

Janne Valkama

SMED-SIMULAATION LUOMINEN JA TOTEUTUS

SMED-SIMULAATION LUOMINEN JA TOTEUTUS

Janne Valkama
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotanto ja logistiikka

Tekijä: Janne Valkama
Opinnäytetyön nimi: SMED-simulaation luominen ja toteutus
Työn ohjaaja: Kai Jokinen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2018 Sivumäärä: 36 + 11 liitettä

Opinnäytetyössä luotiin opetussimulaatio, jossa harjoitellaan asetusajojen lyhentämisen menetelmää eli SMED-tekniikkaa. Opetussimulaatiota varten kehitettiin leimasinlaite, joka suunniteltiin Solidworks-suunnitteluohjelmistolla. Simulaatiossa laitteeseen vaihdetaan nopeasti erilainen leimasinosa, jotta sillä suoritettavaan leimaukseen kuluva aika saataisiin minimoitua. Simulaatiossa käytetään avuksi annettuja osia ja työvälineitä asetusajojen lyhentämiseksi. Leimasinlaitteen avulla pyritään opettamaan SMED-tekniikkaa käytännön harjoittelun kautta.

Leimasinlaite suunniteltiin työn tilaajan toiveiden mukaan käyttäen osien materiaalina terästä ja asetusajaa lyhentäviä keinoja, kuten leimasinosan nopeaa vaihtoa magneetin avulla. Solidworks-suunnitteluohjelmistolla luotiin mallinnetuista 3D-osista valmistuspiirustukset osien valmistusta varten. Laitteen osat valmistettiin Oulun ammattikorkeakoulun konetekniikan laboratoriossa.

Työssä valmistetuista osista koottiin toimiva leimasinlaite. Testauksen jälkeen laitteeseen lisättiin pidempi vipu helpottamaan leimausta. Laite todettiin tämän jälkeen valmiiksi. Opetussimulaatiota varten laadittiin käyttöohjeet, jotta harjoitus onnistuisi halutulla tavalla.

Asiasanat: simulaatio, opetusmenetelmä, Solidworks

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Mechanical and Production Engineering, Production and logistics

Author: Janne Valkama

Title of thesis: Creation and Execution of SMED Simulation

Supervisor: Kai Jokinen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2018 Pages: 36 + 11 appendices

The objective of the thesis project was to create a teaching simulation which would offer practice on a SMED technology. The stamp apparatus was designed with Solidworks to be used in the simulation. The goal in the simulation is to minimize the time used on stamping when changing a different stamp part. Certain parts and tools will be available in the simulation to help reduce setup times. The objective of the simulation is to teach SMED technology with the stamp apparatus.

The commissioner requested the apparatus to have its parts made of steel and to have methods reducing the setup time, such as using a magnet to change stamp parts faster. Solidworks was used to create 3D-models and drawings for the parts. They were manufactured at Oulu University of Applied Sciences.

The parts were assembled into a working stamp apparatus. After testing the apparatus, a longer lever was added to ease the stamping process. The instructions were created for a successful practice of the teaching simulation.

Keywords: simulation, teaching method, Solidworks

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 OPETUSSIMULAATIO	8
2.1 Yleistä	8
2.2 Hyödyt	8
2.2.1 Kouluttajat	8
2.2.2 Organisaatiot	9
2.2.3 Opiskelijat	9
2.3 Rakenne	9
2.3.1 Valmistautuminen	9
2.3.2 Harjoitus	10
2.3.3 Jälkipuinti	10
3 LEAN-AJATTELU	12
3.1 Yleistä	12
3.2 Prosessin kulku	13
3.2.1 Strateginen johtaminen	13
3.2.2 Käynnistäminen ja suunnittelu	13
3.2.3 Kulttuurin luonti	13
3.2.4 Tuotteiden ja tuotantojärjestelmän kehitys	14
3.2.5 Virtaus ja imu	15
3.2.6 Hukan tunnistus ja poisto	16
3.2.7 Liiketoiminnan tulokset	17
4 SMED	18
4.1 Synty	18
4.2 Yleistä	18
4.3 Hyödyt	19
4.4 Prosessin vaiheet	19
4.4.1 Vaihe 1	19
4.4.2 Vaihe 2	19

4.4.3 Vaihe 3	20
4.4.4 Vaihe 4	20
4.5 Sisäisten ja ulkoisten asetusten erottaminen	20
4.5.1 Sisäinen asetusaika	20
4.5.2 Ulkoinen asetusaika	21
4.6 Sisäisten asetusten muuttaminen ulkoisiksi	21
4.7 Standardisointi	21
4.8 Pikakiinnittimet	22
4.8.1 Päärynänmuotoinen reikä	22
4.8.2 U-muotoinen aluslevy	22
4.8.3 Jaettu kierre	23
4.8.4 U-aukko	23
4.8.5 L-kiinnitin	24
5 LAITTEEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS	25
5.1 Suunnittelu	25
5.2 Osat	26
5.3 Leimasimen testaus	30
5.4 Käyttöohjeet SMED-simulaation suorittamiseen	31
5.4.1 Ensimmäinen simulaatio	31
5.4.2 SMED-simulaatio	32
6 POHDINTA	33
LÄHTEET	34
LIITTEET	36

1 JOHDANTO

Tämä insinööriyö on tehty Oulun ammattikorkeakoululle. Työssä suunnitellaan ja valmistetaan leimasinlaite opetusta varten. Simulaation tarkoituksena on edistää oppimista käytännön harjoittelun kautta. Työssä luodaan opetussimulaatio, jossa kehitettävän laitteen avulla tutkitaan asetusvaihtoaikojen muutoskeinoja. Aetusvaihdoissa käytetään hyväksi lean-ajattelun SMED-tekniikkaa ja huomataan ero tavanomaiseen tekniikkaan.

Lean on oppimisen ja kehittymisen jatkuva prosessi, jonka avulla luodaan liiketoimintaprosessien keskeytymätön virtaus ja edistetään jatkuvaa parantamista (1, s. 6). SMED on lean-ajattelun yksi työkaluista, jonka avulla pyritään lyhentämään tuotantokoneiden asetusajoja ja muuttamaan mahdollisimman paljon sisäisiä asetuksia ulkoisiksi. SMEDin vaikutuksia ovat lyhentynyt tuotevaihtoaika, entistä standardoidummat ja turvallisemmat vaihtoprosessit, ja lisäksi tuotteen valmistaminen, läpimenoaika ja toimitusaika asiakkaalle on nopeampaa. (2.)

Simulaatiot voivat olla tietokonepohjaisia harjoittelusimulaattoreita tai aitoja tilanteita jäljitteleviä opetuksellisia harjoituksia. Hyvä simulaatio perustuu sen perusteelliseen valmisteluun ja suunnitteluun. (3, s. 75.)

2 OPETUSSIMULAATIO

2.1 Yleistä

Käytännön tilanteissa on nopeasti päätettävä, miten toimia ja millä tavalla. Jos tilannetta varten ei ole harjoiteltu etukäteen, voi toimintatapa osoittautua usein virheelliseksi. Virheiden estämiseksi voidaan tilanne simuloida ja harjoitella mahdollisia vastaantulevia käytännön tilanteita. Simulaatioon perustuvan opetuksen periaate on, että simulaatioharjoittelulla varmistetaan tilanteen vaatima osaaminen aidon tilanteen tullessa vastaan. (3, s. 116.)

Simulaatioympäristöön perustuva oppiminen on kokemusperäistä eli yritysten sekä erehdysten kautta opittuja taitoja. Simulaatioiden avulla oppija kykenee työskentelemään työtehtävissä, mihin tarvitaan käytännön harjoittelua oppimisen tukena. Toimintojen ymmärtäminen ja niiden automatisoituminen helpottavat käytännön työskentelyä varten. (3, s. 133.)

Simulaatioita käytetään monilla eri aloilla. Oppimisolosuhteiden suunnittelun edellytykseksi täytyy tunnistaa tietyn alan tapa oppia. Jokaisen alan oppimisen ja ohjaamisen tarpeet tulee ottaa huomioon, kun simulaatio-opetuksen pedagogista mallia rakennetaan. Oppija saa simulaatioharjoittelusta mielikuvan opitusta asiasta ja osaa soveltaa opittua asiaa aidossa työympäristössä. Simulaatio-opetuksen on pyrittävä olemaan aitoa tilannetta jäljittelevä. (3, s. 151.)

2.2 Hyödyt

2.2.1 Kouluttajat

Koulutuksien käytännön harjoitusten valmistelu on helpompaa simulaatioiden käytön myötä organisoitavissa simulaatioympäristöissä. Kouluttajan työtä helpottavat myös koulutuksen riskittömyys verrattuna aidoissa olosuhteissa tapahtuvaan koulutukseen. Harjoituksissa voidaan keskittyä tarvittavien erityistaitojen oppimiseen ja keskittyä siihen täysipainoisesti. (4, s. 15.)

2.2.2 Organisaatiot

Kouluttavan organisaation etuihin kuuluvat paremmat oppimistulokset ja nopeampi koulutuksen läpäisy aika. Esimerkiksi henkilöstön tiimityötaitoja ja kommunikaatio-osaamista voidaan kehittää juuri niiltä alueilta, joissa niitä eniten tarvitaan. Simulaatioita hyödyntämällä saadaan aikaiseksi kustannustehokkaampi ja koulutuksen taloutta yleisesti parantava hyöty. Koulutuksesta voidaan tehdä vetovoimaisempaa ja sen laatua parantaa koulutuksen käytön osaamisen myötä. (4, s. 15 - 16.)

2.2.3 Opiskelijat

Työssä vastaan tulevien haasteiden hallitseminen ja käytännön päätöksentekojä työtaidot voidaan oppia entistä aiemmin simulaatioiden avulla. Simulaatioharjoituksissa opiskelijat voivat jatkuvasti kehittää osaamistaan soveltamalla työssä opittua käytännön taitoa. Simulaatioiden avulla oppiminen on mielekkäämpää ja motivoi opiskelijaa oppimaan tekemisen kautta. Ennen simulaatiota täytyy harjoitukseen kuitenkin olla siihen liittyvää teoriaa opittuna etukäteen muilla tavoilla. (4, s. 16.)

2.3 Rakenne

Simulaatiokoulutuksen valmistelua ja suunnittelua varten kannattaa varata tarpeellisesti aikaa. Opettajan on perehdyttävä simulaatioon ja sen toimintoihin tarkemmin, jotta opetus olisi mahdollisimman laajaa. Simulaatioharjoituksen rakenne koostuu kolmesta osasta: valmistautuminen, harjoitus ja jälkipuinti. (4, s. 17.)

2.3.1 Valmistautuminen

Ensimmäiseksi tehtävään tulee perehtyä. Kouluttajan opastus on tarpeellinen, jos kyse on laajemmasta kokonaisuudesta. Valmisteluvaiheeseen kuuluu tehtävän suorituksen demonstrointi joko videon tai kouluttajan avulla. Opiskelijalle annetaan ohjeet tehtävän suorittamista varten. (4, s. 17 - 18.)

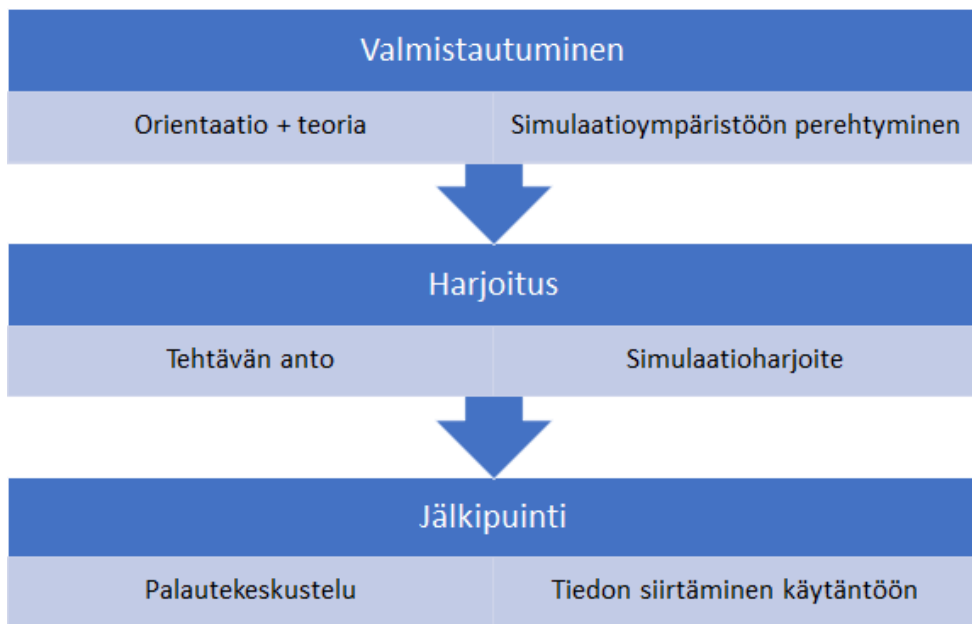
2.3.2 Harjoitus

Jos tehtävä suoritetaan ryhmänä, opitaan muilta opiskelijoilta käytännön taitojen lisäksi kommunikointia ja tiimityöskentelyä. Harjoitusta varten hankittu teoria-tieto muuttuu taidoksi opiskelijan suorittua annetun tehtävän. Kouluttajan tehtävänä harjoituksen aikana on opiskelijan aktiivinen auttaminen tai hiljainen taustalta seuraava. Tehtävän suorituksen liittyvä palaute ja kommentointi pyritään järjestämään jälkipuinnissa. (4, s. 18.)

2.3.3 Jälkipuinti

Jälkipuinti on oppimisprosessin kannalta simulaatio-opetuksen tärkein vaihe. Palautteen antaminen opiskelijalle auttaa häntä ymmärtämään, missä hän onnistui ja missä hän tarvitsee vielä harjoitusta. Kouluttajan ja muiden opiskelijoiden antama palaute tulee olla konstruktivistista eikä epäonnistumisten huomioimista. Oman suorituksen arvioinnin ongelmana on monien yksityiskohtaisten onnistumisten arviointi. Simulaatioympäristössä tapahtuvat virheet eivät ole verrattavissa aidossa toimintaympäristössä tapahtuneisiin virheisiin. Aidossa toimintaympäristössä työn tulosten kautta tuleva palaute on näkyvämpää ja yleisesti virheistä rangaistaan. (4, s. 18.)

Toimiva opetussimulaatio vaatii suunnitelmallisen toteutuksen onnistuakseen halutuilla tuloksilla. Kuvassa 1 esitetään opetussimulaation rakenne, jonka vaiheita seuraamalla päästään haluttuihin opetustuloksiin.



KUVA 1. Opetussimulaation rakenne (5)

3 LEAN-AJATTELU

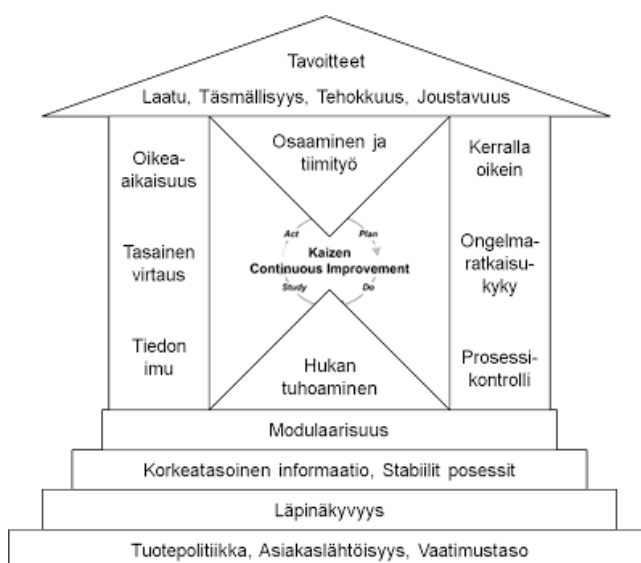
3.1 Yleistä

Lean on asiakaslähtöinen malli prosessijohtamisessa. Ajattelutavassa virtausta ja jalostusarvoa pyritään maksimoimaan poistamalla hukkaa. Yksi tärkeimmistä tavoitteista on tuotannon läpimenoajan lyhentäminen. Lean sisältää monia teorioita ja työkaluja, joita käytetään apuna tavoitteiden saavuttamiseksi. Työkalut itsessään eivät ratkaise ongelmia, vaan prosessien ongelmat on osattava itse tunnistaa ja ratkoa. (6.)

Lean on oppimisen ja kehittymisen jatkuva prosessi. Tuloksia saavutetaan lean-periaatteiden mukaisesti toimivien prosessien kautta. Lean-ajattelun kaksi keskeistä periaatetta ovat (1, s. 6)

- kaikkien yrityksen liiketoimintaprosessien keskeytymättömän virtauksen luominen materiaaleissa, tiedoissa ja tuotteissa
- jatkuva investointi työntekijöiden ja jatkuvan parantamisen edistämiseksi, mikä edellyttää johdon sitoutumista.

Kuvassa 2 nähdään lean-ominaisuuksien osat, jotka yhdessä edistävät jatkuvaa parantamista. Tarkoituksena olisi täyttää mahdollisimman monta ominaisuutta, jotta päästäisiin parhaisiin tuloksiin.



KUVA 2. Lean-talo (7)

3.2 Prosessin kulku

3.2.1 Strateginen johtaminen

Leanin on tuettava päivittäistä toimintaa ja tavoitteita pitkällä aikavälillä. Pyrkiesään omiin missioihin, visioihin, arvoihin, strategioihin ja tavoitteisiin yrityksen on ensin pystyttävä ne tunnistamaan. Ilman strategisia tavoitteita ja suunnitelmia, prosessin kehittämisohjelmalle ei voida luoda pohjaa. Tässä prosessin vaiheessa strategia kehitetään, arvioidaan, ylläpidetään sekä toteutetaan ja tuloksia tarkkaillaan. (1, s. 24.)

3.2.2 Käynnistäminen ja suunnittelu

Käynnistämistä ja suunnittelua varten täytyy henkilöstöllä olla koulutusta ja tietämystä lean-aiheesta. Koulutettavien on muodostettava oma käsitys lean-ohjelman käynnistämisestä ja ehdotettava tätä yrityksen johdolle. Suunnittelu vaatii myös osaamista ja koulutusta. Vastuut ja tavoitteet määritellään sekä suunnitellun ja käynnistämiseen tarjotaan tarvittavat valmiudet. (1, s. 34.)

3.2.3 Kulttuurin luonti

Johtajuuden merkitys on suuri kulttuurin luontia ajatellen. Hyvä johtaja pystyy toimimaan toimintafilosofian roolimallina, edellyttäen vastuualueensa tuntemisen töiden kannalta. Johtajien vastuulla on esimerkin näyttäminen muille esimiehille ja henkilöstön kehittäminen lean-periaatteisiin liittyen. (1, s. 42.)

Tavoitteena on kehittää ajatteleva tuotantojärjestelmä, jossa ihmiset haastetaan ajattelemaan ja kehittymään. Esimerkiksi valmistamalla yhden osan kerrallaan, ongelmia voidaan ratkoa yhdessä ja näin kehittää prosessia paremmaksi. Henkilöstöä tulee kannustaa oma-aloitteisuudessa ja innovatiivisuudessa. (1, s. 44.)

Terveysteen, turvallisuuteen ja ympäristön hyvinvointiin liittyvää toimintaa on edistettävä yrityksen arvojen ja tavoitteiden kautta. Osa yrityksen kulttuuria on näkyvä johdon ja henkilöstön sitoutuminen. Se näkyy esimerkiksi terveyden ja hyvinvoinnin edistämisenä koulutuksilla, tietoisuuksina ja käytäntöinä. (1, s. 50.)

3.2.4 Tuotteiden ja tuotantojärjestelmän kehitys

Tuotteiden ja tuotantojärjestelmän kehitysvaiheessa käydään läpi asiakkaiden tuotteiden vaatimukset ja odotukset sekä sitä, miten ne luovat perustan tehokkaalle tuotannolle ja virtaukselle. Strategista suunnittelua varten laaditaan kattavia ulkoisia ja sisäisiä analyysejä. Näihin kuuluvat esimerkiksi myyntiosaston markkinoiden ja asiakastarpeiden tutkiminen sekä tuotanto-osaston tuotannon muutosten laatiminen. Tuotteet räätälöidään asiakkaiden toivomusten mukaisesti, tuntematta vaikutuksia niiden valmistukseen. (1, s. 54.)

Kehitettäessä tuotteita tehokkaampaa tuotantoa varten, on otettava huomioon, että (1, s. 56)

- tuotteiden päällekkäisyyden poistaminen onnistuu vähentämällä erilaisten tuotteiden määrää
- suunniteltujen ostojen, valmistuksen ja huollon joustavuus saavutetaan moduloimalla koko tuotevalikoima
- tuotteet täytyvät olla yksinkertaisesti valmistettuja, eli tuoteosien määrä on oltava vähäinen ja osat standardoituja
- tuotteiden nopea ja suunnitelmien mukainen tulo markkinoille, varmistetaan oppimalla tehokkaat projektien johtamiset ja tuotteen suunnittelun menetelmät.

Tuotantojärjestelmän kehitystä edistetään keskittymällä omiin vahvuuksiin esimerkiksi valmistamalla vain tärkeimmät tuotemoduulit. Alihankkijoiden avulla tuotteeseen saadaan loput tarvittavat osat. Näiden osien valmistus on enemmän erikoistunutta alihankkijoilla. Vahvuuksiin keskittyminen mahdollistaa yksinkertaisen ohjauksen, lyhentävän läpimenoajan sekä laadun ja tuottavuuden parantamisen. (1, s. 60.)

Läpimenoaikojen lyhennystä, varastojen pienennystä sekä tuottavuuden ja joustavuuden lisäämistä pystytään parantamaan valitsemalla ja kehittämällä jo nykyistä teknologiaa tai hankkimalla uutta. Teknologia tulee testata testeillä ennen käyttöönottoa. Uuden teknologian standardoiminen saattaa olla hankalaa sekä jatkuva virtaus voi vaarantua. (1, s. 66.)

3.2.5 Virtaus ja imu

Virtauksen ja imun prosessivaiheessa tarkastellaan prosessien suunnittelua ja sen vaikutusta laadun sekä lisäarvon tuottamiseen asiakkaille. Prosessien oikea suunnittelu johtaa ihmisten välisten yhteyksien toimimiseen ja materiaalien sekä tietojen nopeaan siirtoon viivytyksittä. (1, s. 71.)

Virtaus on prosessissa tapahtuvaa keskeytymätöntä materiaalien, komponenttien, tuotteiden ja tiedon virtausta ilman tuotevarstoja. Asiakkaan tilauksesta käynnistyvät virtaus ja valmistus, mutta päättyvät tuotteen toimitettua asiakkaalle. Lean-organisaatiossa tärkein periaate on virtaus, jonka saavuttaminen vaatii muiden lean-työkalujen ja periaatteiden käyttöönottoa. Tällaisia työkaluja ovat (1, s. 72)

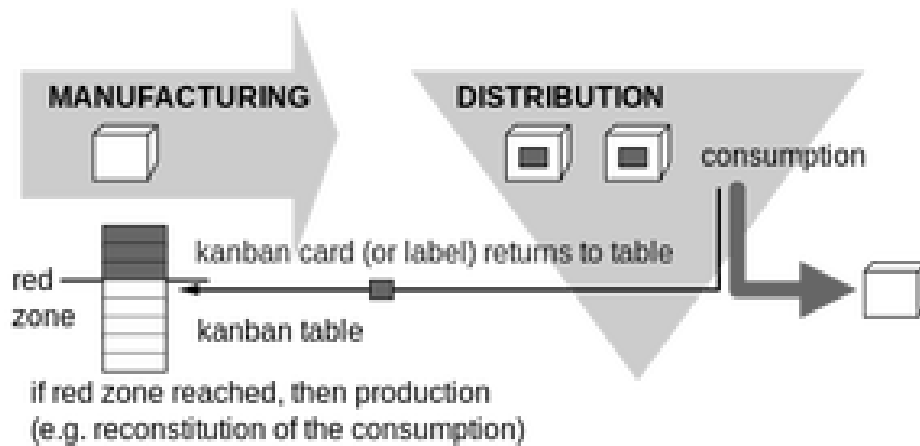
- ennaltaehkäisevä huolto
- asetusaikojen lyhentäminen
- laadun ohjauksen menetelmät.

Toistuvissa valmistus- ja hallintotehtävissä on helppoa soveltaa jatkuvaa virtausta ja tahtiainaa. Menetelmän laajennus onnistuu prosesseihin, jossa työvaiheet pysytään kuvaamaan ja hukkaa poistamaan virtauksen parantamiseksi. Toimivan virtauksen hyötyjä ovat (1, s. 72)

- laadun kehitys
- joustavuuden lisäys
- lattiatilan vapautus
- varastokustannuksien pienentäminen
- tuottavuuden, turvallisuuden, työmotivaation ja viihtyvyyden parantaminen.

Imuohjaus on tuotannonohjausmenetelmä, jossa rajoitetaan varastojen ja tuotannon määrää asiakastarpeiden mukaisesti. Asiakkaan tarpeet huomioiden, tuotteita valmistetaan ja siirretään ketjussa eteenpäin asiakkaille. Materiaalivirtojen tarpeiden ollessa kohtuullisen tasaisia ja täydennyksien nopeita, imuohjauksen toteutus onnistuu helpoiten. (8.)

Imuohjaus voidaan toteuttaa esimerkiksi Kanban-ohjauskorttien avulla. Kortin avulla voidaan valmistaa tai siirtää tuotetta kortin määritellyn lukumäärän mukaisesti. Keskeneneräisen tuotannon ja varastomäärien ylärajat määräytyvät Kanban-korttien lukumäärällä. Korttien lukumäärän perusteella tuotantoa vähennetään tai nostetaan. (8.) Kuvassa 3 nähdään Kanban-korttien yhteydessä käytettävän järjestelmän toteuttamiskaava.



KUVA 3. Kanban-järjestelmä (9)

3.2.6 Hukan tunnistus ja poisto

Hukkaa ovat toiminnot, jotka lisäävät kustannuksia tuomatta lisäarvoa. Hukan tunnistamiseksi voidaan tutkia arvoa tuottava työ. Muu työ on automaattisesti hukkaa. Hukan poistamiseksi, esimerkiksi rutiineista tulee luopua ja koneen tarpeettomia liikkeitä poistaa. Myös hukan yleiset lähteet, kuten säilyttäminen, kuljetus, siirto, prosessiaika ja tarkastaminen, voivat tarkemmin tutkimalla paljastaa hukan. Hukan eri tyyppisiä ovat (1, s. 86)

- ylituotanto eli osia ja tuotteita valmistetaan enemmän kuin tarve vaatii
- odottelu, jolloin työntekijä joutuu odottamaan koneen suoritusta tai konehenkilön suoritusta
- tarpeeton keskeneneräisten tuotteiden siirtely työpisteestä toiseen
- ylikäsittely eli tarpeettomien töiden tekeminen, joista asiakas ei ole valmis maksamaan
- varastointi, materiaalien, tuotteiden ja osien säilyttäminen yrityksen eri varastoissa

- tarpeettomat ja työssä tehdyt liikkeet, jotka eivät tuo lisäarvoa
- viat, virheellisten tuotteiden, lajittelun ja korjaamisen aiheuttamat ylimääräiset työt.

3.2.7 Liiketoiminnan tulokset

Organisaatiot ovat kiinnostuneita lean-periaatteista vain, jos ne auttavat taloudellisen tuloksen kehittymistä. Asiakas ei ole valmis maksamaan, jos liiketoiminta ei tuota arvoa. Lean-järjestelmän tuottama arvo parantaa (1, s. 112)

- asiakastyytyvääisyyttä
- arvonlisäystä sidosryhmille
- ympäristön turvallista ja terveellistä ylläpitoa.

4 SMED

4.1 Synty

SMED-menetelmä syntyi keväällä 1950 Hiroshimassa Toyo Kogyon Mazdan autotehtaalla, jossa Shigeo Shingo johti tehokkuustutkimustaan. Toyo halusi eliminoida pullonkauloja, jotka aiheutuivat kolmen suuren satojen tonnien painoisten korimuottien vaihdoista. Tehtaanjohto oli jo valmis ostamaan uusia puristimia parantaakseen tuottavuutta, sillä monta muottia kävi jo ympäri vuorokauden tasaisella nopeudella. Shigeo ei pitänyt ideasta ostaa uusia puristimia, vaan halusi selvittää syyn pullonkauloille. (10, s. 21.)

Shigeo sai tuotannonjohtajalta luvan tarkkailla tuotantoa tarkemmin puristimien osalta ja huomasi, että painavimman muotinvaihdon aikana työntekijät ryntäsivät ympäriinsä ilman päämäärää. Yksi pulteista oli kadonnut muotin mukana ja sitä etsittiin kuumeisesti. Sen löydettyään uusi muotti tuotiin vasta sitten puristimen lähelle. Löydetty pultti ei ollutkaan oikea, vaan se oli lainattu toisesta muotista ja muokattu sopivaksi uutta muottia varten. Shigeo ihmetteli, kun oli asennettava pultti, joka oli viety muotista. Shigeo alkoi ymmärtää, mistä suurimmat aikahävikit johtuivat. Valmistelut aloitettiin ennen seuraavien muottien vaihtoa, jonka seurauksena tuotannon tehokkuus parani 50 %. Hän jakoi tuotevaihdot ulkoiseen ja sisäiseen asetusajaan. Näin syntyi käsitys SMED-menetelmästä. (10, s. 21 - 22.)

4.2 Yleistä

SMED on Shigeo Shingon kehittämä menetelmä, jonka tarkoituksena on vähentää tuotantolinjojen tuotevaihtoihin kuluva aikaa. Menetelmässä pyritään kartoittamaan ja analysoimaan vaihtoprosesseihin liittyvien tehtävien todellista tarkoitusta. Tämän jälkeen pyritään tunnistamaan sisäiset ja ulkoiset vaihtoprosessiin kuuluvat tehtävät. Sisäiset tehtävät tulisi muuttaa ulkoisiksi, eli hoitaa vaihtoprosessin vaiheet koneen käydessä. Vaihtoasetusten videokuvaus helpottaa sisäisten ja ulkoisten asetusten erottamista ja niihin kuluva ajankäyttöä. Onnistuneeksi todettu vaihtoprosessi tulisi vakioida. SMEDin tavoitteena on vähentää

vaihtoprosessiin kuluva aikaa alle kymmeneen minuuttiin eli vähintään kaksinumeroiseksi luvuksi. Menetelmässä ”single minute” tulee kuvata tavoitteesta. Alle kymmenen minuutin tuotevaihdot ovat mahdollisia esimerkiksi metalliteollisuudessa, mutta lääketeollisuudessa tuotevaihtoajat voivat venyä pidemmiksi. (2.)

4.3 Hyödyt

Huomattavin hyöty menetelmän ansiosta on lyhentynyt tuotevaihto aika. Tämän ansiosta tuotteen valmistaminen, läpimenoaika ja toimitusaika asiakkaalle on nopeampaa. Kysynnän mukaan on mahdollista valmistaa pienempiä eriä lyhentämällä tuotevaihtoihin kuluva asetusaika, jolloin varastot pienenevät kesken eräisen tuotannon vähentyessä. Näin myös hukka vähenee, kun toimitaan SME-Din ja lean-periaatteiden mukaisesti. Menetelmällä saadaan myös standardisoidummat ja turvallisemmat vaihtoprosessit. Tuotannosuunnittelu osaa parantaa tuotannosuunnittelua mitattujen keskimääräisten vaihtoaikojen avulla. Sisäinen ja ulkoinen toimitusvarmuus paranee tämän seurauksena. (2.)

4.4 Prosessin vaiheet

4.4.1 Vaihe 1

Vaiheeseen 1 sisältyvät valmistelut, prosessien jälkeiset säädöt sekä materiaalien ja työkalujen tarkistukset. Vaiheen tarkoituksena on varmistaa, että kaikki osat ja työkalut löytyvät asianmukaisista paikoista ja toimivat moitteitta. Prosessin jälkeen työkalut tulisi palauttaa omille paikoilleen ja työympäristö sekä kone siivota huolellisesti. Kulutettu aika on noin 30 % kokonaisajasta. (10, s. 27.)

4.4.2 Vaihe 2

Vaiheeseen 2 sisältyvät työkalujen ja osien irrotukset sekä kiinnitykset sen jälkeen, kun prosessi on saatu valmiiksi. Kulutettu aika on noin 5 % kokonaisajasta. (10, s. 27.)

4.4.3 Vaihe 3

Vaiheeseen 3 sisältyvät mittaukset, asetukset sekä kalibroinnit. Edellä mainitut asiat täytyy tehdä oikeassa järjestyksessä, jotta halutut tuotanto-operaatiot onnistuvat ilman vastoinkäymisiä. Kulutettu aika on noin 15 % kokonaisajasta. (10, s. 27.)

4.4.4 Vaihe 4

Vaiheeseen 4 sisältyvät koeajot ja säädöt. Säädöt suoritetaan vasta testikappaleen työstön jälkeen. Mitä suurempi mittausten ja kalibrointien tarkkuus vaiheessa 3, sitä helpompia säätöjen tarvittavat muutokset ovat. Koneenhoitajan osaamisesta riippuvat testiajojen pituudet ja säätöajat. Suurin ongelma löytyy säätöjen oikeassa löytämisessä koeajojen yhteydessä, mikä selittääkin suuren ajan käytön säätöongelmien vuoksi. Jos koeajot ja säädöt halutaan tehdä helpommiksi, se vaatii aikaisempien vaiheiden mittausten ja kalibrointien tarkkuutta. Kulutettu aika on näistä suurin, eli 50 % kokonaisajasta. (10, s. 27.)

4.5 Sisäisten ja ulkoisten asetusten erottaminen

Kaikista tärkein vaihe SMEDissä on sisäisten ja ulkoisten asetusten erottaminen. Osien valmistelua ja huoltoa ei pitäisi suorittaa koneen ollessa pysähdyksissä. Tämän sijaan, tarkoituksena olisi tehdä asetuksista niin suuri osa kuin mahdollista ulkoisena asetuksena ja loput välttämättömät asetukset sisäisinä, mitä ei voida suorittaa koneen ollessa käynnissä. Esimerkiksi koko asetusoperaatio voidaan videoida ja videota käyttäen eritellä asetukset sisäisiin sekä ulkoisiin asetuksiin. Tämän jälkeen tutkitaan, voidaanko sisäiset asetukset muuttaa ulkoisiksi ja mitkä toimenpiteet ovat välttämättömiä suorittaa sisäisenä asetuksena. Toimenpide voi säästää 30 - 50 % seisokkijasta. (10, s. 29.)

4.5.1 Sisäinen asetusaika

Sisäisessä asetusajassa suoritettavien toimenpiteiden tulisi tapahtua ainoastaan koneen seisoessa. Koneenhoitaja ei saa poistua koneen luota tämän aikana. (11.)

4.5.2 Ulkoinen asetus aika

Ulkoisessa asetusajassa suoritettavat toimenpiteet pystytään tekemään koneen käydessä. Valmisteleviin toimenpiteisiin sisältyvät työkalujen, kiinnittimien, osien ja materiaalien tarkastus, toiminta sekä kuljetukset. (11.)

4.6 Sisäisten asetusten muuttaminen ulkoisiksi

Tehokkain menetelmä seisokkiajan lyhentämiseksi on sisäisten asetusten muuttaminen ulkoisiksi. Esimerkkinä on muotin esilämmitys sähkökuumentimella ennen koneeseen asettamista, joka mahdollistaa myös laadukkaiden tuotteiden valmistamisen alusta lähtien. Asetusaika lyhenee ja koeyritysten määrä pienenee. (10, s. 30.)

4.7 Standardisointi

Standardisointi on organisaation esittämä määritelmä tai vaatimus siitä, miten jokin asia täytyisi tehdä. Alkujaan standardeilla on haluttu helpottaa eri osapuolten, kuten valmistajien, asiakkaiden ja viranomaisten yhteistyötä materiaalien, tuotteiden, prosessien ja palveluiden yhteydessä. Standardisointi sisältää osatuotteet, komponentit ja prosessien hyödyntämisen tilanteissa, joihin liittyy lakeja, sääntöjä ja toistuvuutta sekä edellyttävät tarkkoja käytänteitä. Standardisoiminen voi osoittautua haasteelliseksi, sillä joustavuuden esteeksi saattaa nousta samankaltaisuuden ja kustomoinnin vastakkainasettelu. Standardisoimisen tehtävä onkin toimia osakokonaisuuksien rajapinnoissa yhteensopivuus varmistuen ja edistään toteutuksen helpottamista. (12.)

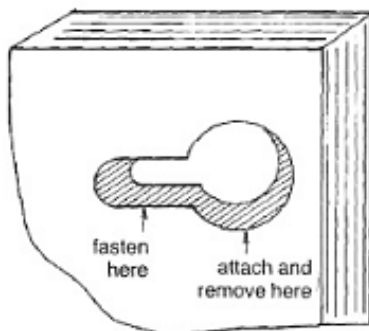
Alempien hintojen ja kustannussäästöjen lisäksi standardisoidut tuotteet mahdollistavat nopeammat läpimenoajat, korkeamman laadun ja tehokkaan operatiivisen toiminnan. Operatiivisella toiminnolla tarkoitetaan työntekijöiden lyhyempää koulutusaikaa uusien koneiden tai tuotteiden tullessa tuotantoon. Mitattavan ja ennustettavan tuotantoprosessin tulos on laadukas, järkevähintainen ja hyvin toimitettu tuote. SMEDissä standardisoinnilla haetaan pääosin lyhyempiä asetus-aikoja ja työtä helpottavia vakioituja sääntöjä. (12.)

4.8 Pikakiinnittimet

Kiinnittimet ovat kiinnityslaitteita, jotka on suunniteltu pitämään esinettä paikoillaan mahdollisimman vähällä vaivalla ja nopeasti. Seuraavaksi on esitelty esimerkkejä, joissa esineet voidaan kiinnittää ja irrottaa nopeasti vain yhdellä kierroksella. (10, s. 55.)

4.8.1 Päärynänmuotoinen reikä

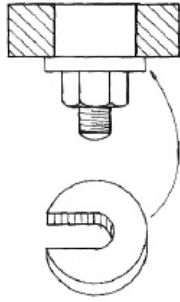
Pulttien reiät tehdään kanteen päärynänmuotoisiksi, jotta mutterien löysennys pystytään suorittamaan yhdellä kierroksella. Jokaisen mutterin löysennyksen jälkeen kantta käännetään vastapäivään mutterin halkaisijan mitalla. Tämä tuo mutterit suurempien reikien kohdalle, jolloin kansi voidaan nostaa heti pois. Kannen takaisin kiinnitys tapahtuu pulttien kiristämällä yhdellä kierroksella. Kuvassa 4 nähdään päärynänmuotoiseen reikään sijoitetut kiristys- ja irrotuskohdat. (10, s. 56.)



KUVA 4. Reiän muoto (10)

4.8.2 U-muotoinen aluslevy

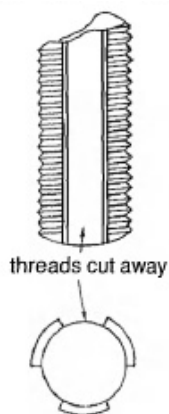
U-muotoisen aluslevyn ansiosta mutteria ei tarvitse poistaa löysäyksen jälkeen ja aluslevy voi liu'uttaa pois. Näin ytimen poisto onnistuu vaivatta, sillä mutterin halkaisija on pienempi mitä ytimen sisähalkaisija. U-muotoinen aluslevy voidaan sitten liu'uttaa takaisin paikoilleen ja mutteri kiristää yhdellä kierroksella. Kuvassa 5 havaitaan, kuinka u-muotoista aluslevyä voidaan käyttää hyväksi asetusvaihtojen nopeuttamisessa. (10, s. 57 - 58.)



KUVA 5. Aluslevyn muotoilu (10)

4.8.3 Jaettu kierre

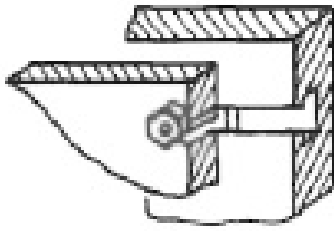
Pultista ja mutterista leikataan kierteet pois kolmesta kohdasta sen koko pituudelta. Käännettäessä mutteria kierteiden ollessa vastaavissa asennoissa, saadaan mutteri vaivatta kiinnitettyä yksinkertaisella kiertoilikkeellä. Kuvassa 6 nähdään kierteiden tasainen leikkaus menetelmän toteutusta varten. (10, s. 58.)



KUVA 6. Kierteiden ilmeneminen (10)

4.8.4 U-aukko

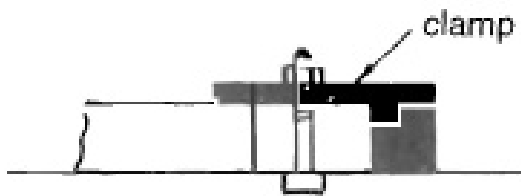
U-aukko leikataan haluttuun reunakohtaan, johon pultti voidaan liu'uttaa ja mutteri kiristää nopeasti. Kuvassa 7 havainnollistetaan u-aukon käyttöä. (10, s. 59.)



KUVA 7. Pultin u-aukko (10)

4.8.5 L-kiinnitin

L-muotoista kiinnitintä käytetään apuna nopeasti kiristettäessä työkalu pöytään. Kuvassa 8 nähdään, kuinka l-kiinnitintä pystytään käyttämään onnistuneesti työkalua kiristettäessä. (10, s. 59.)



KUVA 8. L-kiinnittimen käyttö (10)

5 LAITTEEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

5.1 Suunnittelu

Suunnitteluvaiheessa työn tilaaja määritti laitteen vaatimukset sekä toiminnolliset ideat simulaatio-opetusta varten. Aluksi päätettiin komponentteihin käytettävistä materiaaleista, leimasimen koosta ja sen opetuksellisista ominaisuuksista. Leimasimen rakenne pyrittiin suunnittelemaan yksinkertaiseksi, sen helpompaa valmistusta varten. Osien valmistukseen käytettiin Oulun ammattikorkeakoulun laboratoriotiloja ja materiaaleja. Muihin laitteen toiminnallisia ominaisuuksia varten tarvittavat osat hankittiin Oulun tarvikemyymälöistä.

Laitteen opetuksellista simulaatiota varten täytyi suunnitella keinoja, joilla asetusajan lyhentämistä pystyttäisiin lyhentämään. Leimasinlevy toimisi tässä simulaatiossa työkaluna, jonka vaihto tulisi suorittaa mahdollisimman nopeasti.

Ensimmäisessä simulaatiovaiheessa työkalun vaihdon tulisi olla hidasta. Tarkoituksena olisi ensin käyttää normaaleja ruuveja osien kiinnitysosina, jotta ruuvaukseen ja osien siirtämiseen laitteesta pois ja takaisin menisi aikaa. Työkalun irrottamiseen päästäisiin käsiksi vasta, kun liikkuva ydinlevy ja ylälevy vipumekanismineen ovat nostettuina pois laitteen rungolta. Työkalun vaihdon jälkeen osat asetettaisiin takaisin laitteen rungolle ja kiinnitettäisiin ruuveilla. Tämän jälkeen leimaus eli itse työ voitaisiin suorittaa.

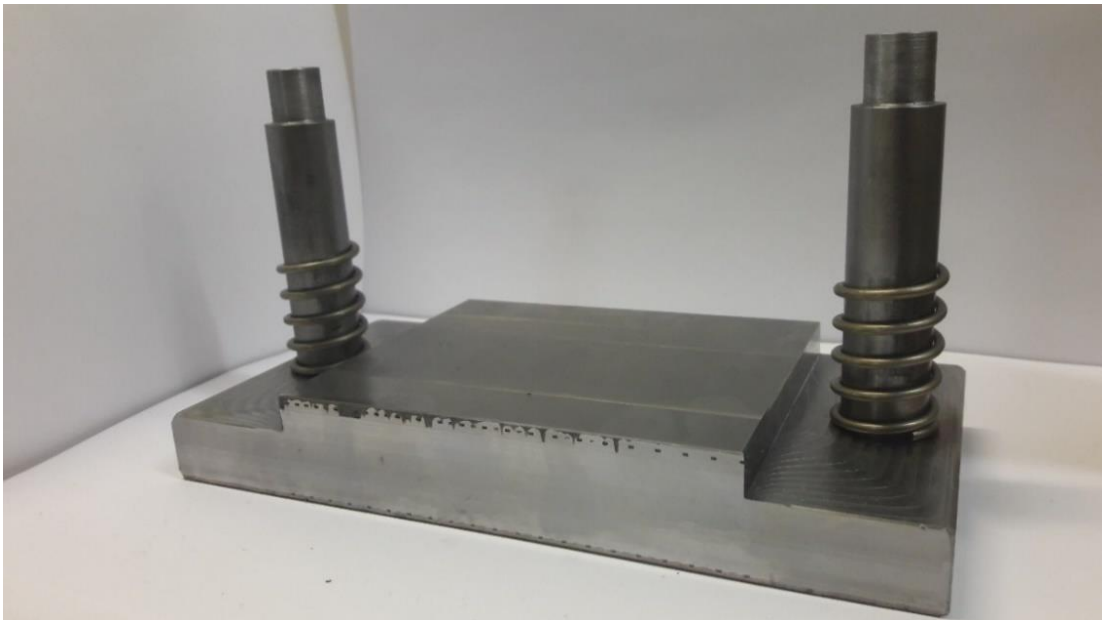
Toisessa simulaatiovaiheessa, työkalun vaihto tulisi suorittaa mahdollisimman nopeasti, käyttäen SMED-tekniikkaa avuksi. Tätä varten suunniteltaisiin erilainen ydinlevy, joka mahdollistaisi nopean työkalun kiinnityksen. Työkalun kiinnitys tehtäisiin magneettien avulla, perinteisten ruuvien sijaan. Laitteen osien purkamisen sijalle kehiteltäisiin tapa, jolla tämä voitaisiin välttää. Lopuksi päästäisiin tuloksiin, jossa työkalun vaihto tapahtuisi moninkertaista nopeammin. Simulaatiossa olevat pystyisivät havaitsemaan SMED-tekniikan eri kehitystapoja ja kehittämään niitä entistä nopeammiksi.

5.2 Osat

Leimasinlaitteen osat suunniteltiin käyttämällä Solidworks-suunnitteluohjelmissä. Solidworksin käyttö osoittautui helpoimmaksi ja järkevimmäksi vaihtoehdoksi. Mallinnetuista 3D-osista luotiin piirustukset valmistusta varten. Piirustukset löytyvät työn lopussa olevista liitteistä 1 - 11.

Osien materiaalina oli aluksi tarkoituksena käyttää alumiinia, joka mahdollistaisi laitteen keveyden. Lopuksi päädyttiin kuitenkin teräkseen, joka takaisi laitteen kestävyuden ja sallisi magneettien käytön, laitteen toiminnallisen ominaisuuden käyttämisessä. Osat valmistettiin Oulun ammattikorkeakoulun CNC-koneella, vesileikkurilla ja 3D-tulostuskoneella.

Kuvassa 9 näkyy leimasimen rungon osakokoonpano. Osat valmistettiin CNC-koneistuksella. Runkoon kuuluvat pohjalevy sekä kaksi akselia, jotka hitsattiin pohjalevyssä oleviin reikiin alapuolelta kiinni. Hitsauksessa jätettiin pohjaan 10 mm tilaa hitsiä varten. Akseleissa olevat puristusjouset ovat mitoitettu samanpituiseksi leimasimen toiminnan edellytykseksi. Akselien päätyjä täytyi hieman hioa, jotta niihin asennettavan ylälevyn reiät asettuivat paremmin paikalleen.



KUVA 9. Leimasimen runko

Kuvassa 10 on puristusjousi, joka löytyi myymälän valmispakkauksesta. Jousi on halkaisijaltaan 25 mm ja pituudeltaan 120 mm. Oikean pituuden löytämiseen vaadittiin laitteen kunnollista testausta. Jousien parhaaksi lepopituudeksi todettiin 45 mm molemmille akseleille.



KUVA 10. Puristusjousi

Kuvassa 11 nähdään leimasinosiin kuuluva ydinlevy. Sen tehtävänä on liikkua leimasimen rungon akseleiden mukaisesti, ylös-alas-liikettä. Osa valmistettiin CNC-koneistuksella. Leimasinlevy ruuvataan ydinlevyissä sijaitseviin pienempiin kierrereikiin kiinni.



KUVA 11. Leimasimen tavanomainen ydinlevy

Kuvassa 12 on kaksi leimasinlevyä, jotka kuuluvat leimasinosiin. Osat valmistettiin vesileikkurilla ja tämän jälkeen hiekkapuhallettiin. Levyissä olevat reiät mahdollistavat kiinnityksen ruuveilla ydinlevyyn.



KUVA 12. Leimasinlevyt

Kuvassa 13 nähdään parannettu versio aiemmin mainitusta ydinlevystä. Osa valmistettiin CNC-koneistuksella. SMED-ydinlevystä löytyvät neodyymimagneeteille sekä leimasinlevylle sopivat upotukset. Kuvassa magneetit ovat asetettuina niihin tarkoitettuihin upotuksiin. Magneettien alla on levyn läpi menevä reikä, joka helpottaa magneettien poistoa upotuksistaan. Kuvan 12 leimasinlevy voidaan nopeasti asettaa ydinlevyssä olevaan upotukseen magneettien avulla.



KUVA 13. Leimasimen SMED-ydinlevy

Kuvassa 14 ovat leimaukseen tarvittavat osat kahdella eri tekstillä; hylätty ja hyväksytty. Tyynyt valmistettiin käyttäen 3D-tulostusta. Niiden pituus on 70 mm, leveys 50 mm ja korkeus 15 mm. Tyynyt toimivat simulaatiossa vaihdettavina työkaluina. Leimasintyynyjen kiinnitys leimasinlevyyn tapahtuu kaksipuoleisella taralla.



KUVA 14. Leimasintyyny

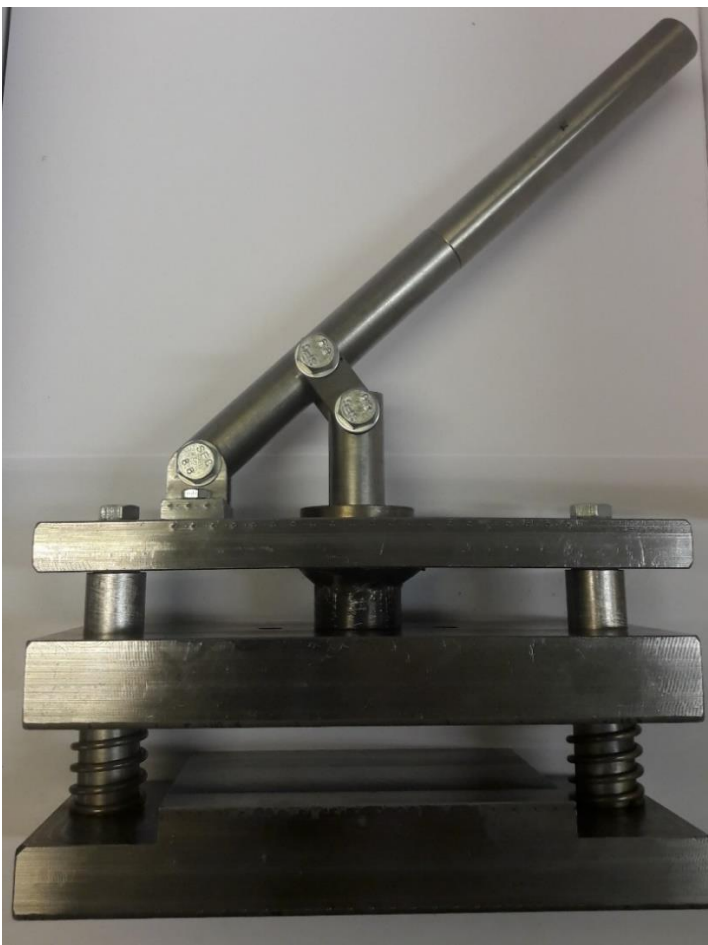
Kuvassa 15 esitetään leimasimen osakokoonpano yläosista. Yläosiin kuuluvat ylälevy, holkki, holkin akseli, vivun alusta, vipu ja kaksi reikälaattaa. Osat valmistettiin CNC-koneistuksella ja reikälaatat vesileikkurilla. Holkki hitsattiin ylälevyn alapuolelta keskireikään kiinni. Vipumekanismissa vipu kiinnitetään vivun alustaan pultilla ja mutterilla. Alusta on ruuveilla kiinnitettynä ylälevyyn. Reikälaattojen ja pulttien avulla, vipu pystytään yhdistämään holkin akseliin. Näin saadaan toimiva vipumekanismi laitteen leimausta varten.



KUVA 15. Leimasimen yläosat

5.3 Leimasimen testaus

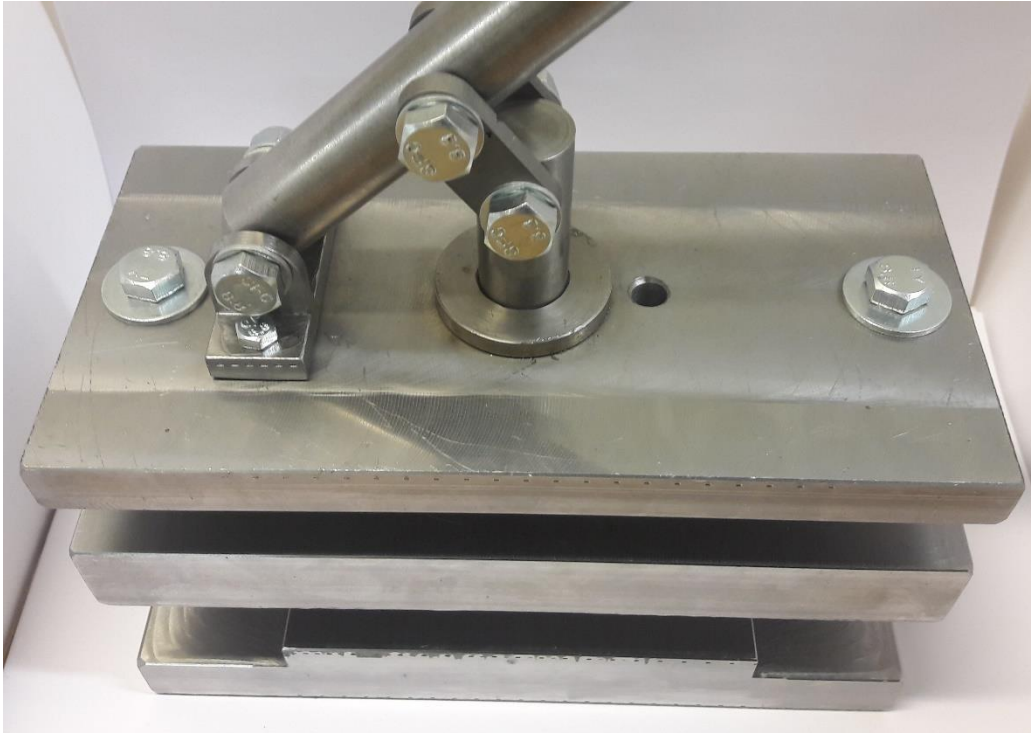
Kuvassa 16 on valmis kokoonpano leimasimesta kiinnitysosineen. Kokoonpanossa käytettiin liikkuvana osana SMED-ydinlevyä. Vipua painamalla siihen yhdistetty holkin akseli painaa ydinlevyä, jolloin ydinlevyn pohjassa oleva leimasintyyny leimaa pohjalevyn päälle asetettuun paperiin merkinnän. Leimasintyynyn ja pohjalevyn pinnan väliin jää liikkumistilaa noin 10mm. Vipuun työstettiin jatkoosa, jotta leimaus helpottuisi. Jouset puristuvat ja palautuvat halutulla tavalla eikä voimankäyttöä leimaamiseen tarvita.



KUVA 16. Leimasin koottuna

Ydinlevyn ja yläosakokoonpanon nostaminen rungolta oli aluksi ongelmallista, mutta osien hiomisen ja rasvauksen jälkeen helpompaa. Laitteesta hiottiin kaikki terävät kohdat, jotta viiltohaavoilta välttyttäisiin.

Kuvassa 17 nähdään leimasin yläperspektiivistä. Yläosaan porattiin reikä, jotta toinen ydinlevyssä olevista magneeteista pystytään painamaan ulos upotuksestaan, esimerkiksi ruuvimeisselillä. Tällä tavalla, leimasinlevy putoaa omasta upotuksestaan ja siihen kiinnitetty leimasintyyny pystytään vaihtamaan tehokkaasti. Näin ollen, mitään osia ei ole tarpeellista poistaa rungolta.



KUVA 17. Leimasimen yläosan yksityiskohta

5.4 Käyttöohjeet SMED-simulaation suorittamiseen

5.4.1 Ensimmäinen simulaatio

Simulaatiota varten kootaan leimasinlaite tavanomaisella ydinlevyllä asennettuna. Ydinlevyyn kiinnitetään ruuveilla leimasinlevy, johon leimasintyyny kiinnitetään kaksipuoleisella tarralla. Lisäksi leimausta varten tarvitaan testipaperia. Tämän jälkeen simulaatio voidaan aloittaa.

Ensin molemmat ylälevyn pultit ruuvataan ja samalla poistetaan aluslevyt. Tämän jälkeen yläosakokoonpano vipumekanismineen voidaan nostaa laitteen rungolta. Näin jousien päällä oleva ydinlevy pystytään nostamaan rungolta. Seuraa-

vaksi ydinlevyn alaosassa sijaitsevaan leimasinlevyyn päästään käsiksi. Leimasinlevy ruuvataan irti ydinlevystä ja vaihdetaan toiseen, jossa on uusi leimasintyyny valmiina. Kun uusi työkalu on vaihdettu, nostetaan ydinlevy takaisin laitteen rungolle ja viimeisenä yläosakokoonpano. Sen jälkeen kiinnitetään yläosakokoonpano pulteilla ja aluslevyillä. Seuraavaksi asetetaan testipaperi oikeaan kohtaan pohjalevyn päälle ja suoritetaan leimaus vipua painamalla.

5.4.2 SMED-simulaatio

Simulaatio aloitetaan siitä, mihin ensimmäisessä simulaatiossa jäätiin. Käytettävissä on tällä kertaa u-aluslevyjä, SMED-ydinlevy, ruuvimeisseli ja neodyymi-magneetteja. Tehtävänä on minimoida leimasinlevyn vaihtoon käytettävä asetus-aika annetuilla osilla ja välineillä. Simulaatiossa olevat pääsevät itse pohtimaan ja toteuttamaan eri keinoja asetusajan lyhentämiseen.

6 POHDINTA

Työn tilaajan tarpeena oli saada laite, jota käytetään opetuksellista simulaatiota varten. Laitteen esisuunnittelussa huomioitua ideat ja toiminnolliset ominaisuudet toteutettiin valmistuneeseen leimasinlaitteeseen. Työn tilaajan kanssa sovitut tavoitteet täytettiin ja laite osoittautui toimivaksi. Laitteen avulla aiotaan toteuttaa SMED-opetussimulaatioita opetuksen yhteydessä.

Lähtökohtaisesti samankaltaista opetussimulaatiota ei vielä ollut Oulun ammatti- korkeakoululla käytössä. Simulaation avulla opetuksesta tulee mielenkiintoista ja käytännön asiat jäävät paremmin mieleen. Oppilaille pystytään tarjoamaan itsensä kehittämistä ja harjoitusta työelämään liittyvissä tehtävissä.

Laitteen materiaalina oli alun perin tarkoituksena käyttää alumiinia, mutta se todettiin mahdottomaksi magneettien käytön yhteydessä. Lopuksi päädyttiinkin teräkseen ja siitä saatiin kestävä, projektiin onnistunut materiaali. Osien valmistuksessa ja laitteen kokoamisvaiheessa ei ilmennyt ongelmia. Laitteeseen toteutettiin pieniä parannuksia, joiden avulla simulaation toteutuksesta tulisi onnistuvampaa. Mielestäni projekti oli hyvin onnistunut.

LÄHTEET

1. Tuominen, Kari – Ojala, Leenamaija 2010. Lean – kohti täydellisyyttä. Readme.fi Oy.
2. Järjestelmät tukena tuottavuuden parantamisessa. 2017. Tietopankki. Arrow. Saatavissa: www.arroweng.fi/fi/tietopankki. Hakupäivä 14.3.2017.
3. Salakari, Hannu 2007. Taitojen opetus. Eduskills Consulting.
4. Salakari, Hannu 2010. Simulaattorikouluttajan käsikirja. Eduskills Consulting.
5. Aho, Sonja 2018. Simulaatio-oppiminen osa 1. eTutor. Saatavissa: <https://kpedunetutorit.wordpress.com/2016/05/19/simulaatio-oppiminen-osa-1/>. Hakupäivä 21.3.2018.
6. Yleistä Leanista. Quality Knowhow Karjalainen Oy. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/fi/lean/yleinen/>. Hakupäivä 21.3.2017.
7. Jokela, Mikko 2011. Lean tuotekehitys. Tuotetiedon kootut selitykset. Saatavissa: <http://inside-the-plm.blogspot.fi/2011/11/lean-tuotekehitys.html>. Hakupäivä 30.3.2017.
8. JIT (Just-In-Time) ja imuohjaus. Logistiikan maailma. Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa: [http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/JIT_\(Just-in-time\)_ja_imuohjaus#Imuohjaus](http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/JIT_(Just-in-time)_ja_imuohjaus#Imuohjaus). Hakupäivä 24.3.2017.
9. What is Kanban and How Can it Aid in Lean Manufacturing? 2018. Cerasis. Saatavissa: <http://cerasis.com/2013/10/14/what-is-kanban/>. Hakupäivä 30.3.2017.
10. Shingo, Shigeo 1985. A Revolution in Manufacturing: The SMED System. English translation copyright 1985 by Productivity, Inc. Cambridge.
11. Peltonen, Aarne 1988. Jalostusarvon merkitys käytännön tasolla. Opetushallitus. Saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/tehdas7.html>. Hakupäivä 15.3.2017.

12. Aapaoja, Aki – Haapasalo, Harri. Standardointi ja esivalmistus teollisessa rakentamisessa. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK150302.pdf>. Hakupäivä 17.3.2017.

LIITTEET

Liite 1 Pohjalevy

Liite 2 Akseli

Liite 3 Ydinlevy

Liite 4 Leimasinlevy

Liite 5 SMED-ydinlevy

Liite 6 Ylälevy

Liite 7 Vivun alusta

Liite 8 Vipu

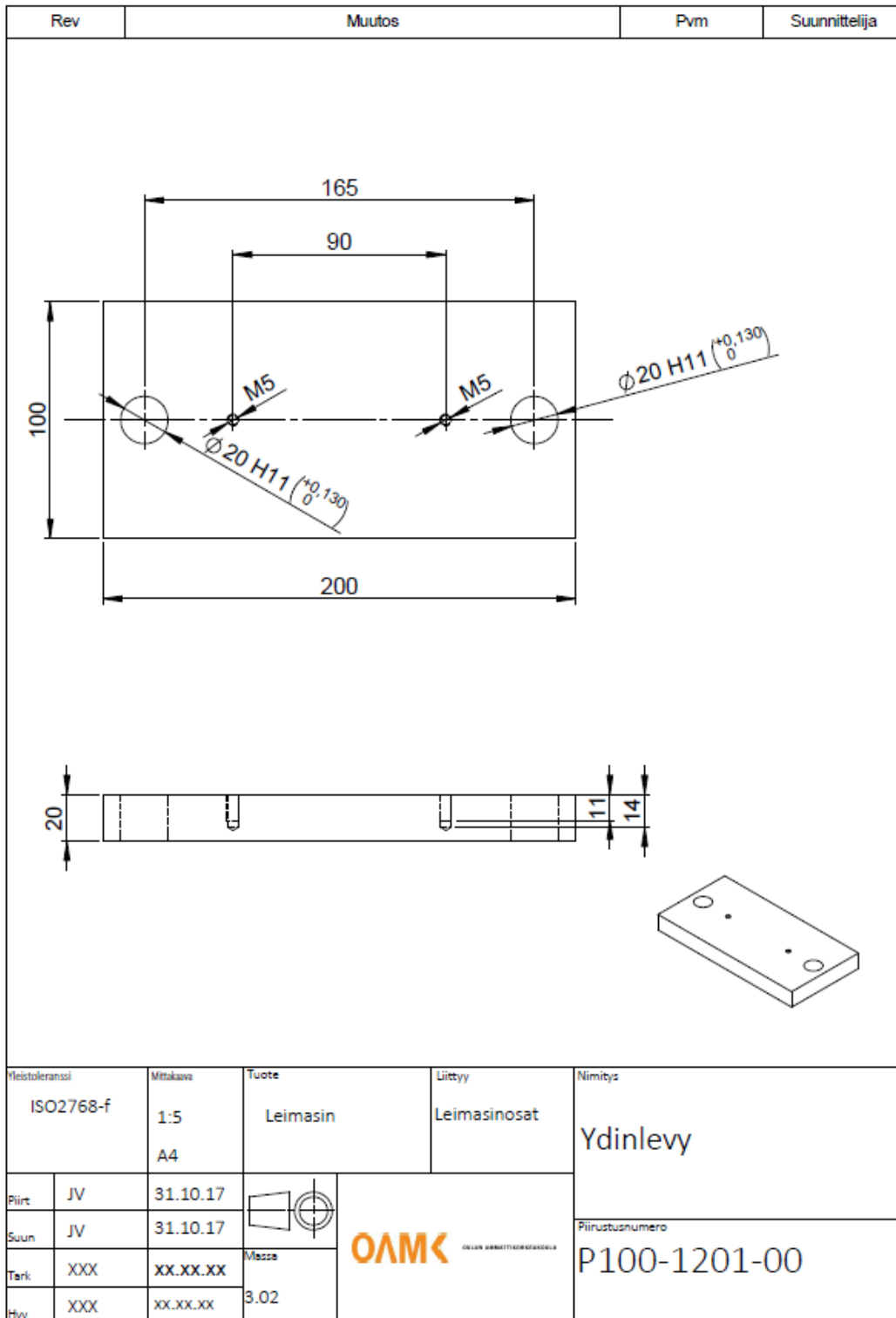
Liite 9 Holkin akseli

Liite 10 Reikälaatta

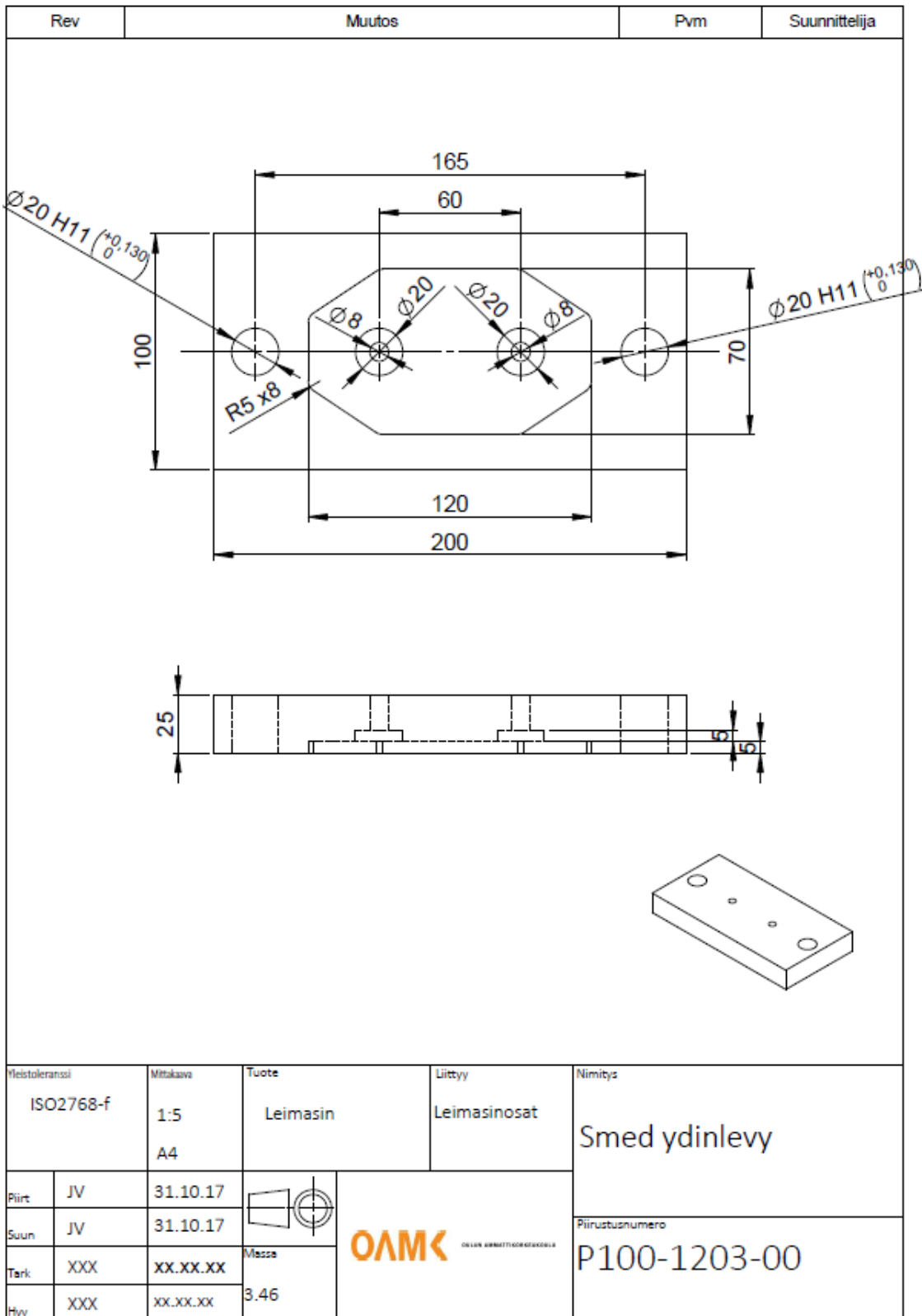
Liite 11 Holkki

Rev	Muutos		Pvm	Suunnittelija
Yleistoleranssi		Mittakaava	Tuote	Liittyy
ISO2768-f		1:5 A4	Leimasin	Runko
				Nimitys
				Pohjalevy
Piirt	JV	31.10.17		Piirustusnumero
Suun	JV	31.10.17		
Tark	XXX	XX.XX.XX		
Hyv	XXX	XX.XX.XX		
			Massa	P100-1101-00
			3.96	

Rev	Muutos			Pvm	Suunnittelija	
Yleistoleranssi		Mittakaava	Tuote	Liitty	Nimitys	
ISO2768-f		1:1 A4	Leimasin	Runko	Akseli	
Piirt	J.V	24.10.17		Piiustusnumero P100-1102-0		
Suun	J.V	24.10.17				
Tark	XXX	XX.XX.XX				Massa
Hyv	XXX	XX.XX.XX				0.22



Rev	Muutos		Pvm	Suunnittelija
Nestoleranssi		Mittakaava	Tuote	Liittyy
ISO2768-f		1:2 A4	Leimasin	Leimasiinosat
				Nimitys
				Leimasin levy
Piirt	JV	31.10.17		Pirustusnumero
Suun	JV	31.10.17		
Tark	XXX	XX.XX.XX		
Hyy	XXX	XX.XX.XX		
			Massa	P100-1202-00
			0.26	



Rev	Muutos		Pvm	Suunnittelija
<p>The drawing shows a rectangular plate with overall dimensions of 200 mm by 100 mm. A central hole has a diameter of $\Phi 30$ H11 with a tolerance of $\begin{matrix} +0,130 \\ 0 \end{matrix}$. Two smaller holes have a diameter of $\Phi 15$ H11 with a tolerance of $\begin{matrix} +0,110 \\ 0 \end{matrix}$. Two M5 screw holes are also shown. A distance of 165 mm is marked between the center of the large hole and the center of the rightmost hole. A distance of 42 mm is marked from the right edge to the center of the rightmost hole. A detail view at the top shows a cross-section of the plate with a thickness of 15 mm and a chamfered edge with dimensions 8 mm and 10 mm.</p>				
<p>A 3D perspective view of the plate, showing its rectangular shape and the locations of the holes.</p>				
Heistoleranssi		Mittakaava	Tuote	Liittyy
ISO2768-f		1:5 A4	Leimasin	Yläosat
Nimitys		Ylälevy		
Piirt	JV	31.10.17	<p>OAMK OULUN AMMATTIKORKEAKOULU</p>	Piirustusnumero P100-1301-00
Suun	JV	31.10.17		
Tark	XXX	XX.XX.XX		
Hjyv	XXX	XX.XX.XX		
		Massa		
		2.21		

Rev	Muutos		Pvm	Suunnittelija
Yleistoleranssi		Mittakaava	Tuote	Liitty
ISO2768-f		1:1 A4	Leimasin	Yläosat
Nimitys				Vivun alusta
Piirt	JV	31.10.17		Piirustusnumero P100-1302-00
Suun	JV	31.10.17		
Tark	XXX	XX.XX.XX		
Hjv	XXX	XX.XX.XX		
Massa			0.03	

Rev	Muutos		Pvm	Suunnittelija
Yleistoleranssi		Mittakaava	Tuote	Liittyy
ISO2768-f		1:1 A4	Leimasin	Yläosat
				Nimitys
				Vipu
Piirt.	JV	31.10.17		Piirustusnumero
Suun.	JV	31.10.17		
Tark.	XXX	XX.XX.XX		
Hyy.	XXX	XX.XX.XX		
			Massa	P100-1303-00
			0.11	

Rev	Muutos		Pvm	Suunnittelija
Yleistoleranssi		Mittakaava	Tuote	Liiitty
ISO2768-f		1:1	Leimasin	Yläosat
		A4		
Piirt.	JV	31.10.17		
Suun.	JV	31.10.17		
Tark.	XXX	XX.XX.XX		
Hjv.	XXX	XX.XX.XX		
		Massa	Nimitys	
		0.19	Holkin akseli	
			Piirustusnumero	
			P100-1304-00	

Rev	Muutos		Pvm	Suunnittelija
Yleistoleranssi		Mittakaava	Tuote	Liittyy
ISO2768-f		2:1 A4	Leimasin	Yläosat
Nimitys		Reikälaatta		
Piirt	JV	31.10.17		Piirustusnumero P100-1305-00
Suun	JV	31.10.17		
Tark	XXX	XX.XX.XX		
Hyv	XXX	XX.XX.XX		
		Massa		
		0.01		

Rev	Muutos	Pvm	Suunnittelija
Heistoleranssi ISO2768-f		Mittakaava 1:1 A4	Tuote Leimasin
Piirtäjä JV		Päättämispäivä 31.10.17	
Suunnittelija JV		Päättämispäivä 31.10.17	
Tarkastaja XXX		Tarkastuspäivä XX.XX.XX	
Hyväksyjä XXX		Massa 0.14	
Liittyy Yläosat			Nimitys Holkki
Piirustusnumero P100-1306-00			