



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

KONEISTUKSEN ASETUSTYÖN KEHITYS

Matias Paavola

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät

PAAVOLA, MATIAS:
Koneistuksen asetustyön kehitys

Opinnäytetyö 54 sivua, joista liitteitä 9 sivua
Toukokuu 2018

Opinnäytetyö käsittelee Purso Oy:n konepajan koneistussoluun tehtyä koneistuksen asetustyön kehittämistä. Ongelmana oli, että asetuksen tavoiteaikaa ei saavutettu. Työn tavoitteena oli löytää keinot tavoiteajan saavuttamiseksi. Kehitystyö aloitettiin työntutkimuksella, jossa tutkittiin, mistä vaiheista asetustyö koostuu ja kuinka kauan ne kestävät. Työntutkimuksen jälkeen asetusta kehitettiin SMED-menetelmän neljän vaiheen mukaisesti.

Koneistuksen asetustyö saatiin teoriassa tavoiteaikaa nopeammaksi. Asetusaikaa kehitettiin tekemällä mahdollisimman suuri osa asetuksesta ulkoisen asetuksen aikana, jolloin kone tekee jalostavaa työtä. Asetuksen vaiheita tehostettiin niin, että asetustyön kokonaiskesto lyheni.

Opinnäytetyö tarjoaa ratkaisut asetuksen tavoiteajan saavuttamiseksi. Yritys voi työn perusteella käytännössä toteuttaa ratkaisuehdotukset ja kehittää asetustyötä. Työn teorian perusteella asetustyötä voidaan tutkia lisää ja etsiä uusia kehityskohteita asetustyössä.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production Engineering

PAAVOLA, MATIAS:
Development of a Machining Cell Setting Process

Bachelor's thesis 54 pages, appendices 9 pages
May 2018

The purpose of this thesis was to develop the machining settings of a machine workshop's machining cell in Purso Oy. The challenge was that the optimal time to input the settings was not reached. The development was started by performing a work analysis to examine how much time they consumed. The machining setting process was then developed according to the four stages of SMED-method.

The optimal time to input the settings was achieved in theory. The setting process was improved by transferring as much of it as possible to the external setting phase, so that more time was freed for the machine to perform productive work. The effectiveness of the setting stages were developed and the total setting time was decreased.

The study provides solutions to reach the target setting time. The company can execute the solutions presented here in practice and thus improve the setting process. It is suggested in this study that the setting process can be researched further to find additional development solutions.

Key words: machining, setting, work analysis, SMED

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	PURSO OY	6
3	ONGELMAN ASETTELU	7
4	SINGLE-MINUTE EXCHANGE OF DIE	8
	4.1 SMED-menetelmän esittely	8
	4.2 Asetustyön vaiheet	9
	4.3 SMED-menetelmän vaiheet	10
5	TYÖNTUTKIMUS	16
	5.1 Tutkimusmenetelmän esittely	16
	5.2 Työntutkimuksen aikalajit	18
	5.3 Työnmittaus	20
6	TIEDONKERUU (ESIVAIHE)	22
	6.1 Kehityskohteen esittely	22
	6.2 Alkutilanteen kuvaus	22
	6.3 Työntutkimus	23
	6.4 Tulosten esittely	24
	6.5 Asetustyön vaiheet	25
7	TIEDON ANALYSOINTI (VAIHEET 1-3).....	30
	7.1 Vaihe 1: Sisäisen ja ulkoisen asetuksen erottaminen.....	30
	7.2 Vaihe 2: Sisäisen asetuksen muuttaminen ulkoiseksi.....	34
	7.3 Vaihe 3: Asetuksen virtaviivaistaminen	37
8	KEHITYSEHDOTUKSET	41
9	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	43
	LÄHTEET.....	44
	LIITTEET	45
	Liite 1. Mittauspöytäkirjat	45
	Liite 2. Asetustyön vaiheiden kestot	54

1 JOHDANTO

Purso Oy:n koneistus oli nostettu keskeiseen osaan yrityksen toimintaa. Koneistuksesta kilpailukykyä haluttiin kehittää, jotta yrityksen toimintastrategian mukaisesti alumiinin jatkojalostuksen osuutta voitaisiin kasvattaa ja valmistaa asiakkaille saman katon alla yhä enemmän valmiita lopputuotteita. Alkutilanteessa koneistuksessa ei saavutettu asetettuja tavoiteaikoja, eikä koneistuksen työvaiheita ja työajan jakautumista eri vaiheisiin oltu suoritettu.

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää Purson koneistusta tehokkaammaksi. Työssä perehdytään tuotannon asetustyöajan jakautumiseen tutkittavassa koneistussolussa teoriassa ja käytännössä. Tutkimuksen perusteella valitaan asetustyön keskeisimmät pullonkaulat, joihin haetaan ratkaisuja. Tutkimustyö rajattiin koskemaan koneistuksen kahta pitkän alumiiniprofiilin työstökeskusta, koska niiden osuus konepajan liikevaihdosta on merkittävä, ja niiden toiminnassa oli havaittu eniten kehitystarvetta. Työaika tutkittiin asetustyön osalta, koska asetustyössä ei saavutettu haluttuja tuloksia.

Asetustyötä haluttiin kehittää SMED-menetelmän mukaisesti, sillä sen uskottiin soveltuvan parhaiten asetustyön tutkimiseen ja kehittämiseen. SMED:n tavoitteena on tehdä asetuksesta mahdollisimman suuri osa jalostavan työn aikana, ja tehostaa asetuksen työvaiheita. Menetelmä tarjosi kehitystyöhön työkaluja, jotka esitellään teoriaosuudessa ja joita sovelletaan käsittelyvaiheessa.

Nykytilan kartoituksessa ja datankeruussa käytettiin työntutkimuksen menetelmätutkimusta ja työnmittausta. Työntutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa, sillä se luo pohjan toiminnan kehittämiseksi. Kehitystoimenpiteiden toteuttamisen jälkeen työntutkimus voidaan suorittaa uudestaan, ja tarkistaa saavutettiinko toimenpiteillä halutut lopputulokset.

2 PURSO OY

Purso Oy on vuonna 1972 perustettu metalliteollisuuden perheyrittys. Purso valmistaa alumiiniprofiileja suulakepuristamalla ja niiden jatkojalosteita. Yrityksen toimintaan kuuluu koko jalostusketju raaka-aineen tuotannosta lopputuotteeseen. Tuotteita käytetään lähes kaikilla teollisuuden aloilla, kuten talon- ja koneenrakennuksessa, kuljetus- ja sähkötekniikassa sekä elektroniikassa. (Purso Oy 2018.)

Purso työllistää Suomessa 240 henkilöä Ikaalisten, Nokian Siuron (kuva 1) ja Pikkalan toimipaikoissa. Pursotuksessa käytettävät ahiot tulevat ensisijaisesti Ikaalisten sulatolta, ja ne pursotetaan Siuron pursotuslaitoksella alumiiniprofiileiksi. Profiileja jatkojalostetaan pintakäsittelmällä Siuron anodisointilaitoksella sekä sahaamalla, taivuttamalla, lävistämällä ja koneistamalla Siuron ja Pikkalan kevytmetallikonepajoilla. Yrityksen viennin osuus myynnistä on noin 40 % ja sen liikevaihto oli 73,5 miljoonaa euroa vuonna 2014. Alumiinin toimitukset olivat vuonna 2013 noin 17 000 tonnia. (Purso Oy 2018.)



KUVA 1. Siuron toimipiste (Purso Oy 2018)

Purso Oy on osa Purso Yhtiöitä, joiden toiminta alkoi Suojapinta Oy:n rakennustöiden (1959) ja anodisoinnin käynnistymisellä (1960). Purso Yhtiöihin kuuluu Purso Oy:n lisäksi Siurossa toimiva pulverimaalaamo Linjapinta Oy, Parkanossa toimiva pako- ja ohutseinäputkien valmistaja Fennosteel Oy, Porissa toimiva raskaiden kaasus- ja dieselmoottorien osien valmistaja Purso-Tools Oy ja Laitilassa toimiva ohutlevystä ja putkimateriaalista valmistettujen osakokonaisuuksien toimittaja Veme Oy. (Purso Oy 2018.)

3 ONGELMAN ASETTELU

Koneistussolun kehitystyö aloitettiin, koska koneistuksessa ei saavutettu haluttuja tuloksia. Koneistuksen asetustyön tavoiteajaksi oli määritetty kaksi tuntia, ja alkutilanteessa sitä ei saavutettu. Asetustyö sisältää uuden tuotteen valmistusta varten tarvittavat muutokset. Koneistuksen kuormitus ja laskutus tehdään tavoiteajan perusteella, joten sen ylityminen vaikeuttaa kuormitusta ja laskee kannattavuutta. Lisäksi tavoiteajan toteutuminen vaikuttaa työntekijöiden tuotantopalkkioon. Konepajalla suoritettava työ on joustavaa piensarjatuotantoa, jonka vuoksi asetustyö on keskeisessä osassa tuotannon kokonaistehokkuutta. Näistä syistä kehitystyön kohteeksi valittiin yhdessä opinnäytetyön tekijän ja toimeksiantajan kanssa koneistuksen asetustyö.

Asetustyön kehittämisen teorian vaihtoehtoiksi nousivat SMED-menetelmä ja Lean-ajattelu. SMED-menetelmän tavoitteena on suorittaa mahdollisimman suuri osa asetuksesta koneen tehdessä jalostavaa työtä, ja lyhentää asetuksen kokonaisaikaa. Lean-ajattelun tavoitteena on eliminoida prosessista kaikki lisäarvoa tuottamaton hukka. Teoriapohjaksi valittiin opinnäytetyön toimeksiantajan toimesta SMED, koska sen uskottiin soveltuvan parhaiten asetustyön tutkimiseen ja kehittämiseen.

Teoriapohjan toteuttamista varten asetustyön nykytila kartoitettiin. Tiedonkeruu tehtiin työntutkimuksen menetelmätutkimuksena ja työnmittauksena. Menetelmätutkimuksessa tutkittiin mistä työvaiheista asetustyö koostuu, ja työnmittauksessa miten kauan työvaiheet kestävät. Työnmittaus toteutettiin kirjaamalla normaalin asetustyön aikana työvaiheet kestoineen mittauspöytäkirjaan. Työnmittauksessa olisi lisäksi voitu suorittaa työn vakiinnuttaminen eli standardointi, ja työnopastus eli standardoitujen työmenetelmien opastaminen työntekijöille. Työn toimeksiantaja valitsi työntutkimusmenetelmän menetelmätutkimuksen ja työnmittauksen, koska tutkimuksessa haluttiin keskittyä nykytilan kartoittamiseen, ja sen jälkeen asetuksen kehittämiseen SMED-menetelmän mukaisesti.

4 SINGLE-MINUTE EXCHANGE OF DIE

4.1 SMED-menetelmän esittely

Asetustyö on työvaihe, jossa tuotantolinjaan tehdään uuden tuotteen valmistusta varten tarvittavat muutokset. SMED on asetustyön kehittämisen työkalu, jonka tarkoituksena on lyhentää asetustyöhön tarvittavaa aikaa. Valmis asetustyö pyritään saavuttamaan SMED-menetelmän teorian ja työkalujen avulla tuntien sijaan minuuteissa, jopa sekunneissa. SMED on lyhenne sanoista Single-Minute Exchange of Die, mikä tarkoittaa alle kymmenen minuutin asetusaikaa. SMED:n kehitti japanilainen teollisuusinsinööri Shigeo Shingo, joka saavutti merkittäviä tuloksia uudella menetelmällään. Menetelmän ensimmäisissä sovelluksissa Toyota lyhensi 1000 tonnin puristimen asetusajan neljästä tunnista kolmeen minuuttiin. Vaikka menetelmä kehitettiin prässien asetuksen kehittämiseen, voidaan sen periaatteita soveltaa kaikenlaisissa prosesseissa. (Productivity Press Development Team 1996, 14–16.)

Asetustyössä suoritetaan valmistelut ennen valmistuserän tuotannon aloittamista, ja viimeistelyt erän valmistumisen jälkeen. SMED:ssä asetus jaetaan kahteen osaan: sisäiseen ja ulkoiseen asetustyöhön. Sisäinen asetus tarkoittaa kaikkia niitä asetuksen vaiheita, jotka voidaan suorittaa vain silloin kun kone on pysähdyksissä. Esimerkiksi työstökoneen terää ei ole mahdollista vaihtaa koneen käydessä. Ulkoinen asetus on mahdollista suorittaa, kun kone käy. Esimerkiksi jalostettavat työkappaleet ja asetukseen tarvittavat työkalut voidaan tuoda työpisteelle koneen käydessä. (Productivity Press Development Team 1996, 19–20.)

Massatuotannossa valmistetaan suuria eriä tiettyä tuotetta. Näin toimitaan, kun asetustyöt ovat pitkiä ja ne vaikuttavat merkittävästi tuottavuuteen. Massatuotannon haittoja ovat suuri varastointi, erien pitkät valmistusajat ja laatuongelmat. Suuri varasto sitoo merkittävästi yrityksen pääomaa ja vaatii ylimääräistä tilaa. Isot valmistuserät johtavat pitkiin toimitusaikoihin, kun tuotteita ei valmisteta juuri oikeaan aikaan asiakastarpeeseen. Varastointi voi aiheuttaa laatuongelmia tuotteiden odottaessa pitkään seuraavaa valmistusvaihetta tai niiden myymistä asiakkaalle. (Productivity Press Development Team 1996, 15.)

Silloin kun asetustyö on nopea, se voidaan suorittaa niin usein kuin tarvitaan. Nopea asetustyö mahdollistaa siirtymisen massatuotannosta joustavaan piensarjatuotantoon, jolla saavutetaan useita etuja. Yritykset voivat vastata asiakkaiden muuttuviin tarpeisiin ilman ylimääräistä varastointia, toimittaa pienerät nopeasti, parantaa laatua varastoinnin vähentämisellä ja asetuksen tehostamisella, sekä parantaa tuottavuutta jalostavan työn osuuden kasvamisella. SMED tuo etuja yrityksen lisäksi lattiataason työntekijöille. Työympäristöstä saadaan siisti ja turvallinen, asetustyöstä selkeä sekä työpaikkojen säilymisen varmuus kasvaa yrityksen kilpailukyvyn kasvaessa. (Productivity Press Development Team 1996, 16–17.)

4.2 Asetustyön vaiheet

Asetustyö voidaan jakaa neljään vaiheeseen. Vaiheen arvioitu kesto asetuksen kokonaisajasta ennen SMED-menetelmän toteutusta on merkittynä prosentteina. (Productivity Press Development Team 1996, 24.)

1. Valmistelu, prosessin jälkeiset säädöt, työkalujen ja materiaalien tarkastus 30 %
2. Kiinnitys, työkalujen, terien ja kappaleiden irrotus 5 %
3. Mittaukset, asetukset ja kalibroinnit 15 %
4. Testiajot ja säädöt 50 %

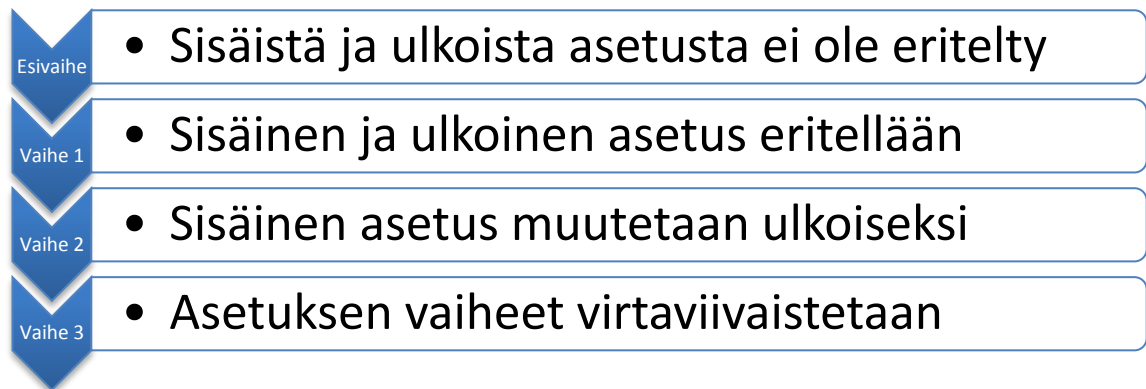
Ensimmäisessä vaiheessa varmistetaan, että kaikki osat ja työkalut ovat paikallaan ja toimivat kuten pitää. Siihen kuuluu myös prosessin jälkeinen kappaleiden poisto, niiden varastointi ja koneen puhdistus. Tavallisessa asetustyössä, johon SMED:tä ei ole sovellettu, nämä suoritetaan koneen ollessa pysähdyksissä, vaikka ne tulisi tehdä koneen käydessä. Seuraavassa vaiheessa poistetaan erän valmistuttua kappaleet ja työkalut, ja kiinnitetään seuraavaan vaiheeseen tarvittavat. Koneen tulee yleensä olla tällöin pysähdyksissä. (Productivity Press Development Team 1996, 24–25.)

Kolmannessa asetustyön vaiheessa suoritetaan kaikki valmistukseen vaadittava ohjelmointi, mittaus ja kalibrointi. SMED tarjoaa tapoja suorittaa tämä vaihe nopeasti koneen tehdessä jalostavaa työtä. Viimeisessä vaiheessa tehdään testikappaleen valmistumisen jälkeiset säädöt ja testiajot. Mitä tarkemmin edellinen vaihe on tehty, sitä vähemmän viimeiseen vaiheeseen tarvitaan aikaa. Testiajot säätöineen on yleensä asetuksen vaikein

osuus, jonka nopeuteen vaikuttaa eniten henkilökohtainen osaaminen. Asetuksesta merkittävä osuus kuluu normaalisti testivaiheeseen. Normaalisti kone ei valmista hyviä osia ennen tämän vaiheen valmistumista, jonka vuoksi sitä pidetään sisäisenä asetusaikana. SMED tarjoaa keinoja viimeiseen vaiheen poistamiseksi kokonaan, jolloin kone valmistaisi alusta alkaen hyviä kappaleita. (Productivity Press Development Team 1996, 25–26.)

4.3 SMED-menetelmän vaiheet

SMED-menetelmä jaetaan kuvion 1 mukaisesti neljään vaiheeseen. (Productivity Press Development Team 1996, 28.)



KUVIO 1. SMED-menetelmän vaiheet (Productivity Press Development Team 1996, 28.)

Ennen SMED-menetelmän toteuttamista asetusta ei ole jaettu sisäiseen ja ulkoiseen asetustyöhön. Toteuttamista ennen suoritettavaa esivaihetta kutsutaan asetuksen analysoinniksi. Sen tarkoitus on ymmärtää mistä asetus koostuu ja kuinka paljon sen eri vaiheisiin kuluu aikaa. Esivaiheen perusteella suunnitellaan, miten SMED-parannukset toteutetaan. Asetus analysoidaan työnmittauksen perusteella, joka voidaan suorittaa esimerkiksi videomalla. Videota voidaan tarkastella työntekijöiden kanssa yhdessä ja arvioida sen perusteella työvaiheita. Lopuksi videon kaikki vaiheet analysoidaan ja mitataan. (Productivity Press Development Team 1996, 27.)

Sisäisen ja ulkoisen asetuksen erottaminen toisistaan on oleellisin vaihe SMED:ssä. Tekemällä selvästi ulkoiset vaiheet koneen käydessä säästetään usein jo merkittävästi aikaa.

Esimerkiksi kuljetukset ja valmistelutehtävät kuuluvat ulkoiseen asetukseen. (Productivity Press Development Team 1996, 28.)

Toisessa vaiheessa tarkastellaan vaiheita uudestaan. Tarkoituksena on varmistaa, että vaiheita ei olla virheellisesti luokiteltu sisäiseen asetukseen. Samalla pyritään löytämään keinoja sisäisten vaiheiden muuttamiseksi ulkoisiksi. Vaiheita voidaan usein muuttaa ulkoiseksi, kun mietitään niiden perimmäistä tarkoitusta. (Productivity Press Development Team 1996, 28.)

Viimeisessä vaiheessa asetuksen tekijöitä tarkastellaan yksityiskohtaisesti, jotta asetusaikaa voidaan lyhentää. Tiettyjä periaatteita sovelletaan ajan lyhentämiseksi erityisesti sisäisessä asetuksessa. (Productivity Press Development Team 1996, 28.)

Tietyt vaiheet voidaan tehdä selvästi, tai pienillä muutoksilla koneen käydessä. Esimerkiksi osien ja työkalujen valmistelu sekä lähelle tuominen kuuluvat ulkoiseen asetukseen. Käytännössä nämä vaiheet suoritetaan usein kuitenkin koneen ollessa pysähdyksissä. Hyvällä valmistelulla voidaan saavuttaa merkittävää nopeutusta sisäisessä asetuksessa. SMED tuo esille kolme tekniikkaa, jotka helpottavat sisäisen ja ulkoisen asetuksen erottamista ensimmäisessä vaiheessa. (Productivity Press Development Team 1996, 32.)

Asetustyökohtaisella tarkistuslistalla voidaan havainnollistaa tarvittavat työkalut, osat ja tieto koskien asetusta. Listan perusteella voidaan suorittaa asetuksen valmistelua jo koneen käydessä. Tarkistuslista vähentää virheiden mahdollisuutta, jotka voisivat esiintyä sisäisen asetuksen aikana. Erityisen tärkeää on luoda oma tarkistuslista jokaiselle asetytyölle, sillä asetustöillä voi olla merkittäviä eroja keskenään. Yleinen asetustyön ohje voi toimia toiminnan perusrunkona, mutta se ei välttämättä kerro kaikkea oleellista tietyissä asetustöissä. (Productivity Press Development Team 1996, 32–33.)

Ennen asetuksen aloitusta tulee varmistaa, että kaikki tarvittava on oikeassa kunnossa ja toimii. Ennakoinnilla voidaan suorittaa korjaavat toimenpiteet ennen sisäisen asetuksen alkua, jolloin työhön ei tule ylimääräisiä viivästyksiä. Tässä vaiheessa voidaan tarkistaa esimerkiksi raakamateriaalin, työkalujen ja kiinnittimien kunto sekä ohjelman toimivuus. (Productivity Press Development Team 1996, 34.)

Sisäistä asetusta voidaan lyhentää kuljettamalla kaikki asetukseen tarvittava ulkoisen asetuksen aikana. Esimerkiksi uudet työkappaleen sekä koneistus- ja käsityökalut tulee olla valmiina työpisteellä nopean asetuksen suorittamiseksi. Vanhojen kappaleiden, työkalujen ja osien poisvienti tulee suorittaa vasta sen jälkeen, kun uudet kappaleet on asetettu ja kone käynnistetty. Automaattista konetta käytettäessä operaattorin on mahdollista tehdä kuljetustyö asetuksen aikana. Joissain tapauksissa avuksi voidaan ottaa toinen henkilö, jos käytettävä kone sitoo operaattoria liikaa. (Productivity Press Development Team 1996, 35.)

SMED:n toisessa vaiheessa tarkastellaan ensimmäisen vaiheen erottelun jälkeen sisäisen asetuksen todellisia toimintoja ja tarkoituksia. Tässä vaiheessa pyritään löytämään uusia keinoja sisäisen asetuksen muuttamiseksi ulkoiseksi. Vanhat toimintatavat eivät saa toimia rajoitteina, vaan kokeneiden työntekijöiden tulisi tarkastella prosessia kuin näkisivät sen ensimmäistä kertaa. Kolme esimerkkitekniikkaa sisäisen asetuksen muuttamiseksi ulkoiseksi ovat työolosuhteiden valmistelu etukäteen, tarpeellisten toimintojen standardisointi ja jigien käyttö. (Productivity Press Development Team 1996, 42.)

Työolosuhteiden valmistelun kehittämisellä tarkoitetaan kaikkien työkalujen, osien ja asioiden valmistelua ennen sisäisen asetuksen alkamista. Kaikki mahdollinen valmistelu tehdään ennen sisäisen asetuksen alkamista, ja viimeistely sisäisen asetuksen päättymisen jälkeen. Hyvin valmisteltu työ mahdollistaa nopean asetuksen. Esimerkiksi seuraavan työn ohjelmointi koneen tehdessä jalostavaa työtä on valmistelun kehittämistä. (Productivity Press Development Team 1996, 43.)

Toimintojen standardointi vaikuttaa asetusajaan, kun työkalut, osat ja toimintatavat eroavat eri asetusten välillä toisistaan. Standardoinnin tarkoitus on säilyttää tietyt asiat asetusten välillä samana, jolloin ylimääräinen muutostyö eliminoidaan ja aikaa säästetään. Standardointi aloitetaan tarkastelemalla asetustyön jokaista vaihetta, ja selvittämällä onko sitä mahdollista vakiinnuttaa. Tämän jälkeen tarkastellaan, voidaanko toimintoja tehostaa yksinkertaistamalla tai eliminoimalla kokonaan. Jos esimerkiksi luodaan koneeseen tietty työkaluvalikoima, jolla saadaan suoritettua pääosa tehtävistä töistä, ei asetuksen välillä tarvitse enää tehdä työkalujen vaihtotyötä ollenkaan. (Productivity Press Development Team 1996, 44.)

Sisäistä asetusaikaa on mahdollista muuttaa ulkoiseksi käyttämällä jigijä. Erilaiset koneeseen nostettavat jigit voivat nopeuttaa keskittämistä ja helpottaa kappaleen kiinnitystä. Ne voivat samalla mahdollistaa myös useamman kappaleen kiinnittämisen, ja kappaleen vaihdon nopeuttamisen. Jos käytetään kahta samanlaista jigijä, joihin saadaan kiinnitettyä kerralla useita kappaleita, voidaan pelkällä jigin vaihdolla nopeuttaa kappaleenvaihtoa merkittävästi. Tässä tapauksessa kappaleet voidaan kiinnittää ja irrottaa jigistä koneen käydessä, ja vaihtotyön aikana vaihtaa pelkkä jigijä. (Productivity Press Development Team 1996, 48–49.)

SMED:n kolmannessa ja viimeisessä vaiheessa keskitytään jäljellä olevien työvaiheiden tehostamiseen. Jokaista jäljellä olevaa vaihetta tarkastellaan vielä viimeisen kerran tarkasti toimintansa ja tarkoituksensa näkökulmasta, ja tavoitteena on löytää keinot vaiheeseen tarvittavan ajan lyhentämiseksi. Virtaviivaistamisvaiheessa hyödynnettävät tekniikat jaetaan ulkoisen ja sisäisen asetuksen kehittämiseen. (Productivity Press Development Team 1996, 54.)

Ulkoisesta asetuksesta virtaviivaistetaan osien ja työkalujen kuljetusta ja varastointia. Varastohallinta on tärkeä osa ulkoista asetusta, koska nopeasti ja helposti saatavilla olevat tavarat nopeuttavat asetusta. Tässä vaiheessa mietitään paras organisointitapa osille, kuinka ne saadaan ylläpidettyä täydellisessä kunnossa seuraavaa toimenpidettä varten ja kuinka paljon niitä tulee olla saatavilla. Osien merkinnässä voidaan hyödyntää esimerkiksi värikoodeja niin, että eniten käytetyt merkitään vihreällä, harvemmin keltaisella ja vähiten punaisella. Tällä merkintätavalla osat voidaan organisoida varastossa niin, että eniten käytetyt ovat nopeimmin saatavilla. Lisäksi voidaan hyödyntää muita merkintätapoja niin, että jokaiselle osalle on paikkansa ja kaikki osat ovat helposti säilytettävissä paikallaan. Esimerkiksi jigijä ja koneistustyökalut voidaan merkitä näillä keinoilla. Hyvällä merkitsemisellä eliminoidaan turha etsiminen, kunnossapidolla varmistetaan osien toimivuus ja riittävällä varastoinnilla saatavuus. (Productivity Press Development Team 1996, 54–55.)

Sisäisen asetuksen tehostamisesta SMED tuo esille neljä keinoa: rinnakkaistoiminta, pikakiinnittimet, säätöjen eliminointi ja lopuksi mekanisointi. (Productivity Press Development Team 1996, 56.)

Yhden henkilön suorittamat asetustyöt voivat olla tehottomia, kun aikaa kuluu paikasta toiseen liikkumiseen erityisesti esimerkiksi monikoneajossa. Rinnakkaistoiminnalla on mahdollista saavuttaa merkittäviä hyötyjä, kun kaksi työntekijää suorittavat samaa työtä. Sen avulla eliminoidaan ylimääräinen liike ja työn keskeytykset. Sujuvan rinnakkaistoiminnan varmistamiseksi tulee luoda toimintamalli, jota noudattamalla molemmat työntekijät tietävät oman tehtävänsä. Tässä voidaan hyödyntää esimerkiksi edellä esiteltyä tarkistuslistaa, jossa eriteltäisiin tehtävät työt. Asetustyössä avustava työntekijä voisi suorittaa muun muassa materiaalien ja työkalujen haun sekä järjestää työmääräimet. Pääoperaattori voi tällä aikaa käyttää koneita normaalisti, kun avustava työntekijä suorittaa ulkoista asetustyötä. Seuraavaksi avustava työntekijä voisi siirtyä käyttämään koneita, kun pääoperaattori suorittaisi laaduntarkastuksen ja ohjelmoinnin. Vaihtoehtoisesti pääoperaattori voi suorittaa nämä vaiheet kokonaan itse samalla, kun avustava työntekijä pitää koneet käynnissä. Rinnakkaistoiminnassa korostuu työturvallisuuden varmistaminen, kun samalla työpisteellä työskentelee useampi työntekijä. Rinnakkaistoiminta mahdollistaa keskittymisen yhteen asiaan kerrallaan, kun koneenkäyttäjän ei tarvitse huolehtia ohjelmoinnin aikana koneiden käynnissäpidosta. (Productivity Press Development Team 1996, 56–57.)

Pikakiinnittimillä voidaan nopeuttaa sisäistä asetusaikaa esimerkiksi kiinnittimien vaihdossa. Pulttikiinnitys on asetustöissä yleinen kiinnitysmenetelmä, mutta se sisältää useita ongelmakohtia. Pultit voivat hukkua, mennä keskenään sekaisin ja tärkeimpänä kohtana niiden kiristys vie liian pitkään. 20-kierteisen pultin itse kiristyminen tapahtuu vasta viimeisellä kierroksella, joten muu osa on hukkaa. Kiinnitystä saadaan nopeutettua käyttämällä standardoituja pultteja ja nopeita kiinnitystyökaluja, muokkaamalla pultteja tai käyttämällä muita kiinnitystapoja. (Productivity Press Development Team 1996, 58–59.)

Testiajot ja säädöt on mahdollista eliminoida kokonaan, kun prosessi on kunnossa heti alusta alkaen. Jigit ja keskittävät kiinnittimet eliminoivat säätötyön, kun niitä käyttämällä saadaan varmistettua työkappaleiden olevan aina oikeassa asennossa. Koneen tulee olla kalibroitu, työkalujen kunnossa ja optimaalisten työstöarvojen tiedossa, jolloin jo ensimmäisestä valmistettavasta kappaleesta saadaan vaatimusten mukainen. (Productivity Press Development Team 1996, 62–65.)

Mekanisointia tulee harkita vasta kaikkien muiden kehitystoimenpiteiden jälkeen. Sillä on mahdollista nopeuttaa prosessia, mutta pelkkä mekanoisointi ei muuta tehotonta prosessia tehokkaaksi. Robotisointi ja automatiikka eivät korjaa sitä, jos osia odotetaan ja optimaalisia säätöjä haetaan. Raskailla kappaleilla mekanoisointi on kuitenkin oleellista, jotta työ voidaan suorittaa turvallisesti ja nopeasti. Toimenpiteiden onnistuneella suorittamisella ja automatisoinnilla on mahdollista saavuttaa miehittämätön tuotanto. (Productivity Press Development Team 1996, 68.)

5 TYÖNTUTKIMUS

5.1 Tutkimusmenetelmän esittely

Työntutkimus tarkoittaa työn kehittämistä systemaattisilla menetelmillä ja tekniikoilla. Tutkimushetkellä tarkastellaan kriittisesti kaikkia työhön liittyviä tekijöitä. Työntutkimuksella tavoitellaan tehokkainta, taloudellisinta ja turvallisinta työmenetelmää ja -olosuhdetta. Lisäksi tarkoituksena on standardoida kyseisen hetken paras työmenetelmä, perehdyttää menetelmä työntekijöille sekä selvittää määritetyllä menetelmällä työhön vaadittava aika. (Ahokas, Neuvonen, Suikki & Tiihonen 2011, 4–5.)

Työtä voidaan työntutkimuksessa tarkastella teknologisesta, taloudellisesta ja työntekijänäkökulmasta. Teknologinen näkökulma tarkoittaa uuden tekniikan, prosessien ja välineiden hyödyntämismahdollisuuksien selvittämistä. Taloudellisesta näkökulmasta tutkitaan työn kustannusvaikutuksia, kuten tuotannon pullonkauloja, toistuvia ja paljon aikaa vaativia töitä, paljon materiaalien siirtoja vaativia töitä, sekä lisäarvoa tuottavia, laatuongelmia aiheuttavia ja kustannuksia aiheuttavia töitä. Työntekijöiden näkökulmasta tarkastellaan työturvallisuutta ja -ergonomiaa: sisältääkö työ vaarallisia, väsyttäviä, yksinkertaisia tai epäkäytännöllisiä työvaiheita. (Ahokas ym. 2011, 6.)

Työntutkimuksen neljä osa-aluetta ovat: (Ahokas ym. 2011, 6.)

1. Menetelmätutkimus
2. Työn vakiinnuttaminen
3. Työnopastus
4. Työnmittaus

Menetelmätutkimus, tai menetelmäkehitys, on tehokkaan, taloudellisen ja turvallisen työmenetelmän kehittämistä tietyn työn tekemiseksi. Tutkimuksen kohteena ovat kaikki työn osatekijät työn tekemisestä, raaka-aineista, koneista ja laitteista niiden yhteistoimintaan. Sen tavoitteena ovat mahdollisimman alhaiset tuotantokustannukset, parantunut tuottavuus, ergonomia ja työturvallisuus, työhyvinvoinnin parantaminen sekä työn sisällön lisääminen. Myös olemassa olevien työmenetelmien kehittäminen kuuluu menetelmätutkimukseen, esimerkiksi jatkuvan parantamisen periaatteiden mukaisesti. Tutkimus tulee tehdä riittävällä tarkkuudella, jotta jälkeenpäin voidaan todeta, mihin tilanteeseen mittaus

liittyy, työssä tapahtuneet muutokset ja muutosten vaikutus saatujen tulosten käyttökelpoisuuteen. (Ahokas ym. 2011, 6, 26.)

Työn vakiinnuttamisella (standardoinnilla) varmistetaan, että kyseisellä hetkellä parhaimmaksi todettu työmenetelmä on jokaisen työntekijän käytössä. Se eliminoi menetelmävaihtelun eli erot työn suorittamistavassa, mikä johtaa laadun paranemiseen. Vakiinnuttamisessa voidaan hyödyntää esimerkiksi työohjeita, työpaikkakuvauksia ja menetelmien standardointia. Standardoinnin jälkeen työn järjestelmällinen kehittäminen voidaan aloittaa. (Ahokas ym. 2011, 6.)

Työnopastus on tehokkaiden ja turvallisten työmenetelmien opettamista työntekijöille. Se tukee yrityksen toiminnan jatkuvuutta ja kehitystä, työntekijöiden osaamisen kasvua ja työhyvinvointia. Työnopastukseen kuuluvat työhön perehdyttäminen ammattitaidon kehittäminen. (Ahokas ym. 2011, 7.)

Työnmittaus tarkoittaa ajan määrittämistä tietyllä työmenetelmällä tehtävään työtehtävään. Työ jaetaan mittausta varten pienempiin osiin, kuten esimerkiksi työvaiheisiin, liikesarjoihin tai pienimmällä tasolla perusliikkeisiin. Työvauhti ja menetelmä voi mittaus-tilanteessa vaihdella. Tämän vuoksi tulos tulee normalisoida normaalijoutuisuutta vastaavaksi, jolloin saadaan keskimääräisellä ammattitaidolla, normaalilla työtahdilla ja vakioolosuhteissa työhön kuluva aika. Menetelmätutkimus tulisi suorittaa ennen työntutkimusta, jotta varmistetaan mitattavan menetelmän tehokkuus. (Ahokas ym. 2011, 7, 24, 26.)

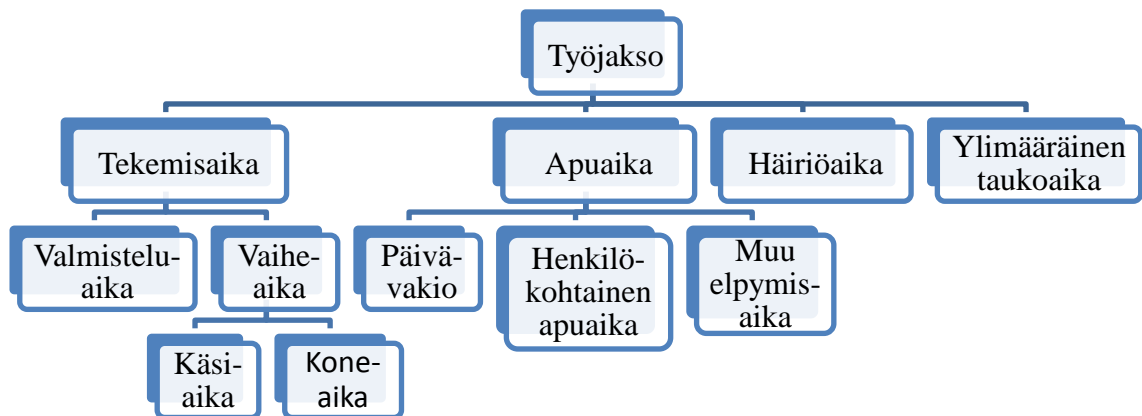
Työntutkimuksessa voidaan hyödyntää erilaisia teknisiä apuvälineitä. Valokuvaus, videointi ja koneenseurantajärjestelmät ovat hyviä esimerkkejä, jotka havainnollistavat tehokkaasti tutkittavaa työtä. (Ahokas ym. 2011, 20.)

Työssä keskityttiin tutkimusmenetelmän osalta menetelmätutkimukseen ja työnmittaukseen. Käytettävien menetelmien ja niihin kuluvan ajan selvitys luo selkeän kuvan asetusprosessista ja sen kehityskohteista.

5.2 Työntutkimuksen aikalajit

Työntutkimuksessa työjakso jaetaan aikalajeihin. Työjakson jakamisen ja aikalajien käytön tarkoituksena on helpottaa mittaustulosten käsittelyä ja niiden hyödyntämistä. Työtä voidaan tarkastella esimerkiksi henkilön, koneen tai tuotteen näkökulmasta. (Ahokas ym. 2011, 11–14.)

Tarkasteltava ajanjakso jaetaan yleisimmin tekemis-, apu- ja häiriöaikaan, kun tutkimuskohteena on henkilö. Henkilötyön aikalajit ovat esitettynä kuviossa 2. (Ahokas ym. 2011, 11.)



KUVIO 2. Henkilötyön aikalajit (Ahokas ym. 2011, 15, muokattu)

Tekemisaika tarkoittaa tuotteeseen lisäarvoa tuovien työvaiheiden suorittamista. Se voidaan jakaa valmistelu- ja vaiheaikaan. Valmistelu-aikaan kuuluvat työvaiheet suoritetaan yhden kerran tiettyä työtä kohti. Näitä työvaiheita ovat esimerkiksi asetuksen teko työn alussa ja sen purkaminen työn lopussa. Valmisteluajan merkitys työssä on sitä suurempi, mitä pienempi valmistuserä on. Vaiheaikaa ovat esimerkiksi kappaleen valmistumiseen vaadittavat työvaiheet, tarkastukset ja kappaleen käsittelyt. Vaiheaika toistuu yleensä kerran kappaletta kohden. Valmistelu- ja vaiheaika voivat sisältää käsiaikaa ja kone- tai prosessiaikaa. Työn etenemisvauhti eli joutuisuus vaikuttaa vakiomenetelmillä toimittaessa käsiaikaan, mutta ei koneaikaan. (Ahokas ym. 2011, 11.)

Apuaika sisältää työn kannalta välttämättömät aputehtävät ja henkilökohtaiset tarpeet. Ne eivät edistä työtä, mutta niiden hoitaminen on työn jatkumisen kannalta välttämätöntä. Apuaikaan kuuluvat päiväväkio, henkilökohtainen apuaika ja muu elpymisaika. Päiväva-

kio tarkoittaa työn tekemisen edellytyksenä olevia työvaiheita, kuten tuntikortin täyttämistä ja työpisteen siivoamista. Henkilökohtainen apuaika on elpymisaikaa, jonka aikana työntekijän on tarkoitus palautua työn kuormituksesta. Siihen kuuluvat sovitut tauot. Muuta elpymisaikaa tarvitaan silloin, kun henkilökohtainen apuaika ei työn kuormittavuuden vuoksi riitä työstä palautumiseen. (Ahokas ym. 2011, 11–12.)

Häiriöaika sisältää odottamattomat keskeytykset, odotukset, turhat työt ja aputyöt, joiden pituutta ja esiintymistahtia ei ennalta tiedetä. Esimerkkejä häiriöajasta ovat työkalujen etsiminen, komponenttipuutteesta johtuva odottaminen ja koneen lyhyet toimintahäiriöt. Osa häiriöajasta voi esiintyä säännöllisesti johtuen muun muassa työvaiheiden epätasapainosta. Häiriöt aiheutuvat työntekijästä riippumattomista syistä. Häiriöiden syy ja kesto tulee aina kirjata ylös, jotta niiden esiintyminen voidaan ehkäistä tulevaisuudessa. (Ahokas ym. 2011, 11–12.)

Ylimääräinen tauko-aika on henkilökohtaisen apuajan ja muun elpymisen ylittävää aikaa. Se johtuu esimerkiksi työn tekemisen lopettamisesta liian aikaisin ennen vuoron vaihtoa. (Ahokas ym. 2011, 11–12.)

Tutkimuskohteen ollessa kone, voidaan työjakso jakaa koneaikaan, valmiusaikaan ja seisonta-aikaan. Koneaika on aikaa, jona kone käy. Valmiusaikana konetta voisi käyttää, mutta se ei silti käy. Koneenkäyttäjä tekee tällöin asetuksia tai käsityövaiheita, kone odottaa työtä tai jokin muu työnkulkuun liittyvä häiriö estää koneen käytön. Seisonta-aikana kone ei ole käytössä koneen häiriöiden tai kunnossapidon vuoksi. (Ahokas ym. 2011, 14.)

Solusta tarkasteltava asetustyö on valmisteluaikaa. Työssä ei keskitytty muun henkilötyöajan ja koneajan tarkasteluun. Työnkulun tarkastelu henkilön ja kahden työstökoneen yhteistoiminnasta voi tuoda esille parannuskohteita, sillä oman työn organisoinnin merkitys kasvaa pyrittäessä kahden koneen tuottavaan käyttöön.

5.3 Työnmittaus

Työnmittauksen tavoitteena on selvittää työtehtävän suorittamiseen kuluva aika. Ajankäytysmenetelmä valitaan mittauksen tavoitteiden perusteella. (Ahokas ym. 2011, 24.)

Työnmittausmittausmenetelmät ovat: (Ahokas ym. 2011, 24.)

1. Kelloaikatutkimus
2. Liikeaikatutkimus
3. Havainnointitutkimus
4. Standardiaikajärjestelmät
5. Aikalaskelmat

Kelloaikatutkimus koostuu normaaliaika- ja ajankäyttötutkimuksesta. Normaaliaikatutkimuksella selvitetään usein toistuvaan työhön määritetyllä menetelmällä ja vakio-olosuhteissa tarvittava normaaliaika. Työ jaetaan osiin, jotka mitataan kellolla. Tämä mittausmenetelmä sopii lyhytkestoisten, käsillä tehtävien ja toistuvien töiden ajan määrittämiseen. Jatkuvassa ajankäyttötutkimuksessa tiettyä työtä tai työntekijän toimintoja seurataan pidemmällä aikavälillä. Sen tuloksena saadaan selville työn jakautuminen eri aikalajeihin, työtapahtumien esiintymisjärjestys ja niiden linkittyminen toisiinsa. Ajankäyttötutkimus soveltuu muun muassa koneen ja koneenhoitajan toiminnan selvittämiseen. (Ahokas ym. 2011, 24–25.)

Liikeaikatutkimus perustuu työn yksityiskohtaiseen analysointiin. Työ on jaettu pieniin osiin, joihin kuluva aika on taulukoitu vakioaikoina. Ajat määritetään valmiiden standardien perusteella, joten tässä mittausmenetelmässä ei tarvita kelloa. Liikeaikatutkimusta käytetään työmenetelmien kehittämiseen. (Ahokas ym. 2011, 25.)

Havainnointitutkimuksessa tarkastellaan työn tapahtumien esiintymistä, jotka on jaettu aikalajeihin. Työtä havainnoidaan määritetyin väliajoin, ja jokaisella havainnointikerralla kirjataan käynnissä oleva tapahtuma. Useita työvaiheita ja -pisteitä voidaan tutkia samanaikaisesti. Tästä syystä havainnointitutkimuksella saadaan hyvä yleiskuva osaston ajankäytöstä ja sen koneiden tehokkuudesta. Havainnointitutkimuksella voidaan selvittää esimerkiksi kokonaisajankäyttöä, työaikaa, työturvallisuutta, ryhmien työskentelyä sekä ihmisen ja koneen vuorovaikutusta. (Ahokas ym. 2011, 24.)

Työhön tarvittava aika voidaan määrittää myös laskennallisesti standardiaikajärjestelmällä. Se on työnosien kokoelma, jossa työnosien sisältö, menetelmä ja aika on määritetty. Standardiaikajärjestelmät soveltuvat työajan määrittämiseen esimerkiksi tarjouslaskennassa ja tuotannon kuormittamisessa. (Ahokas ym. 2011, 25.)

Aikalaskelmissa aika lasketaan prosessin tai koneen suoritusarvoilla. Vakioitujen aikojen perusteella lasketaan työvaiheen kesto. (Ahokas ym. 2011, 25.)

Asetustyön tarkastelussa työmittausmenetelmäksi valittiin jatkuva ajankäyttötutkimus, koska sillä saadaan selville työvaiheet ja niiden linkittyminen toisiinsa. Tätä ei olla ennen selvitetty tutkittavassa solussa.

6 TIEDONKERUU (ESIVAIHE)

6.1 Kehityskohteen esittely

Työntutkimuksen kohteena oli koneistussolu, johon kuuluu kaksi 5-akselista CNC-työstökeskusta. Työstökoneilla koneistetaan alumiiniprofiileja kolmivuorossa viitenä päivänä viikossa.

Koneilla tehdään työstökappaleisiin uria, porauksia, upotuksia, kierteityksiä sekä sahauksia. Koneistettavat kappaleet ovat kooltaan kymmenistä senteistä kymmeneen metriin, ja painoltaan sadoista grammoista 80:een kiloon. Koneistustyö on joustavaa piensarjatuotantoa, jonka vuoksi asetusajojen merkitys kokonaistyöajasta on suuri. Tyypillinen erä koko on 1–200 kappaletta ja kappaleen koneistusaika 1–60 min. Asetuksen tavoiteaika koneistuksessa on pääsääntöisesti kaksi tuntia. Solun kahden koneen samanaikaisesta käytöstä vastaa yksi työntekijä, eli työ on monikonekäyttöä. Solussa työskentelee kolme koneistajaa, jonka lisäksi avustavissa työtehtävissä järjestelijänä toimii yksi työntekijä.

6.2 Alkutilanteen kuvaus

Koneistussolun kehitystyö aloitettiin asetustyöstä, koska se oli todettu solun valmistuksen pullonkaulaksi. Alkutilanteessa asetustyön kestoa ei tiedetty, eikä sen vaiheita kestoineen oltu selvitetty. Asetustyöstä tiedettiin se, että tavoiteltua kahden tunnin asetusajaa ei saavutettu. Työntutkimuksen tavoitteeksi asetettiin asetustyön nykytilan selvittäminen, keskeisimpien kehityskohteiden havaitseminen ja niiden ratkaisujen tarjoaminen.

Tuotannosuunnittelussa aikataulutusta perustui kahden tunnin asetusajaan, jonka vuoksi koneistussolu oli usein jättämällä. Kun määritettyä asetusajaa ei saavutettu, oli työkohtaisen tavoiteajan saavuttaminen jalostavan työn aikana erityisen haastavaa. Työkohtainen tavoiteaika koostuu asetustyöajasta ja jalostavan työn yksikköajasta kerrottuna kappalemäärällä. Kehittämismenetelmäksi valittiin tuotantopäällikön kanssa SMED-menetelmä, koska sen uskottiin soveltuvan parhaiten asetustyön tutkimiseen ja kehittämiseen.

Tavoiteaikojen saavuttaminen on tuotannosuunnittelun lisäksi erityisen tärkeää konepajan kannattavuuden kannalta, koska sen mukaan suoritetaan työn laskutus. Tavoiteaikojen, eli standardiaikojen, saavuttamisella on myös vaikutus työntekijöiden tuotantopalkkioihin.

6.3 Työntutkimus

Asetustyön tutkiminen aloitettiin työntutkimuksella, joka toteutettiin menetelmätutkimuksena ja työnmittauksena. Menetelmätutkimuksen tarkoitus oli nykyisten työmenetelmien havainnointi kehitystyötä varten. Työnmittaus suoritettiin kelloaikatutkimuksen jatkuvana ajankäyttötutkimuksena. Työnmittauksella havaittiin työmenetelmien jaksottuminen ja niiden kesto.

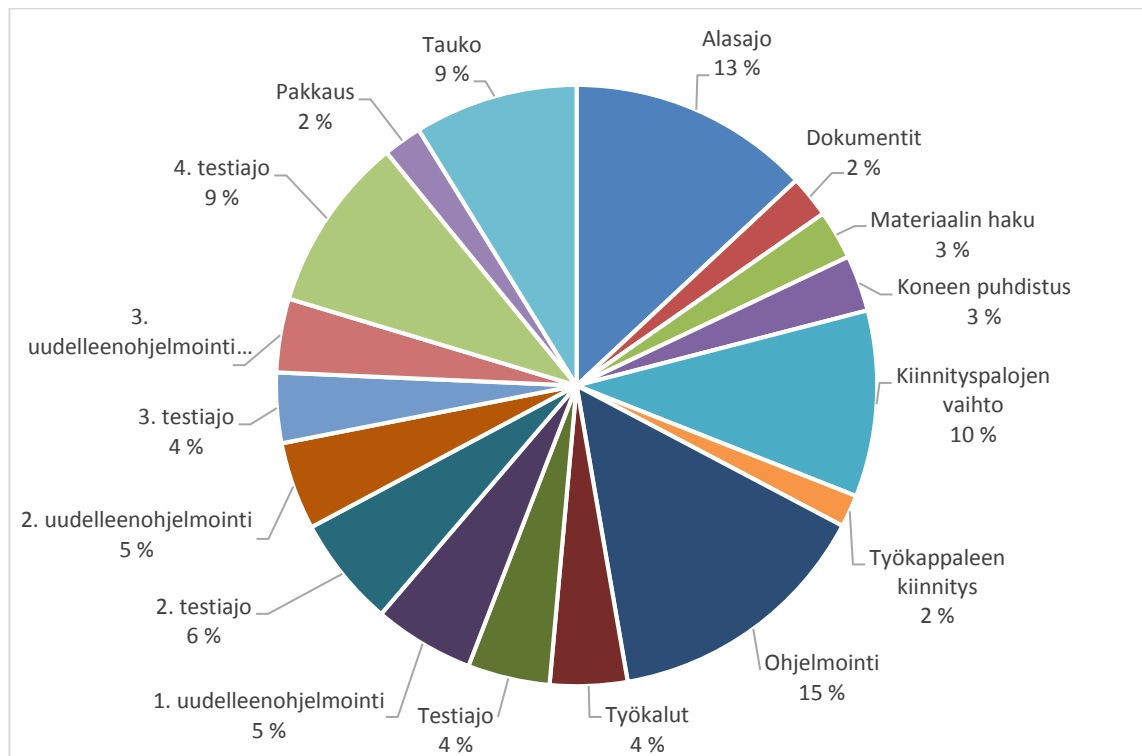
Työntutkimuksessa hyödynnettiin teknisinä apuvälineinä valokuvausta, jotta työvaiheita voidaan havainnollistaa paremmin. Videointia ei tuotantopäällikön päätöksestä käytetty, koska salassa pidettävistä asiakasprofiileista ei haluttu materiaalia. Työvaiheiden valokuvaus oli helpompi toteuttaa niin, että asiakasprofiilit eivät ole tunnistettavissa.

Mittaustapahtumat toteutettiin kirjaamalla asetustyön vaiheet ja niihin kulunut aika liitteen 1 mittauspöytäkirjaan. Ajanmittaus tehtiin digitaalisella rannekellolla tai matkapuhelimen kellolla minuutin tarkkuudella. Tapahtumista kirjattiin mahdolliset poikkeamat ja havaitut kehityskohteet huomioihin. Työntutkimus suoritettiin normaaleissa työolosuhteissa normaalilla joutuisuudella.

Asetustyö on mahdollista jakaa esiteltyä pienempiin osiin, mutta tässä mittaustapahtumassa keskityttiin asetustyön päävaiheisiin. Se on mahdollista toteuttaa esimerkiksi asetustyön videoinnilla, koska videon jälkianalysointi tarjoaa suuremman tarkkuuden vaiheiden tarkasteluun. Jatkomittauksia videoimalla voidaan suositella, jos halutaan syventyä asetustyön vaiheisiin käytettyä menetelmää tarkemmin.

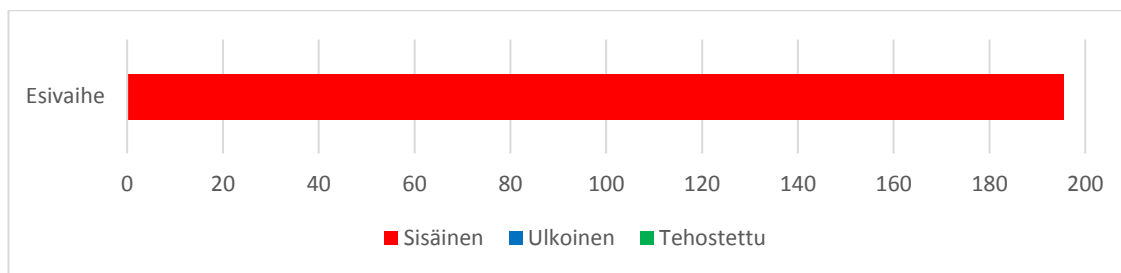
6.4 Tulosten esittely

Mittauksia suoritettiin yhteensä 7 kappaletta kolmen koneistajan toimesta. Mittauksia oli kahdelta koneistajalta kolme kappaletta ja yhdeltä koneistajalta yksi kappale. Näiden perusteella laskettiin työvaiheiden ajan keskiarvo ja -hajonta. Keskiarvo kuvaa työvaiheeseen keskimäärin kulunutta aikaa. Mittauspöytäkirjat esitetään liitteessä 1 ja niiden perusteella lasketut asetuksen vaiheet kestoineen liitteen 2 taulukossa. Eniten aikaa vieviä vaihteita olivat uudelleenohjelmointi testiajoineen, ohjelmointi, alasajo ja kiinnityspalojen vaihto. Asetustyön vaiheet esitetään graafisesti kuviossa 3.



KUVIO 3. Asetustyön vaiheiden jakautuminen (Matias Paavola 2018)

Mittauksen jälkeen asetuksen kestoajaksi tarkentui tavoiteajan ylittävistä kahdesta tunnista 196 minuutin keskiarvoon kuvion 4 mukaisesti. Toteutunut asetuksen kesto ylittää 120 minuutin tavoiteajan 63 %:lla. Mittaustyön tulokset olivat ennakoitujen mukaiset, koska toteutunut asetusaika ylittää tavoiteajan.



KUVIO 4. Asetustyön jakautuminen esivaiheen jälkeen (Matias Paavola 2018)

6.5 Asetustyön vaiheet

Ennen uuden työn aloitusta suoritetaan edellisen työn alasajo. Alasajo sisältää tuotteiden lopputarkastuksen, pakkaamisen, kollituksen ja poisviennin. Lopputarkastuksessa otetaan viimeisten työkappaleiden mitat ja kirjataan ne mittauspöytäkirjaan. Sen jälkeen kappaleet pakataan. Paketti kollitetaan tietokoneella, työmääräin kuitataan valmiiksi ja tulostetaan kollilaput, jotka kiinnitetään pakettiin. Valmiit paketit viedään niille määritetylle alueelle, pitkät raakavaraston päähän ja pienemmät valmiiden pakettien hyllyyn. Isot paketit kuljetetaan katonosturilla ja pienemmät trukilla.

Uusi työ aloitetaan kirjaamalla asetustyön aloitus työajanseurantajärjestelmään. Työn dokumentit tulostetaan, jotka ovat työmääräin, koneistuskuva, tarvittaessa profiilikuva ja laadunvarmistuksen mittauspöytäkirja. Samalla tarkastetaan työohje tai aloitetaan uuden tekeminen. Työohje sisältää kuvauksen koneistusprosessista sekä kuvat kappaleiden kiinnityksestä, koneistustyökaluista, työstöarvoista ja pakkauksesta.

Koneistettava materiaali haetaan raakavarastosta, jossa materiaalit ovat kuljetushäkeissä. Oikea materiaali varmistetaan tarkistamalla häkkiin kiinnitetystä kollilapuista, että materiaali on kohdistettu aloitettavalla työmääräimelle. Lisäksi oikea alumiiniprofiili varmistetaan vertaamalla sitä profiilikuvaan. Kuljetushäkit nostetaan katonosturilla koneistussolun kuljetuskärryille. Tässä vaiheessa varmistetaan työkappaleiden oikea pituus ja silmämääräisesti työkappaleiden pinnanlaatu mahdollisilta pursotusvirheiltä. Kuljetuskärry viedään työpisteelle työpöydän viereen. Kuvassa 2 näkyy kuljetuskärryssä oleva kuljetushäkki raakamateriaaleineen.



KUVA 2. Alumiiniprofiilit kuljetushäkissä (Matias Paavola 2018)

Työstökone ja työpiste puhdistetaan ennen ensimmäisen työkappaleen kiinnitystä. Eri-tyistä huomiota kiinnitetään johteiden ja kiinnittimien puhdistukseen, joiden puhtaus on koneen toiminnan kannalta tärkeää. Koneen puhdistus suoritetaan pesuaineella ja paineilmalla. Puhdistettu työstökone näkyy kuvassa 3.



KUVA 3. Työstökone siivouksen jälkeen (Matias Paavola 2018)

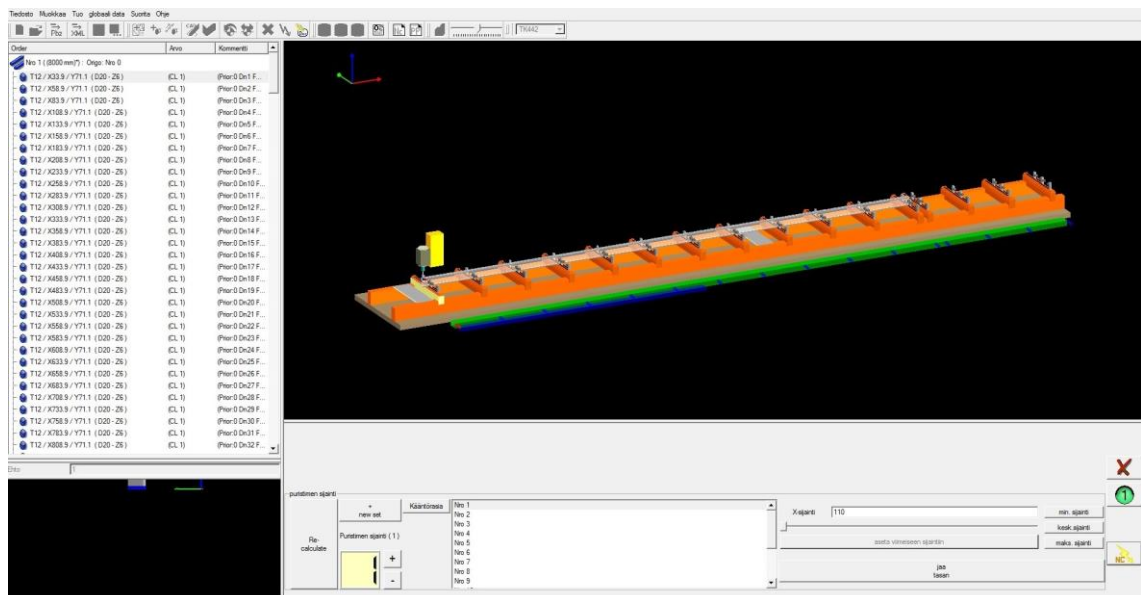
Edellisen työn kiinnitinpalat irrotetaan ja uudet asetetaan paikoilleen. Kiinnitinpalat ovat pulttikiinnitteisiä, ja niitä on yleis- ja erikoispaloina. Yleispaloilla voidaan kiinnittää useimmat profiililtaan yksinkertaisemmat kappaleet. Erikoispaloja käytetään profiileilla, joiden kiinnitys ei onnistu yleispaloilla. Erikoispaloilla voidaan optimoida koneistusprosessia esimerkiksi mahdollistamalla nopeampi työkappaleiden vaihto ja asettamalla kappaleet koneistuksen kannalta optimaaliseen asentoon.

Työkappale asetetaan koneeseen käsin, keventimellä tai kattonosturilla, painon ja käsittelyvyyden mukaan. Tämän jälkeen kiinnitinpalat asetetaan halutulle korkeudelle ja kiristetään paikalleen. Koneeseen asetetut kiinnityspalat ja kiinnitetty työkappale näkyvät kuvassa 4.



KUVA 4. Kiinnityspalat ja kiinnitetty työkappale (Matias Paavola 2018)

Työkappaleen koneistus suunnitellaan kappaleen kiinnittämisen jälkeen CAM-ohjelmalla. Ohjelmointi aloitetaan valitsemalla koneistettava profiili ja määrittämällä sille pituus. Sen jälkeen ohjelmoidaan koneistukset ja valitaan käytettävät työkalut. Lopuksi määritetään kiinnittimien sijainnit ja simuloidaan koneistus kuvan 5 mukaisesti. Vaihtoehtoisesti jo olemassa oleva ohjelma käydään läpi ja tehdään tarvittaessa muutokset. Valmis ohjelma kopioidaan muistitikulle ja viedään työstökoneelle.



KUVA 5. Koneistuksen simulointi CAM-ohjelmalla (Matias Paavola 2016)

Seuraavaksi haetaan ohjelmointivaiheessa valitut työkalut. Työkalun kunto, pituus ja leikkuusvyvyys tarkastetaan. Tarvittaessa työkalun arvot päivitetään ohjelmaan, työkalu vaihdetaan uuteen tai sen teräpalat vaihdetaan. Lopuksi työkalu asetetaan koneeseen.

Testiajo aloitetaan ajamalla kiinnittimet ohjelmoinnissa määritetyille paikoille. Kappaleen kiinnitys varmistetaan. Testaus suoritetaan ajamalla ohjelma hitaasti läpi säätämällä työstökoneen nopeutta. Koneistaja varmistaa näin työstön oikeellisuuden, jotta esimerkiksi ei satu törmäyksiä kappaleeseen tai kiinnittimiin. Testiajon jälkeen työkappale puhdistetaan paineilmalla lastuista ja tarvittaessa pyyhitään rätillä puhtaaksi kiinnittimistä ja pöydästä jäävistä jäljistä.

Valmis työkappale nostetaan työstökoneesta työpöydälle, jossa sille suoritetaan mittojen tarkastus koneistuskuvan mukaisesti. Jos mittaheittoja esiintyy, niin ohjelmaan tehdään sen mukaiset korjaukset ohjelmoimalla uudelleen. Tämän jälkeen suoritetaan testiajo ja ohjelmointi uudestaan niin monta kertaa, kunnes mitat ovat kohdillaan.

Valmis työkappale pakataan työohjeen mukaisesti lavalle tai kuljetushäkkiin. Lavalle pakattavat kappaleet lähtevät loppuasiakkaalle ja kuljetushäkkiin pakattavat jatkojalostukseen esimerkiksi pintakäsittelyyn.

Työsarjan tuotantoajo aloitetaan ja työstönopeus nostetaan ohjelman täydelle tasolle. Koneistajan tehtäväksi jää työkappaleiden vaihtaminen koneeseen ja mittojen tarkastus määritetyin väliajoin. Työstökoneen käyttö suoritetaan monikoneajona käyttämällä samanaikaisesti kahta työstökonetta.

Tauot suoritettiin mittaustilanteissa niin, että asetustyön teko keskeytyi. Koneistajien tauot ovat pituudeltaan 2 x 10 minuuttia ja 1 x 20 minuuttia normaalin kahdeksan tunnin mittaisen työpäivän aikana.

7 TIEDON ANALYSOINTI (VAIHEET 1-3)

7.1 Vaihe 1: Sisäisen ja ulkoisen asetuksen erottaminen

Tässä vaiheessa erotetaan asetustyön sisäinen ja ulkoinen asetus toisistaan. Työntutkimuksen perusteella havaittiin, että asetus suoritettiin sisäisenä asetuksena, jolloin kone ei ole käynnissä. Seuraavaksi selvitettiin mitkä työvaiheet ovat välittömästi tai vähillä muutoksilla mahdollista suorittaa ulkoisena asetuksena, jolloin kone on käynnissä ja tekee jalostavaa työtä.

Lyhyet koneistusajat ovat haaste sisäisen asetuksen muuttamisessa ulkoiseksi. Koneistusajat ovat kestoltaan lyhimmillään minuutin pituisia. Pisimmillään koneistusajat kestävät tunnin, mikä mahdollistaa työpisteeltä vapautumisen. Lisäksi haasteen asettaa monikonekäyttö erityisesti, kun koneistetaan lyhyen koneistusajan työsarjoja molemmilla työstökoneilla. Työsarjat voivat olla lyhyitä muutaman kappaleen sarjoja, jolloin työaika kuluu lähinnä asetustyöhön. Seuraavaksi esitellään, mitkä vaiheet on mahdollista suorittaa ulkoisena asetuksena, ja miten suoritus voidaan toteuttaa.

Alasajo

Alasajo koostuu lopputarkastuksesta, pakkaamisesta, kollituksesta ja poisviennistä. Lopputarkastus suoritetaan työsarjan viimeiselle kappaleelle, joten työstökoneen käyttöä ei voida jatkaa välittömästi. Edellistä sarjaa ei voida enää tässä vaiheessa koneistaa, ja uuden sarjan asetusta ei ole vielä suoritettu loppuun. Lopputarkastus on mahdollista suorittaa uuden asetustyön suorittamisen jälkeen, kun tuotantoajo on aloitettu, mutta haasteeksi nousee työpisteen koko. Työpisteellä ja työpöydällä on vain rajallinen määrä tilaa. Viimeistä tai viimeisiä kappaleita odottava paketti olisi odottamassa lopputarkastuksessa olevaa työkappaletta, ja samalla työpisteellä olisi samanaikaisesti kaksi keskeneräistä työtä uuden työn aloittamisen jälkeen. Alasajo on mahdollista suorittaa niin, että kaksi työntekijää työskentelee samanaikaisesti samalla työpisteellä. Viimeisen työkappaleen valmistuttua toinen koneistaja voi aloittaa alasajon, kun toinen suorittaa uuden työn ylösajon. Näin toimimalla saman työntekijän ei tarvitse ensiksi suorittaa alasajoa, ja vasta sen jälkeen suorittaa uuden työsarjan asetustyötä. Alasajo suoritetaan siis sisäisenä asetuksena, mutta sitä saadaan merkittävästi tehostettua kahden työntekijän yhteistyöllä.

Yhteistyössä samalla työpisteellä on erityisen tärkeää varmistaa työturvallisuus, sillä raskaita häkkeitä ja työkappaleita nostetaan ja kuljetetaan kattonosturilla, keventimellä ja käsin. Avustavan työntekijän kanssa tulee sopia tarkat vastuualueet niin, että molemmat työntekijät tietävät omat tehtävänsä ja mitä toinen työntekijä tekee. Avustava työntekijä voisi olla esimerkiksi tällä hetkellä päivävuorossa työskentelevä järjestelijä tai kaksivuorossa työskentelevä toisen koneistussolun koneistaja. Muissa työvuoroissa esimerkiksi kolmivuorossa toimivan massasahan operaattori voisi siirtyä avustamaan koneistusta, jos halutaan maksimoida koneistussolun tuottavuus. Toisaalta massasaha on tutkittavan koneistussolun ohella konepajan tärkein kone, joten tulee arvioida, onko massasahan operaattorin kannattavaa tukea koneistussolua.

Dokumentit

Dokumentit voidaan valmistella ulkoisena asetuksena edellisen työn aikana. Tämä lyhyt, mutta tärkeä vaihe mahdollistaa tulevaan työhön paremman valmistautumisen. Ennen uuden työn aloitusta työmääräimet ja koneistuskuvat tulostetaan, sekä tarkastetaan että niissä ei ole epäselvyyksiä. Epäselvyydet voidaan tällöin selvittää esimiehen kanssa niin, että ylimääräisiä ohjeista ja kuvista johtuvia keskeytyksiä ei tule uuden työn aikana. Tässä vaiheessa saavutetaan muutaman minuutin säästö sisäisessä asetustyössä, ja parhaimmillaan vältetään tuntien mittaiset dokumenttien epäselvyyksien aiheuttamat katkokset valmistuksessa.

Materiaalin haku

Materiaalin haku on kestoaltaan lyhyt työvaihe, joten se on helppo suorittaa ulkoisena asetuksena. Työpisteellä on kuitenkin rajallinen määrä tilaa, jonka vuoksi materiaalin haku lienee paras suorittaa vasta kun työsarjan viimeisen kappaleen koneistus aloitetaan. Tällöin voidaan viedä samanaikaisesti vanha tyhjä kuljetushäkki pois, kun haetaan uusi materiaali. Samalla tarkastetaan materiaalin oikeellisuus työmääräimeen ja profiilikuvaan verrattuna. Järjestelijän on mahdollista nopeuttaa materiaalin hakua järjestelemällä raakavaraston häkit niin, että ne ovat mahdollisimman nopeasti saatavilla. Materiaalin haku suoritetaan tällä hetkellä osana sisäistä asetusta, mutta jatkossa se tulee siirtää ulkoiseen asetukseen. Tällä toimenpiteellä sisäistä asetusta saadaan lyhennettyä noin viisi minuuttia, ja samalla tehostetaan alasajoa suorittamalla materiaalin poisvienti ulkoisena asetuksena.

Ohjelmointi

Ohjelmointi on kestoaltaan kriittinen työvaihe, joka on mahdollista ainakin osittain suorittaa ulkoisena asetuksena. Se vaatii koneistajalta keskittymistä, jonka vuoksi ohjelmointi tuotantoajan aikana koneistusaikojen ollessa lyhyitä on haastavaa. Avustavan työntekijän hyödyntäminen on vaihtoehto silloin, kun molemmilla työstökoneilla suoritetaan tuotantoajoja ja sarjojen laadunvarmistus on suoritettu. Avustava työntekijä voidaan tässä tilanteessa kutsua paikalle suorittamaan koneilla kappaleenvaihtoa, jolloin koneistaja voisi irtautua tuotantoajosta ohjelmoimaan. Näin toimimalla voidaan ohjelmointi suorittaa jopa kokonaan ulkoisena asetuksena ja lyhentää sisäistä asetustyötä tunnilla.

Työkalut

Työkalujen valintaan ja huoltamiseen käytettävä aika voidaan eliminoida parhaimmillaan kokonaan käyttämällä vakiotyökaluasetusta. Määrittämällä ja ylläpitämällä järjestelmällistä työkalunhallintaa koneissa, ei asetustyön aikana tule tarpeen tehdä muutoksia niissä oleviin työkaluihin. Kaikkia erikoistyökaluja ei ole mahdollista säilyttää vakioasetuksessa koneessa paikallaan, vaan niiden tapauksessa työkalun vaihto tulee tarpeeseen.

Koneen puhdistus, kiinnitinpalojen vaihto, kappaleen kiinnitys, testiajo, uudelleenohjelmointi, 2. testiajo

Koneen siivous, kiinnitinpalojen vaihto, kappaleen kiinnitys ja testiajo eivät ole välittömästi suoritettavissa kokonaan ulkoisena asetuksena, vaan ne vaativat koneen pysäyttämisen. Twin-ajolla edellä mainitusta työvaiheista voidaan suorittaa kolme ensimmäistä koneen koneistaessa samaa tai toista työtä koneen toisella työalueella. Tätä koneen ominaisuutta voidaan hyödyntää vain niissä töissä, jotka ovat pituudeltaan noin neljä metriä. Testiajo ei ole tällä hetkellä suoritettavissa ulkoisena asetuksena, koska se sitoo koneen ja sen käyttäjän ensimmäisen kappaleen valmistamiseen. Uudelleenohjelmointi ja sen jälkeinen uudelleen suoritettava testiajo ovat myös sisäistä asetustyötä, koska tässä vaiheessa kone odottaa, ja koneistusohjelma uudelleenohjelmoidaan sekä testataan uudelleen. Kyseisissä vaiheissa voidaan hyödyntää avustavaa työntekijää toisen työstökoneen

käytössä, sillä aikaa, kun koneistaja suorittaa uudelleenohjelmoinnin ja 2. testiajon. Suorittamalla ohjelmointi heti ensimmäisellä kerralla oikein, voidaan välttää uudelleen suoritettavat työvaiheet.

Pakkaus

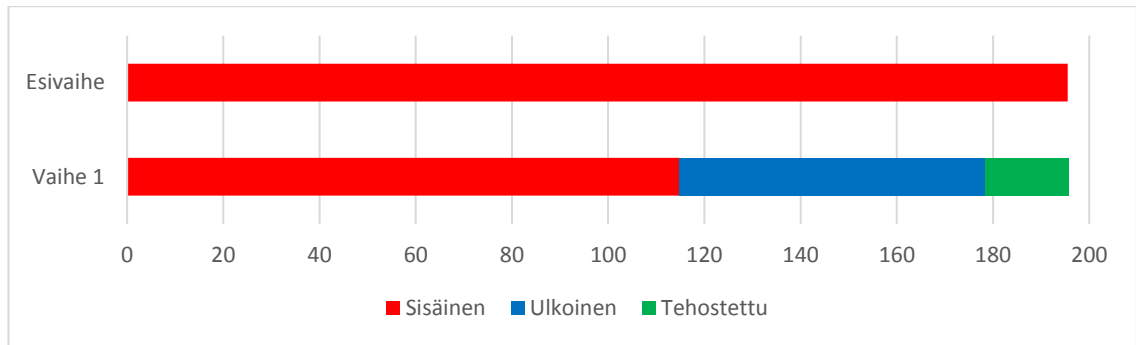
Testiajon jälkeen haetaan lava, johon valmis kappale pakataan. Pakkausvaihe voidaan siirtää ulkoiseen asetukseen, kun avustava työntekijä valmistele pakkauksen testiajon aikana. Tällöin testiajon jälkeen koneistajan tarvitsee vain asettaa työkappale valmiiseen pakettiin, ja tuotantoajo voidaan aloittaa.

Tauko

Työmittausten perusteella tauko suoritettiin asetustyön aikana niin, että sen tekeminen keskeytyi. Tuotannon työntekijöillä on kahdeksan tunnin työpäivän aikana kolme taukoa, jotka on ajoitettu noin kahden tunnin välein. Oleellista on suorittaa tauko työn sujuvuuden kannalta parhaimmassa vaiheessa. Kun asetustyö saavutetaan alle kahdessa tunnissa, ei tauon pitäminen sen aikana ole tarpeen. Koneistusaikojen ollessa keskipitkiä tai pitkiä voi koneistaja pitää tauot tuotantoajan aikana ilman, että kone pysähtyy. Lyhyillä tuotantoajoilla tulee ottaa avustava työntekijä tauottamaan koneistaja tauon ajaksi, jolloin koneet saadaan pidettyä jatkuvasti tuotantoajossa. Suorittamalla tauot asetusajan ulkopuolella säästetään kahvitauoilla 10 minuuttia ja ruokatauolla 20 minuuttia sisäistä asetusaikaa.

Yhteenveto

Edellä mainituilla toimenpiteillä dokumentit (6 min), materiaalin haku (7 min), työkalut (11 min), pakkaus (6 min) tauot (23 min) siirretään ulkoiseen asetukseen. Ohjelmoinnista 33 % (11 min) voidaan siirtää ulkoiseen asetukseen, kun koneistaja vapautetaan tuotantoajan aikana ohjelmoimaan. Alasajoa tehostetaan 50 % kahden työntekijän -yhteistyöllä (17 min). Ensimmäisen vaiheen jälkeen sisäisen asetus lyhenee, sisäistä asetusta siirretään ulkoiseen asetukseen ja kokonaisasetusaika lyhenee kuvion 5 mukaisesti. Tämän vaiheen jälkeen sisäisessä asetusajassa päästään asetustyön 120 minuutin tavoitteeseen.



KUVIO 5. Asetusaika ensimmäisen vaiheen jälkeen (Matias Paavola 2018)

7.2 Vaihe 2: Sisäisen asetuksen muuttaminen ulkoiseksi

Tässä vaiheessa tarkastellaan uudestaan jäljellä olevia sisäisen asetustyön vaiheita, ja pyritään löytämään keinoja niiden muuttamiseksi ulkoiseksi asetukseksi. Edellisessä vaiheessa materiaalin haku-, dokumentti-, työkalu- ja taukovaiheet siirrettiin kokonaan ulkoiseen asetukseen. Lisäksi alasajoja ja ohjelmointia tehostettiin. Toisessa vaiheessa tarkasteltavat asetuksen vaiheet ovat alasajo, koneen siivous, kiinnitinpalojen vaihto, kappaleen kiinnitys, ohjelmointi, testiajo, uudelleenohjelmointi ja sen jälkeinen 2. testiajo.

Alasajo

Aluksi tarkastellaan alasajovaihetta uudelleen yhden työntekijän työskennellessä solulla. Viimeisen kappaleen valmistuttua tehtävässä laadunvarmistuksessa kuluu yksinkertaisilla koneistuksilla muutama minuutti, ja haastavammilla työkappaleilla ja koneistuksilla 10 minuuttia. Jos viimeisen kappaleen sijaan laadunvarmistus tehdään toiseksi viimeiseen koneistukseen, saadaan alasajon laadunvarmistus tehtyä sisäisenä asetuksena. Sen jälkeen pakataan työn viimeinen kolli. Pienten kappaleiden pakkauksen viimeistely on nopeaa eurolavoille pakattaessa, jolloin käytetään pääasiassa lavakauluksia. Viimeisen kappaleen pakettiin asettamisen jälkeen paketin päälle lisätään välipahvi ja laudat, jonka jälkeen laudat kiristetään muovivanteiden kiristimellä. Pakkaus on merkittävästi pidempi työvaihe pitkillä ja raskailla kappaleilla, joilla huolellinen pakkaus voi viedä jopa 20 minuuttia. Pitkillä kappaleilla pakkausvaihe on mahdollista jättää odottamaan siihen asti, kun uuden työn asetus on suoritettu ja tuotantoajo aloitettu. Lisäksi kollitus ja valmiin paketin poisvienti on mahdollista jättää odottamaan uuden työn tuotantoajoa. Haasteeksi nousee työtila, sillä kahdella keskeneräisellä työllä työpiste on täynnä. Tämän lisäksi työntekijä

voi kokea työskentelyn stressaavammaksi, kun useampia töitä on samaan aikaan kesken-eräisenä. Alasajo on tällä toimintamallilla periaatteessa siirrettävissä ulkoiseen asetukseen yhdellä työntekijällä.

Työntekijöiden yhteistyöllä kahdella työntekijällä alasajo on sujuvammin siirrettävissä ulkoiseen asetukseen, kun vastuu alasajon vaiheiden tekemisestä siirtyisi toiselle työntekijöistä. Alasajon työvaiheet laadunvarmistusta lukuun ottamatta ovat työvaiheita, joita avustavan työntekijän on helppo suorittaa. Vastaavasti koneistussolun kokoaikaisen työntekijän on tärkeä suorittaa uuden asetuksen enemmän ammattitaitoa vaativat vaiheet, kuten ohjelmointi ja testiajo.

Koneen puhdistus

Työstökoneen ympäristön siisteys on pääosin ylläpidettävissä tuotantoajon aikana. Koneen työalueen ja turvarajojen ulkopuolinen alue ei vaadi siivoamista asetustyön aikana, kun siisteys ylläpidetään tuotantoajossa. Siisteyden ylläpitäminen on tärkeää työturvallisuuden, työn sujuvuuden ja työviihtyvyyden kannalta. Asetustyössä tärkeät puhdistettavat kohdat ovat koneen toiminnan kannalta johteet ja työkalujen pidikkeet. Asetuksen kannalta puhdistettavana on kiinnitinpalat ja niiden kiinnikkeet, jotta ne voidaan avata sujuvasti. Kiinnittimien pultit tulee puhalttaa lastuista, jotta ne saadaan avattua ja kiinnitettyä oikein. Turvarajojen sisäpuolen siistimistä ei voida suorittaa ulkoisena asetuksena, koska tällä alueella työskentely katkaisee aina koneen toiminnan.

Kiinnitinpalojen vaihto

Kiinnitinpalat vaihdetaan työn vaihtuessa koneistettavan profiilin mukaan, ja niiden sijainti ja korkeus säädetään. Pitkillä kappaleilla kiinnitinpalojen ja kappaleen vaihto on suoritettavissa vain sisäisenä asetuksena, koska silloin työskennellään koneen turvarajojen sisäpuolella. Twin-ajolla siivous, sekä palojen ja kappaleen vaihto voidaan suorittaa turvallisesti ulkoisena asetuksena ajettaessa edellisen työn viimeistä ajoa. Ajettaessa toista työtä twin-ajolla kone tekee jalostavaa työtä, mutta toisella puolella ylösajettava työ pysyy sisäisenä asetuksena.

Kappaleen kiinnitys

Kappaleen kiinnitys säilyy uudelleen tarkasteltaessa sisäisessä asetuksessa. Työkappale kiinnitetään kiinnitinpalojen vaihdon jälkeen, jonka jälkeen suoritetaan ohjelmointi ja työkalujen tarkistus.

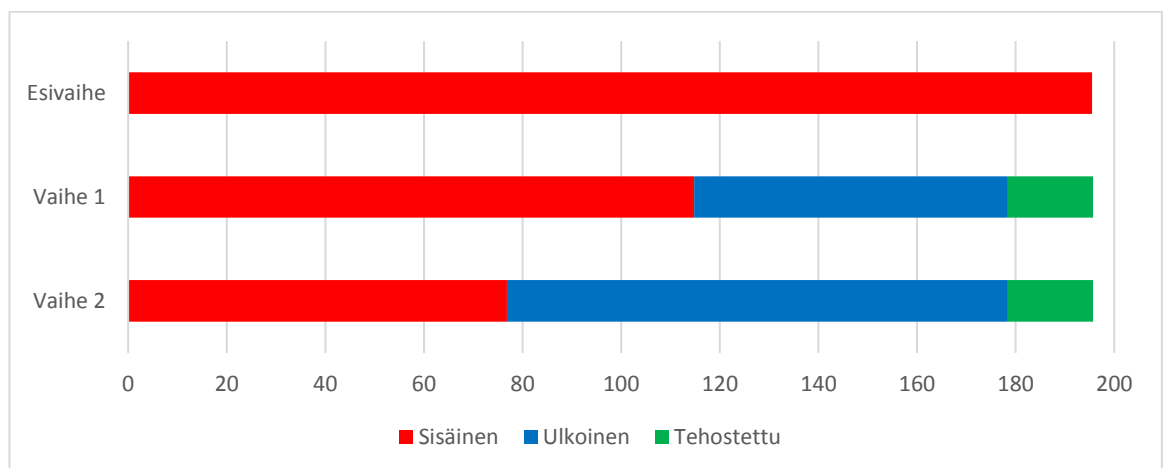
Ohjelmointi

Ohjelmointi voidaan suorittaa sujuvimmin kokonaan ulkoisena asetuksena, jos nykyisestä toimintamallista poiketen ohjelmoinnin suorittaa ohjelmointiin keskittyvä koneistaja, joka ei suorita tuotantoajoa. Tällä toimintatavalla konepajan määritetty henkilö vastaa kaikkien uusien töiden ohjelmointien suorittamisesta valmiiksi, jolloin tuotantoajoa suorittava työntekijä voi siirtyä suoraan seuraavaan työvaiheeseen.

Testiajo

Testiajo ja sen jälkeen uudelleen suoritettavat vaiheet ovat sisäistä asetusta. Koneen ei ole mahdollista suorittaa tuotantoajoa näiden asetustyön vaiheiden aikana, paitsi ajattaessa twin-ajolla toisella koneen puolella eri työtä.

Toisen vaiheen jälkeen jäljellä olevasta tehostetusta alasajosta jäljellä oleva aika siirretään ulkoiseen asetukseen, ja osittain ulkoiseen siirretty ohjelmointi kokonaan ulkoiseen asetukseen. Muutosten jälkeen 120 minuutin tavoiteasetusaika alitetaan 36 %:lla kuvion 6 mukaisesti.



KUVIO 6. Asetusaika toisen vaiheen jälkeen (Matias Paavola 2018)

7.3 Vaihe 3: Asetuksen virtaviivaistaminen

SMED-menetelmän viimeisessä vaiheessa tehostetaan jäljellä olevaa sisäistä ja ulkoista asetusta. Työvaiheet pyritään tekemään nopeammin ja ylimääräiset vaiheet poistamaan kokonaan. Sisäisen asetuksen työstökoneen puhdistus, kiinnitinpalojen vaihto, kappaleen kiinnitys ja testiajo ovat tällä hetkellä välttämättömiä vaiheita. Uudelleenohjelmoinnin ja 2. testiajon tarve riippuu ohjelmoinnin onnistumisesta.

Koneen puhdistus

Työstökoneen puhdistus suoritetaan tällä hetkellä tehokkaasti, eikä sitä välittömästi voida tehostaa. Puhdistukseen tarvittavat paineilma, puhdistusaine ja puhdistusliinat sijaitsevat molempien työstökoneiden molemmissa päissä työpöytien säilytystilassa. Ne ovat helposti saatavilla eikä ylimääräistä liikkumista tai liikettä tarvita. Työpisteen järjestystä ylläpidettäessä tulee varmistaa, että ne sijaitsevat paikoillaan, ja että niitä on riittävästi. Puhdistusvaiheen hukka vältetään, kun puhdistusainepullot ovat valmiiksi täytettyjä ja puhtaita puhdistusliinoja säilytetään paikallaan. Tämän varmistus suoritetaan tuotantoajon aikana, joten asetusvaiheessa ei esiinny ylimääräistä työtä.

Kiinnitinpalojen vaihto

Kiinnitinpalat sijaitsevat pääosin työpisteellä työpöytien säilytystilassa omissa laatikoissaan, jotka ovat nopea ottaa esille työpöydälle. Osa vähemmän käytetyistä kiinnitinpalloista sijaitsee säilytyskaapeissa poissa koneistajan keskeisimmältä työalueelta, mutta ne voidaan siirtää säilytettäväksi työpöytien säilytystilaan. Kiinnitinpalat joudutaan työnmittauksen havaintojen perusteella puhdistamaan uudestaan, joten kiinnitinpalloja vaihdettaessa tulisi puhdistus ennen vanhojen palojen irrottamista suorittaa huolellisemmin. Näin toimimalla uudet palat ovat vanhojen puhdistamisen ja irrottamisen jälkeen välittömästi kiinnitettävissä. Kiinnitinpalojen kiinnityksessä käytettävät pultit eivät ole kooltaan standardeja, vaan käytössä on useampia eri pulttikokoja. Kiinnitinpaloihin tulee tehdä tarvittavat muutokset, jotta kiinnityksessä voidaan käyttää vain yhtä pulttikokoa. Tällöin vältetään oikean kokoisen pultin valitsemiseen kuluva aika, sekä voidaan käyttää vain yhtä kiinnitystyökalua. Pulttien kiristys suoritetaan pääosin käsin avaimella, joten kiristysvaihetta voidaan nopeuttaa ottamalla kiristyksessä käyttöön sähkötyökalu. Sen avulla pultit

saadaan aina kiristettyä aina samalla voimalla, sekä työskentelystä tulee ergonomisempaa. Sähkötyökalua käytettäessä kiinnityspisteiden huolellinen puhdistus korostuu, jotta pultteja ei kiristetä lastujen ollessa tiellä ja rikota pulttien kierteitä. Käsin kiristettäessä mahdolliset lastut havaitaan helpommin.

Kappaleen kiinnitys

Kappaleen kiinnitys saadaan toisella työstökoneista suoritettua optimaalisella nopeudella, koska isot kappaleet nostetaan keventimellä. Kevyet kappaleet nostetaan käsin. Keventimen asentaminen toiselle työstökoneelle nopeuttaisi isojen kappaleen käsittelyä, sillä kattonosturilla kappaleen vaihdossa voi mennä jopa 10 minuuttia. Keventimen avulla aikaa kuluu murto-osa. Keventimen käyttö on lisäksi ergonomisempaa ja turvallisempaa, kuin kattonosturin.

Testiajo

Testiajo ei ole välittömästi poistettavissa, sillä tällä hetkellä työstökoneen kalibroinnissa, pursotetuissa kappaleissa ja työkalujen mitoissa esiintyy pientä vaihtelua. Testiajossa varmistetaan, että koneistusstandardit saavutetaan, ja tarvittaessa ohjelmaan tehdään pieniä muutoksia. Laatutyökaluilla varmistetaan testiajon jälkeen työn laatu. Tärkeimpien laatutyökalujen säilytys on kunnossa, sillä niitä säilytetään järjestelmällisesti työpöytien säilytystiloissa.

Alasajo ja dokumentit

Ulkoisen asetuksen alasajo, dokumentit ja materiaalin haku suoritetaan tällä hetkellä tehokkaasti. Pakkausmateriaalit on sijoitettu lähelle työpistettä, ja työn kuittaus sekä kolli-tus tehdään sujuvasti tietokoneella ilman ylimääräistä työtä.

Materiaalin haku

Materiaalin poisvienti ja uuden tuonti työpisteelle suoritetaan peräkkäin kattonosturilla. Materiaalin hakuvaihetta voidaan tehostaa raakamateriaalivaraston järjestelyllä niin, että tulevien töiden materiaalit ovat nopeasti saatavilla. Materiaalivaraston järjestelystä vastaa

järjestelijä, joka valmistelee materiaalivaraston seuraavalle kahdella vuorolle oman vuoronsa aikana. Materiaalivaraston järjestelyllä ulkoista asetusta tehostetaan 7 minuutista 4:ään minuuttiin.

Ohjelmointi

Ohjelmointi siirrettiin edellisessä vaiheessa kokonaan ulkoiseen asetukseen niin, että ohjelmoinnin suorittaa kokonaan ohjelmointiin keskittyvä työsuunnittelija. Tällä toimintatavalla sisäisen asetusaikea lyhenee merkittävästi. Ohjelmointiaika todennäköisesti lyhenee, kun yksi työntekijä keskittyy tehtävään. Ohjelmointivaiheen kehittämiseen oikea henkilö on ohjelmoinnin suorittava koneistaja.

Työkalut

Vakiotyökaluasetus nopeuttaa ohjelmointivaihetta, kun työkalujen ja työstöarvojen valintaan ei kulu ylimääräistä aikaa. Vakiotyökaluasetuksena voidaan eliminoida useimmissa tapauksissa työkalujen valintaan kuluva aika kokonaan. Työkalujärjestelmän lisäksi solussa on kehitettävää työkalujen hallinnassa. Ne koneistustyökalut, joita ei pidetä vakioasetuksessa tulee säilyttää ja ylläpitää määritetyllä paikalla. Näin toimimalla erikoistyyökalut olisivat helposti saatavilla, eikä työkalujen etsimiseen kulu ylimääräistä aikaa.

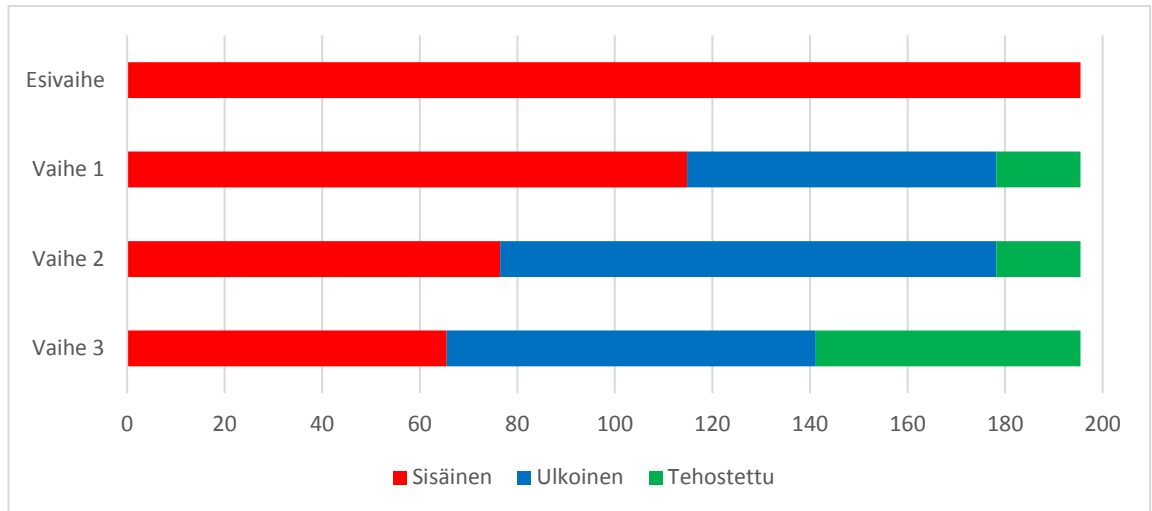
Pakkaus

Pakkausvaihe on huomioitu konepajan layoutissa hyvin, sillä pakkausmateriaali on helposti saatavilla. Pakkausvaihe suoritetaan ulkoisena asetuksena ja se on lyhyt työvaihe, joten asetuksen kokonaisuuden kannalta on oleellisempaa keskittyä pidempiin työvaiheisiin, kuten ohjelmointiin.

Tauko

Asetuksen tehostamisen jälkeen tauot voidaan siirtää pois ulkoisesta asetuksesta. Tauko suoritetaan tuotantotyön aikana keskeyttämättä koneistusta, joten se ei kuulu asetusaikaan.

Kolmannen vaiheen jälkeen kiinnitinpalojen työvaihetta tehostetaan edellä mainituilla muutoksilla 24 minuutista 15:een minuuttiin, kiinnitystä 5 minuutista 3:een minuuttiin ja materiaalin hakua 7 minuutista 4:ään minuuttiin. Keskimäärin 23 minuuttia kestävät tauot siirretään kokonaan pois asetustyöstä kuvion 7 mukaisesti. SMED-menetelmällä asetuksen kokonaisaikaa lyhennettiin 26 %:lla ja sisäisen asetuksen aikaa 66 %:lla. SMED-menetelmän toteuttamisella koneistuksen asetustyö tehostuu merkittävästi ja asetustyön tavoiteaika saavutetaan.



KUVIO 7. Asetusaika kolmannen vaiheen jälkeen (Matias Paavola 2018)

8 KEHITYSEHDOTUKSET

Alasajo

Suoritetaan edellisen työn alasajon laadunvarmistus viimeisen kappaleen sijaan toiseksi viimeiseen kappaleeseen, jolloin laadunvarmistus suoritetaan jalostavan työn aikana. Pienet eurolavoille pakattavat kappaleet pakataan loppuun, kollitetaan ja viedään pois työpisteeltä vasta uuden työn ollessa tuotantoajossa. Pitkien kappaleiden pakkaus, kollitus ja poisvienti jätetään tarvittaessa avustavalle työntekijälle, kuten järjestelijälle, jos uuden työn koneistusajat ovat lyhyitä. Koneistusaikojen ollessa pitkiä koneistaja viimeistelee alasajon uuden työn tuotantoajan aikana. Näillä työn organisoinnin toimenpiteillä 35 minuutin alasajo suoritetaan kokonaan ulkoisena asetuksena, ja kahden työntekijän yhteistyöllä ulkoinen asetus aika tehostuu 50 %, kun ulkoisen asetuksen eri vaiheita suoritetaan samanaikaisesti.

Dokumentit

Dokumentit valmistellaan edellisen työn tuotantoajan aikana, jolloin 6 minuutin sisäinen asetus aika siirretään ulkoiseen.

Materiaalin haku

Avustava työntekijä, kuten järjestelijä, valmistelee raakamateriaalivaraston työvuoronsa aikana työjonon mukaan niin, että materiaalit ovat helposti saatavilla. Koneistaja vie tyhjän häkin pois, ja hakee uuden työn materiaalit edellisen työn koneistuksen aikana. Materiaalin haku tehostuu 3 minuuttia, ja jäljelle jäävä osuus 4 minuuttia siirretään ulkoiseen asetukseen.

Kiinnitinpalojen vaihto

Puhdistetaan kiinnitinpalat huolellisemmin vaihdon yhteydessä, jolloin seuraavassa vaihdossa paloja ei tarvitse puhdistaa. Standardoidaan kiinnitinpalojen pultit niin, että käy-

tään vain yhtä pulttikokoa. Kiristetään kiinnitinpalat aina sähkötyökalulla, joka on käsi-työkalulla kiristmistä nopeampaa. Näillä toimenpiteillä kiinnitinpalojen vaihtoa tehostetaan 9 minuuttia.

Työkappaleen kiinnitys

Investoidaan keventimeen niin, että molemmilla koneista on kevennin käytössä, eikä katonosturia tarvita kappaleiden vaihdossa. Työkappaleen kiinnitys tehostuu 2 minuuttia ja kiinnityksestä tulee turvallisempaa sekä ergonomisempaa.

Ohjelmointi

Valitaan konepajalle ohjelmoinnista vastaava työsuunnittelija, joka suorittaa töiden ohjelmoinnin oman työvuoronsa aikana. 32 minuutin ohjelmointi suoritetaan aina ulkoisena asetuksena, ja ohjelmista tulee aina yhdenmukaiset, kun ne suorittaa yksi henkilö.

Pakkaus

Suoritetaan pakkausvaihe ulkoisena asetuksena tuotantoajon aikana, tarvittaessa avustavan työntekijän toimesta. 6 minuutin pakkausvaihe siirretään sisäisestä asetuksesta ulkoiseen.

Tauko

Asetustyön organisoinnin ja kehittämisen toimenpiteillä asetustyö lyhenee niin, että taukoa ei suoriteta asetustyön aikana. 23 minuutin taukovaie tehostetaan pois asetustyöstä.

Yhteenveto

Kehitystoimenpiteet ovat pääasiassa suoritettavissa työn organisoinnilla, joten ne ovat nopeasti toteutettavissa. Suurimmat investoinnit ovat keventimen hankinta, sekä työsuunnittelijan palkkaaminen. Kehitystyöllä sisäinen asetusaika laskee 196 minuutista 66 minuuttiin, jolloin asetuksen tavoiteaika saavutetaan ja koneen alhaallaoloaika lyhenee.

9 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Koneistuksen asetustyön kehittäminen oli opinnäytetyön aiheena mielenkiintoinen, haastava ja laaja. Työn aikana perehdyin SMED-menetelmään, työntutkimukseen ja koneistukseen. SMED-menetelmä oli mielestäni oikea valinta asetustyön kehittämiseen, koska siinä asetustyön vaiheita tutkittiin ja kehitettiin monipuolisesti neljän vaiheen kautta. Työntutkimus loi hyvän pohjan tämän menetelmän toteuttamiseen. Koneistuksen asetuksen tutkiminen ja kehittäminen olivat erityisen mielekäästä, koska asetustyön merkitys koneistussolun joustavassa piensarjatuotannossa on suuri, ja modernin koneistussolun tutkiminen mielekäästä.

Opinnäytetyössä onnistui koneistuksen asetustyön tutkiminen ja kehittäminen. Asetustyö jaettiin onnistuneesti pieniin osiin, joita arvioitiin järjestelmällisesti SMED-menetelmän mukaisesti. Konepajan työntekijöiden ja toimihenkilöiden positiivinen asenne ja osallistuminen mittauksiin olivat tärkeässä osassa tutkimusta. Kokonaisuutena opinnäytetyö oli onnistunut ja sen tavoite saavutettiin.

Parannettavaa työssä jäi työnmittausten määrään. Laajemmalla otannalla vaiheiden kestot ja ongelmat olisivat tarkentuneet, esimerkiksi suorittamalla työnmittaus jokaisesta asetuksesta kuukauden ajan. Jokainen koneistaja pääsi kuitenkin osallistumaan mittauksiin, ja kahdelta koneistajista saatiin kolme mittausta, joten mittausten perusteella voitiin laskea keskimääräinen asetuksen vaiheiden kesto. Lisäksi olisin halunnut suorittaa työntutkimuksen ainakin osittain videoimalla, koska se mahdollistaisi paremmin työvaiheiden jälkitarkastelun. Toimeksiantajan päätöksestä videointia ei suoritettu.

Koneistuksen jatkokehittämistä varten toivon, että esille tuomani kehityskohteet arvioidaan ja toteutetaan käytännössä konepajalla. Lisäksi työntutkimus voidaan suorittaa konepajalla laajemmassa mittakaavassa uudestaan, ja sen perusteella hakea lisää kehitettävää asetustyössä. Asetuksen kehittämisen jälkeen koneistuksen kehittämistä voidaan jatkaa esimerkiksi Overall Equipment Effectiveness –menetelmällä, jolla tutkitaan valmistusmenetelmän tehokkuutta tuotantoajossa.

LÄHTEET

Ahokas P., Neuvonen J., Suikki M. & Tiihonen J. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. Helsinki: Teknologiateollisuus ry. Luettu 22.4.2018. <http://teknologiateollisuus.fi>

Purso Oy. 2018. Yritys. Luettu 22.4.2018. <http://www.purso.fi>

The Productivity Press Development Team. 1996. Quick Changeover for Operators: The SMED System. New York: Productivity Press.

ASETUSTYÖN MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Koneen numero: 1 Nimike: V20362A	Asetustyön tekijä: Koneistaja A Päivämäärä ja kellonaika asetuksen alkaessa: 21.4.2016 klo 9.14	
Ensimmäinen kappale valmis (klo): 13.35	Asetustyö valmis (klo): —	
Vaihe	Valmis (klo)	Kommentit
1. Materiaalin haku	9.16	
2. Työstökoneen puhdistus	9.26	
3. Kappaleen kiinnitys	10.11	
4. Ohjelmointi	11.17	
5. Tauko	11.47	
6. Testiajo	13.12	
7. Uudelleen- ohjelmointi	13.30	
8. Toinen testiajo	13.35	
9. Uudelleen- ohjelmointi	13.55	

ASETUSTYÖN MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Koneen numero: 2 Nimike: K19857	Asetustyön tekijä: Koneistaja A Päivämäärä ja kellonaika asetuksen alkaessa: 26.4.2016 klo 11.37	
Ensimmäinen kappale valmis (klo): —	Asetustyö valmis (klo): —	
Vaihe	Valmis (klo)	Kommentit
1. Edellisen työn alaspöytä	12.26	
2. Materiaalin haku	12.31	
3. Kappaleen kiinnitys	13.55	

ASETUSTYÖN MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Koneen numero: 1 Nimike: 17909C	Asetustyön tekijä: Koneistaja A Päivämäärä ja kellonaika asetuksen alkaessa: 28.4.2016 klo 11.41	
Ensimmäinen kappale valmis (klo):	Asetustyö valmis (klo):	
Vaihe	Valmis (klo)	Kommentit
1. Edellisen työn alasaajo	11.54	
2. Työstökoneen puhdistus	12.07	
3. Edellisen työn alasaajo	12.36	
4. Kappaleen kiinnitys	13.15	
5. Materiaalin haku	13.19	
6. Testiaajo	13.29	
7. Uudelleen- ohjelmointi	13.31	
8. Toinen testiaajo	13.41	

ASETUSTYÖN MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Koneen numero: 1		Asetustyön tekijä: Koneistaja B
Nimike: K18599A		Päivämäärä ja kellonaika asetuksen alkaessa: 28.4.2016 klo 14.08
Ensimmäinen kappale valmis (klo): 18.33		Asetustyö valmis (klo): 18.41
Vaihe	Valmis (klo)	Kommentit
1. Kappaleen kiinnitys	14.21	
2. Työmääräimen tulostus ja leimaus työlle	14.27	
3. Ohjelmointi	14.46	
4. Työkalut	14.58	
5. Clampsien ajo	15.00	
6. Uudelleen- ohjelmointi	15.15	
7. Clampsien ajo	15.19	
8. Palojen vaihto	15.35	
9. Testiajo	15.54	
10. Uudelleen- ohjelmointi	16.00	

ASETUSTYÖN MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Koneen numero: Nimike:	Asetustyön tekijä: Koneistaja B Päivämäärä ja kellonaika asetuksen alkaessa:	
Ensimmäinen kappale valmis (klo):	Asetustyö valmis (klo):	
Vaihe	Valmis (klo)	Kommentit
11. Materiaalin haku	16.17	
12. Kappaleen kiinnitys	16.20	
13. Testiajo	16.39	
14. Uudelleen- ohjelmointi	16.49	
15. Testiajo	16.59	
16. Uudelleen- ohjelmointi	17.55	
17. Tauko	18.15	
18. Testiajo	18.30 18.40	
19. Pakkaus	18.41	

ASETUSTYÖN MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Koneen numero: T47 Nimike: K18524AM	Asetustyön tekijä: Koneistaja B Päivämäärä ja kellonaika asetuksen alkaessa: 3.7.-16 klo. 22.25	
Ensimmäinen kappale valmis (klo): 2.45	Asetustyö valmis (klo): 2.55	
Vaihe	Valmis (klo)	Kommentit
1. Ohjelman teko	22.54	Punalla olisi tehnyt nopeammin
2. Terien katominen	23.20	monia eri teriä, niin vai aikaa katsoa ja vaihtamiset päälle.
3. materiaalin haku	23.40	materiaalin haku
4. Clampsien ajo ja kappaleiden vaihto.	23.50	
5. Puhkaus materiaalin haku	00.00	
6. Tauko	0.10	
7. Ens. testi ajo	0.20	
8. Mittaus ja korjaus	0.00	
9. Toimen ajo	1.25	
10. Mittaus, korjaus	1.35	
11. 3. ajo	1.45	

ASETUSTYÖN MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Koneen numero: Nimike:	Asetustyön tekijä: Koneistaja B Päivämäärä ja kellonaika asetuksen alkaessa:	
Ensimmäinen kappale valmis (klo):	Asetustyö valmis (klo):	
Vaihe	Valmis (klo)	Kommentit
12. mittaus, kergaus	2.00	
13. ruoka	2.20	
14. 4 ajo	2.40	
15. mittaus	2.45	

ASETUSTYÖN MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Koneen numero: 2 Nimike: K19346D	Asetustyön tekijä: Koneistaja B Päivämäärä ja kellonaika asetuksen alkaessa: 2.9 8.45	
Ensimmäinen kappale valmis (klo): 10.14	Asetustyö valmis (klo): 10.14	
Vaihe	Valmis (klo)	Kommentit
Siivous	8.50	
leukojen vaihto	9.10	
Terien katseminen	9.20	
ens. ajo	9.30	
mitta tarkistus	9.41	
toinen ajo	9.51	
mittojen tarkistus	9.54	
kolmas ajo	10.04	

ASETUSTYÖN MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Koneen numero: TK7 Nimike: K193466	Asetustyön tekijä: Koneistaja C Päivämäärä ja kellonaika asetuksen alkaessa: 8.9.2016 11.00	
Ensimmäinen kappale valmis (klo): 01.30 01.30	Asetustyö valmis (klo): 01.30 01.30	
Vaihe	Valmis (klo)	Kommentit
OHJELMAN TEKO	12.00	TYÖKALUJA PITI MUUTTAA
LEVIÄT PAIKOILLEEN	12.20	
ENSIMMÄISET ASOT MITOLLE	12.40	EI SUORAAN MITOILLAAN
MITTAMISEN JA OHJELMAN MUUTTAMISEN	01.00	
MUUNNETUILLA MITOILLA ASETU	01.30	MITAT OK

Liite 2. Asetustyön vaiheiden kestot

TAULUKKO 1. Asetustyön vaiheiden kestot

Työvaihe	Kesto
Alasajo	34,50
Dokumentit	6,00
Materiaalin haku	7,00
Koneen puhdistus	8,00
Kiinnityspalojen vaihto	24,30
Työkappaleen kiinnitys	4,60
Ohjelmointi	31,60
Työkalut	11,00
Testiajo	11,70
1. uudelleenohjelmointi	14,30
2. testiajo	15,70
2. uudelleenohjelmointi	12,50
3. testiajo	10,00
3. uudelleenohjelmointi	10,50
4. testiajo	25,00
Pakkaus	5,50
Tauko	23,30
Yhteensä	195,50