipoikkeamien absoluuttisten arvojen aritmeettinen keskiarvo mitatulla jaksolla l . (Pere, 2012, 21-6.)

Kuva 1. Profiilin R_a aritmeettinen keski poikkeama.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l \| y(x) \| dx \quad \text{tai likimäärin } R_a \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \| y_i \|$$

Kaavakkeessa n on mukaan otettujen profiilien lukumäärä. (Pere, 2012, 21-6.)

Profiilinsyvyys R_z saadaan kun otetaan profiilin huippuviivan ja laaksoviivan välinen etäisyys mittausjaksolla. Aikaisemmin tämä oli R_y . (Pere, 2012, 21-6.)



Kuva 11. R_z -profiilinsyvyys. (Pere, 2012, 21-6.)

Aiemmin R_y tarkoitti profiilin kymmenen huipun, eli viiden korkeimman huipun ja viiden syvimmän laakson itseisarvojen summan keskiarvoa mittausjaksolla. Tätä ei kuitenkaan ole enää standardissa, joten R_z ja R_y ei pidä sekoittaa keskenään. (Pere, 2012, 21-6; SFS-EN ISO 4287 1997, 12.)

3.4 Numeerinen ohjaus – M- ja G-käskyt

Kun työstökone suorittaa kappaleen koneistustehtävät automaattisesti, on se silloin numeerisesti ohjattu, jota ohjaa ennalta laadittu ohjelma. Tällöin matkainformaatio ilmoitetaan numeroina. Koneita voidaan ohjata myös kun numeerisessa muodossa oleva tieto on syötetty käsin. (Pikkarainen & Mustonen 2010, 11.)

Aikaisempiin menetelmiin, kuten käsikäyttöisiin sorveihin verrattuna, numeerisessa ohjauksessa on paljon hyviä puolia:

Koneistajan työ on nykyään helpompaa ja fyysistä työtä hänellä on vähemmän. Kun ohjelman järjestää NC-koneelle, niin kone suorittaa sen itsenäisesti, eikä koneistajan tarvitse kuin valvoa vain työstöä. (Pikkarainen & Mustonen 2010, 15.)

Tasainen laatu taas on varmaa NC-koneella ja hylättäviä kappaleita tulee vähemmän. Ilman mitään haaveria tai häiriötä kaikki tehdyt kappaleet ovat mitoiltaan samanlaisia. Mittapoikkeamia syntyy ainoastaan työkalun kulumisen ja materiaalin

ominaisuuksien vaihtelun takia. Laadunvalvontaan riittää taas otanta, jolloin kaikkia kappaleita ei tarvitse tarkastaa. (Pikkarainen & Mustonen 2010, 15.)

Tavaran läpimenoaika on pientä ja sarjat valmistuvat nopeasti kun asetusaikakin on pieni. Pienen asetusajan ansiosta voidaan työstää myös pieniä sarjoja ja näin ollen säästöä syntyy kun varastokustannukset ovat pieniä. Samaten säästöjä syntyy myös palkkakustannuksissa, kun työhön vaadittava aika on lyhentynyt. Edullista on myös se, kun monia eri työstöitä voidaan tehdä samoilla työkaluilla. Näin erilaisia työkaluja tarvitaan entistä vähemmän. (Pikkarainen & Mustonen 2010, 16.)

Joustava valmistus muodostuu siitä, kun NC-koneilla on helppo muuttaa kesken sarjankin parametreja ja muita arvoja. Koneet ovat usein keskenään hyvinkin samanlaisia, joten koneen hajoessa homma ei välttämättä seisaudu. Ohjelmat siirtyvät koneelta toiselle helposti sähköisessä muodossa. Myös muun tietoverkon käyttö on helppoa NC-koneen kanssa. Automatisointi robotteineen on tuonut työskentelyä entistä tehokkaammaksi ja helpommaksi. (Pikkarainen & Mustonen 2010, 17.)

Huonoina puolina NC-koneissa voitaisiin pitää korkeita hintoja, jotka kuitenkin laskevat jatkuvasti alaspäin. Hintaa laitteisiin tuo mittavat lisävarusteet joita on saatavissa tehokkuuden maksimoimiseksi. (Pikkarainen & Mustonen 2010, 19.)

Rikkoontumisista johtuvien ongelmien välttämiseksi olisi hyvä omassa henkilökunnassa olla ammattitaitoista huoltohenkilöstöä. Näin välttyttäisiin kalliilta korjauskustannuksilta. Mahdollisia kustannuksia aiheuttavat myös työkalujen rikkoontumiset. Työstöä on kuitenkin hyvä kokoajan seurata, jotta välttyttäisiin suurilta hylkykustannuksilta, mikäli vaikka teräpala on rikkoontunut. NC-koneet eivät tunnista mahdollisia poikkeamia aihioissa, joten niitä olisi hyvä valvoa myös. Koneen käyttäjän ammattitaito on arvokasta, jota työpaikalla arvostetaan. Tietotaitoa olisi hyvä jakaa eteenpäin muillekin työntekijöille, jotta välttyttäisiin ongelmatilanteilta mahdollisissa poissaoloissa. (Pikkarainen & Mustonen 2010, 19.)

NC-koneistusta voidaan tehostaa monella tapaa. Yleensä konepajoissa on puute kapasiteetista, eli miten nykyisillä koneilla saadaan tarpeeksi hyvä tuottavuus, jotta

vältyttäisiin uusilta kalliilta investoinneilta. Epäkohta valmistuksessa voi olla se, jos liian pieniä kappaleita valmistetaan suurilla sorveilla. Tällöin turhaa aikaa kuluu koneiden suurten kierroslukujen saavuttamiseen, joka on viiveellistä isoilla sorveilla. Joitain harvemmin sorvattavia tuotteita on kannattavaa tarkistaa, että onko niitä järkevää valmistaa itse, vai olisiko esimerkiksi alihankinta edullisin vaihtoehto. (Pikkarainen & Mustonen 2010, 179.)

3.5 Lastuamismestojärjestelmä

Navalilla on käytössä keskitetty lastuamismestojärjestelmä, Losma Medio Master 600. Järjestelmän kautta voi kulkea jopa 800 litraa nestettä minuutissa sorveille. Suodatuksessa nesteestä puhdistetaan metallisia ja epämetallisia hiukkasia täysin automaattisesti. Vastaavia järjestelmiä voidaan käyttää muuallakin teollisuuden valmistusmenetelmissä, kuten jyrsinnässä, hionnassa ja sahauksessa. Losma Medio Master on korkean hyötysuhteen painovoimasuodatin, jonka suodatinmateriaalina käytetään kuitukangasta. (Losma Instruction Manual 2006, 11; Losma S.p.A. www-sivut 2013.)

4 TUTKIMUSTYÖ

Työn alussa aloitin selvittämään solun nykytilaa, sen työskentely- ja menettelytapoja sekä tutustumaan paremmin solun työntekijöihin. Solu oli minulle ennestään jo jokseenkin tuttu, koska olin ollut kaksi vuotta aikaisemmin solun hydraulisella puristimella kesätöissä. Vuoden 2013 kesänä olin yhdellä solun sorvilla tuuraamassa kesä- ja sairauslomalaisia. Tutustuminen tapahtui näin luontevasti, kun olin täysipäiväisesti solussa töissä.

Kesän aikana tuli tunnusteltua työn ohessa solun ilmapiiriä. Samalla keskustelin työntekijöiden kanssa ja tein pieniä haastatteluja. Kyselin muun muassa sorvien ohjelmien hakemisesta ja niiden nimeämisestä. Haastatteluissa selvisi, että jokaisella sorvilla on laatikossa omat kansiot, joissa on lueteltuina jokaisen sorvattavan

nimikkeen tuotenumero ja käytettävä ohjelma sorvissa. Victor-sorvilla oli kansio, missä yhdellä sivulla oli aina yksi tuote, esimerkiksi jatkeputki DN 250 ja sen yhteyteen oli lueteltu tuotteen eri ”muoto” esimerkiksi HK (haponkestävä) ja TA (täysiaukkoinen). Lähes vastaavanlaisia kansioita oli jokaisella sorvilla. Ehdotin, olisiko helpompaa etsiä tietokoneelta ohjelmat, jos tiedostot olisi nimetty uudelleen. Solun työntekijöiden yhteinen mielipide oli, että ohjelmat ovat selkeästi ja helposti löydettävissä kansioista, niin kuin ne ovat aina olleetkin. Tarvetta ja halua ei ollut muutokseen.

Ohjelmat eroavat sorveissa toisistaan huomattavasti. Kun sorvit ovat erimerkkisiä ja eri-ikäisiä, niin Fanucin ohjelmat eivät täsmää toisiinsa. Joissain sorveissa pakka pyörii toisinpäin ja joissain ovi sulkeutuu eri käskyllä. Tässä olisi hyvä parannusehdotus jatkon kannalta, että ohjelmat olisi synkronoitu jossain määrin keskenään, koska täysin samanlaisiksi niitä on mahdoton saada sorvien eroavaisuuksien takia. Yksi keino olisi hankkia tulevaisuudessa poistuvien sorvien tilalle samanmerkkisiä laitteita mitä ennestään solussa on.

Tämä laitekannan uusiminen tulee tulevaisuudessa jossain vaiheessa ajankohtaiseksi, kun nykyiset koneet alkavat tulla tiensä päähän. Tulee huomioida, että koneen äkillinen hajoaminen saattaa tuoda ongelmia tuotantoon. Vanhojen koneiden korjaaminen ei välttämättä aina ole paras ratkaisu. Investointi olisi iso ja taloudellisesti merkittävä panostus, mutta laitteiston päivittämisen jälkeen työskentely helpottuisi. Suurin hyöty saavutettaisiin, mikäli kaikki uudet sorvit olisi synkronoitu keskenään niin, että ohjelmia olisi helpompi siirtää koneelta toiselle. Tällöin olisi helppoa myös työntekijöiden vaihtaa sorvilta toiselle, kun koneet ovat samanmerkkisiä ja näin ollen niiden toiminnot ovat samankaltaisia. On myös järkevää pohtia, olisiko kannattavampaa automatisoida joitakin sorveja roboteilla. Saataisiinko näin ollen sorveista suurempi hyöty ja olisiko se kannattavaa.

Nykyisin sorveihin löytyy paljon ohjelmia, jotka ovat turhia ja tarpeettomia. On ohjelmia nimikkeille, joita ei ole enää moneen vuoteen valmistettu. Monesta ohjelmasta on olemassa monia eri versioita, joita on syntynyt pienten parannusten ja muutoksien jälkeen. Näitä olisi tarpeellista karsia, jotta ohjelmaluettelo olisi

selkeämpi ja yksiselitteisempi eikä tarvitsisi pätkäillä eri ohjelmien väliltä että mikä sopisi millekin parhaiten.

Kävin syksyn aikana läpi näitä sorvien sorvausohjelmia. Kokosin niistä excel-tiedostoja, joissa oli lueteltuna ohjelmat ja niiden nimikkeet, tuotenumerot, valmistetut kappalemäärät kahdelta edelliseltä vuodelta ja sorvit, joille ohjelmat sopivat.

Tavoitteena olisi saada jokaiselle vakituiselle sorvattavalle nimikkeelle yksi toimiva ohjelma, jota voitaisiin tarpeen tullen kehittää. Tämän saavuttaakseen olisi tarpeellista karsia ylimääräiset ohjelmat pois ja käydä käytössä olevat ohjelmat läpi, jotta niistä saataisiin tarpeeksi hyvät. Ohjelmista olisi hyvä tulla ilmi, minkä tuotteen ne ovat. Useasti vain niiden tekstikenttään ei tilanpuutteen vuoksi voi kirjoittaa tuotenumeroa. Joku muu keino olisi siis hyvä keksiä.

Nykyajan teräpalat ovat kehittyneitä, mutta sorvit ovat jokseenkin vanhoja. Näin ollen teräpaloilla voi ja joskus jopa pitääkin ajaa kovempaa ja nopeammilla kierroksilla sekä syötöillä. Tällöin niiden ominaisuudet tulevat paremmin ilmi ja mahdollisesti myös kestävät pidempään.

Myös työjonolle toivottiin parannusta. Trukkikuskit eivät usein ole saaneet tietoa siitä, mitä tavaraa sorvarit tarvitsevat meneillään olevan sarjan jälkeen. Kun meneillään oleva sarja on valmis, sorvarit alkavat etsiä trukkikuskia tai hyllyistä tulevaa sorvattavaa materiaalia, jolloin kuluu usein kallista aikaa asetuksen teosta. Ratkaisu voisi olla erikseen oma tilauslista trukkikuskeille, mikä konkreettisesti voisi olla taulu solun vieressä käytävällä. Sorvari kirjaisi tauluun tarvittavan materiaalin ja kellonajan, koska kyseistä materiaalia sorvilla tarvitaan. Taulusta kuskit voisivat oma-aloitteisesti katsoa tulevat tilaukset ja toimia sen mukaan. Tiedonkulkuun toivottiin myös parannusta työjohdon ja solun työntekijöiden välillä.

Paljon on tullut huomautuksia siitä, että Masterkeystä ei löydy auki olevaa sarjaa, vaikka tuotannonohjauksesta se olisi avattu. Joskus se häviää listasta, kun se on ollut siellä liian kauan, kuten kaksi viikkoa. Tuotannonohjauksessa olisi hyvä kiinnittää

huomiota sarjan vanhenemispäivämäärään, jotta välttyttäisiin ylimääräisiltä sekaannuksilta ja konttorissa käymisiltä.

Solun sisältä on tullut ehdotuksena myös se, että olisi hyvä saada työnkiertoa soluun. Tämä toisi työntekijöille lisää vaihtelevuutta ja mielekkyyttä arkiseen työntekoon, josta myös työnantaja hyötyisi. Työkierto toisi lisää asiantuntemusta työntekijöille ja mahdollisuuksia solun sisällä. Sairastapauksissa olisi eri vaihtoehtoja vaihtaa työntekijöitä koneelta toiselle kun ammattitaitoa ja osaamista riittäisi. Tämän avulla tuotanto ei kärsisi, jos tärkeältä koneelta puuttuisi osaava työntekijä. Työntekijöiden osaamismatriisia ollaan ottamassa käyttöön tehtaalla. Tämä on vasta kehitysasteella ja pilottikokeiluun valittiin kyseinen solu 3. Tämän osaamismatriisin tekeminen solun työntekijöistä helpottaa esimiesten työtä, kun on tarve siirtää työntekijä toiseen työpisteeseen. Matriisista käy helposti ilmi eri variaatiot, joita solun sisällä voidaan käyttää, kun kunkin osaaminen on tiedossa.

4.1 Havainnointitutkimus työajankäytöstä

Havainnoinnilla voidaan kerätä tietoa tehtaalla tapahtuvista erilaisista asioista. Tavallisesti siinä tarkkaillaan mihin työntekijät käyttävät työaikansa. Havainnoinnilla voidaan selvittää myös häiriötekijöiden esiintymistä työpaikalla. Tutkimus tehdään niin, että laaditaan kuvaus, jossa työ on jaettu havainnoinnin kannalta tärkeisiin työvaiheisiin. Kun työtä seurataan, tehdään paperille tukkimiehen kirjanpidolla merkintöjä, tiettyinä ajanjaksoina täsäväleini. Lomakkeeseen on myös hyvä merkata havainnoinnin kokonaisaika. (Larikka ym. 2007, 155-156.)

Tein työn edetessä pienimuotoisen havainnointitutkimuksen sorvaussolusta kahteen eri otteeseen. Ensimmäisellä kerralla havainnointi kesti 5,5 tuntia ja toisella 3,5 tuntia eli yhteensä havainnointia tuli 9 tuntia. Havainnointiin suhtauduttiin positiivisesti ja ymmärtäväisesti. Ajattelin aluksi, että siihen suhtauduttaisiin varsin skeptisesti, jos tullaan havainnoimaan ja tarkkailemaan työntekoa. Kaikin puolin suhtautuminen oli siis hyvää, toki välillä tuli uteliaita kysymyksiä ja katseita.

Havainnoinnissa jaoin kaavakkeen 12 eri osaan, joihin kirjasin viivan joka kahden minuutin välein siihen, mitä kunkin sorvin työntekijä teki. Esimerkiksi, jos sorvari vaihtaa kappaletta sorviin juuri sillä hetkellä kun kahden minuutin aikaväli tulee täyteen, merkkasin viivan tällöin kappaleen vaihto/käsittely –kohtaan. Liitteessä 1 on malli kaavakepohjasta, mitä käytin sorvien havainnoinnissa ja liitteessä 2 vastaava pohja puristimien havainnointiin.

Kun olin tehnyt havainnoinnit kahtena eri päivänä, tein niistä yhteenvetona havainnollistavia taulukoita ja kaavakkeita. Sorvauksen ajankäyttöön kuuluvasta tutkimuksesta tein myös taulukon, missä selviää tuntimäärät, jotka kuluvat tiettyihin osakokonaisuuksiin.

Työaika pitää sisällään sellaisia töitä, joista asiakas on valmis maksamaan ja sellaisia, joista hän ei halua maksaa. Voidaan ajatella, että asiakas on valmis maksamaan niistä työosista, jolloin tuote muuttuu. Havainnoinnin avulla voidaan selvittää nämä työosat. (Larikka ym. 2007, 149.)

Työaika voidaan jakaa seuraaviin työlajiin:

- Tuotteen arvoa lisäävään työhön
- Kehitettävään työhön
- Poistettavaan työhön
- Odotukseen ja taukoon. (Larikka ym. 2007, 149.)

Tuotteen arvoa lisäävässä työssä tuotteen jalostusarvo nousee työntekijän tai koneen tekemän työvaiheen ansiosta. Tästä asiakas on valmis maksamaan, joten tämä on tuottavaa työtä. Esimerkiksi sorvauksessa arvoa lisäävää työtä on se, kun työstettävä kappale lastuaa. Käytännössä arvoa lisääväksi työksi pitäisi myös laskea sellaiset vaiheet, joissa ovat tuotetta muuttavan työn välittömästi tarvitsemat osien ottamiset ja asettamiset, vaikka tällöin ei tuote muuttaisikaan muotoaan. Näitä työosia ei voida poistaa kokonaan, koska ne ovat välttämättömiä. Sen sijaan niitä voidaan kehittää, joten ne ovat kehitettävää työtä. Osien hakemiset, kuljetukset, korjaustyöt ja muut turhat työt ovat poistettavaa työtä. Tällöin tuotteen arvo ei lisääny, eikä niitä pidä juuri kehittääkään, vaan niistä on pyrittävä eroon. Poistettavien töiden havaitseminen ja hävittäminen on tärkeä osa tuottavuushavainnointia. Osa työajasta

on myös odottamista ja taukoa. Näitä on kyseenalaista laskea työlajeiksi, koska nämä eivät ole työtä ollenkaan. (Larikka ym. 2007, 150.)

Taulukko 2. Kaikkien sorvien työlajien sisältö.

Työlajit	Havainnot	%-osuus
Arvoa lisäävä työ	315	33,6 %
Kehitettävä työ	422	45,0 %
Poistettava työ	33	3,5 %
Odotus ja tauko	167	17,8 %
	937	100,0 %

Taulukko 3. Solun työtuntien jakautuminen työpäivää kohden.

Arvoa lisäävä työ	2,7
Kehitettävä työ	3,6
Poistettava työ	0,3
Odotus ja tauko	1,4
Yhtensä	8,0

Tein taulukon, joka havainnollistaa työpäivän jakautumisen eri työlajeihin solussa. Näistä taulukoista saadaan selville prosenttiosuudet per työpäivä ja tuntijako per työpäivä. Arvoa lisäävä työ on 2,7 tuntia päivässä eli 2 tuntia ja 42 minuuttia. Tähän kuuluu siis ainoastaan vaihe, kun sorvin ovi on kiinni ja sorvin sisällä työstettävä kappale lastuaa. Tämä aika pitäisi olla suurempi. Mielestäni suurimmat parannukset olisi kuitenkin tehtävä kehitettävässä työssä. Lähes puolet työpäivästä kuluu tähän kehitettävään työhön, johon sorvauksessa laskin asetuksen teon, kappaleen vaihdot ja käsittelyt, teräpalan vaihdot, raportoinnit, laadun tarkistuksen, lastujen poistot sekä työpaikan siistimisen. Poistettava työ oli vain 3,5 % kokonaisuudesta. Tähän lasken materiaalin siirrot, häiriöt ja turhat keskustelut esimiesten tai työkavereiden kanssa. Sen sijaan tauot ja odotukset olivat hieman suuremmat kuin olisi pitänyt. Tauot venyivät välillä liikaa, joten siitä kertyi tuo 1 tunnin ja 24 minuutin mittainen aika.

Näiden työajajakojen perusteella ei kuitenkaan kannata tehdä suuria johtopäätöksiä, koska nämä havainnoinnit tehtiin kahtena erillisenä päivänä käytännön syiden takia. Luotettavimmat tulokset saataisiin kun havainnointi tehtäisiin yhden päivän aikana.

Itse havainnoinnissa huomasin, että työnteho oli tehokkaampaa verrattuna ”normaaliin työtahtiin”. Tauot pidettiin minimissään, eikä ylimääräisiä ”torikokouksia” syntynyt työntekijöiden välille. Monien työntekijöiden panos yllätti minut positiivisesti.

Havainnoinnin avulla selvisi, että asetusten tekeminen vie aikaa suunniteltua enemmän. Tämän takia solusta on tullut toivomuksia, että asetusajoja muutettaisiin realistisimmiksi eli niitä pidennettäisiin. Se tiedetään, että asetusajat ovat tiukat, mutta kappaleiden työstämiseen kuluvat standardiajat sen sijaan kompensoivat niitä paikka paikoin, koska niissä on yleensä hieman ylimääräistä aikaa. Näin ollen en kokisi asetusajojen suurta muuttamista tarpeelliseksi, mikäli aikoihin ei ole aikomusta tehdä suurta muutosta. Jos taas aikoihin halutaan saada suuri muutos, niin niihin pitäisi paneutua erittäin tarkasti. Tämä taas veisi paljon aikaa ja vaivaa. Toki, jos jonkun nimikkeen asetusajaja ei millään vastaa todellisuutta, niin sitä olisi varmasti tarpeellista muuttaa, ihan pienelläkin vaivalla.

Asetusten tekemisen tehostaminen olisi tärkeää, koska niihin kuluu suhteellisen paljon aikaa. Tavoitteena olisi tulevaisuudessa pienentää sarjakokoja, joten asetusajat tulevat jatkossa entistä tärkeämmiksi.

4.2 Ottoetäisyysanalyysi asetuksen teosta

Ottoetäisyys on sitä, kun tutkitaan työntekijän käsien siirtymismatkoja, jotka kädet tekevät kun esineitä otetaan haltuun tai siirretään paikasta toiseen. Yleisesti voidaan ajatella, että työpaikan ensimmäinen kehystoimenpide on ottoetäisyyksien puolittaminen. (Larikka ym. 2007, 170.)

Ottoetäisyysanalyysi tehdään havainnoimalla ja kirjaamalla työpistekohtaisesti ottoetäisyyksiä. Esimerkiksi tukkimiehen kirjanpidon tekeminen valmiiksi laaditulle

lomakkeelle olisi helppoa. Lomakkeita voi olla useita, esimerkiksi materiaaleille ja työvälineille omansa. Ottoetäisyysanalyysi tehdään työpisteestä, jolloin tuloksista tehdään johtopäätöksiä sekä laaditaan suunnitelmat kehittämiskohteista. Lopuksi toteutetaan suunnitellut toimenpiteet (Larikka ym. 2007, 170.)

Olin seuraamassa kun Dainichi F-35:lle vaihdettiin asetusta. Kun JP DN150 tuli valmiiksi, niin työntekijä alkoi vaihtaa asetusta JP DN250:lle. Asetuksen teko sujui pääosin ilman mitään suurempia ongelmia. Kesto oli 38 minuuttia ja 15 sekuntia.

Asetuksen standardiaika on 10 min. 12 s., joten käytetty aika on huomattavan kaukana tästä. Syitä on monia. Varmasti standardiaika ei pidä paikkansa, joten siitäkin varmasti löytyy rukattavaa. Toki, pitää muistaa että itse työstön standardiaika antaa monesti anteeksi tuolle asetusajalle. Toisaalta taas on olemassa monia asetuksen vaihtoja kun sorviin ei vaihdeta muuta kuin ohjelma. Tällöin siihen menee aikaa vain muutama minuutti ja asetusajat ovat pienempiä.

Solusta tuli paljon toiveita, että asetusajaa muokattaisiin työntekijälle paremmaksi. Mielestäni tälle ei ole välittömästi tarvetta, vaan pitäisi tarkistaa uudestaan asetuksen tekovaihe. Paras keino olisi kuvata asetuksen teko ja tutkia sitä kautta tarkemmin itse tapahtuma. Tällöin voitaisiin tarkastaa videolta vaihdossa aikaa vievät asiat myös työntekijän kanssa jälkeenpäin. Tämän avulla hän itsekin näkee, mikä työssä on turhaa ja mahdollisesti poistettavissa, mitkä vievät runsaasti ylimääräistä aikaa.

Näin aluksi mieleen tulevia parannuskeinoja olisivat mittausvälineiden, kuten tulkkien ja mikrometrien selkeämpi merkkäminen, jotta ne tunnistaisi paremmin ja olisi helpommin otettavissa kaapista. Tästä tuli hankaluuksia, koska niitä piti tarkistaa kahteen kertaan, että varmasti käytössä ovat oikeat mittavälineet.

Toinen asia, joka nousi esille on tietokoneen hitaus raportoinnissa. Tämä ei sinänsä liity asetuksen tekoon vaan näin yleisenä huomiona hidastaa raportointia. Hitaus johtuu varmasti yhteyden hitaudesta, joka sitten vaikuttaa Masterkeyn käyttöön. Työntekijä luuli aluksi, että edellisen sarjan raportointi kuuluu tulevan sarjan asetusajkaan, mutta näin ei olekaan, vaan aika lukeutuu normaaliin päiväväkioaikaan.

Päivävakioaikaan kuuluvat kaikki työt, jotka ovat välttämättömiä työn tekemisen kannalta ja nämä eivät sisälly mihinkään tiettyyn tuotteeseen tai sarjaan. (Ahokas, Tiihonen, Neuvonen & Suikki 2011, 12).

Huomioitavaa asetusajassa on se, että kun kyseessä on jokin iso tuote, esimerkiksi JP DN200 pitkä, niin asetuksen teossa menee huomattavasti enemmän aikaa kuin pienemmissä ja helpommin käsiteltävissä nimikkeissä. Pitkien jatkeputkien sorvauksessa tarvitaan erikseen tukilaakeri. Tukilaakeri asennetaan sorvin sisälle tukemaan pitkää putkea keskeltä. Tämän itsensä asennukseen menee helposti 20 minuuttia. Myös raskaammat sorvinleuat hankaloittavat asetusta. Erityisesti tämä pitkien jatkeputkien asetuksen teko olisi hyvä kuvata. Tällöin tästä työstä ja sen ajankulusta saisi realistisen kuvan johon olisi helppo puuttua jälkeenpäin.

Asetuksenteossa ilmeni positiivisiakin asioita. Esimerkiksi työntekijä haki hyvin samalla uudet leuat sorville, kun vei vanhat pois. Myös työkalut ja osat olivat hyvin ottoetäisyydellä eikä näin ollen turhia hakureissuja ilmennyt. Edellisen sarjan valmiiksi tulleen materiaalin vienti pesupaikalle oli jokseenkin turha. Aina ennen työntekijä on jättänyt materiaalin käytävälle trukin kuljetettavaksi. Nyt kun asetuksen tekoa seurattiin, niin työntekijällä oli ehkä pienimuotoinen tarve venyttää mitattavaa aikaa.

4.3 Asetuksen videokuvaus

Videon käyttö antaa tuottavuustyöhön varmasti uutta visuaalisuutta ja tuloksellisuutta. Tämän käyttäminen on helppoa ja vaivatonta, eivätkä välineetkään ole kovin kalliita. Yrityksissä usein pohditaan, miten saataisiin henkilöstöä osallistumaan heidän oman työnsä kehittämiseen. Ongelmana voi olla työntekijöille tarjotut kehittämiskeinot, jotka usein ovat liian insinöörimäisiä, eikä työntekijöillä löydy motivaatiota tehdä parannusta. (Larikka ym. 2007, 160.)

Monesti työntekijät eivät näe parannuksia tarpeelliseksi, koska he ovat saattaneet tehdä kyseistä samaa työtä vuosikymmeniä ja samalla sokaistuneet tähän

rutiininomaiseksi muuttuneeseen työhön. Videokameran käyttö saa työntekijöiden silmät auki, jolloin he huomaavat sivusta parannuskohteet joita olisi hyvä tehdä. Kuvaamalla saatua materiaalia voidaan käyttää vaikka havainnointiin, epäkohtien tunnistamiseen tai työohjeiden tekemiseen. (Larikka ym. 2007, 160.)

Kuvaamisen jälkeen, kun videota katsotaan työntekijän kanssa, huomaa hän varmasti monia asioita, joita työtä tehdessään ei tule huomatuksi. Työnteon aikana hän keskittyy itse työsuoritukseen ja siihen, mitä seuraavaksi tekee. Tällöin keskittyminen työmenetelmien kritisointiin on hankalaa. Jälkeenpäin kun työskentelyä katsoo videolta, tapahtuu kritisointia ja parannuskohteiden miettimistä kuin itsestään. (Larikka ym. 2007, 160.)

Olin videokuvamaassa Dainichin asetuksen tekoa. Asetukseen kului aikaa 43 min. 30 s., kun taas annettu asetusaika on 10 min. 20 s. Kuvaamisesta sain hyvää materiaalia ja käsityksen siitä, mihin asetuksen tekoon todella menee aikaa. Katsoin ja käsittelin videota jälkeenpäin muutaman kerran. Tein videon pohjalta taulukon ja diagrammin, joiden avulla sain paremman käsityksen ja tiedon siitä, mihin aika kuluu kun standardiaikaan ei päästä.

Katsoimme videon myös asetuksen tekijän kanssa jälkeenpäin. Siinä heräsi ajatuksia monesta asiasta, joita olisi voinut tehdä tehokkaammin ja mitä voisi jatkossa parantaa. Videota katsellessa heräsi ajatus, että kun leukakärryssä on pyörät, niin sitä voisi liikutella sorvilta toiselle, mikäli siihen ensin lisättäisiin kahvat. Kävin testaamassa tätä kärryä, mutta se osoittautui erittäin raskaaksi työntää ja vetää. Kun solussa on mahdollisesti lastua ja muuta roskaa lattialla, niin silloin kärryn liikuttaminen on erittäin hankalaa. Tämän johdosta sain ajatuksen, että soluun voisi hankkia pienet ”asetuskärryt”, jossa olisi valmiina asetuksessa tarvittavat työkalut ja mittalaitteet. Näiden lisäksi kärryissä olisi vielä tilaa leuoille, jotka sitten tarpeen mukaan lisätään kärryn kyytiin. Näillä kärryillä vältettäisiin ylimääräinen kävely leukahyllyn ja sorvin välillä. Kustannuksia tälle kärrylle tulisi n. 250-300 €.



Kuva 12. Nykyiset leukakärryt.

Kärryssä olisi hyvä olla seuraavat ominaisuudet ja varusteet: kaksi levytasoa leuoille ja muille osille, kaksi laatikkoa työkaluille ja mittalaitteille, jarrulliset ja kääntyvät pyörät, riittävä painonkestävyys, kevyt työntää ja vetää, sekä sopivan kokoinen, jotta ei veisi turhaa tilaa.



Kuva 13. Ehdotus asetuskärryiksi. (AJ-tuotteiden www-sivut)

Laskin kuinka paljon tällä hetkellä asetuksen teossa tulee kävelyä, jota pystyisi vähentämään kärryjen ja uuden materiaalin otto/jättöpaikan avulla. Kyse ei rahallisesti ole isoista säästöistä, mutta helpotusta tämä kyllä toisi. Kärryjen ja uuden materiaalin otto/jättöpaikan myötä asetusajasta voisi helposti vähentää 7 minuuttia. Tällöin ajaksi jäisi noin 36,5 minuuttia.

Asetuksessa oli pidempiä kävelymatkoja 14 kappaletta, jotka saisi uusilla kärryillä korvattua kahdella vastaavalla matkalla. Matkassa tämä tekee yhteensä noin 110 metriä. Toki aikaa menisi kärryjen lastaamisessa ja aluksi työkalujen oikean paikan löytämisessä, mutta jatkossa ei tarvitsisi kärryihin muuta kuin tarvittavat leuat ja muut osat. Tässä kohtaa tarvitsee punnita että saadaanko noin 250 €:n kärryjen hankinnalla tarvittava hyöty.

Jos laskettaisiin, että kuukaudessa vaihdettaisiin asetus kahdeksan kertaa, niin tällöin säästettäisiin ajassa noin 2 tuntia/kuukausi. Eli kahden tunnin palkka kuukaudessa olisi sorvarilla noin 40 €. Jos esimerkkikärryt maksavat 280€, niin kärryt maksaisivat itsensä takaisin noin 7 kuukaudessa. Jos tämä kärry tulisi siis kahden sorvin käyttöön, niin käyttömäärä olisi luonnollisesti puolet suurempi, eli kärry maksaisi

itsensä takaisin noin kolmessa tai neljässä kuukaudessa. Tämä laskutoimitus on tehty ”suurin-piirtein” eli tästä ei kannata kovin suuria johtopäätöksiä vetää.

Asetusajassa olisi vielä ylimääräistä aikaa, mitä pystyisi poistamaan. Esimerkiksi topparin kiinnitys, tukilaakerin asennus ja sen letkujen kiinnitys ja leukapaineiden säätämisessä olisi ylimääräistä aikaa. Laskin, että nämä edellä mainitut asiat pystyisi tekemään viisi minuuttia nopeammin (12 min. → 7 min.), kun rajapysäytin ei tarvitse joka kerta kiinnittää, vaan pieni mittaaminen ja säätö riittäisivät. Näin ollen uusi aika tulisi olemaan noin 30 minuutin tienoilla, mikä olisi jo kohtuullinen parannus vanhaan aikaan verrattuna. Prosentuaalisesti tämä parannus olisi noin 31 %:n luokkaa. Kovin suurta ajan säästöä tällä ei kuitenkaan saada aikaan, koska isoja putkia sorvataan suhteellisen harvoin. Ja kun pitkiä jatkeputkia sorvataan, niin usein sarjan jälkeen tulee toinen sarja, jolloin kaikkia asetuksen muutoksia ei tarvitse tehdä, vaan ne ovat jo valmiiksi tehty edellisessä sarjassa.

Tukilaakerin itsensä asennus vie siis aikaa, mutta muuhunkin siihen liittyvään sitä kuluu. Esimerkiksi rajatopparin asennukseen menee jonkin verran aikaa. Tällä estetään vastepään liikkuminen liian pitkälle ja täten vältetään törmäilyä. Tarkastimme nimikkeet (pitkät jatkeputket), joissa topparia tarvitsee, ja havaitsimme että niitä on neljä eri sorvattavaa tuotetta. Kolmessa näissä rajatoppari on samassa kohtaa, joten sitä ei tarvitse säätää vastedes kuin yhden jatkeputken takia. Kun lyhkäisissä sorvattavissa tukilaakeria ei tarvita, niin toppari ei ole tiellä omalla paikallaan, joten sen voi antaa aina olla siellä.

Kävimme myös läpi jatkeputkea, jossa välttämättä ei tarvita tukilaakeria, kun se on lyhyempi kuin pisimmät jatkeputket. Ennen tässä on käytetty tukilaakeria, mutta sen tarve ei välttämättä ole pakollinen. Kun tämä jatkeputki tulee ajankohtaiseksi sorvauslistalle, niin silloin olisi hyvä jatkon kannalta tutkia tukilaakerin tarvetta.

4.4 Lastuamisen ja sorvien ohjelman kehittäminen

Kutsuin kaksi eri teräpalavalmistajaa vierailemaan yrityksessä. 31.10 Navalilla vieraili Seco Toolsin edustaja ja 1.11 Sandvik Coromantin edustajat. Näiltä kahdelta

valmistajalta tulee suurin osa teräpaloista ja työkaluista, joita sorvaustyöstössä käytetään. Vierailun tarkoituksena oli katsastaa teräpalojen ja työkalujen nykytila, miettiä toimintaa tulevaisuudessa sekä testata hieman joitain tuotteita uusilla ajoparametreilla.

Keskustelu Seco Toolsin edustajan Niclas Stolzmannin kanssa oli antoisa. Hän antoi paljon hyviä vinkkejä, joilla saisi solua paranneltua. Hänen mukaan soluun olisi hyvä tehdä selkeät työohjeet jokaiselle sorvattavalle nimikkeelle. Niissä olisi tiedot ja ohjeet asetuksen teosta, ajoparametrit sekä tiedot teristä ja työkaluista, joita suositellaan käytettäväksi. Voisi myös laittaa lapun sorvin viereen teristä, joita käytetään mihinkin sorvattavaan kappaleeseen ja terien keskiarvoiset kääntövälit. Näitä työohjeita tehtäessä voisi samalla tarkistaa ajoparametrit ja kellottaa uudet standardi- ja asetusajat. Ohjeeseen voisi liittää ajat, kuinka kauan yhden kappaleen valmistukseen menee tai vastaavasti montako kappaletta tunnissa olisi tavoitteen mukaan tehtävä. Näin työntekijätkin saisivat oikeudenmukaiset ja selkeät tavoiteajat. (Stolzmann haastattelu 1.11.2013.)

Työtä tehdessä tuli ajatus, että olisi käytännössä helpompaa ja halvempaa hankkia teräpalat ja työkalut yhdeltä toimittajalta. Näin tilaukset olisivat selkeämpiä ja edullisempia, koska voitaisiin neuvotella paljousalennuksista. Toki pakon edessä voi olla pakko käyttää useampaa teräpalatoimittajaa, jos esimerkiksi jotain tiettyä palaa ei löydy ainoan toimittajan valikoimasta. Tulevaisuudessa voisi kilpailuttaa eri valmistajia ja sitten valita paras vaihtoehto päätoimiseksi toimittajaksi.

Teräpalavalmistajien kanssa suoritettiin pienimuotoiset testiajot. Secon kanssa testauksessa oli teräpala CNMG120408-MF4 TM4000. Tälle teräpalalle etsittiin syötön ylärajaa. Testissä tarkkailtiin teräsärmien kulumista ja pinnankarheutta mitattiin R_a - ja R_z -arvoilla. R_a -arvolla kuvataan pinnankarheuden aritmeettista keskiarvoa [μm]. R_z taas on pinnankarheuden arvo, jossa kuvataan matalimman laakson ja korkeimman huipun välistä etäisyyttä [μm]. Navalilla pinnankarheutta tarkkaillaan tällä hetkellä vain R_a -arvolla. Yleisesti sorvatuissa pinnoissa, esimerkiksi tiivistepesien pinnoissa, tämän korkein R_a -arvo on 1.6 μm . R_z -arvon käyttöönoton tarpeellisuutta tarkastellaan suunnittelu- ja laatuosastolla, että pitäisikö se ottaa mukaan piirustuksiin. On hieman ristiriitaista tarkastaa pelkästään R_a -arvoa,

koska tällöin huomioidaan vaan pinnankarheuden keskiarvo, eikä korkeuseroja. Esimerkiksi R_a -arvo voi olla pieni ja toleranssin sisällä, mutta Rz-arvo voi olla suhteellisen iso pinnanmuodon ”aaltomaisuuden” vuoksi.

Alkuperäinen syöttö ohjelmassa oli Sandvikin terän kanssa 0.21 mm/r. Päätimme koittaa Secon terän ylärajoja nostamalla syötön peräti 0.7 mm/r. Teräpala kesti kuitenkin vain muutaman ajon, jolloin se vaurioitui. Uuden terän vaihdettua laskimme syötön 0.5 mm/r. Tällä saatiin ajettua 50 sorvattua kappaletta, eli yhteensä 100 sorvauspintaa. Ongelmia syntyi kun terän pidike liikkui sisäänpäin 0.3 mm. Tämä saattoi johtua liian kovasta syötöstä, mutta myös heikosta kiinnityksestäkin. Kun syöttö oli 0.5 mm/r, niin Ra-arvo oli silloin hyvää ja reilusti 1.6 μm :n sisällä. Rz-arvo oli kuitenkin korkea, jopa 8 μm . Tämän takia tätä arvoa on syytä tarkastella suunnittelu- ja laatuosastolla.

Kun Sandvikin edustajat olivat ensimmäisellä kerralla käymässä tehtaalla, niin silloin lähinnä suunniteltiin tulevia toimia. Kun he tulivat uudestaan 11.11.–12.11.2013 vierailemaan Navalilla, tarkoitus oli koittaa heidän Capto -varsipidintä sorvissa joita he ensimmäisellä kerralla meille suositteli. Capto -varsipidin osoittautui kohtuullisen hyväksi vaihtoehdoksi. Testausajoja ei saatu sillä kunnolla ajettua, koska tuotannossa oli haponkestävää jatkeputkea. Capto sen sijaan soveltuu parhaiten mustan teräksen sorvaukseen. Saimme kuitenkin selville, että Capton kanssa sorvaaminen säästää aikaa jo siinä, kun työkalun ei tarvitse mennä lähtöpisteeseen ja revolverin ei tarvitse kääntyä vaihtaakseen toiseen työkaluun, koska samassa varsipitimestä on sisä- ja ulkosorvaukseen soveltuva terä. Kun vielä Capton korkeapaineisen nestesuihku säädetään tehokkaammaksi, niin varmasti sen avulla saadaan parempia työstöarvoja ja -tuloksia.

Sandvik Coromantin edustajat tekivät vierailustaan pienimuotoisen tuottavuusraportin, jossa verrattiin Capton etuja tavalliseen teräpitimeen verrattuna. Tuloksista käy ilmi se, että Capton myötä vuodessa voisi tulla säästöä kustannuksissa noin 619 €. Työaikaa tulisi säästettyä noin 9 tuntia vuodessa. Tämä vastaa noin 1,12 työpäivää lisää.

4.5 Muut tutkitut ja kehitettävät kohteet

Tarkoituksena olisi tehostaa materiaalivirtaa solussa 3. Tähän ainoa ja täten paras keino olisi tehdä tulo- ja lähtömateriaalille oma paikka. Yksi ainoita ratkaisuja olisi tehdä solun päädyssä olevien materiaalihyllyjen alle kaksi paikkaa, jossa on tuleva ja lähtevä materiaali. Vaihtoehtoisesti siihen voitaisiin kerätä vain tuleva materiaali, ja solusta lähtevä jo sorvattu materiaali menisi käytävälle ja siitä trukkikuskit sen jälleen kuljettaisivat pois. Käytävälle voisi merkata paikan lavalle. Tähän soluun tulevaan tavaraan voisi puristajakin mahdollisuuksien mukaan kerätä materiaalia, mikäli on saanut sorvaukseen tulevia osia juuri puristettua.

Dainichin vieressä oleva vaakapuristin kaipaisi hieman parannuksia. Siinä käytettävät neljät erilaiset leuat lojuvat sekaisin puristimen alahyllyllä. Olisi siis tärkeää saada näille leuoille asianmukaiset säilytyspaikat jotta ne säilyisivät kolhuilta ja olisivat helposti otettavissa tarpeen mukaan. Ajatuksena olisi tehdä puristimen alle uusi hylly tai sitten siivota alahylly ja tehdä sinne neljälle laatikolle paikat johon leuat saisi. Väliaikaisesti puristimen alahyllylle laitettiin neljä muovista säilytyslaatikkoa, jossa leuat ovat.

Kävin yhden sorvarin kanssa läpi tietokoneen ja sorvin välistä CAMLINE® WinDNC –ohjelman ohjeita. Ohjelmalla asetetaan tietokoneen avulla käytettävä sorvausohjelma sorviin. Tämän ohjelman ohjeista on tullut jatkuvan parantamisen ehdotus, koska ohjeet eivät ole olleet kovin selkeät uusille työntekijöille. Kuitenkin vain muutama työntekijä osaa käyttää ohjelmaa, joten on tärkeää jakaa osaamista myös muillekin. Solussa ei tiedetty, että kyseisen ohjelman käyttöön on olemassa kattava manuaali, joka löytyi pienen etsinnän jälkeen solusta. Käyttöohjeet vaikuttivat vanhoilta, mutta kun ne käytiin tarkasti kohta kohdalta läpi, niin huomattiin että ohjeet ovat likimain hyvinkin paikkaansa pitävät. Päätimme, että ohjeita ei tarvitse muokata juurikaan, joten työntekijät kyllä tulevat pärjäämään ohjeilla mainiosti jatkossa.

Tein näiden ohjeiden loppuun tiivistelmän mahdollisista häiriöistä, joita voi ilmetä ohjelmaa käyttäessä. Tiivistelmässä on luetteloitu häiriöt ja niiden havaitsemista

helpottamaan on otettu muutama havainnekuva. Ratkaisut ovat laitettu esille, jotta työntekijät selviävät jatkossa mahdollisista ongelmista.

5 TEHOKKUUDEN OPTIMOINTI

Käyn seuraavassa hieman läpi asioita, joita suosittelisin solussa kehitetävän. Tehokkuuden optimoinnin pystyy saavuttamaan monella eri keinoin. Teoreettisesti siis pitäisi vaan saada enemmän tuotteita valmiiksi pienemmällä vaivalla.

5.1 Työntekijöiden motivointi

Päätin tehdä SWOT-analyysin sorvaussolusta. SWOT-analyysi kuvaa sisäisten tekijöiden eli vahvuuksien ja heikkouksien sekä ulkoisten tekijöiden eli mahdollisuuksien ja uhkien analysointia yrityksessä, kun uutta yritystä ollaan perustamassa tai sen strategiaa ollaan päivittämässä. (Viitala & Jylhä 2013, 390.)

Taulukko 4. Solun SWOT-analyysi.

S- Vahvuudet	W – Heikkoudet
Ammattitaito	Yhteishenki
Kokemus	Tiimityöskentely
Riittävästi työntekijöitä	Vanhat työtavat
O - Mahdollisuudet	T – Uhat
Uusien työntekijöiden mentorointi	Eläköityminen
Motivointi	Tietotaidon häviäminen
Osaamisen parantaminen	
Yhteishenki	

Kävin läpi solu 3:n tilannetta SWOT-analyysin muodossa. Vahvuuksiksi arvioin solussa olevan ammattitaidon ja kokemuksen. Solussa on paljon kokeneita

työntekijöitä, jotka ovat olleet pitkään solussa töissä tai muualla sorvareina. Kokemus on aina hyvästä ja tuo näkökulmia kokonaisuuteen.

Yhtenä heikkoutena pidän solussa vallitsevaa kitkaa yhteishengessä. Esimerkiksi jollain työntekijällä on pientä sanaharkkaa toisen kanssa tai vastaavaa käyttäytymistä. Tämä vaikuttaa negatiivisesti erityisesti näiden kahden työntekijän välisiin suhteisiin ja itse työntekoon, mutta myös muihinkin työntekijöihin. Tämän varjolla yhteishenkin alkaa väkisinkin rakoilla. Asiaa huonontaa vielä se, kun nämä työntekijät toimivat samalla koneella eri vuoroissa. Keinoja tämän solmutilanteen selvittämiseksi olisi hyvä löytää. Kolmas asia, jonka näen heikkoutena, on vanhat solussa vallitsevat työtavat. Ajan saatossa työtavat eivät ole enää kehittyneet tarpeeksi, kun työntekijöiden koulutuksesta on jo aikaa ja kiinnostus työtapojen kehittämiseen on lopahtanut.

Mahdollisuutena, jolla varmistettaisiin solun ammattitaito on, että eläköityvä työntekijä alkaisi hyvissä ajoin mentoroimaan solun uutta työntekijää, jotta tämä saisi omattua sen kaiken tietotaidon, mitä solussa on ollut ennenkin. Kaikki solun ja tehtaan työtavat olisi tärkeää hallita jo hyvissä ajoin, jotta tästä ei tulisi hankaluuksia jatkossa. Hiljaisen tiedon siirtyminen olisi myös todella tärkeää jatkoa ajatellen. Mikäli mentorointi tuottaisi hyvän lopputuloksen, olisi mentoroiija hyvä palkita pienellä palkkiolla, jotta tällä riittäisi vielä eläköitymisen porteilla motivaatiota tehdä tätä koulutustyötään. Motivoinnilla taas saataisiin työntekijöihin uutta virtaa työskennellä työpaikallaan.

Motivointikeinoja on haasteellista keksiä. Raha kun ei tule kysymykseen tällaisessa tilanteessa, kun solu tekee kokoajan heikompaa tulosta kuin muut tehtaan solut. Pitäisi keksiä muut palkitsemiskeinot joilla motivoida. Tietysti yksi keino olisi palkita hyvistä suorituksista, mutta miten se otettaisiin vastaan muualla tehtaalla, kun muut tekevät parempaa tulosta, eikä saa suorituksistaan sen kummemmin mitään palkintoa pois lukien hyvästä tuloksesta muodostuvaa palkkiopalkkaa.

Motivointikeinoja miettiessä tulee mieleen millä tavoin työntekijöitä saa tehokkaammin tekemään työnsä. Jos olisi jokin palkinto hyvistä suorituksista, niin se pitäisi ottaa koko yrityksessä käyttöön, ettei kateellisuutta ilmenisi. Yksi keino olisi

ottaa koko yrityksessä käyttöön jonkinmoinen tavoitetaulukko. Tavoitteet laadittaisiin joka kuukausi solukohtaisesti taulukkoon. Kun tehdyt kappalemäärät on tavoitteissa saavutettu, voisi solun palkita joka kuukausi jollain pienellä, mutta silti merkittävällä palkinnolla. Tai vastaavasti vuoden lopulla palkittaisiin isommalla palkinnolla hyvistä suorituksista solukohtaisesti, kun tavoitteista jokin tietty osa on saavutettu vuoden aikana. Esimerkiksi, jos on määritelty valmistettujen kappaleiden tavoitteet tuotannossa kuukausittain ja ne saavutetaan vaikka kymmenenä kuukautena vuodessa, voisi tällöin olla paikallaan suuri palkinto. Palkintona voisi olla vaikka kylpyläviikonloppu solun työntekijöiden kesken. Kun palkinto on yhteistä tekemistä solun sisällä, niin yhteishenkikin nousee ryhmässä. Pelkästään tehdyt kappaleet eivät riittäisi tavoitteeseen, sillä nopeasti tehdyissä kappaleissa voi ilmeta laadullisia ongelmia. Laatu siis pitää ottaa tavoitteissa myös huomioon.

Tässä kohtaa on hyvä miettiä, onko tämä palkinto tavoitteista tarpeellinen, kun on jo olemassa palkkiopalkka. Nämä palkinnot toisivat myös lisäkustannuksia yritykselle, mutta jos merkittäviä tulosparannuksia saavutetaan, ovat palkkioiden kustannukset tällöin pienet saavutettuihin parannuksiin verrattuna.

Solussa on viime aikoina ollut havaittavissa, että työntekijät haluavat omaaloitteisesti kehittää omaa osaamistaan siirtymällä esimiehen suostumuksella väliaikaisesti toiseen työpisteeseen. Tämä on sekä työnantajalle että itse työntekijälle hyödyllistä. Työntekijä saa näin ollen arvokasta uutta tietotaitoa, mikä on eduksi työpaikalla.

Mentorointi on linkkinä SWOT-analyysissa oleviin solun uhkakuviin eli eläköitymiseen ja tätä myöden myös tietotaidon häviämiseen. Tämä olisi hyvä ennakoita mahdollisimman aikaisin, kun tiedetään tulevista pois jäämisistä, että soluun löydettäisiin talon sisältä tai ulkopuolelta korvaajat.

Tällä hetkellä solun työntekijätilanne näyttää hyvältä. Työntekijöitä on riittävästi ja osaamistakin on laajennettu muualle kuin vain omaan koneeseen. Tämä antaa työntantajalle oivat mahdollisuudet käyttää näitä vaihtoehtoja hyväksi tuotannossa.

5.2 Työohjeet sorvaussoluun

Edellä oli jo maininta työohjeista, jotka olisi hyvä ottaa käyttöön solussa. Teen pienen esimerkin ohjeista, joita ehdotan käytettäväksi. Tarkoituksena olisi tehdä selkeät standardi-ohjeet, joita työntekijät noudattaisivat niin asetuksen teossa kuin itse kappaleiden sorvauksessa. Kun on olemassa selkeät ja yksiselitteiset ohjeet, niin työntekijät jättävät oma-aloitteiset sovellukset pois. Kun kaikki toimivat samalla tavalla, niin ei synny ristiriitoja ja epäselviä tilanteita, vaan työskentely on selkeää ja samalla tehokasta. Työohjeisiin voi myös laittaa vakiotyökalut ja teräpalat joita sitten työstössä käytetään.

Työohjeen olisi hyvä sisältää ainakin seuraavat asiat:

- Käytettävät sorvin leuat ja muut osat
- Työkalut ja kyseisen kappaleen ajoon soveltuvat teräpalat
- Asetuksen teon selkeä kerronta ja kuvaus, mahdollisesti myös kuvia havainnollistamaan paremmin toimenpiteitä
- Käytettävissä oleva asetusaika ja kappaleen työstön standardiaika
- Työstettävän kappaleen laaduntarkastuksessa tarvittavat mittavälineet
- Kuva työstettävästä kappaleesta.

Kun työohje on alkuun suunniteltu ja siihen on sisällytetty edellä olevat asiat, alkaa itse työohjeen teko. Työohjeen tekeminen tapahtuisi pääosin työntekijän toimesta. Hän alkaisi normaalisti tehdä asetusta ja muita valmistelevia toimenpiteitä. Samalla kun hän tekee näitä, kirjoittaisi hän ylös kuvausta siitä, mitä hän juuri on tekemässä. Tästä sitten työnjohtajan tai vastaavan esimiehen kanssa on helppo kirjoittaa puhtaaksi ohjeet. Kun vuoroon tulee ohjelman teko ja ajoparametrien asetus, niin silloin siinä olisi välttämätöntä olla työnjohtaja tai jokin muu valvova taho valvomassa. Samalla voisi ajoparametrit lukita optimaalisiksi ja kellottaa uudet standardiajat, jotka lisätään ohjeisiin. Näiden uusien ajoparametrien mukaan tuotteita sorvattaisiin sitten jatkossa.

Tarkoitus olisi tehdä jokaiselle sorvattavalle nimikkeelle työohjeet. Kuitenkin niin, että aluksi ne tehtäisiin ainakin yleisimmille nimikkeille. Näin talvella, kun ei ole sesonkia päällä, työohjeita olisi hyvä tehdä vaikka sorvaukseen nimikettä ei

tulisikaan. Jatkossa taas ohjeita voisi tehdä sitä mukaan, kun sorvattavaa tulee. Olisi kuitenkin tärkeää saada kevääseen mennessä ohjeet kauttaaltaan tehtyä, kun sesonkikausi alkaa.

Navalilla on käytössä tarkkoja työohjeita muutamassa solussa. Tämä käytäntö on sinänsä tuttu tehtaan sisällä, mutta kyseisessä solussa ei juuri vastaavia ohjeita ole ollut. Ohjeiden etuja olisivat yhtenäisyys ohjelmissa, työkaluissa ja teräpaloissa. Näin työntekijät noudattaisivat ohjeita ja jättäisivät omat sovellukset pois. Tietysti tätä olisi hankalaa täysin valvoa. Jos taas työntekijät tekevät omia sovelluksia ohjelmiin, esimerkiksi pienentävät työstönopeuksia ja muita ajoparametreja, niin silloin tämän huomaisi valmistuneissa kappalemäärissä ja tästä johtuen solukertoimissa. Tällöin työntekijä ei ole noudattanut soluun määrättyjä työohjeita.

Vastarintaa muutos varmasti aiheuttaa aluksi, kuten kaikki muutkin uudistukset. Joskus uudistuksia on tehtävä, jotta saavutettaisiin kehitystä. Sorvaussolun muutoksena olisi tehokkuuden optimointi. Nämä työohjeet mielestäni auttaisivat tässä tapahtumassa. Vastustamisen syynä olisi varmasti se, että työntekijät kokevat, että heidän standardiajoistaan viedään viimeisetkin sekunnit pois. Etuja tästä uudistuksesta tulee myös työntekijöille; asetus- ja standardiajat kelloitettaisiin uudelleen, jolloin ne olisivat realistisemmat työntekijöille. Ennen on voinut olla niin, että asetusajat ovat olleet erittäin tiukat, kun taas standardiajoissa on ollut väljyyttä. Tämä voisi tuoda työntekijöiden työntekoon uskottavuutta, eikä valittamiseen ajoista olisi enää aiheutta. Vapauden tunne voisi vähentyä työnteossa, kun enää ei itse saisi soveltaa mielin määrin asetuksissa tai teräpalavalinnoillaan. Tämän voisivat osa innovatiivisista työntekijöistä kokea huonoksi, koska vapaudet ovat vähentyneet. Toisille työntekijöille, jotka perustavat työnteon kaavamaisuuteen, tämä voisi olla hyväksi kun enää ei itse tarvitse ajatella niin paljon seuraavaa työvaihetta, vaan kaikki tarvittavat tiedot ja vaiheet löytyvät ohjeista.

Etuja saataisiin ohjeiden myötä myös, kun esimerkiksi uusia työntekijöitä perehdytetään soluun ja he saavat käyttöönsä ohjeet ja pystyvät työskentelemään ohjeiden mukaan. Näin perehdyttäminen ei tarvitse olla niin kokoaikaista, koska tärkeimmät työskentelytapoihin perustuvat ohjeet löytyvät työohjeista. Näin ei

vanhan työntekijän tarvitse olla koko työpäivää uuden työntekijän kanssa, vaan hän voi keskittyä myös omiin töihinsä.

6 OMAT POHDINNAT

Työ oli sinällensä haastava, koska se laajuudellaan tarjosi monia eri vaihtoehtoja, joihin olisi ollut mahdollisuudet keskittyä. Keskityin kuitenkin pääpainon työssä sorvaukseen ja siihen liittyviin asioihin, joten puristus jäi näin ollen pienempään rooliin.

Tutkitussa solussa ja muuallakin tehtaalla on havaittavissa tyytymättömyyttä moneen asiaan, kuten omaan tilanteeseen kun työntekijöiltä vaaditaan kokoajan entistä suurempaa panostusta. Olen kuullut myös paljon tyytymättömiä ilmaisuja palkasta, joita työntekijät saavat. Heidän mukaansa palkat laskevat laskemistaan jo monetta vuotta peräkkäin. Uskon, ettei näin kuitenkaan ole. Tämä valittaminen palkoista taitaa kuulua suomalaiseen työelämään. Varsinkin silloin, kun tiedetään työkaverin saavan enemmän palkkaa, jolloin kateellisuus nousee suureksi.

Työntekijät pitävät oikeastaan ainoana motivointikeinona rahaa. Pohdin, jos työntekijä saisi palkankorotuksen, niin motivoisiko se todella häntä tekemään töitä entistä tehokkaammin ja paremmin. Varmasti näin käy ainakin alussa, mutta ajan myötä saattaa hävitä ajatus siitä että on juuri saanut palkankorotuksen. Tämän jälkeen työ voi palautua entiselle tasolle ja motivaatio työtä kohtaan on jälleen alhaalla.

Mielestäni yksi keino, jolla saataisiin tehokkuutta ja kommunikointia esimiesten kanssa paremmaksi, olisi jonkinlaisen soluvastaavan valitseminen. Soluvastaava voisi toimia linkkinä esimiesten ja solun työntekijöiden välillä. Hän vastaisi raportoinnista ja siitä, että tuotteita varmasti tulisi solusta lävitse tarvittavaan tahtiin.

Koen kuitenkin asian niin, että töihin tullaan tekemään töitä, eikä vain kuluttamaan aikaa ja tekemään omia juttuja. Töissä pitää antaa oma panos, jotta maksettu palkka olisi oikeutettua työntekijälle. Jotta tulosta syntyisi ja täten työt säilyisi omassa työpaikassaan, oman panoksen antaminen työhön on tärkeää. Työntekijöiden pitää miettiä asioita suuremmissakin mittakaavoissa; jos työ ei maistu eikä onnistu, niin ei valmistu kappaleita ja täten synny tulosta. Tästä johtuen yrityksessä tulee ajankohtaiseksi miettiä tehokkaampia ratkaisuja, jotta työnteko olisi kannattavaa. Radikaali vaihtoehto olisi hankkia työntekijöiden tilalle robotteja. Myös valmistuksen siirto alihankintaan voisi tulla kysymykseen. Tällä varmasti saataisiin aikaan mittavia säästöjä, kun enää ei tarvitsisi itse valmistaa pienen volyymin tuotteita.

7 YHTEENVETO

Tavoitteeni on, että työstäni on hyötyä yritykselle. Toimenpiteitä, joita varmasti aletaan toteuttaa, on työohjeiden laatiminen soluun. Sen laatimisessa on oma työnsä, mutta varmasti hyöty saavutetaan ajan mittaan. Suosittelen myös tilaustaulun käyttöönottoa solun sisällä, mikä helpottaa materiaalivirtaa solun sisälle sekä ulos. Enää työntekijän ei tarvitsisi käyttää työaika materiaalin hakemiseen.

Asetuksen teko on tulevaisuudessa entistä isommassa roolissa solussa, koska tarkoituksena on pienentää sarjakokoja. Tällöin asetuksia tulee tehtäväksi useammin kuin nykyään. Tämän takia suuri potentiaali on kehittää asetuksen tekoa tehokkaammaksi.

Kun ajatellaan suuria muutoksia tulevaisuudessa, on konekannan uusiminen yksi niistä. Muutostyö tulisi olemaan suuri ja taloudellisesti merkittävä investointi. Koneiden vanhetessa uusia investointeja tulee kuitenkin tehdä. Akuutin tästä investoinnista tekisi vanhan koneen hajoaminen. Välttämättä ei enää olisi järkevää korjata vanhaa konetta, jolloin uuden hankinta tulisi näin ajankohtaiseksi.

Solun toimintaa saisi selkeämmäksi, mikäli kaikki käytettävät teräpalat toimitettaisiin mahdollisuuksien mukaan vain yhdeltä valmistajalta. Tällöin toimituksetkin voisivat olla edullisempia suurten tilausten myötä, kun tuotteet on keskitetty yhdelle toimittajalle.

LÄHTEET

- Aaltonen, K., Andersson, P. & Kauppinen, V. 1997. Koneistustekniikat. Porvoo: WSOY.
- Ahokas, P., Tiihonen, J., Neuvonen, J. & Suikki, M. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. Teknologiateollisuus ry. E-kirja. Viitattu 9.12.2013. http://www.ek.fi/ek/fi/tyomarkkinat_ym/tyoelama/tuottavuus/liitteet/e-Tyotutkim_mentav.pdf
- AJ-tuotteet. 2013. AJ-tuotteiden www-sivut. Viitattu 17.12.2013. <http://www.ajtuotteet.fi/kuljetus-nostaminen/tyopajavaunut/tyopajavaunu-2-laatikolla-1000x700x870mm/462120-33016.wf>
- Asay, D. 2002. Kaizen for the shopfloor. New York: Productivity Press Development Team.
- Coromant Capto Systems. 2013. Sandvik Coromant www-sivut. Viitattu 29.11.2013. http://www.sandvik.coromant.com/en-gb/knowledge/tool_holding_machines/application_overview/machines_tooling_systems/multi_task_machines/pages/coromant-cpto%20%ae-systems-%e2%80%93-the-best-solution-for-multi-task-machines.aspx
- Flowserve Naval Oy:n www-sivut. 2013. Viitattu 25.11.2013. <http://www.naval.fi/suomi/www/page.php?cat=1>
- Flowserve Naval Oy:n www-sivut. Tuotteet. 2013. Viitattu 25.11.2013. <http://www.naval.fi/suomi/www/order.php?af=11&card=11>
- Grover, J. 2012. 5S Workplaces: When Safety and Lean Meet. Viitattu 21.11.2013. <http://ehstoday.com/safety/5s-workplaces-when-safety-and-lean-meet-0?page=1>
- Haverila, I., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. 5. uud. p. Tampere: Infacs Oy.
- Eklund, J. 2013. Miten rakennamme tulevaisuuden voittajajoukkueen? Luento Flowserve Naval Oy:n kehittämisohjelmasta 10.12.2013.
- Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen, P. 2003. Valmistustekniikka. 10. muuttum. p. Helsinki: Otatieto.
- Kouri, I. 2009. Lean taskukirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.
- Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.
- Larikka, M., Heinilä, P., Selin, K. & Tuominen, J. 2007. Tuottavuuden jatkuva parantaminen. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

- Lehtonen, J-M. 2004. Tuotantotalous. Helsinki: WSOY.
- Liker, J. K. 2004. The Toyota Way. New York: McGraw-Hill.
- Losma Instruction Manual. 2006. Sähköinen käyttöopas.
- Losma S.p.A. www-sivut. 2013. Viitattu 18.11.2013. <http://www.losma.com/coolant-filters/serie-master/medio-master.html>
- Maaranen, K. 2012. Koneistus. Helsinki: Sanoma Pro.
- Peltonen, A. 1997. Tuottava tehdas. Helsinki: Opetushallitus.
- Peltonen, A. 1998. Jalostusarvon merkitys käytännön tasolla. Opetushallitus. Viitattu 7.11.2013. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/tehdas7.html>
- Pere, A. 2012. Koneenpiirustus 1 & 2. Espoo: Kirpe Oy.
- Peterson, J. & Smith, R. 1998. The 5S Pocket Guide. Portland: Productivity, Inc.
- Productivity Development Team. 1999. Cellular manufacturing: One-piece flow for workteams. New York: Productivity Press Development Team.
- Productivity Development Team. 1998. Just-in-time for operators. New York: Productivity Press Development Team.
- Sakki, J. 2003. Tilaus- toimitusketjun hallinta. 6. uud. p. Espoo: Jouni Sakki.
- Sandvik Coromant, Sorvaustyökalut, 2011.
- Sandvik Coromant, Tekninen käsikirja, 2010.
- Sandvik Coromant, Tekninen käsikirja, 2005.
- Sandvik Coromant, Uudet työkalut Sorvaustyökalut ja Pyörivät työkalut luetteloihin – CoroPak 12.2, 2012.
- Seco, Tuoteluettelo ja tekninen opas - Sorvaus, 2012.
- SFS-EN ISO 4287. Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Terms, definitions and surface texture parameters. 1997. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS.
- Stolzmann, N. 2013. Tekninen myyjä, Seco Tools Oy. Laitila. Haastattelu 1.11.2013. Haastattelija Heikki Reunanen. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.
- Tervola, J. 2004. Seco laajentaa palvelujaan. Metallitekniikka 4, 39.
- Tuominen, K. 2010. Tehoa ja laatua siisteyden ja järjestyksen kehittämiseen – 5S. Helsinki: Readme.fi.
- Viitala, R. & Jylhä, E. 2013. Liiketoimintaosaaminen. Menestyvän yritystoiminnan perusta. 6. uud. p. Helsinki: Edita Publishing Oy.

