

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tuomas Nevalainen

ASETUSAIKOJEN LYHENTÄMINEN KONEISTUKSESSA

Opinnäytetyö
Marraskuu 2017



OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2017
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
802200 Joensuu
p. (013) 260 6800

Tekijä(t)
Tuomas Nevalainen

Nimeke
Asetusaikojen lyhentäminen koneistuksessa

Toimeksiantaja
Suomen Biathlon Oy

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön aiheena oli asetusaikojen lyhentäminen koneistuksessa. Työn tavoitteena oli etsiä menetelmiä, laitteita ja toimintatapoja, joilla saadaan asetusaikaa lyhennettyä. Työn kohteena oli toimeksiantajan tuotantotiloissa oleva Haas VF5 -koneistuskeskus ja sen ympäristö.

Työ aloitettiin havainnointi- ja ajankäyttötutkimuksella, jossa seurattiin koneistuskeskuksella tapahtuvaa työskentelyä. Tavoitteena oli tehdä havaintoja ja löytää mahdollisia ongelmia, jotka saattoivat hidastaa asetustyön suorittamista. Asetusaikaa lähdettiin parantamaan SMED-menetelmän mukaisesti. Menetelmän periaatteena on sisäisen ja ulkoisen asetustajan tunnistaminen ja erottelu. Tavoitteena on siirtää sisäistä asetusaikaa ulkoiseksi, jotta asetusaikaa saadaan lyhennettyä.

Työn lopputuloksena syntyi parannuksia nykyisiin toimintamalleihin. Havaintojen ja analysoinnin perusteella työn lopputulokset painottuivat enemmän hukkan vähentämiseen tuotannollisessa toiminnassa, koska tutkimustuloksien mukaan se oli tarpeellista asetusaikojen lyhentämiseksi.

Kieli
suomi

Sivuja 32
Liitteet 1

Asiasanat
koneistus, SMED, asetusaika, tuottavuus



THESIS
November 2017
Degree Program in Mechanical and
Production Engineering

Karjalankatu 3
80220 JOENSUU
FINLAND
Tel. (013) 260 6800

Author (s)
Tuomas Nevalainen

Title
Reducing Setup Times in Machining

Commissioned by
Suomen Biathlon Oy

Abstract

The aim of this thesis was to reduce the setup times in machining. The aim of the thesis was to find methods, devices and operating methods that will shorten the setup time. The work was done on Haas VF5 machining center at the client's production facility.

The work was started with an observation and time use study, which followed the working at the machining center. The aim was to make observations and find potential problems that could slow down the execution of the setup work. The SMED-method was used to improve setup times. The principle of the method is the identification and separation of internal and external setup times. The goal is to move the internal setup time to an external setup time to reduce setup times in general.

As a result of the work, improvements were made to the existing operating models. Based on the observations and analysis, the results of the work were more centered around reducing waste in production operations, as it was necessary in order to shorten the setup times.

Language

Finnish

Pages 32

Appendices 1

Keywords

machining, SMED, setup time, productivity

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Työn lähtökohta, tavoitteet ja rajausta	7
2.1	Toimeksianto	7
2.2	Haas VF5 -koneistuskeskus	8
3	Tuotantoon liittyvät käsitteet	9
3.1	Koneistaminen	9
3.2	Tuottavuus	9
3.3	Läpimenoaika	10
3.4	Eräkoko	10
3.5	Kapasiteetti	11
3.6	JIT-tuotanto	11
3.7	Arvoa lisäävät toiminnot	12
3.8	8 hukkaa	12
3.9	5S-menetelmä	13
3.10	Jatkuva parantaminen	14
3.11	PDCA	14
4	Asetusajan lyhentäminen	16
4.1	SMED-menetelmä	16
4.2	Asetusajan määritelmä	16
4.3	Asetusajan lyhentämisellä saavutettavat hyödyt	17
4.4	Sisäinen ja ulkoinen asetusaja	18
4.5	Sisäisen asetusajan siirtäminen ulkoiseksi	19
4.6	Vakioasetustekniikka	20
5	Alkutilanteen kartoitus	21
5.1	Lähtökohta	21
5.2	Asetustyön ajallinen tarkastelu	21
6	Tulosten analysointi	22
7	Tuotannon kehitystarpeet ja tavoitteet	23
7.1	Ympäristön siisteys ja järjestys	23
7.2	Toimintamallit	25
7.3	Asetuskortit	25
7.4	NC-ohjelmat	27
7.5	Lastuavat työkalut	28
7.6	Kappaleiden kiinnitystarvikkeet ja välineet	29
7.7	Yhteenveto kehityskohteista	30
8	Pohdinta	30
	Lähteet	32

Liitteet

Liite 1 Asetusajan mittaamisessa käytetty taulukko

Käsitteet ja lyhenteet

Asetusaika	Ajanjakso, joka kuuluu vaihdettaessa tuote-erää valmistuksessa
Asetuskortti	Sisältää tiedot asetustyötä varten, esim. tarvittavat työkalut ja materiaalit
CAM	Tietokoneavusteinen valmistus
G-koodi	Työstökoneen ohjelmointikieli
Lean	Johtamisfilosofia, jossa keskitytään hukkan poistamiseen
NC-ohjelma	Työstökoneen ohjelma, jossa määritellään koneen liikkeet g-koodilla
SMED	Asetusaikojen lyhentämiseen kehitetty menetelmä

1 Johdanto

Markkinoilla kiristynyt kilpailu pakottaa yrityksiä kehittämään toimintaansa ja tuotantomenetelmiään. Joustavuus on nykypäivänä merkittävä tekijä markkinoilla. Painopiste tuotannossa on siirtymässä yhä pienempien tuote-erien suuntaan. Asiakkaat haluavat kustannuksiltaan edullisia ja korkealaatuisia tuotteita nopealla toimitusajalla.

Menestys ja isompien markkinaosuuksien saavuttaminen ovat merkittävä osa yritysten välistä kilpailua. Yksi suurimmista haasteista yrityksen toiminnoissa on tuottavuuden parantaminen, jossa yritetään tuottaa mahdollisimman pienillä panoksilla mahdollisimman paljon. Kilpailu markkinoilla määrittelee tuotteiden hintatason. Ainoaksi vaihtoehdoksi jää toiminnan ja tuottavuuden parantaminen, jotta tuotteiden valmistuskustannuksia saadaan mahdollisimman alas.

Kannattavuutta ja tuottavuutta voidaan lähteä parantamaan vähentämällä arvoa tuottamattomia toimintoja yrityksen toiminnassa. Yksi näistä toiminnoista on asetustyöt tuotannossa. Asetustyö tarkoittaa tuote-erän vaihtoa toiseen tuotannossa. Asetuksen vaihto tuotantokoneella seisauttaa tuotannon ja aiheuttaa lähinnä kustannuksia. Asiakas on valmis maksamaan vain arvoa lisäävistä toiminnoista, joten asetusajojen lyhentäminen tuotannossa on kannattavaa kilpailunkin kannalta.

Tämän opinnäytetyön aiheena on asetusajojen lyhentäminen koneistuksessa. Opinnäytetyö tehtiin liperiläisellä Myllyn Koneistus -koneistuspajalla, joka toimii Suomen Biathlon Oy:n yhteydessä. Suomen Biathlon Oy itsessään on ampumahiihdon taulu- ja ratajärjestelmien toimittaja, joka on toimittanut järjestelmiään ympäri maailmaa.

Myllyn Koneistus tarjoaa erilaisia koneistuksen alihankintapalveluja. Kalustoon kuuluvat monipuoliset sorvaus- ja koneistuskeskukset. Yritykselle on myönnetty ISO 9001:2008 laatusertifikaatti vuonna 2016.

2 Työn lähtökohta, tavoitteet ja rajaus

2.1 Toimeksianto

Opinnäytetyötä lähdettiin toteuttamaan toimeksiantajan tiloissa olevalle Haas VF5 -koneistuskeskukselle. Työn tavoitteena oli etsiä menetelmiä, laitteita ja toimintatapoja, joilla saadaan asetusaikaa lyhennettyä ja siten samalla sarjan läpimenoaikaa pienennettyä. Koneistuskeskuksen työt ovat sarjakooltaan usein pienten ja keskisuurten sarjojen tuotantoa. Koneistuskeskuksella tehdään momenttityyppisiä osia, jotka teettävät usein toisistaan poikkeavia asetustöitä. Kaikille osille ei kuitenkaan löydy yhtenäistä ratkaisua, joten keskitytään enemmän samantyyppisten osien tuotantoon.

Asetusaikojen lisäksi tässä työssä tarkastellaan mahdollisesti muitakin kehitettäviä kohteita, jotka voivat välillisesti liittyä työstökoneella työskentelyyn. Asetustyö sisältää useita työvaiheita ja voi olla useinkin aikaa vievää työtä. Tämä on sitä aikaa, joka ei tuota mitään, koska tuotanto pysähtyy asetustyön ajaksi. Tästä syystä se on pyrittävä optimoimaan mahdollisimman lyhyeksi. Asetustyö sisältää esimerkiksi työkalujen vaihtoa, aihion asettamista, kiinnikkeiden asettamista ja NC-ohjelman vaihdon työstökoneeseen.

Työ rajataan tuotannossa olevalle Haas VF5 -koneistuskeskukselle, mutta myös koneen ympäristö huomioidaan. Kuitenkin samalla tarkastellaan mahdollisuuksia, ovatko keinot ja menetelmät hyödynnettävissä muuallakin tuotannossa. Työstökoneella toiminta on samantyyppistä muillakin koneilla tuotannossa, joten tästä syystä se otetaan mukaan tarkastelukohteeksi.

2.2 Haas VF5 -koneistuskeskus

Haas VF5 on 3-akselinen pystykarainen koneistuskeskus (kuva 1). Koneella on mahdollista valmistaa hyvin monenlaisia osia. Ohjauksena toimii Haas CNC, jota ohjelmoidaan g-koodilla. Karan suurin pyörintänopeus on 7500 rpm. Työkalupaikkoja koneessa on 30 kappaletta ja se on varustettu työkalun- ja kappaleen mittalaitteilla. Kone on varustettu Midacon automaattisella paletinvaihtajalla, jossa on kaksi palettia. Koneen työalue on 1580 mm x 635 mm x 550 mm. Suurin pöytäpaino on 1500 kg.



Kuva 1. Haas VF5 -koneistuskeskus

3 Tuotantoon liittyvät käsitteet

3.1 Koneistaminen

Koneistustyöt ovat keskeinen osa nykyajan metalliteollisuutta. Koneistaminen on lastuavan työstön menetelmä. Lastuavalla työstöllä tarkoitetaan kappaleiden valmistamista lastuavilla työstömenetelmillä, kuten sorvaamalla ja jyrsimällä. Lastuttaessa aihioista poistetaan ainetta lastuina, kunnes jäljellä on vain halutun muotoinen kappale. NC-ohjaus löytyy nykyisin lähes kaikista työstökoneista, jotka automaattisesti liikuttavat terää ohjelmoinnin määräämällä tavalla. Kone automaattisesti vaihtaa työkalut kappaletta valmistaessa ja mahdollisesti myös työkappale vaihtuu automaattisesti. (Maaranen 2012, 12.)

Koneistettavat tuotteet ovat yleensä tarkkamittaisia. Koneenosien valmistustoleranssit ovat usein muutaman sadasosamillimetrin sisällä, joskus jopa muutaman tuhannesosamillimetrinkin sisällä. Osien yksi laatuun liittyvä vaatimus on, että niiden tulee sopia toisiinsa usein hyvinkin tarkkamittaisella sovitteella. (Maaranen 2012, 12.)

Tämä vaatii koneenkäyttäjältä hyvää koulutusta ja vankkaa kokemusta kyseisistä tehtävistä. Koneistajan tehtäviin kuuluvat esimerkiksi kappaleen ja työkalujen vaihtaminen, asetuksien tekeminen, hienosäätöjen tekeminen ja työstökoneen ohjelmointi. Työhön sisältyy myös paljon itsenäistä ongelman ratkontaa. Osaava koneistaja osaa valmistaa itsenäisesti työpiirustuksen pohjalta valmiin kappaleen.

3.2 Tuottavuus

Tuottavuudella yleisesti tarkoitetaan tuotoksiin käytettävien resurssien suhdetta toisiinsa nähden, eli paljonko tuotosta saadaan aikaan siihen käytetyillä panoksilla. Tuottavuuden kehittämiseksi pyritään siihen, että mahdollisimman pienillä panoksilla saadaan mahdollisimman suuri tuotos. (Käpylä, Jääskeläinen, Seppänen, Vuolle & Lönnqvist, 2008)

Tuottavuudella yritystasolla mitataan yrityksen kykyä yhdistää erilaisia panostekijöitä toisiinsa mahdollisimman hyvän tuotantotuloksen aikaansaamiseksi. Tuottavuus ei kuitenkaan liity ainoastaan valmistustasolla tapahtuvaan toimintaan, vaan siihen sisältyvät yrityksen kaikki toiminnot. Tuotantopanokset, kuten materiaali-, työ- ja pääomapanokset sekä lukuisat muut tekijät kuten esimerkiksi koulutus, osaaminen, organisaation ja tekninen kehitys vaikuttavat suoraan saavutettavaan tuotannon määrään. Tässä yhteydessä voidaan puhua kokonaistuottavuudesta. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen, 2005, 21.)

Jatkuvalla ja järjestelmällisellä kehitystyöllä voidaan kohottaa tuottavuutta. Taloudellisuuden ja tuottavuuden parantamisen lisäksi parannetaan työturvallisuutta ja työn mielekkyyttä. Kehitystyöhön sisältyvät kaikki tuotannon ja organisaation alueet. (Haverila 2005, 21.)

3.3 Läpimenoaika

Läpimenoajalla tarkoitetaan kokonaisaikaa, joka kuluu toimintaketjussa. Yleisesti läpäisy aika tarkoittaa kokonaisläpäisy aikaa tai valmistuksen läpäisy aikaa. Valmistuksessa läpimeno aika tarkoittaa aikaa, joka kuluu valmistuksen aloittamisesta tuotteen valmistumiseen saakka. Läpäisy aika ei kerro tuottavuutta tai tuotteen käyttöä valmistusaikaa. Valtaosa läpäisy ajasta sisältää odotusaikaa, koska vaiheajat ovat vain pieni osa kokonaisläpäisy ajasta. (Haverila 2005, 345.)

Kuljetus-, odotus- ja asetus aikojen vuoksi virtaavaan prosessiin tulee katkoksia. Sekatuotannossa varsinainen valmistusaika kokonaisläpäisy ajasta saattaa olla vain 10 % tai jopa vähemmän. Virtausta parantavat toimenpiteet ovat tuotannon parempi rytmitys ja pienet valmistus yksiköt. Sarjojen asetus- ja valmistusajat tulee lyhentää mahdollisimman pieniksi. (Peltonen 1998, 42.)

3.4 Eräkoko

Tuotteen vuosivolyymi valmistetaan erissä. Eräkoon tavoite on yhden lopputuotteen yksikön tarve. Eräkojoja pyritään pienentämään, jotta varastoon sitoutuneen pääoman määrää saadaan pienemmäksi. Asiakastilauksiin perustuva valmistus

johtaa pieniin eriin, koska tilauksia ei voida toimitusaikojen vuoksi kerätä kovin pitkältä aikaväliltä. Eräkoon pienentäminen merkitsee useampia eriä vuodessa. Koska jokaisella erällä on eräkohtaisia kustannuksia, kokonaiskustannukset pyrkivät kasvamaan. Eräkohtaiset kustannukset painavat eräkokoja suurempaan suuntaan. Eräkohtaisia kustannuksia syntyy esimerkiksi asetusajoista. (Lapinleimu 1997, 59.)

3.5 Kapasiteetti

Kapasiteetilla ilmaistaan tuotantoyksikön enimmäissuorituskykyä tietyssä aikayksikössä. Kapasiteetilla voidaan myös ilmaista tuoteyksiköiden määrää, jos tuotteiden kapasiteettivaatimukset ovat toistensa kaltaisia. Kapasiteettia voidaan myös määritellä tuotantoresurssien käyttöaikana. Esimerkiksi koneistuksen kapasiteetti voi olla 160 tuntia viikossa. Kuormitusaste kertoo tietyn ajanjakson suunnitellun tai toteutuneen kuormituksen suhteen käytettävissä olevaan maksimikapasiteettiin. (Haverila 2005, 399.)

Todellinen käytettävissä oleva kapasiteetti ilmaistaan nettokapasiteettina. Käytännön tilanteessa tämä on pienempi kuin teoreettinen maksimikapasiteetti, joten nettokapasiteetiksi voi jäädä vain 60–90 %. Kapasiteetin määrään vaikuttavat erilaiset häiriöt, sairaudet, huoltotyöt, konerikot, viallisten kappaleiden valmistus ja materiaali puutteet. (Haverila 2005, 399.)

3.6 JIT-tuotanto

Just-In-Time -tuotantoperiaate on syntynyt Japanissa. Tämä tuotantomalli kehitettiin vakiotuotetuotantoa varten, mutta sen toimintaperiaatteita ja -malleja voidaan hyödyntää muissakin tuotantomuodoissa. Korkea tuottavuus, pieni tuotantoon sitoutunut pääoma, korkea laatu ja nopea läpäisy aika ovat JIT-tuotannon tunnusmerkkejä. Toimintamalli perustuu selväpiirteiseen tuotantoon, jossa tuotannon ohjaus on järjestelty mahdollisimman tehokkaaksi ja selkeäksi. Asetusaikojen lyhentäminen on keskeisin osa JIT-tuotantoa. Tämä mahdollistaa pienemmät eräkoot ja lyhentää samalla tuotannon läpäisyajoja. (Haverila 2005, 428.)

Toimintamalli vaatii toimiakseen korkean toiminnan laadun. Toiminnan laatua kehitetään jatkuvasti ja henkilökunta sitoutuu mukaan kehitystyöhön. JIT-tuotanto mahdollistaa tuotevarastojen pienentämisen, koska lyhyet asetusajat mahdollistavat nopeat tuotevaihdot, joten tuotteita voidaan nopeasti valmistaa lisää. Pienten varastojen vuoksi toimintaan sitoutunut pääoma pysyy pienenä. (Haverila 2005, 428.)

3.7 Arvoa lisäävät toiminnot

Yrityksen tehtävänä on jalostaa materiaalista tuotteita, jotka kelpaavat hyödykkeinä asiakkaille. Materiaalia jalostetaan tuotteeksi arvoketjussa, joka sisältää useita erilaisia toimintoja. Materiaali on usein vakiohintaista, joten toiminnot valmistuksessa määrittelevät tuotteen valmistuskustannukset. Osa näistä toiminnoista nostaa tuotteen arvoa asiakkaan näkökulmasta. Toimintaketjussa on kuitenkin usein paljon sellaisia toimintoja, jotka eivät tuota arvonlisää tuotteelle. Näitä arvoa tuottamattomia toimintoja kutsutaan hukaksi. Tuotteen hinta määräytyy markkinoiden mukaan, joten yrityksen on vähennettävä arvoa tuottamattomia toimintoja ja keskityttävä arvoa tuottaviin toimintoihin. (Peltonen 1997, 78.)

3.8 8 hukkaa

Hukaksi määritellään kaikki sellaiset toiminnot, jotka kasvattavat kustannuksia ja eivät tuota lisäarvoa tuotteelle. Usein tuotantoprosessit sisältävät vain 10 % arvoa lisäävää toimintaa. (Tuominen 2010a, 7.)

8 hukkaa määritellään seuraavanlaisesti:

Ylituotanto: Valmistetaan tuotteita enemmän kuin on tarpeen. Ylituotanto aiheuttaa ylimääräisiä materiaali- ja palkkakuluja. Kasvaneet varastointitarpeet sitovat pääomaa tarpeettomasti.

Odottelu: Työntekijä joutuu odottelemaan koneen käynnin aikana toimettomana. Työntekijä voi myös joutua odottelemaan seuraavaa käsittelyvaihetta, työkalua, toimitusta tai komponenttia.

Tarpeeton kuljettelu: Materiaalin tai keskeneräisen työn kuljettamista tarpeettomasti paikasta toiseen. Tuotteita kuljetetaan pitkiä matkoja seuraavaa työvaihetta varten.

Ylikäsittely tai virheellinen käsittely: Tarpeettomien työsuorituksien tekeminen tuotteille. Työtä tehdään työhön soveltumattomalla työkalulla, joka voi aiheuttaa virheitä tuotteeseen. Tuotteista tehdään laadukkaampia kuin on välttämätöntä.

Tarpeettomat varastot: Varastoidaan tarpeettoman paljon materiaalia, keskeneräisiä tai valmiita tuotteita. Nämä lisäävät kuljetus- ja varastointikustannuksia.

Tarpeeton liikkuminen: Tarpeetonta liikettä, jotka eivät ole työn kannalta oleellisia. Myös osien ja työkalujen etsiminen sekä kävely ovat hukkaa.

Viat: Tuotetaan viallisia osia. Niiden tarkastus, korjaaminen, uudelleentyöstäminen tai täydennysosan valmistaminen on turhaa työtä ja siitä aiheutuu turhaa työtä tuotannossa.

Työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen: Ei hyödynnetä työntekijöiden ideoiden, taitojen, parannusten ja oppimismahdollisuuksien käyttämistä. (Liker 2006, 28.; Tuominen 2010a, 16-33.)

3.9 5S-menetelmä

5S-menetelmä on kehitetty ylläpitämään siisteyttä ja järjestystä tuotannossa. Se on yksinkertainen työkalu tuottavuuden, työviihtyvyyden ja laadun parantamiseen. Menetelmän tavoitteena on luoda yritykseen periaatteet ja käytännöt, joilla työpisteet pidetään hyvässä järjestyksessä. Materiaaleille, työkaluille ja muille tavaroille määritellään omat selkeät paikat. Menetelmän avulla saadaan minimoitua tuotannossa esiintyvää hukkaa. (Tuominen 2010b, 7.)

5S-menetelmä koostuu viidestä eri vaiheesta:

1. Erottele (Sort). Tarpeeton ja tarpeellinen tavara erotellaan toisistaan. Työpisteellä säilytetään vain työn kannalta oleellisia tavaroita.
2. Järjestä (Set-in-order). Työssä tarvittaville työkaluille ja materiaaleille merkitään selkeät omat säilytyspaikat. Huomiota tulee kiinnittää tavaran helppoon palauttamiseen.
3. Kiillota (Shine). Työpisteet ja niiden ympäristö pidetään puhtaana. Sovittua puhtaustasoa tulee ylläpitää.
4. Standardisoi (Standardize). Hyväksi havaitut käytännöt standardisoidaan, jotta voidaan ylläpitää määriteltyä siisteystasoa
5. Paranna (Sustain). Ylläpidetään ja kehitetään edelleen toimintaa. (Villanen, 2013)

3.10 Jatkuva parantaminen

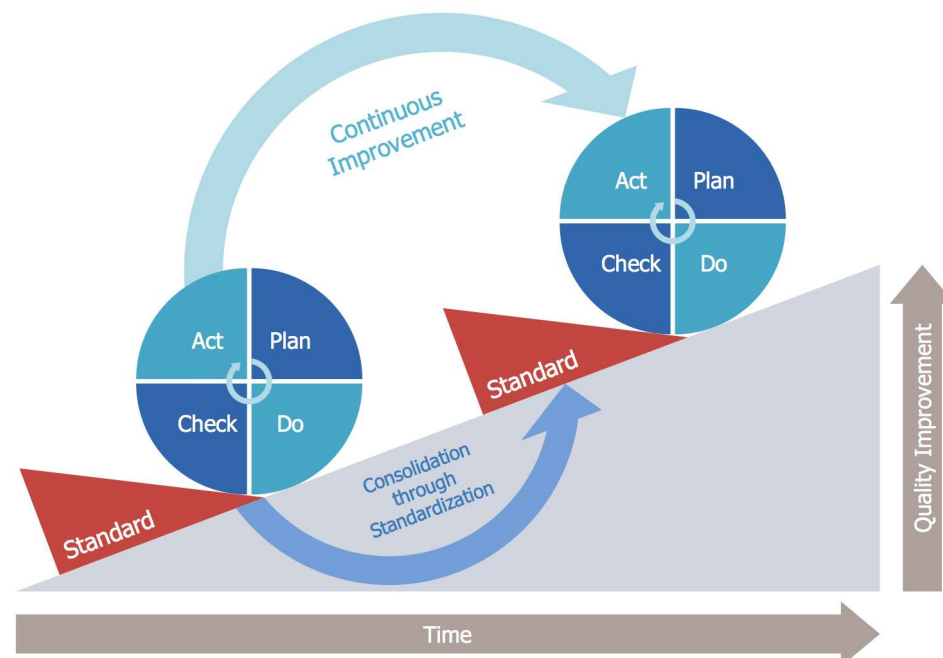
Jatkuva parantaminen on yksi tärkeimmistä kehittämistyökaluista. Siinä korostetaan jatkuvaa toiminnan kehittämistä pienin askelin. Toiminnassa on osallisena koko yrityksen henkilöstö ja kohteena on kaikki työpisteet ja työt. Tavoitteena on poistaa turhaa työtä ja tuhlausta pienillä investoinneilla. Turhaksi työkseen luetellaan kaikki ne toiminnot, jotka eivät tuota arvoa asiakkaalle. Näitä löytyy yrityksestä kaikkialta. (Larikka & Pohjasmäki 1995, 11-13.)

Kehittämisen paras asiantuntija on tekijä itse, joka lähtee kehittämään omaa työtään. Jatkuvaan parantamiseen voivat osallistua kaikki. Työntekijät omatoimisesti poistavat turhia töitä, tuottavat kehitysideoita ja ratkaisevat ongelmia. Toteutukseen riittää maalaisjärjen käyttö. Esimiesten toimenkuvaksi jää enemmän kehitystyön tukeminen ja ohjaaminen. (Larikka & Pohjasmäki 1995, 11-13.)

3.11 PDCA

Jatkuvan parantamisen tehostamiseksi käytetään kehitystoimintaa edistäviä menetelmiä. PDCA-sykliä käytetään jatkuvan parantamisen ja laadunkehityksen

edistämisessä (kuva 2). Lyhenne tulee sanoista Plan-Do-Check-Action. Tavoitteena on systematisoida kehitystoimintaa yrityksessä ja edistää toiminnan jatkuvuutta. (Haverila 2005, 382.)



Kuva 2. PDCA-syklin toimintaperiaate

Plan, suunnittele: Ennen kuin toimintaa aloitetaan kehittämään, täytyy varmistaa, että toiminta on standardoitua, sujuvaa ja dokumentoitua. Ongelmia analysoidaan sopivilla menetelmillä ja keinoilla. Tämän jälkeen kehitetään ja laaditaan suunnitelma toiminnan parantamiseksi.

Do, toteuta: Suunnitelma toiminnan parantamiseksi viedään käytäntöön ja toteutetaan suunnitelman kehitystoimenpiteet. Dokumentoidaan tehdyt muutokset.

Check, tarkasta: Uudistetut toimintamallit tarkastetaan ja analysoidaan, että saavutettiinko määritellyt tavoitteet.

Act, kehitä: Tavoitteiden täytyessä toimintamallit standardisoidaan, vakiinnutetaan ja dokumentoidaan. Jos tavoitteet eivät täyty, analysoidaan tilanne ja aloitetaan kehityssykli uudelleen. (Haverila 2005, 382.)

4 Asetusajan lyhentäminen

4.1 SMED-menetelmä

SMED-menetelmä on yksi lean-työkaluista, joilla vähennetään tuotannossa esiintyvää hukkaa. SMED on lyhennelmä sanoista Single Minute Exchange of Dies. Käytännön tasolla nimitys tulee asetustapahtumasta, joka tapahtuu alle kymmenessä minuutissa. Menetelmän periaatteena on tunnistaa sisäinen ja ulkoinen asetus aika ja siirtää sisäistä asetus aikaa ulkoiseksi. (Shigeo 1985, 33.)

Japanilaista Shigeo Shingoa pidetään SMED menetelmän kehittäjänä. Menetelmän juuret johtavat autoteollisuuteen, jossa suurten puristimien asetusajat saattoivat olla useista tunneista jopa päiviin asti. Tämä johti siihen, että valmistettavat erät olivat suuria ja keskityttiin valmistamaan vain muutamia tuotteita koneella, jotta tuotanto olisi taloudellista. Menetelmää hyödynnettiin tehtaiden kehitysprojekteissa ja asetusajat saatiin tippumaan murto-osaan aikaisemmista. Tämä mahdollisti pienempien erien valmistamisen menettämättä tarpeettomasti tuotantokapasiteettia. (Shigeo 1985, 33.)

4.2 Asetusajan määritelmä

Asetusaika ilmaisee aikaa, joka kuluu tuotantokoneella vaihdattaessa tuoteerästä toiseen. Asetyö tapahtuu kerran yhtä tuotantoerää kohti. Kappaleen vaihtoja, jotka tapahtuvat erän valmistuksen aikana, ei lasketa asetus aikaan. Asetusaika sisältää useita työvaiheita. Näihin kuuluvat työkalujen vaihdot, kiinnittimen vaihdot, raaka-aineen vaihdot, NC-ohjelmien vaihdot sekä muut vaadittavat toimenpiteet, jotta tuotantoerä saadaan vaihdettua ajettavaksi tuotantokoneella. Pitkien asetus aikojen vuoksi pienet tuotantoerät eivät ole taloudellisesti kannattavia valmistaa. (Haverila 2005, 406.)

Asetusaika tulee pyrkiä pitämään mahdollisimman lyhyenä, jotta toiminta tuotantokoneella saadaan pidettyä mahdollisimman tuottavana. Asetus aikojen lyhen-

täminen mahdollistaa kapasiteetin kasvamisen ja pienemmät tuote-erät ovat kannattavampia valmistaa nopeiden tuotevaihtoaikojen vuoksi. Lyhyet asetusajat mahdollistavat myös nopeat reagoinnit asiakkaiden tarpeisiin. Asetusaikana ei tapahdu valmistavaa toimintaa, koska asetustyö tehdään tuotantokoneen ollessa pysähdyksissä. Tällöin tuotteille ei tapahdu lisäarvoa tuottavaa toimintaa. (Have-
rila 2005, 406.)

4.3 Asetusajan lyhentämisellä saavutettavat hyödyt

Asetusaikojen lyhentäminen antaa monenlaisia etuja tuotantoa ajatellen. Suurim-
pana näistä voidaan pitää vapautuvaa kapasiteettia arvoa lisääviin toimintoihin
tuotantokoneella. Useimmissa tapauksissa, kuten koneistettavissa tuotteissa,
arvo lisääntyy vain koneen käydessä. (Tehdaskehitys, 2017)

Lyhyemmillä asetusajoilla saadaan lyhennettyä tuotannon tilausten läpimenoai-
kaa ja pystytään samalla vastaamaan nopeammin ja paremmin muuttuviin asia-
kastarpeisiin. Kappalekohtaisen asetusajan vähentyessä tuotekannattavuus pa-
ranee ja voidaan pienentää mahdollisesti eräkokoja. Tämän lisäksi koneelta
saadaan enemmän erilaisia tuotteita läpi aikayksikössä. (Tehdaskehitys, 2017)

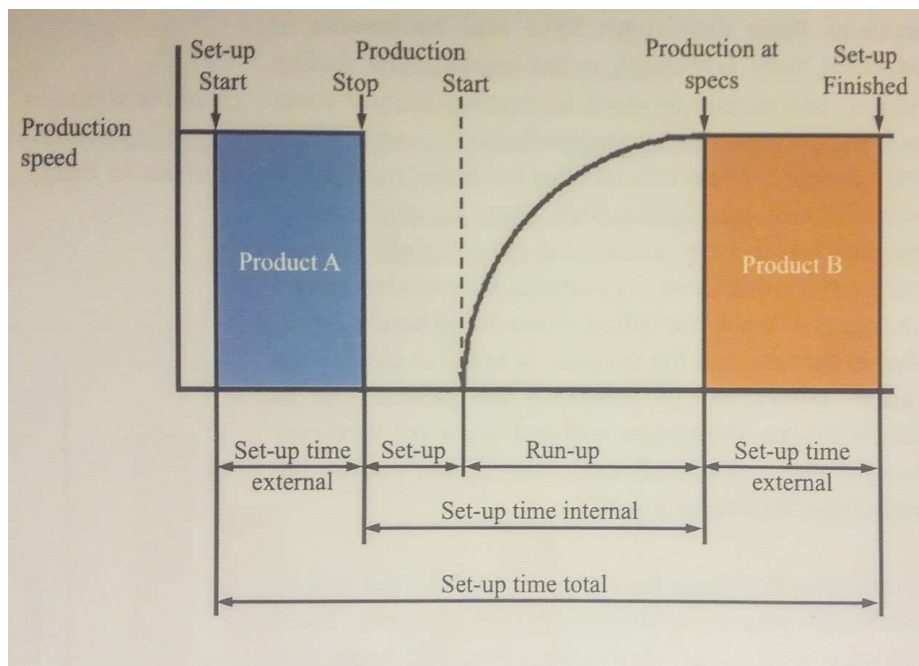
Asetustyötä kehittämällä ajankäytön tuntemus asetustyössä käytettävään aikaan
paranee ja tätä tietoa voidaan paremmin hyödyntää tuotteen hinnoittelussa ja
kustannuslaskennassa. Myös käytännön tasolla tuotannossa saavutetaan erilai-
sia etuja. Tuotelaatu paranee ja laatuvirheiden määrää saadaan vähennettyä
standardoidulla toiminnalla. Järjestelmällinen toiminta asetustyössä vähentää ko-
neenkäytön ammattitaidon vaatimusta ja antaa käyttäjille ymmärrystä kehittämi-
sen positiivisille vaikutuksille. Tämä luo myös pohjaa itsenäiselle asetustyön ke-
hittämiselle organisaatiossa. (Tehdaskehitys, 2017)

4.4 Sisäinen ja ulkoinen asetusaika

Asetusaika voidaan jakaa kahteen osaan, sisäiseen ja ulkoiseen asetusajaan. Sisäisellä asetusajalla tarkoitetaan ajanjaksoa, jossa tuotantokone pysäytetään tuotevaihdon ajaksi, jotta tarvittavat toimenpiteet asetustyön suorittamiseksi voidaan suorittaa. Tämä vaihe voi sisältää esimerkiksi terien ja työkalujen vaihtamista ja asettelua koneeseen. Myös materiaalin ja kiinnittimien vaihdot ovat työvaiheita, jotka usein sisältyvät sisäiseen asetusajaan. (Shigeo 1985, 33.)

Ulkoisessa asetusajassa asetustyötä valmistellaan etukäteen tuotantokoneen ollessa vielä käynnissä. Ulkoisessa asetusajassa esimerkiksi työkalut voidaan käydä noutamassa valmiiksi seuraavaa tuote-erää varten. Tämä on myös hyvä keino vähentämään työntekijäin jouten oloa ja samalla saadaan vähennettyä turhaa odottamista. (Shigeo 1985, 33.)

Yleinen käsitys asetusajasta on, että asetusajaksi määritellään vain se aika, jonka kone on pysähdyksissä. Huonosti suunnitellut ja toteutetut asetustyöt saatetaan tehdä kyseisen käsityksen mukaisesti. Todellinen asetusajan määritelmä on se aikajakso, joka kuuluu edellisen sarjan viimeisen hyvän kappaleen ja seuraavan sarjan ensimmäisen kappaleen välisenä aikana. Tähän vaiheeseen kuuluu siis myös asetuskappaleen valmistaminen kaikkine hienosäätöineen. Kokonaisasetusajasta puhutaan, kun asetustyön aikaan sisällytetään kaikki aika, joka kuuluu sisäisessä ja ulkoisessa asetustyössä (kuva 3). Ulkoisessa asetusajassa on hyvä huomioida, että se sitoo työntekijän aikaa valmistelu tilanteissa. (Karsten 2014, 17.)

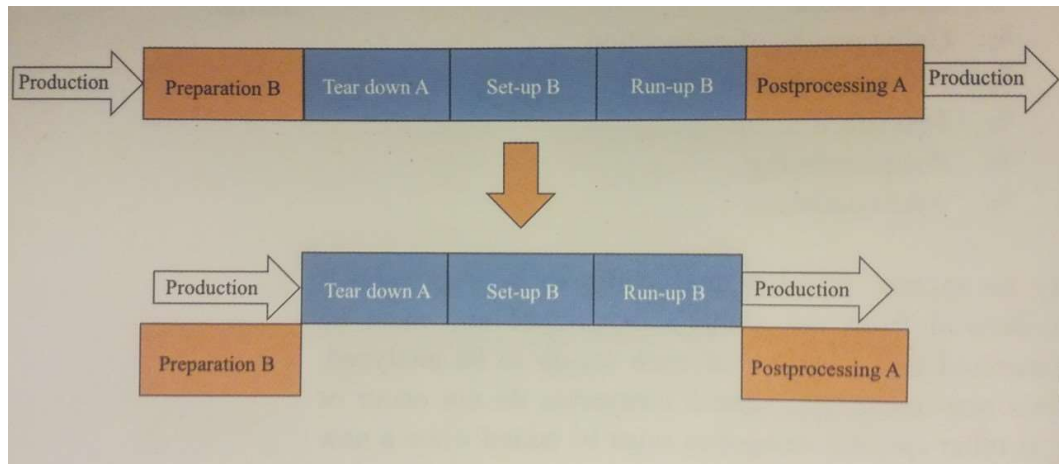


Kuva 3. Kokonaisasetusajan kuvaus

4.5 Sisäisen asetustajan siirtäminen ulkoiseksi

Tyypillinen asetustyö etenee seuraavanlaisesti: Kone pysäytetään ja asetustyötä aletaan valmistella. Ensiksi puretaan vanha asetus pois ja sen jälkeen aloitetaan uuden asetuksen valmistelu. Kun asetus saadaan valmiiksi, alkaa tuotannon ylös ajaminen, johon sisältyy hienosäätöjen tekeminen halutun tuotelaadun saavuttamiseksi. (Karsten 2014, 40.)

Asetustyön parantaminen aloitetaan tunnistamalla ja erottelamalla sisäiset ja ulkoiset asetustyöt. Asetuksessa olevat työtehtävät analysoidaan ja näiden perusteella määritellään mitä toimintoja asetuksessa voidaan siirtää sisäisistä ulkoisiksi (kuva 4). (Karsten 2014, 40.)



Kuva 4. Sisäisen asetusajan siirtäminen ulkoiseksi

Hyvä ennakointi tuotannossa mahdollistaa sisäisten toimintojen siirtämistä ulkoiseksi. Yksinkertaisimmillaan se voisi olla työkalujen noutamista työpisteelle valmiiksi, asetuskorttien ja piirustusten hankintaa sekä materiaalin siirtoa valmiiksi työstökoneen luokse.

4.6 Vakioasetustekniikka

Asetustyön tekoa voidaan nopeuttaa vakioasetustekniikalla. Työstökoneen makasiinissa työkalut pidetään aina samoilla paikoilla ja NC-ohjelmissa käytetään samoja vakiotyökaluja. Tämä kuitenkin vaatii työstökoneelta riittävän suuren työkalumakasiinin. Työkalut ja välineet säilytetään vakiopaikoilla työpisteellä, jotta ne ovat nopeasti saatavilla. Tuotteita voidaan myös suunnitella niin, että niiden valmistuksessa käytetään mahdollisimman paljon samoja työkaluja. (Lapinleimu 1997, 61.)

Myös kiinnittimet ovat osa vakioasetustekniikkaa. Kiinnittimet suunnitellaan niin, että ne paikoittuvat omiin standardi paikkoihin ja niihin käytetään vakioituja nollapisteitä. Kiinnityskohdat ja tarvikkeet standardisoidaan ja mekanisoidaan. (Lapinleimu 1997, 61.)

5 Alkutilanteen kartoitus

5.1 Lähtökohta

Työ aloitettiin kartoittamalla nykyinen tilanne tuotantokoneella. Asetusaikoja lähdettiin tarkastelemaan ajankäyttö- ja havainnointitutkimuksella. Tarkoituksena oli selvittää millaisia työvaiheita asetustyö sisältää ja mitä niissä tarkalleen ottaen tapahtuu. Tavoitteena oli havainnollistaa työvaiheet kronologisessa järjestyksessä. Havainnointitutkimuksessa lisäksi lähdettiin tunnistamaan erilaisia hukkia ja mahdollisia piileviä ongelmia, jotka saattoivat hidastaa asetustyön tekemistä. Tutkimuksessa myös huomioitiin muitakin toimintoja tuotannossa, jotka välillisesti vaikuttivat työstökoneella työskentelyyn.

Lähdin perehtymään aikaisempiin asetustöihin tutkimalla työkortteja, joista ilmeni aikaisempiin asetuksiin käytetty aika. Työkorteissa ei kuitenkaan ollut mitään tarkempia erittelyitä asetustyön vaiheista, joten vain kokonaisaika oli saatavilla. Työkorteista jäi tulkinnan varaiseksi, oliko asetustyöhön sisällytetty ajon hienosäädöt tai asetuskappaleiden ajot, koska kortissa oli erikseen myös sarjan ajoon käytetty aika. Tulokset olivat suuntaa antavia, joten en käyttänyt niitä tähän tutkimukseen. Tulokset eivät välttämättä olleet vertailukelpoisia tulkinnanvaraisuudesta johtuen.

Keskustelin koneistajien kanssa asetustyön tekemisestä ja siitä millaisia ongelmia he mahdollisesti olivat kohdanneet asetustöiden tekemisessä. Kirjasin ylöshäiden ehdottamia parannusehdotuksia. Koneistajien yleinen mielipide oli, että parantamisen varaa löytyy.

5.2 Asetustyön ajallinen tarkastelu

Asetustyön ajalliseen tarkasteluun tein taulukon, johon kirjasin ylös asetusten tekemiseen kuluneen ajan. Taulukko on esitetty liitteessä 1. Taulukkoon merkittiin jokainen työvaihe erikseen ja niihin kulunut aika. Ajanottovälineenä toimi sekuntikello. Kirjasin taulukkoon lisäksi mahdollisia huomioita sekä kommentteja asetustyön vaiheeseen liittyen.

Koneistajan yleisimpiä työvaiheita asetuksen teossa:

- seuraavan työn noutaminen tuotannonohjausjärjestelmästä
- työpiirustuksen ja asetuskortin tulostaminen
- materiaalin siirtäminen
- kiinnitystarvikkeiden etsintä
- mahdollisten jigien etsintä
- kiinnittimien vaihto
- NC-ohjelman haku verkosta ja siirtäminen työstökoneen muistiin
- työkalujen noutaminen työkaluautomaatista tai muista työkalujen säilytyspaikoista
- työkalujen vaihtaminen istukoihin, sekä niiden mittaaminen työstökoneen omalla mittausjärjestelmällä
- nollapisteiden hakeminen koneen 3D mittalaitteella
- mittavälineiden noutaminen

Asetustyön ajallinen tarkastelu toistettiin usealle eri työlle. Taulukossa oli myös merkintä, että oliko asetustyön vaihe sisäistä vai ulkoista. Lopputuloksena oli asetustyö työvaiheineen kirjattuna taulukkoon myöhempää tarkastelua varten.

6 Tulosten analysointi

Mittaustulosten ja havaintojen perusteella löytyi useita kehityskohteita. Suurimmassa osassa asetustöistä asetusaika oli sisäistä eli työ tehtiin koneen ollessa pysähdyksissä. Merkittävin havainto asetuksien tekemisessä oli, että työ sisälsi hyvin usein asioiden noutamista ja etsimistä. Asetustyön aikana tuli useita poistumisia koneen ääreltä etsimään asioita työympäristöstä. Nämä asiat olivat useimmiten tiedon hakua, asetuskortteja, työkaluja, raaka-aineita ja muita asetuksessa käytettäviä tarvikkeita.

Työstökoneella valmistettavat kappaleet poikkesivat toisistaan hyvin vaihtelevasti. Valmistettavia vakiotuotteita tarkastelun kohteena olevalla työstökoneella

on useampi sata erilaista, joten mitään mekaanista ratkaisua ei tässä tapauksessa lähdetty etsimään. Yhtenäisempi ratkaisu asetusajkojen lyhentämiseen löytyy kehittämällä toimintamalleja ja työympäristöä. Koneistajien kanssa käytyjen keskusteluiden perusteella vastaavaa parannusta kaivataan muillakin työstökoneilla. Tässä tapauksessa kehityskohteeksi valikoituikin kokonaisvaltaisempi tuotannonkehitys, mutta pääpaino on edelleen Haas VF5 -työstökoneen ympäristössä.

7 Tuotannon kehitystarpeet ja tavoitteet

Asetusaikoja saadaan lyhennettyä kehittämällä toiminnan laatua. Tuotannon resursseja on käytettävä parhaalla mahdollisella tavalla, joten tässä tapauksessa tärkeässä roolissa on toimintamallien kehittäminen. Tuotannossa esiintyviä hukkia on pyrittävä tunnistamaan ja poistamaan mahdollisimman tehokkaasti. Ratkaisu tuottavuuden parantamiseen on tuotannon kokonaisvaltainen kehittäminen. On kuitenkin huomioitava, että resurssit eivät välttämättä riitä kokonaisvaltaiseen kehittämiseen, joten kehitystyö on tehtävä askel kerrallaan. Pieniin yksityiskohtiin puuttuminen tässä vaiheessa ei välttämättä ole järkevää, vaan sen sijaan lähdetään ratkomaan päivittäin kohdattavia ongelmia.

7.1 Ympäristön siisteys ja järjestys

Useat työvaiheet asetuksen teossa sisälsivät etsimistä. Tarvittavia käsityökaluja joutui useasti asetustyön aikana etsimään muilta työpisteiltä, johon oli syynä työkalujen huono säilytys. Käsityökaluille ei ollut selkeitä merkittyjä paikkoja työpisteellä ja oli epäselvää, että mille työpisteelle kyseinen työkalu kuului. Yhtenä syynä siihen miksi työkalut kulkeutuivat muille työpisteille, oli että jokaisella työpisteellä ei ollut saatavilla kaikkia tarvittavia työkaluja, joten niitä käytiin lainaamassa muilta työpisteiltä. Lainattu työkalu jäi usein palauttamatta sinne mistä se oli noudettu. Hukassa olevan työkalun etsintä voi kuluttaa aikaa muutamasta minuutista yhteen tuntiin. Tämä aika on pois tuottavasta työstä. Muuallakin tuotannossa oli havaittavissa samanlaista ongelmaa.

Työkalujen säilytyspaikat tehdään selkeäksi, että kuka tahansa osaa sanoa mikä työkalu kuuluu mihinkin kohtaan työpisteellä. Eniten käytetyt työkalut laitetaan sopivalle korkeudelle, ettei niitä tarvitse kurotella tai kyyristyä ottamaan. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että haluttu työkalu on saatavilla 6 sekunnin sisällä. Työkalun helppoa palautettavuutta tulee myös korostaa, koska se edesauttaa huomattavasti sen palautumista oikealle paikalleen. Päivittäin käytettävät työkalut sijoitetaan työpisteen yhteyteen ja harvemmin käytetyt työkalut sijoitetaan keskitetysti paikkaan, josta ne kuka tahansa löytää helposti. Visuaalisuus on yksi tärkeä osa työkalujen säilytystä. Työkalujen tulee olla työpiste kohtaisia, eikä niitä saa viedä mihinkään toiselle työpisteelle. Tämä tulee suorittaa kokonaisvaltaisesti tuotannossa, eikä vain yksi työpiste kerrallaan, koska muuten hyvin pian ollaan takaisin lähtöpisteessä.

Työkalujen helppo saatavuus ja löydettävyys ehkäisevät myös työn tekemistä siihen soveltumattomalla työkalulla, koska vääränlaisella työkalulla työn tekemiseen voi kulua tarpeettoman paljon aikaa. Myös mahdollisten vahinkojen ja virheiden todennäköisyys vähenee, kun työ tehdään siihen tarkoitettulla välineellä.

Siisteydestä ja järjestyksestä keskustelu koneistajien kanssa toi ilmi seikan, että hekin ovat turhautuneita työvälineiden jatkuvaan etsimiseen. He ovat kuitenkin olleet ongelman kanssa tekemisissä sen verran kauan, että siihen oltiin jo totuttu eikä asiaa sen enempää huomioitu. Hyvä siisteys ja järjestys työpaikalla lisää työntekijöiden viihtyvyyttä ja parantaa tuottavuutta.

Tähän ehdotankin ratkaisuksi 5S-menetelmää, jotta tarpeeton etsiminen saadaan poistettua tuotannosta. 5S-menetelmä on sopiva keino luomaan standardoitua toimintaa siisteyden ja järjestyksen ylläpitämiseen. Yrityksessä onkin jo käynnistymässä 5S-projekti, joten parannusta edellä mainittuihin ongelmiin on tulossa. 5S-menetelmällä saadaan lisättyä koneistajien omaa aktiivisuutta siisteyden ja järjestyksen ylläpitämiseen.

7.2 Toimintamallit

Asetusaikaa saadaan lyhennettyä siirtämällä sisäisiä toimintoja ulkoisiksi. Aina se ei kuitenkaan ole mahdollista. Asetustyössä ja muissa toiminnoissa esiintyy hukkaa, jotka saattavat tehdä joistakin työvaiheista pitkiä. Asetustyö tulisi kuitenkin tehdä niin, ettei se häiritse käynnissä olevaa tuotantoa. Ulkoisessa asetusaikassa on huomioitavaa, että se sitoo työntekijän aikaa. Kun asetustyötä tehdään tuotannon aikana, aikaa ei välttämättä ole paljoo seuraavaa työn valmistelua varten. Työstökoneen lyhyt jaksoaika tai toisen koneen käyttäminen yhtä aikaa voi mahdollisesti estää asetustyön valmistelun etukäteen. Myös työläät kappaleiden viimeistelyt voivat kuluttaa aikaa paljonkin. Edellä mainituista syistä johtuen toimintojen virtaviivaistaminen on edellytys asetusaikojen lyhentämiseksi. Ideaalissa asetustyössä koneistajan ei tarvitse poistua lainkaan työpisteeltä asetustyön aikana, koska kaikki tarvittavat valmistelut on tehty etukäteen.

Jokaisella koneistajalla on hieman omanlaiset tapansa tehdä asetustyönsä. Eri-laiset muistilistat ja toimintamallit voisivat luoda yhtenäisempää tapaa toimia asetuksien teossa. Näin työtä saataisiin standardisoitua enemmän.

7.3 Asetuskortit

Toisinaan esiintyi ongelmaa, ettei kaikkiin valmistettaviin kappaleisiin ollut tuotannonohjausjärjestelmästä saatavissa asetuskorttia, josta ilmenisi asetustyöhön tarvittavat tiedot. Koneistaja joutui usein etsimään ne itse sisäisestä verkosta tai joissakin tapauksissa työ tehtiin ilman asetuskorttia. Asetuskortista ilmenee tarvittavat työkalut, vähimmäispituudet työkalulle, työkappaleen asento ja nollapistet. Nämä tiedot löytyvät kyllä NC-ohjelmastakin, mutta se kuluttaa aikaa, kun ohjelmaa joutuu selailemaan. Tämä myös hankaloittaa työn valmistelua etukäteen. Ongelmaan tehtiin ratkaisuksi Excel-taulukko, johon kirjataan puutteet asetuskorteista ja ne tullaan päivittämään ajan tasalle.

Joissakin tapauksissa asetuskortin työkalupaikat eivät vastanneet NC-ohjelmassa olevia työkalupaikkoja, joten niitä joutuu usein käsin muuttelemaan työstökoneella. Koneistaja ei itse voi tehdä muutoksia asetuskorttiin. Kaivattu

ominaisuus asetuskortteihin on kommentointi mahdollisuus, jotta voidaan tarvittaessa tehdä muistiinpanoja ajettavaa kappaletta varten. Tällä voitaisiin ehkäistä väärinkäsityksiä ja virheiden mahdollisuuksia. Lisäksi kommentteihin voisi lisätä NC-ohjelman numeron tai nimi, koska kaikista asetuskorteista se ei tule ilmi. Useimmissa tapauksissa NC-ohjelman nimi on sama kuin työpiirustuksessa olevan tuotteen nimi. Asetuskortit ovat PDF-muodossa ja tällä hetkellä tietokoneilla ei ole käytännöllistä ohjelmaa niiden muokkaamiseen. Alkuperäisten asetuskorttien muuttaminen CAM-ohjelmassa on jokseenkin työlästä ja se sitoisi ohjelmoijan aikaa tarpeettoman paljon hyötyyn nähden, joten tästä syystä on järkevämpää muokata jo tuotannossa olevia asetuskortteja. Jos ohjelmoija tekee muutoksia CAM-ohjelmalla tehtyyn NC-ohjelmaan, hän joka tapauksessa tekee uuden päivitetyn asetuskortin. Ratkaisuksi tähän etsitään jokin sopiva ohjelma, joilla näihin PDF-muotoisiin asetuskortteihin voitaisiin kätevästi lisätä tai muuttaa tietoa.

Valokuva valmiista asetuksesta voisi nopeuttaa asetustyön tekemistä, koska siitä ilmenisi melkeinpä kaikki tarvittava tieto asetustyötä varten. Tämä pätee varsinkin hankalimmissa asetuksissa, koska pyörän keksiminen uudelleen kuluttaa aikaa. Tällä hetkellä tuotannonohjausjärjestelmään ei voi lisätä kuvia valmiista asetuksista. Tässä olisi kehittämisen paikka.

Idealisessa asetuskortissa on kaikki tarvittavat tiedot kappaleen nopeaan ja laadukkaaseen valmistamiseen. Tavoitteena on standardoida valmistusprosessia ja siten parantaa asetusaikoja ja tuotelaatua. Tällä hetkellä asetuskorttien taso on hyvä, mutta joissakin tapauksissa lisätietojen lisääminen on suotavaa, jotta vältyttäisiin epäselvyyksiltä valmistamisen suhteen. Jotkut yksityiskohtat ovat koneistajan muistissa, mutta tämä ei ole kovin käytännöllinen tapa toimia. Jos toinen koneistaja tulee tilalle tuuraamaan esimerkiksi poissaolon vuoksi, hän ei tiedä kappaleen valmistamiseen tarvittavia yksityiskohtia. Tämä voi hidastaa asetuksen tekemistä ja mahdollisesti lisää todennäköisyyttä virheisiin. Myös unohdukset näiden yksityiskohtien suhteen ovat mahdollisia.

Hyvästä asetuskortista tulevat ilmi seuraavat tiedot:

- päivämäärä
- ohjelmoija
- tuoterevisio
- NC-ohjelman nimi
- aihion materiaali ja mitat
- käytetyt työkalut ja niiden asetuspituudet
- työstöarvot
- aihion asento
- nollapisteen sijainti aihiossa
- käytettävät kiinnittimet
- mahdolliset huomiot tuotteen valmistamiseen liittyen
- tuotteen viimeistely

Aivan kaikkiin asetuskortteihin näitä kaikkia edellä mainittuja tietoja ei tarvitse lisätä. Tavallisimpien tuotteiden kohdalla koneistaja osaa itse arvioida ja tehdä tarvittavat toimenpiteet kappaleen valmistuksessa. Erikoisemmat ja hankalammin valmistettavat tuotteet kaipaavat hiljaisen tiedon talteen ottamista dokumentoinnin muodossa.

7.4 NC-ohjelmat

Työstöohjelmien käsittelyssä on parantamisen varaa. Verkosta saattoi löytyä samasta ohjelmasta useampi eri versio, joita ei oltu eritelty millään tavalla toisistaan. Ohjelmiin oli saatettu tehdä muutoksia, mutta muutoksien dokumentointi oli tehty puutteellisesti ja saattoi aiheuttaa hämmennystä ja ylimääräistä vaivaa. Yhteisiä pelisääntöjä ohjelmien muutoksien tekemiseen ei ole laadittu. Tähän on syytä puuttua, ettei se pääse paisumaan isommaksi ongelmaksi asti.

Työstöohjelmien käsittelyyn määritellään kirjalliset ohjeet, jotka määrittelevät standardit niiden käsittelyyn erilaisissa tapauksissa. Ohjeissa määritellään ohjelmien nimeämis- ja kommentointiohjeet. Muutoksien dokumentointiin annetaan yksityiskohtaiset ohjeet ja muokattujen ohjelmien tiedostonimestä tulee tulla ilmi, että kyseessä on muokattu ohjelma. Esimerkiksi alkuperäinen ohjelma on

A0001.nc ja muokattu on A0001-A.nc. Numeroon päättyvällä tiedostonimellä muokattuja ohjelmia ei tule käyttää, koska niitä on tuotannossa käytössä jo ennestään ja tämä voi aiheuttaa sekaannuksia. Työohjeet laitetaan näkyviin paperiversiona tietokoneiden viereen, koska siinä ne toimivat hyvänä muistutuksena asiasta.

Verkossa olevien NC-ohjelmien hallintaan määritellään myös ohjeistusta. Tässäkin tapauksessa on havaittavissa useita toimintatapoja koneistajien kesken. Työstökoneen verkon juurikansio on yleensä epäjärjestyksessä ja työstökoneella näiden ohjelmien selaaminen on epäkäytännöllistä. Tuntemattomasta syystä johdun työstökone ei näytä ohjelmia loogisessa järjestyksessä hakemistossa, joten jos kansiossa on kymmeniä tai jopa satoja ohjelmia, niin niiden selaaminen on hankalaa ja oikean ohjelman löytäminen vie aikaa. Tästä syystä juurikansio on pidettävänä mahdollisimman siistinä ja siellä pidetään vain sillä hetkellä tarvittavat ohjelmat.

Ehdotankin ratkaisuksi seuraavanlaista toimintatapaa. NC-ohjelmat siirretään omiin kansioihinsa luokittelun perusteella. Arkisto kansio sisältää vanhoja NC-ohjelmia, joita käytetään silloin tällöin edelleen. Tästä kansioista haetaan ohjelmia, mutta sinne niitä ei enää viedä takaisin. Tehdyt kansio sisältää ajatut NC-ohjelmat, johon ne siirretään käytön jälkeen. Muokatut kansio sisältää NC-ohjelmat, joihin koneistaja on itse tehnyt muutoksia. Nämä on hyvä laittaa erilliseen kansioon, koska se selkeyttää huomattavasti ohjelmien etsintää. Osa näistä kansioista on jo käytössä, mutta ohjeistus niiden oikeaoppiseen käyttämiseen on vielä puutteellinen. Usein koneistaja etsii Windowsin resurssienhallinnan hakutoiminnolla tarvittavan NC-ohjelman. Tämä on osoittautunut toimivaksi toimintamalliksi.

7.5 Lastuavat työkalut

Työkalupaikkojen vakiointia työstökeskuksen makasiiniin tutkittiin. Makasiinissa oli jo ennestään muutamia vakiotyökaluja. Ongelmaksi muodostui tuotteiden suuri määrä, joten erilaisia työkaluja tarvittiin todella paljon. Makasiinin 30 työkalupaikkaa ei riitä kovinkaan pitkälle, joten työkalujen vaihtaminen makasiiniin on

pakollista ja jatkuvaa. Pohdin myös työkalujen vakiointia makasiinin ulkopuolelle työkaluhyllyyn, mutta kustannukset olisivat olleet liian suuret saavutettuun hyötyyn nähden.

Lastuavien työkalujen säilyttämisessä on parantamisen varaa. Havaittavissa oli, että teriä oli levällään ympäri tuotantoa. Tämä aiheutti usein etsintätyötä, jossa koneistaja joutui kiertämään tuotantotilat läpi löytääkseen haluamansa työkalun. Joitakin työkaluja on vain yksi kappale ja useimmiten se saattoi olla jossakin työstökoneessa työkalumakasiinissa kiinni. Koneistaja joutuu kiertämään jokaisen koneen läpi löytääkseen työkalunsa. Tähän voi helposti kulua 10 minuuttia. Näille yksittäisille työkaluille ei ole kunnollista keskitettyä säilytyspaikkaa. Yksi ratkaisu tähän voisi olla määrittää selkeä keskitetty säilytyspaikka. Säilytyspaikkaan lainatun työkalun kohdalle merkittäisiin mihin koneeseen se on viety. Koneistaja voisi käydä odotusajan aikana palauttamassa työkalun paikoilleen, kun hän ei enää sitä tarvitse.

7.6 Kappaleiden kiinnitystarvikkeet ja välineet

Kappaleiden ja muiden välineiden kiinnitykseen ei ollut saatavissa riittävästi kiinnitystarvikkeita, joita joutui välillä etsimään toisilta koneilta tai jopa purkamaan toisesta koneesta pois. Syy kiinnikkeiden vähyyteen oli uudet konehankinnat, jotka oli jäänyt ottamatta huomioon. Kiinnikkeiden järjestyksessä oli myös parantamisen varaa. Huomion arvoista olisi, että asetuskorttiin voisi dokumentoida millaisilla kiinnittimillä kappale valmistetaan. Tällä saadaan helpotettua ja nopeutettua asetuksen tekemistä. Myös virheiden mahdollisuus vähenee ja tuotelaatua saadaan mahdollisesti parannettua, kun työ tehdään jokaisella kerralla samalla tavalla. Tavoitteena on standardoida tuotteiden valmistusta.

Ratkaisuksi hankittiin lisää kiinnikkeitä, jotka järjesteltiin selkeämpään järjestykseen työpisteelle. Myös muunlaisille kiinnikkeille olisi ollut tarvetta, mutta ajanpuutteen vuoksi niitä ei ehditty tutkimaan.

7.7 Yhteenveto kehityskohteista

Tuotannosta löytyi tutkimuksen perusteella useita parannuskohteita ja hukkaa esiintyi monilla eri tavoilla. Todennäköisesti asiat oli vain totuttu tekemään totuilla toimintatavoilla, eikä ongelmia osattu nähdä. Tuotannonkehitys kannattaisi tuoda osaksi joka päiväistä toimintaa. Jatkuvan parantamisen toimintamalli sopii tähän. Jos jokainen tekee yhden pienenkin parannuksen päivässä, millaisessa tilanteessa ollaan vuoden kuluttua?

Tärkein kehityskohde on työpaikan siisteys ja järjestys. Se luo pohjaa uusien rutiinien luomiselle ja ylläpitämiselle. Tuotannossa olevia ongelmia voitaisiin kirjata ylös näkyvään paikkaan, jotta ne eivät pääsisi unohtumaan. Näkyvällä paikalla tarkoitan ilmoitustaulua. Tällä tavalla ne saataisiin kaikkien tietoisuuteen ja niitä voitaisiin ratkaista yhdessä.

Useimmiten ongelmien korjaaminen jää hoitamatta kiireeseen vedoten. Samat ongelmat syövät toistuvasti tuotannon kapasiteettia huomaamatta. Se on menetettyä aikaa jota ei takaisin saa. Käyttämällä aikaa oikeisiin asioihin säästetään enemmän aikaa pitkällä aikavälillä.

8 Pohdinta

Opinnäytetyö oli aiheeltaan kiinnostava ja hyvin käytännönläheinen. Mittauksien ja havaintojen ylös kirjaaminen lattiatasolla oli hyvin opettavaista. Näiden avulla sai luotua itselleen kokonaiskuvaa siitä mitä kaikkea tuotannossa tapahtuu. Minulla on aikaisempaa kokemusta koneistamisesta ja aiheeseen perehtyminen oli mielenkiintoista. Ei ole aikaisemmin tullut pohdittua näitä asioita niin yksityiskohtaisesti kuin nyt. Aikaa kuluikin opinnäytetyön tekemiseen paljon enemmän, kuin alun perin olin ajatellut.

Koulutuksen, osaamisen ja motivaation tärkeyttä ei voi koskaan korostaa liikaa. Ne ovat yksi tärkeimpiä menestyksen avaimia. Kukaan ei kuitenkaan menesty

yksin, vaan se vaatii hyvää yhteishenkeä ja toimimista yhteisen päämäärän eteen. Tiimityöskentely on tehokkain keino ongelmien nujertamiseksi. Tuotannon kehittäminen on parhaimmillaan yhdessä asioiden pohtimista ja ratkaisua. Tiimityöskentelyssä yhdistyvät monenlaiset näkökulmat siitä, kuinka asiat tulisi tehdä.

Materiaalia SMED-menetelmästä löytyi runsaasti, mutta niitä ei päässyt tässä työssä paljoa soveltamaan. Lopullinen tulos joka opinnäytetyössä saavutettiin, poikkesi hieman alkuperäisestä suunnitelmasta. Tuli selväksi, että asetustöiden ennakointi vaatii ympäristöltä toimivaa järjestelmällisyyttä, jota ylläpidetään aktiivisesti. Hukkien tunnistaminen tuotannosta vaatii perehtymistä asiaan ja jalkautumista lattiatasolle, jotta niitä osaa tunnistaa.

Pidän opinnäytetyötä kuitenkin onnistuneena. Vaikka käytännön tasolla ei päästy näkemään tuloksia, niin suurin muutos tapahtui minussa itsessäni. Suurin muutos on ajattelutavan muutos. Näen nyt asiat tuotannossa eri tavalla ennen kuin tätä opinnäytetyötä. Näen asioiden vaikutukset suuremmassa mittakaavassa ja pidemmällä aikavälillä. Jäin kaipaamaan asioiden toteuttamista käytännössä, jossa se todellinen oppiminen tapahtuu. En usko, että se pelkästään aiheutta lukemalla kehittyy. Kuitenkin on syytä muistaa, että jokainen työpaikka ja -yhteisö ovat erilaisensa ja vaativat omanlaisensa ratkaisunsa. Tästä syystä kirjoista ei suoraa vastausta ongelmiin. Luovuudelle on annettava tilaa.

Lähteet

- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. Tampere: Infacs Oy.
- Karsten, H. 2014. Quick Changeover Concepts Applied. Boca Raton: CRC Press
- Käpylä, K., Jääskeläinen, A., Seppänen, S.K., Vuolle & M. Lönnqvist, A. 2008. Tuottavuuden kehittäminen Suomessa. Työsuojelurahasto. https://www.tsr.fi/tsarchive/files/Selvityksia/1_2008tuottavuusraportti.pdf 6.11.2017
- Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.
- Larikka, M. & Pohjasmäki, J. 1995. Jatkuva parantaminen: 100 käytännön esimerkkiä. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Liker, J.K., 2006. Toyotan tapaan. Helsinki: Readme.fi
- Maaranen, K. 2012. Koneistus. Helsinki: Sanoma Pro Oy
- McIntosh, R.I., Culley, S.J., Mileham, A.R. & Owen, G.W. 2001. Improving Changeover Performance. Woburn: Butterworth-Heinemann.
- Peltonen, A. 1997. Tuottava tehdas. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Peltonen, A. 1998. Tuottava tehdas. Opetushallitus. <http://www03.edu.fi/oppi-materiaalit/tuottavatehdas/tehdas7.html#3> 26.10.2017
- Shigeo, S. 1985. A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Cambridge: Productivity Press.
- Tehdaskehitys. 2017. SMED Asetuksenvaihto. Tehdaskehitys. <http://www.tehdaskehitys.fi/lean/Asetuksenvaihto/> 21.11.2017
- Tuominen, K. 2010a. Tehoa ja laatua hukan vähentämiseen. Helsinki: Readme.fi
- Tuominen, K. 2010b. Tehoa ja laatua siisteyden ja järjestyksen kehittämiseen – 5S. Helsinki: Readme.fi
- Villanen, H. 2013. 5S, tuhlauksen välttäminen työpisteen tasolla. Prosessitaito. http://www.prosessitaito.fi/5S_tyopisteen_tuhlauksen_valttaminen.pdf 1.11.2017

Asetusajan mittaamisessa käytetty taulukko

Asetusaika Haas VF5

S = Sisäinen asetusaika
U = Ulkoinen asetusaikaTuote _____
Tekijä _____
Pvm _____

Nro.	Kuvaus työvaiheesta	Aika	Kum. Aika	S / U	Kommentti
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					