

Niko Asuintupa

Särmäyksen asetusaikojen lyhentäminen

Opinnäytetyö

Kevät 2020

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Niko Asuintupa

Työn nimi: Särmäyksen asetusajojen lyhentäminen

Ohjaaja: Hannu Ylinen

Vuosi: 2020

Sivumäärä:33

Liitteiden lukumäärä:0

Tämä opinnäytetyö tehtiin Alahärmässä sijaitsevalle KJH-Comp Oy:lle. Yritys on sopimusvalmistaja, joka valmistaa asiakkailleen ohutlevyistä yksittäisiä osia ja kokonaisuuksia. Työn alussa selvitettiin KJH-Comp Oy:n särmäyksen asetusajojen nykytila. Tämän jälkeen tutkittiin, millä keinoilla asetusajoja lähdetään tehostamaan eli lyhentämään. Tietoa kerättiin aikatutkimuksella, havainnoimalla ja työntekijöitä haastattelemalla. Lopputuloksena haluttiin kartoittaa särmäyksen nykytila ja löytää siihen parannuksia ja kehitettävää. Tässä työssä keskityttiin eniten särmäyksen asetusajojen lyhentämiseen.

Työssä käytettiin hyväksi aikatutkimusta, jossa kelloitettiin särmäyksien asetusajoja. Niitä verrattiin yrityksen ERP-järjestelmän aikoihin. Tulosten avulla lähdettiin tutkimaan, mitä toimenpiteitä tehdään, jotta asetusajat lyhentyisivät. Haastattelujen avulla saatiin kokonaisuudessa särmäyksen tehostamiseen hyviä kehitysideoita.

Työn tuloksena syntyi mittausraporttipohjat, jotka olivat apuina asetusajoja tutkiessa. Muita tuloksia olivat särmäyksen nykytilan kartoitus ja kehitysideat.

Avainsanat: tehokkuus, ohutlevy, särmäys, taivutus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Niko Asuintupa

Title of thesis: Shortening bending set times

Supervisor(s): Hannu Ylinen

Year:2020

Number of pages:33

Number of appendices:0

This thesis was done for KJH-Comp Oy located in Alahärmä. The company is a contract manufacturer that manufactures sheet metal individual parts and assemblies for its customers. The purpose of this work is to find out the current state of KJH-comp Oy's bending set times. After that, I will examine the means by which the setting times will be made more efficient, ie shortened. Data were collected through time survey, observation and employee interviews. As a result, the aim was to map the current state of bending and find improvements and areas for improvement. In this work, the main focus was on shortening the bending set times. The study used time research, in which the setting times of the edges were clocked. They were compared with the times of the company's ERP-system, which were used to study what measures would be taken to reduce set up times. The interviews provided good development ideas for improving the bending as whole. As a result of the work, measurement report templates were created, which were helpful in studying the setting times. Other results were a mapping of the current state of the edging and development ideas.

Keywords: setting time, research of time usage, bending.

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Käytetyt termit ja lyhenteet	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Toimeksiantaja.....	8
1.2 Tavoitteet ja rajaus.....	8
2 SÄRMÄYS	10
2.1 Periaate.....	10
2.2 Särmäyspuristimen rakenne	11
2.3 Särmäysmenetelmät	14
2.3.1 Vapaataivutus	14
2.3.2 Pohjaaniskutaivutus	14
2.3.3 Litistys.....	15
2.3.4 Elastisen vastimen käyttö.....	16
2.4 Särmäystapahtuma	17
2.4.1 Alatyökalun v-aukko.....	17
2.4.2 Muodonmuutokset	19
2.4.3 Takaisinjousto.....	20
3 SÄRMÄYKSEN TEHOSTAMINEN.....	22
3.1 Tuottavuus	22
3.2 Kapasiteetti ja läpäisy aika.....	22
3.3 Asetusaika	23
4 SÄRMÄYKSEN NYKYTILANNE ANALYYSI	24
4.1 Konekanta ja ympäristö.....	24
4.2 Särmäyksen työvaiheet.....	24
4.3 Ajankäyttötutkimus.....	25
5 KEHITYSEHDOTUKSET	29
5.1 Kappaleiden haku ja vienti	29
5.2 Ohjelman teko.....	29

5.3 Kappaleen tarkastus	30
5.4 Työkalujen vaihto ja paikat.....	30
5.5 Työkortit	31
6 Yhteenveto.....	32
LÄHTEET	33

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Särmäyspuristin	12
Kuva 2. Särmäyspuristimen ohjauspaneeli	13
Kuvio 1. Vapaataivutus	14
Kuvio 2. Pohjaaniskutaivutus	15
Kuvio 3. Litistys	16
Kuvio 4 Särmäys elastisella vastimella.	17
Kuvio 5. Takaisinjoustopukulman suureet.....	21
Kuvio 6.n Työkalujen hakupaikat merkattuna layout kuvaan.	28
Taulukko 1. Puristusvoimataulukko.....	19
Taulukko 2. Mittausraporttipohja	26
Taulukko 3. Mittausraporttipohja	26

Käytetyt termit ja lyhenteet

ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä.
CNC	Computerized Numerical Control, tietokoneistettu numeerinen ohjaus.
PEM	Pemserter, puristin puristemuttereiden, puristeruuvien ja väliholkkien asennukseen.

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään särmäyksen tehostamista, asetusaikojen mitaamista ja asetusaikojen lyhentämistä. Työn tilaajana toimi KJH-Comp Oy. Särmäyksen asetusaikojen lyhentämisellä pyritään tehostamaan tuotantoa.

Opinnäytetyön tuloksien saamiseksi on haastateltu kymmentä särmääjää ja kelloitettu heidän käyttämiä asetusaikoja. Mittauksista tehtiin mittausraporttipohjat, joista laskettiin tarvittavat tiedot asetusaikojen määrittämiseksi. Yhdessä yrityksen kanssa tehtiin ratkaisut, mitä toimenpiteitä lähdetään toteuttamaan asetusaikojen lyhentämiseksi.

1.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantaja on KJH-Comp. Se on perustettu vuonna 2009. Yritys sijaitsee Kauhavan Alahärmässä. Sen toimiala on konepajateollisuus ja metallityöt. Yritys työllistää 50 alan ammattilaista. KJH-Comp on ohutlevymekaniikan sovimusvalmistaja, joka valmistaa asiakkailleen sekä yksittäisiä levyosia että valmiita kokonaisuuksia. Valmistusmenetelmiä ovat lävistys, laserleikkaus, särmäys, hitsaus ja kokoonpano.

1.2 Tavoitteet ja rajaus

Työn tavoitteena on tehostaa särmäämistä. Ensimmäinen toimenpide on selvittää särmäyksen asetusaikojen nykytila. Kun särmäyksen ja asetusaikojen nykytila on saatu selville, selvitetään ja ideoidaan, millä keinoilla asetusaikoja saataisiin lyhennettyä. Tähän käytetään apuna aikatutkimusta, havainnointia ja haastatteluja. Kun tarpeeksi tietoa on saatu, voidaan päättää, mitä asetusaikojen toimenpiteitä lähdetään kehittämään. Mittauksissa pyritään löytämään ne työvaiheet, jotka kuluttavat eniten aikaa ja ovat tehotettavissa. Toimenpiteiden toteuttamisen jälkeen mitataan uusi tilanne ja analysoidaan tulokset. Yksinkertaisimmat toimenpiteet voidaan toteuttaa heti. Vaativimpiin tehdään kehitysehdotuksia.

Työ rajataan särmäykseen liittyviin työvaiheisiin. Jokaiseen havaittuun puutteeseen tai ongelmaan ei tehdä toimenpiteitä, mutta ne kirjataan ylös.

2 SÄRMÄYS

2.1 Periaate

Särmäys on yksi ohutlevyjen yleisimmistä taivutusmenetelmistä. Levyaihio taivutetaan puristamalla se ala- ja ylätyökalan välissä haluttuun kulmaan ja asteeseen. Taivutus tapahtuu särmäyspuristimella, joka voi toimia sähkömekaanisesti, mekaanisesti tai hydraulisesti. Yleisimpiä ovat hydraulisesti toimivat. Särmäyspuristimet voivat toimia, joko ylä- tai alatoimisesti riippuen siitä, suorittaako työliikkeen ylä- tai alapalkki. (Mäki-Mantila 2001, 6.)

Särmäyspuristimia on hyvin monenlaisia eri käyttötarkoituksiin. Työleveydet vaihtelevat yleensä 1-10 metrin väliltä. Useimmiten leveys ilmoitetaan työkalupalkin mukaan. Nimellisleveys on muutamia kymmeniä millimetrejä yli tasaluvun. Tästä voidaan päätellä pisimmän mahdollisen taivutuksen pituus. Koneita voi liittää myös sarjaan, jolloin mahdollistetaan pitempien kappaleiden särmäys. Särmäyspuristimien puristusvoimat vaihtelevat 100-25 000 kN. Tarvittava puristusvoima riippuu särmättävän levyn materiaalista ja paksuudesta. (Matilainen, Parviainen, Havas, Hiitelmä & Hultin 2011, 239.)

Manuaalikäyttöinen särmäyskone erottuu CNC-ohjelmoitavasta siten, että manuaalikäyttöisessä koneessa konetta käyttävällä henkilöllä on merkittävämpi rooli, koska siinä toiminnot ja asetukset perustuvat enemmän henkilökohtaisiin tietoihin ja taitoihin. CNC-ohjelmoitavissa särmäyskoneissa on samat perusasiat, mutta ohjausjärjestelmä laskee tarvittavat särmäysparametrit annettujen kappale- ja raaka-aine tietojen perusteella. (Lepola & Makkonen 2005, 308.)

Ohjaus nykyaikaisissa CNC-särmäyskoneissa tapahtuu lineaarimittaus- ja servojärjestelmällä sähköhydraulisesti. Laitteisto ja ohjelmistot, jolla ohjataan ja hallitaan liikeratoja sekä koneen käyttöä yleisesti, kutsutaan ohjauslaitteeksi. Ohjauslaitteella voidaan ilmoittaa numeraalisesti tuotteen mitat tai lisättynä graafisella 2D- tai 3D-käsittelyllä. Graafisilla käsittelyillä nähdään tuotteen lopputulos sellaisena, kun se tulee valmiina olemaan. Särmäyspuristimissa on myös numeerisesti ohjatut etu- ja takavasteet, joilla voidaan paikoittaa levyn paikka koneessa ja taivutuskoh-

ta. Särmäyskulman suuruutta säädellään syvyysrajoittimilla. Ne ovat joko digitaalisilla lukulaitteella toimivia tai mekaanisesti säädettäviä. (Lepola & Makkonen 2005, 301, 309.)

2.2 Särmäyspuristimen rakenne

Särmäyspuristin on yleisin taivutuksessa käytettävä kone. Niiden rungot ovat teräslevyrakenteisia. Yksittäisissä osissa käytetään pallografiittivalua (esim. sylinterirunko). Rakenteiden suunnittelussa on erityisesti keskitytty siihen, että runko rakenteet pitäisivät kulman vakiona koko särmäysmatkalta. Sähköhydraulisella lineaarimittaus- ja servosäätöjärjestelmällä saadaan aikaan painimen tarkka paikoitus-tarkkuus ja yhdensuuntaisuus. Kuvassa 1 on esimerkki särmäyspuristimesta. (Lepola & Makkonen 2005, 313.)



Kuva 1. Särmäyspuristin.

Tilaa rungon taakse on saatu nostamalla koneiden hydraulikka ja niiden tarvitsemat öljysäiliöt runkorakenteiden yläosaan. Särmäyspuristimen taivuttavat työkalut ovat ylä- ja alapalkkiin kiinnitetyt painin ja vastin. Ne valitaan toimimaan keskenään parina. Niiden valintaan myös vaikuttaa särmättävän kappaleen materiaali, levyn vahvuus sekä kappaleen muoto. Ylä- ja alatyökalut on tehty helposti ja nopeasti asennettavaksi. Ne voidaan kiinnittää painimeen ja vastimeen joko mekaanisesti tai hydraulisesti. Levyn oikealle kohdalle asettamista ennen särmäyksen alkua helpotetaan vasteilla. Särmäyspuristimissa on etu- ja takavasteet, joita voidaan käyttää käyttötarpeesta riippuen. Koneet voivat olla 2-8-akselisia. Ensimmäiset kuusi tarkoittavat takavasteen liikeakseleita, kun taas kaksi viimeistä ylävasteen päiden toisistaan riippumatonta liikerataa. (Lepola & Makkonen 2005, 308-315.)

Särmäyspuristimien luotettava ja tarkka toiminta tapahtuu sähköhydraulisesti lineaarimittaus- ja servosäätöjärjestelmillä. Kaikki ohjelmointi tapahtuu puristimen ohjauslaitteen käyttöpaneelilta. Käyttöpaneeli ja näyttöpäätteet voivat vaihdella valmistajista ja vaatimustasosta riippuen. Kuvassa 2 särmäyspuristimen ohjauspaneeli. (Lepola & Makkonen 2005,314-315.)

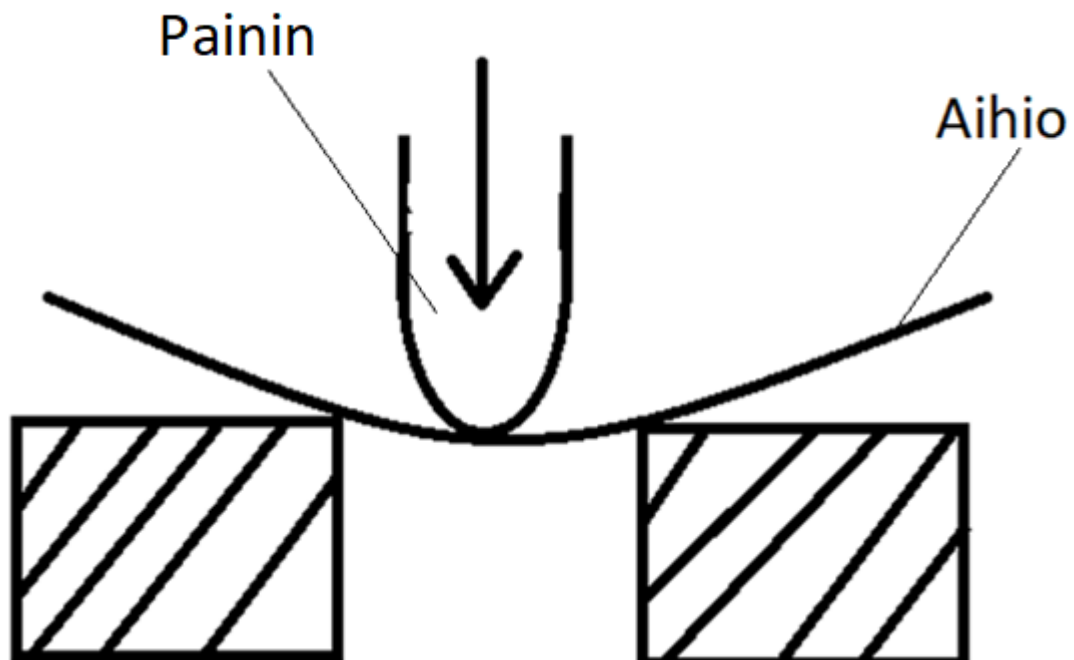


Kuva 2. Särmäyspuristimen ohjauspaneeli.

2.3 Särmäysmenetelmät

2.3.1 Vapaataivutus

Vapaataivutuksessa työkappaletta painetaan koko työiskun ajan vain vastimien päällä. Työisku päättyy ennen kuin työkappale osuu vastimen pohjaan. Yleensä tässä menetelmässä käytetään terävien painimien ja vastimen kulmia. Haluttu kulma riippuu iskunpituudesta ja sitä voidaan säätää iskunpituutta säätämällä. Tämän ominaisuuden ansiosta voidaan saavuttaa lähes kaikkia kulmia. Kuviossa 1 esitetty vapaataivutus. (Matilainen ym. 2011, 241; Mäki-Mantila 2001, 6.)

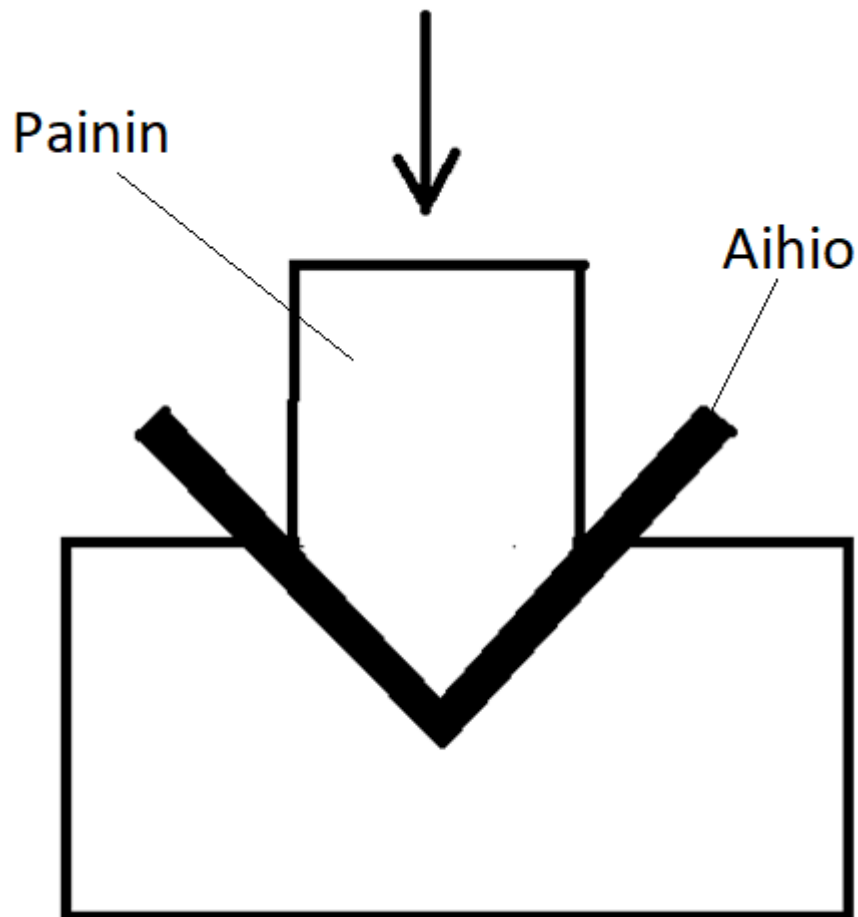


Kuvio 1. Vapaataivutus.

2.3.2 Pohjaaniskutaivutus

Pohjaaniskutaivutuksessa työkappaletta painetaan ylätyökalulla alatyökalun pohjaa vasten (Kuvio 2). Tällä menetelmällä saavutetaan tarkka ja jäykkä muoto. Vaadittavat voimat ovat suuria, koska niillä eliminoidaan takaisinjousto lähes kokonaan. Jos puristusvoimaa ei ole tarpeeksi, tästä menetelmästä ei ole hyötyä.

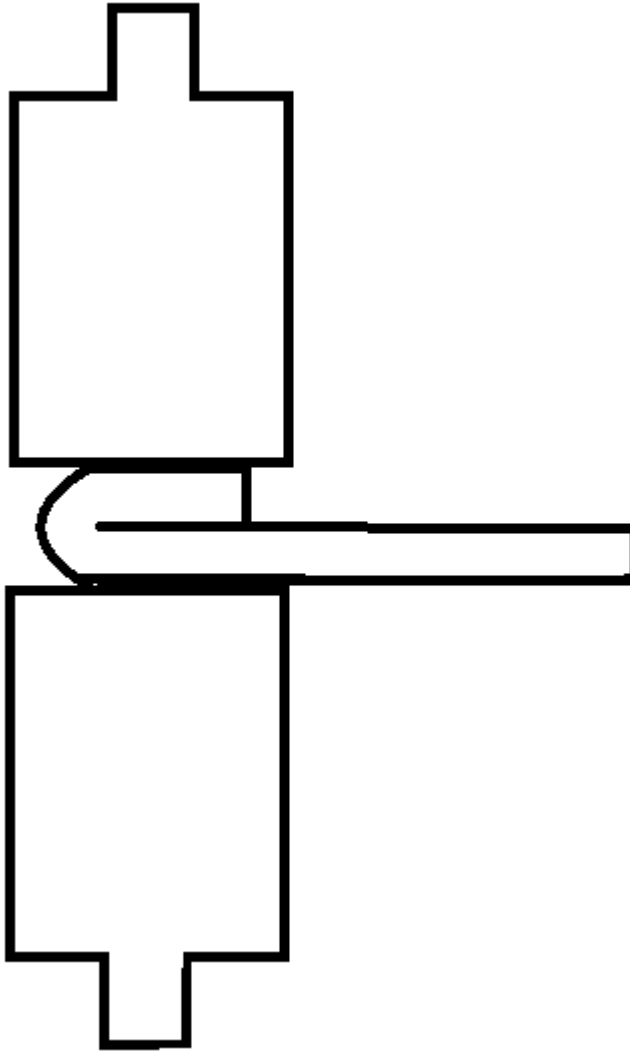
Kullekin taivutuskulmalle vaaditaan omat työkalunsa. Menetelmän haittapuolia ovat suuret tarvittavat voimat ja koneen tarvittava tukevuus. Levyjen maksimi paksuus on yleensä 2mm.



Kuvio 2. Pohjaaniskutaivutus.

2.3.3 Litistys

Litistys on särmäysmenetelmä, jossa levyn reunat käännetään päällekkäin. Eli taivutetaan 180 astetta itsensä päälle. Yleensä tämä tapahtuu kahdessa vaiheessa. Eli särmän alkutaivutuksen tulee olla tarpeeksi riittävä, jotta litistys onnistuu. Yleensä ensimmäisellä särmäyksellä levy särmätään ns. ylikulmaan. Tämän jälkeen särmätään kappale toisen kerran tasomaisilla litistystyökaluilla. Kuviossa 3 on esitetty litistys. (Mäki-Mantila 2001, 7)

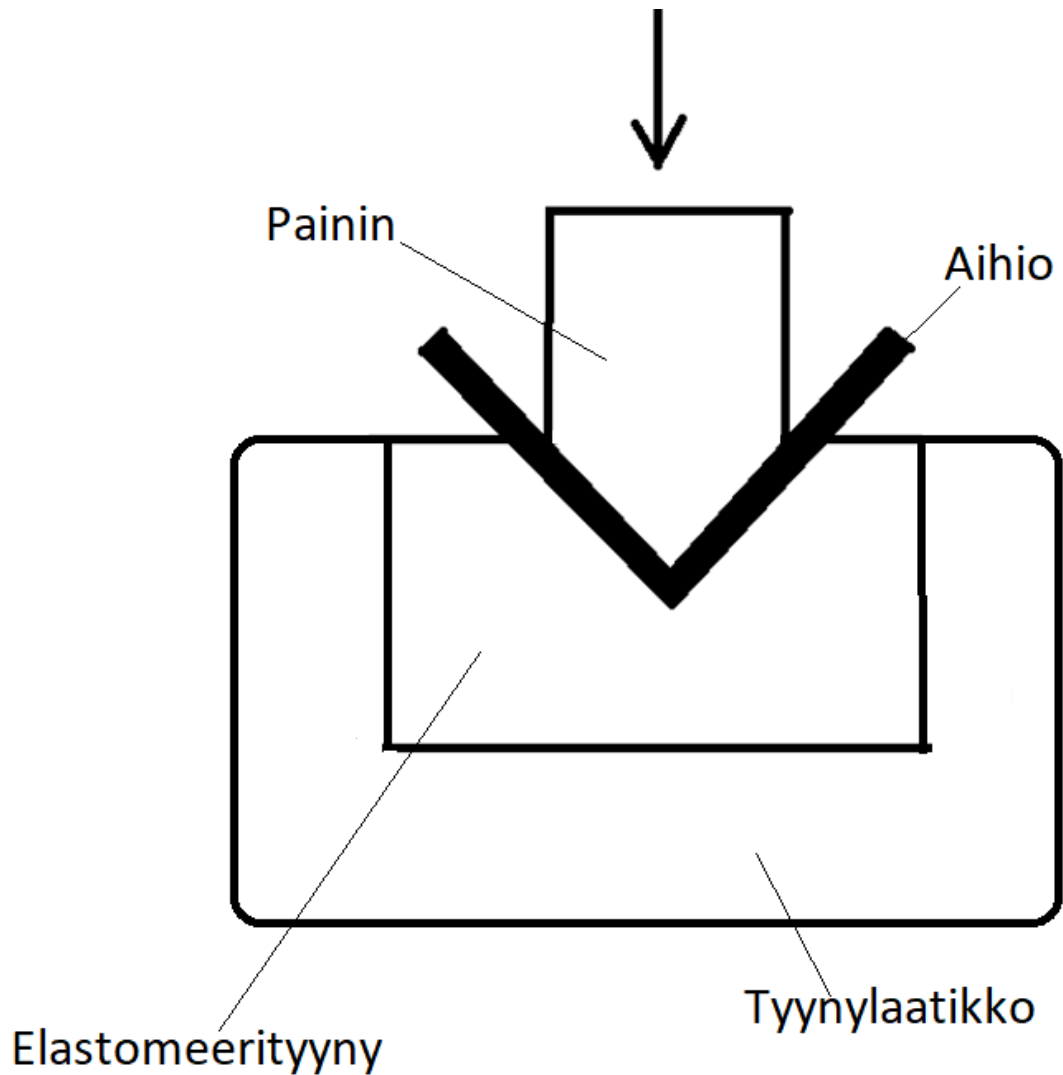


Kuvio 3. Litistys.

2.3.4 Elastisen vastimen käyttö

Tällä menetelmällä taivutettava särmä muotoutuu ylätyökalun mukaan (Kuvio 4). Tällä menetelmällä mahdollistetaan vaikeidenkin kappaleiden muotojen valmistus. Puristusvoima on tällä menetelmällä hieman suurempi kuin esimerkiksi vapaataivutuksessa. Tarkkuus on parempi kuin vapaataivutuksessa, mutta ei niin tarkka kuin pohjaaniskutaivutuksessa. Tällä menetelmällä pitää olla tarkkana, kuinka ko-

va elastinen vastin on ja se pitää valita huolellisesti. Leveämpää vastinta ja pienempää pyöristystä käyttäessä taivutusvoima pienenee.



Kuvio 4 Särmäys elastisella vastimella.

2.4 Särmäystapahtuma

2.4.1 Alatyökalun v-aukko

Särmäyksessä on monia asioita, joita täytyy hallita. Näitä ovat mm. taivutusvoima, taikaisinjousto sekä aihion mittamuutokset. Sen lisäksi taivutuskohdan pitää kestää murtumatta taivutustapahtuman jälkeen. Suunnitteluvaiheessa voidaan taivu-

tusvoimaa hallita valitsemalla särmälle sopiva pituus sekä materiaalille sopiva paksuus ja vetomurtolujuus. Suunnitteluvaiheessa työkalujen valintaan ja taivutus- kulmaan voidaan vaikuttaa huomioimalla alatyökalun v-aukon leveys. Kun v- aukkoa valitaan, pitää tietää materiaalin paksuus sekä haluttu taivutussäde. Käytännössä se valitaan pelkästään materiaalinpaksuuden perusteella. Yleensä v- aukon leveys pitäisi olla 8 kertaa levynpaksuus. Ohuemmilla materiaaleilla ja pienillä taivutussäteillä käytetään usein 6 kertaa levypaksuus. Lujissa kohteissa taas v-aukko valitaan suuremmaksi. Se on silloin noin 10-12 kertaa levynpaksuus. (Mattiainen ym. 2011. 242-243)

Taulukko 1 on laadittu käyttäen teräksen lujuutena $40-45 \text{ daN/mm}^2$. Lähtötietona ovat yleensä sekä aineenvahvuus (s) että ilmataivutuksessa syntyvä sisäsäde (ir). Silloin taulukosta nähdään suora, jossa F=tarvittava puristusvoima tonneina/metri, b=särmän minimipituus, V=matriisin ura. Suositellut matriisin urat löytyvät tummista ruuduista. Matriisin ura riippuu särmättävän aineen vahvuudesta (s). Suositusarvot ovat seuraavat:

kun $s \leq 10 \text{ mm}$ $V=8 \text{ s}$

kun $s \geq 12 \text{ mm}$ $V=10 \text{ s}$

Jos on mahdotonta käyttää suositeltua arvoa, otetaan matriisi, jonka ura on lähellä suositeltua arvoa. Sellainen löytyy taulukon vaaleista ruuduista.

Taulukko 1. Puristusvoimataulukko.

	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	630	V	
	4	5,5	7	8,5	11	14	17,5	22	26	35	45	55	71	69	113	140	175	226	280	350	450	B	
S	1	1,3	1,6	2	2,6	3,3	4	5	6,5	8	10	13	16	20	26	33	41	53	65	83	100	ri	
0,6	4	4																					
0,8	7	5																					
1	11	8	7																				
1,2	16	12	10	8	6																		
1,5		17	15	13	9	8																	
2			27	22	17	13	11																
2,5				35	26	21	17	13															
3					38	30	24	19	15														
4						54	42	34	27	21													
5							67	52	42	33	26												
6								75	60	48	38	30											
8									107	105	68	53	43										
10										134	105	85	67	53									
12											120	96	78	60									
15												150	120	95	75								
20													215	170	135	108	85						
25														265	210	170	130	105					
30															300	240	190	150	128				
40																430	340	270	215				
50																	525	420	340	270			

2.4.2 Muodonmuutokset

Kun levyä särmätään, levyn ulkopinta venyy ja sisäpinta tyssäntyy taivutuksen kohdalta. Taivutuksen kohdalta materiaali myös ohenee ja muodonmuutoksia tapahtuu levyn särmän reunoilla. Levyssä ei tapahdu pysyviä muodonmuutoksia, jos venymä levynpinnassa ei ylitä kimmorajaa vastaavaa venymää. Tällöin levy joustaa takaisin alkuperäiseen muotoonsa, kun taivuttavat voimat lakkaavat vaikuttamasta. Muodonmuutoksessa osa on aina elastista ja osa plastista muodonmuutosta. Tämä tarkoittaa sitä, että plastista muodonmuutosta ei tapahdu riittävästi ja levyssä tapahtuu takaisinjoustoja. (Matila ym. 2011. 245)

2.4.3 Takaisinjousto

Takaisinjousto tarkoittaa ilmiötä, jossa plastisesti muotoutuneiden puristus- ja vetojännitysalueiden väliin jää kapea vyöhyke, jossa on tapahtunut elastista muodonmuutosta. Kapean vyöhykkeen alueen sisäiset jännitykset pyrkivät palauttamaan kappaleen alkuperäiseen muotoonsa. Tätä ilmiötä tapahtuu jossain määrin kaikissa levynmuovaustöissä. Plastisesti muovautuneet alueet levyn pintaosissa pyrkivät estämään takaisinjousto.

Takaisinjouston täydellinen hallitseminen on hankalaa, ja se on lujilla materiaaleilla voimakkaampaa. Tarkkoihin tuloksiin päästään, jos tiedetään lähtöaihion mekaaniset ominaisuudet ja käytetään takaisinjoustoan kehitettyjä malleja. Ongelmana ovat materiaalin paksuuden vaihtelu levyn eri kohdissa ja aihoiden jonkinasteiset vaihtelut esimerkiksi materiaalin myötölujuudessa. Kuviossa 5 on esitetty taivutukseen ja takaisinjoustoan liittyviä suureita.

α_1 = taivutuskulma taivutuksessa

α_2 = taivutuskulma taivutuksen jälkeen

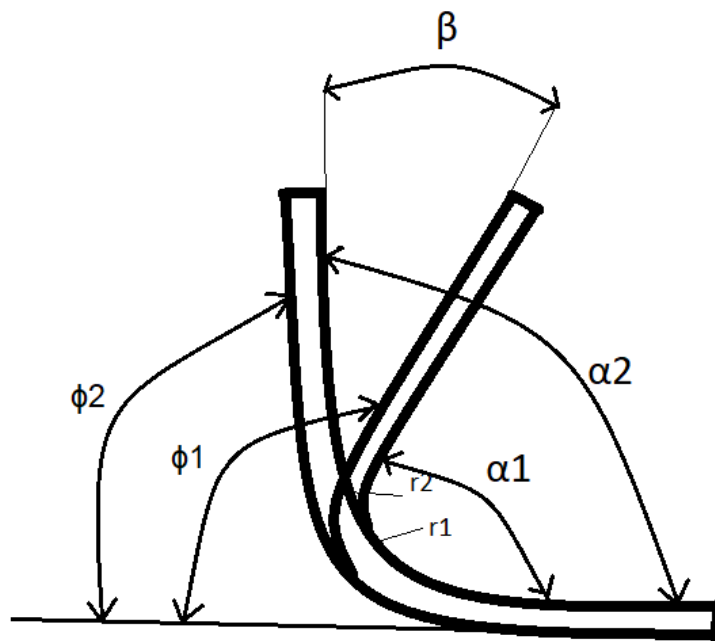
β = takaisinjoustokulma

ϕ_1 = kaarikulmataivutuksessa

ϕ_2 = kaarikulmataivutuksen jälkeen

Takaisin joustoa voidaan arvioida taikaisinjoustosuhteen avulla seuraavan kaavan

$$\text{mukaisesti } K = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \quad (1)$$



Kuvio 5. Takaisinjoustokulman suureet

Takaisinjouston hallitaan yleensä koetaivutusten avulla. Koetaivutusten jälkeen mitataan, kuinka paljon kappaleen kulma on. Tämän avulla selviää, kuinka suurta takaisinjousto on. Kun suuruus tiedetään, voidaan kappaleelle tehdä ns. ylitaivutus, eli kappaletta taivutetaan takaisinjouston verran yli halutun kulman. Taivutuksen simulointia käytetään myös yhtenä takaisin jouston tapana arvioida takaisinjousto. Muovausta simuloivia ohjelmia on markkinoilla runsaasti ja ne ovat yleensä riittävän luotettavia. Pohjaaniskutaivutuksessa takaisinjousto on minimaalisin. (Matilainen ym. 2011, 248.)

3 SÄRMÄYKSEN TEHOSTAMINEN

3.1 Tuottavuus

Yrityksen kannattavuus on yrityksen toimintatapojen, henkilökunnan osaamisen ja ammattitaidon seuraus. Yrityksen resurssien käytön tehokkuudella ja toiminnan tuottavuudella voidaan mitata yrityksen kannattavuuden tasoa ja kilpailukykyä. Jos palveluita tai tavaroita pystytään tuottamaan enemmän lisäämättä pääomaa tai pidentämättä työaika, tuottavuus kasvaa. Korkea tuottavuus tarkoittaa korkeaa kannattavuutta. Joten yrityksen, jolla on korkea tuottavuus, on helpompi maksaa suurempia palkkoja, osinkoja ja veroja. Tulevaisuutta ajatellen niillä on myös paremmat mahdollisuudet investointiin. (Jouni Sakki Oy, [viitattu 20.3.2020].)

3.2 Kapasiteetti ja läpäisy aika

Kapasiteetilla kuvataan koneen tuotantokykyä. Sen avulla voidaan seurata kokonaistyötunti- tai kokonaistuotantomäärää, eli esimerkiksi särmäyspuristimen kokonaistuntimäärä. Yrityksissä, joissa valmistetaan vakiotuotteita, kapasiteetti voidaan määrittellä tuoteyksikkönä. Tuotteille, joiden sarjakoko tai eroavaisuus on suurta, voidaan yksikkönä kapasiteetille käyttää käyttöaika. Kapasiteetin hallinta perustuu suunniteltuun kuormitukseen ja koneen tuotantokykyyn. Kuormitus kertoo, kuinka paljon kapasiteettia varataan tuote-erän valmistukseen. Kuormituksen ja kapasiteetin suhde lasketaan kaavalla 2. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 399-400.)

$$\text{Kuormitussuhde} = \frac{\text{Kuormitus}}{\text{Kapasiteetti}} * 100\% \quad (2)$$

Kapasiteetin rinnakkaiskäsitteinä käytetään käyttöastetta ja käyttösuhdetta. Nämä kuvaavat työajan ja kapasiteetin suhdetta. Realistinen kapasiteetti on nettokapasiteetti. Tämä kapasiteetti on usein vain 50-90 %. Tämä kapasiteetti ottaa huomioon häiriöt, huollot, konerikot ja sairaudet ynnä muuta sellaista. Suuria tuote-eriä val-

mistamalla koneen kuormitus voidaan pitää korkealla. Tällöin tuottavuus paranee, koska asetusajoja ei ole juuri lainkaan. Suuret tuotesarjat vaativat kuitenkin tasaisen menekin ja paljon varastotilaa. (Haverila ym. 2009, 399-403)

Läpäisy aika kuvaa tuotteen valmistamiseen käytettyä aikaa. Lyhyt läpäisy aika parantaa tuotannon ohjattavuutta ja ajoitusta. Näin ollen se myös mahdollistaa lyhyet toimitusajat. Tuotevarastoja ei tarvita, koska tilaukset tehdään peräkkäin. Tämä tarkoittaa sitä, että pääomaa on vähemmän kiinni keskeneräisessä tuotannossa. Läpäisyajan lyhentämistä pidetään tehokkaana keinona pienentää toimintaan sitoutunutta pääomaa. Valmistuserän vaihtelevuus sekä koko vaikuttavat suuresti läpäisy aikaan. Pienien eräkokojen valmistus ei ole kannattavaa, koska asetusajat vievät kapasiteettia ja kuormitusaste jää pieneksi. (Haverila ym. 2009, 406-407)

3.3 Asetusaika

Asetusaika tarkoittaa aikaa, jota tarvitaan välineen, koneen tai prosessin valmistamiseen ennen kuin ollaan valmiita aloittamaan uuden tuotteen tai palvelun tekeminen.

Asetusaikoihin särmäyksessä luetaan tässä tapauksessa tuotteiden haku, ohjelman teko, työkalujen vaihto ja yhden kappaleen särmäminen. Lisäksi asetus aikaan kuuluu valmiiden kappaleiden pois vienti. Särmättävien kappaleiden tuotantomäärä voi vaihdella 1-500 kappaleeseen ja taivutuksia voi olla tuotteissa 1-20. Ohjelman teko ja työkalujen vaihto aika riippuu hyvin pitkälti siitä, minkälainen kappale on kyseessä. Jossakin töissä työ pitää tehdä kahdessa osassa eli käytännössä vaihtaa työkaluja kesken työn, jotta päästään tekemään loputkin taivutukset. Koetaivutuksiakin voidaan joutua tekemään, jos työ on haastava tai sillä on puutteelliset valmistusdokumentit. Yleensä asetusajat ovat pitkiä särmäyksessä verrattuna valmistusaikaan, varsinkin jos kappaleiden erä koko on pieni ja taivutuksia ei ole montaa. Asetusaikojen pienentäminen särmäyksessä vaatii käytännössä aina automaatiota, koska manuaalisärmäyksessä koneen käyttäjä ei voi samaan aikaan särmätä ja tehdä muuta toimenpidettä.

4 SÄRMÄYKSEN NYKYTILANNE ANALYYSI

Särmäyksen nykytila on selvitetty havainnoinnin pohjalta sekä työntekijöiden haastattelujen ja yrityksen ERP-ohjelmaa apuna käyttäen. Omat mittaukset otettiin myös huomioon.

4.1 Konekanta ja ympäristö

Yrityksellä on käytössä 6 särmäyskonetta: neljä Finn-Powerin valmistamaa konetta, yksi Baikalin valmistama ja yksi pienempi CoastOnen valmistama kone. Muut koneet ovat vierekkäin 2 linjassa, mutta Finn-powerin 4-metrinen isoin kone on toisessa tilassa, jonka vieressä on CoastOnen pieni särmäyskone. Työkalut on sijoitettu lähelle konekeskittymää, että työkalujen haku kävisi mahdollisimman nopeasti ja helposti. 6-metrisellä koneella on omat työkalunsa koneen vieressä. Haastatteluissa kävi ilmi, että työkaluja on tarpeeksi. Tilaa on koneiden vieressä hyvin työpöydälle, jossa voi pitää tarvittavia työkaluja. Myös levyt mahtuvat lavalle koneen viereen tai pöydän päälle, josta niitä on helppo nostella särmäyskoneeseen. Avarat käytävät ja koneen edustat mahdollistavat trukkien käytön koneiden läheisyydessä. Työssä käytetään tarvittavia suojarusteita, kuten kuulosuojaimia ja käsineitä. Särmäyskoneiden edestä olevilta työpöydiltä löytyy tarvittavat työkalut kuten esimerkiksi työntömitat ja astemitat.

4.2 Särmäyksen työvaiheet

Levyt tulevat hyllyille odottamaan särmäysvaihetta irrottelen kautta. Ennen irrottelu vaihetta levyaihiot ovat käyneet levytyökeskuksessa, jossa aihioihin on leikattu tarvittavien kappaleiden muodot. Ne pysyvät levyssä kiinni vielä pienien mikrosiltojen avulla. Irrottelussa kappaleet irrotellaan levystä omiin lavoihin ja viedään hyllyihin, josta särmääjät hakevat kappaleet. Yleensä tietyt tuotteet menevät tietyille särmäyskoneille, jossa niitä on valmistettu aiemminkin, jotta vältetään ohjelmien tekemiseltä uudestaan. Jos tuote on uusi tai tuotteen ohjelmaa ei ole särmäyskoneella, ohjelma tehdään ensin.

Särmäystyön vaiheisiin kuuluu työn leimaus, kappaleiden haku, tarvittavien työkalujen haku, kiinnitys ja vanhojen työkalujen irrotus ja pois vienti. Vaiheisiin kuuluu myös vielä ohjelman teko, kappaleiden särmäys ja valmiiden kappaleiden varastoon vienti. Lopuksi kuitataan työ valmiiksi. Särmäystyöt tehdään työkorttien avulla, josta näkee työn valmistusdokumentit. Särmääjien työtehtäviin kuuluu myös mankelointi ja niittausta. Mankeloimalla levyyn saadaan pyöreä muoto. Se on yksi muovausmenetelmistä. Niittaus tarkoittaa perinteisesti pop-niittien ja kierrevetoniittien kiinnittämistä levyyn. Lisäksi tuotteisiin voi tulla pem-puristemuttereita, joita kiinnitetään pem-asennuskoneella.

4.3 Ajankäyttötutkimus

Asetusaikoja päätettiin lähteä tutkimaan ERP-järjestelmän tietojen ja omien kellotusten avulla. Aluksi suunniteltiin mittausraporttilomakkeen ja asetusaikojen vaiheet, joita mitataan. Päätettiin, että mitataan jokaiselta koneelta useita kertoja kaikkien asetusaikojen ajat ja verrataan niitä ERP-järjestelmän tietoihin ja aikoihin. Kellotus tapahtui perinteisesti sekuntikelloa ja mittausraporttipohjaa hyväksikäyttäen. Kellotuksessa tärkeää oli kommunikointi työntekijän kanssa, että hän tiesi, mitä vaihetta hän minäkin hetkenä tekee. Mittausraportista laadittiin mahdollisimman yksinkertainen taulukko, että kellotus ja kirjanpito saataisiin hoidettua mahdollisimman selvästi. Kellotuksissa kellotettiin sekä ilta- että aamuvuoroja.

Ajankäyttötutkimuksen perusteella ja tietoja analysoimalla huomattiin, että kolme eniten aikaa vievintä asetusaikavaihetta ovat:

- kappaleiden haku särmäyskoneelle + valmiiden kappaleiden vienti varastoon 25 %
- ensimmäisen kappaleen särmäys + tarkistus + korjaus 16 %
- ohjelman teko 13 %.

Taulukossa 2. ja taulukossa 3 nähdään esimerkit koneiden mittausraporttipohjista. Yhdessä mittausraportissa on aina yhden koneen ja yhden tuote-erän kellotukset. Kellotuksia otettiin 5 koneelta 2 kappaletta eli mittausraportti pohja tuli yhteensä 10 kappaletta.

Kone	Tuote ja erä koko	Aika (s)		
Numero	Työvaihe	Asetusaika	Valmistusaika	Kokonaisaika
KONE2	704257(20 Kpl)			
1	Kappaleiden haku	253		253
2	Terien irroitus ja vienti	92		345
3	Terien haku ja kiinnitys	169		514

Tau-
lukko
2.
Mit-
taus
ra-
port-
tipoh-
ja.

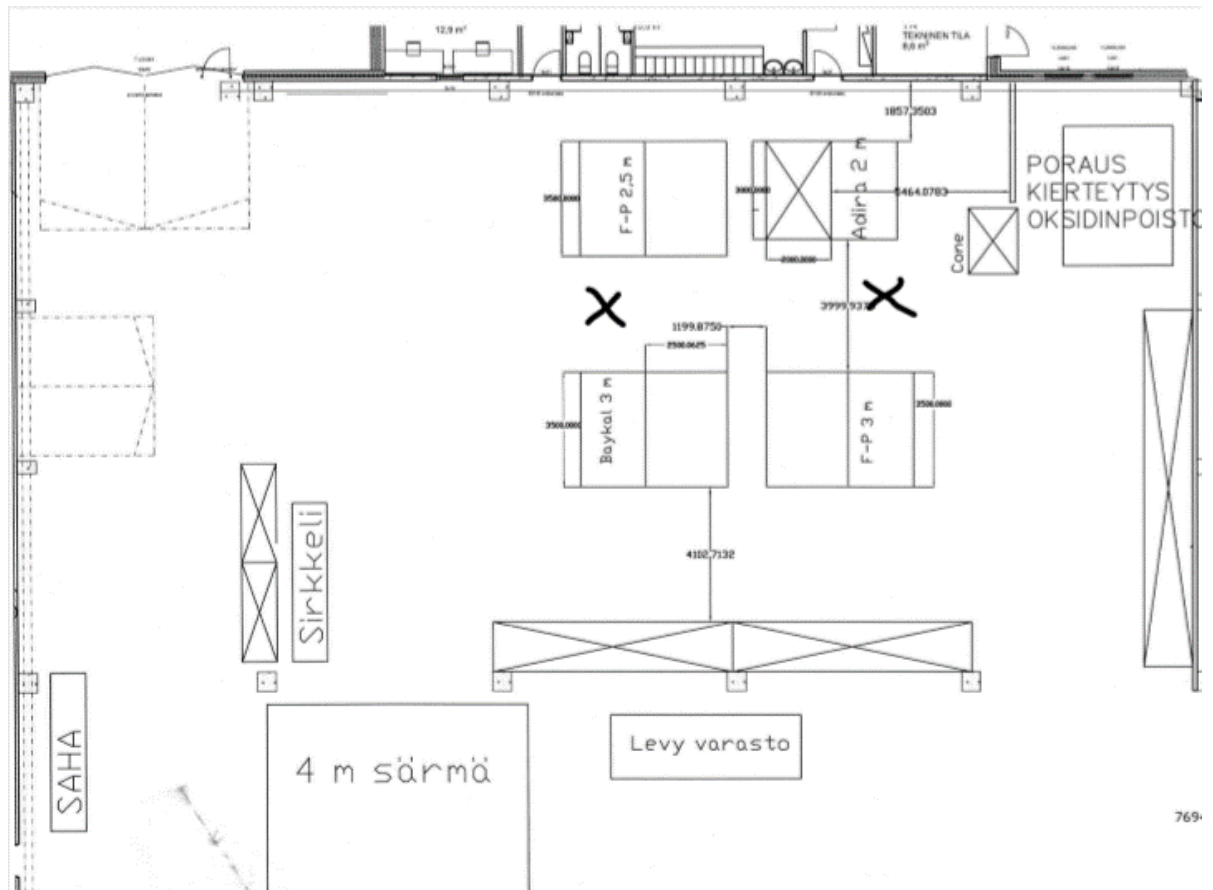
Kone	Tuote ja erä koko	Aika (s)		
Numero	Työvaihe	Asetusaika	Valmistusaika	Kokonaisaika
1	4R710214A (30 kpl)			
1	Kappaleiden haku	292		292
2	Terien poisto+haku+kiinnitys	175		467
3	Ohjelman teko	178		645
4	Särmäys+tarkistus+korjaus	312		957
5	Särmäys		840	1797
6	Tavaroiden vienti	278		2075
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
Yhteensä (min)		20.6	14	34.6
Työkortti (min)		15	17.4	32.4

Tau-
luk-
ko 3.
Mit-
taus
ra-
port-
ti-

pohja.

4	Ohjelman teko	140		654
5	Ensimmäisen kpl särmäys+tarkistus+korjaus	163		817
6	Särmäys		840	1657
7	Kappaleiden vienti	284		1941
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
Yhteensä (min)		18.35	14	32.35
Työkortti (min)		16.2	19.8	36

Mittausten aikana havainnointiin layoutkuvaa apuna käyttäen, mistä työkalut haettiin tuotteen särmäämistä varten. Ne merkittiin samalla, kun kelloitettiin asetusajoja. Niistä huomattiin, pitääkö työkaluja lähteä hakemaan kauempaa vai pystytäänkö käyttämään työkaluja, jotka ovat koneiden läheisyydessä. Useimmissa mittausraporteissa työkalut haettiin koneen vierestä, joten työkalujen paikkoja ei nähty syytä muuttaa.



Kuvio 6.n Työkalujen hakupaikat merkattuna layout kuvaan.

Mittaustulokset analysoitiin ja tutkittiin. Tuloksista huomattiin, että kappaleiden haku hyllystä ja valmiiden kappaleiden varastoon vieminen vei raporteissa yleensä eniten aikaa. Toiseksi eniten aikaa vei ensimmäisen kappaleen särmäys, johon kuului kappaleen mittaus ja korjaaminen, jos tarvetta. Kolmanneksi eniten aikaa vei ohjelman teko.

5 KEHITYSEHDOTUKSET

Kehitysehdotukset ovat tulleet ilmi omien tutkimuksien ja haastattelujen kautta. Haastatteluissa haastattelin kymmentä yrityksen särmääjää. Näin ollen sain laajan kuvan, miten toimintaa voisi parantaa ja samalla lyhennettyä asetusaikoja. Seuraavassa on esitelty muutamia asioita ja ideoita, joita sain haastattelujen avulla. Ajankäyttötutkimuksen perusteella ja tietoja analysoimalla huomattiin, että kolme suurinta hukkaa ovat kappaleiden haku ja vienti, ohjelman teko ja kappaleen tarkistus.

5.1 Kappaleiden haku ja vienti

Eniten aikaa särmäyksessä ajankäyttömittauksen perusteella vei tavaroiden haku ja lavojen järjestely koneen ympärille varsinkin isoimmista kappaleista. Paras tapa olisi, jos irrottelusta saataisiin kappaleita järjestelmällisesti lavoille, esimerkiksi aineenvahvuuden mukaan. Tällä tavalla työkalujen vaihto voitaisiin minimoida. Saman tyylisten särmättävien kappaleiden työkortit tulisi laittaa samaan nippuun ja nippu yhteen koneen lokeroon. Pienet kappaleet olisi hyvä laittaa samalle lavalle sellaiseen paikkaan, josta ne voisi esimerkiksi kävellen kantamalla hakea. Tämä nopeuttaisi toimintaa siten, ettei yhtä pientä kappaletta tarvitse lähteä trukilla nostamaan hyllyn kahdeksannesta kerroksesta. Työtä voisi nopeuttaa myös, jos joku keräilisi hyllystä särmättävät kappaleet ja toisi sille särmäyskoneelle, jossa niitä on särmätty ennenkin. Keräily pitäisi kuitenkin olla hyvin organisoitua ja keräilijällä olisi hyvä olla särmäyksestä kokemusta. Näin ollen saataisiin tehokkaasti vietyä tietyt tuotteet tietyille koneille, ilman ylimääräisiä ohjelmien tekoa ja työkalujen vaihtoja.

5.2 Ohjelman teko

Jos kaikki ohjelmat tallennettaisiin särmäyskoneille ulkoisille muisteille, niille pitäisi olla selkeät ohjeet vielä erikseen esim. kansioissa. Teräkartta, josta näkee mihin kohtaan terät asetetaan, olisi hyvä olla vaikeimmissa kappaleissa. Työkortteihin

tulee lisätä tieto, jos ohjelma löytyy joiltain koneilta. Toiminta paranisi, jos tietyillä koneilla tehtäisiin tiettyjä kappaleita, esimerkiksi aineenvahvuuden tai saman kaltaisten tuotteiden mukaan, joita voi särmätä samoilla terillä. Ei tarvitsisi välttämättä kuluttaa aikaa niin paljon terien vaihteluun ja kanteluun.

5.3 Kappaleen tarkastus

Kappaleen tarkastus tarkoittaa kappaleen mittojen tarkastusta yhden kappaleen särmäyksen jälkeen. Periaatteessa kappaleen tarkastus pitäisi suorittaa vain ensimmäisten taivutusten jälkeen ja sen jälkeen tehdä korjaukset. Isommissa erissä tarkastetaan yleensä useamman kerran, esimerkiksi kymmenen kappaleen välein. Tarkastusta kuitenkin tehtiin pienissäkin erissä melkein joka taivutuksen jälkeen jokaisella kappaleella, vaikka samoja parametrejä voitaisiin käyttää jokaiseen samanlaiseen taivutukseen. Kuitenkin niin kauan kuin vaihtelevuutta havaitaan, laadun takaamisen varmistamiseksi mittojen tarkastus on välttämätöntä. Yksi iso vaihtelevuuden aiheuttaja on levyaihion valssaussuunta. Samanlaiset tuotantoerät, joissa on samanlaisia osia, pitäisi leikata levyaihion valssaussuunnan mukaisesti samoin päin. Toinen aiheuttaja on sekaisin olevat kappaleet, jotka on leikattu eri raaka-aine-eristä. Tämä aiheuttaa materiaalin ominaisuuksien vaihtelua. Näitä ongelmia saataisiin pienennettyä levytyökeskuksella leikattavien osien ohjeistuksella. Näin ollen estettäisiin eri valssaussuunnasta aiheutuva takaisinjousto ja materiaalin ominaisuuksien vaihtelu.

5.4 Työkalujen vaihto ja paikat

Työkaluja oli tarpeeksi. Ainoita teriä, joita voisi tarvita lisää, ovat R2-yläterät. Uusille ja vanhoille terille pitäisi saada omat paikat, eikä niitä saisi laittaa sekaisin. Joskus myös esim. R1- ja R2-terät ovat sekaisin keskenään. Haastattelujen ja terälayoutkuvan avulla huomattiin, että terät ovat hyvässä paikassa koneiden läheisyydessä.

5.5 Työkortit

Työkorteista näkee särmättävän kappaleen tarvittavat tiedot, eli miten se pitää särmätä. Työkortit ovat yleensä hyviä, mutta joitakin poikkeuksia löytyy. Yleensä myös puutteelliset työkortit ja piirustukset jäävät korjaamatta. Kun huomataan puutteellinen työkortti, pitäisi johdolta käydä kysymässä lisätietoa ja niin yleensä tehdäänkin. Sen jälkeen työkorttiin pitäisi saada uusi informaatio pysymään ikuisesti. Eli seuraavan kerran, kun sama tuote tulee työn alle, on työkortissa valmiina selitettynä riittävästi infoa, eikä enää tarvitse käydä johdon puheilla.

6 Yhteenveto

Opinnäytetyön aihe ja tavoite oli särmäyksen asetusaikojen lyhentäminen. Haastattelujen ja mittauksien perusteella isoin osa ajasta menee särmääjillä kappaleiden hakemiseen hyllystä ja viemiseen varastoon. Osasy syy tähän on huonosti organisoitu yhteys irrotteluun ja särmäyksen välillä. Välillä syy voi olla trukin odottelu tai muuten vain kappaleiden pitkä haku-aika. Tätä tapahtuu varsinkin isojen levyjen tai levyjen, jotka ovat korkealla hyllyssä takia. Joskus myös kappaleita joutuu etsimään, jos kappaleen hyllypaikka on merkattu vahingossa vääräksi. Tutkimustulosten seurauksena syntyi suunnitelma työntekijän lisäämisestä särmäyksen ja irrotteluun välille, joka keräilee irrotteluun tulevat tuotteet ja vie ne särmääjille organisoitusti. Uuden työntekijän olisi hyvä tietää särmäyksestä suhteellisen paljon, jotta saataisiin erilaiset levyt mahdollisimman tehokkaasti oikeille lavoille ja siitä särmäyskoneille., jolloin ne voidaan tehdä ilman suurempia terien vaihtelua ja ohjelmien muutoksia. Tämän avulla saataisiin melkein kokonaan asetusaajoista pois kappaleiden haku- ja vientiaika, jos keräilijä toisi työt särmääjille ja veisi valmiit työt varastoon työn päätyttyä. Tämä menetelmä voisi myös alentaa muita asetusaikoja, kuten työkalujen vaihtoa tai ohjelmientekoaikaa.

Särmäyksessä esiintyy vaihtelevuutta tuotantoerien koossa ja osien erilaisuuden suhteen, joten pidempikestoiset mittaukset ovat aina tarpeen, kun kerätään todennukaisia tuloksia. Haastatteluissa, havainnoinnissa ja mittauksissa tuli ilmi myös muita hyviä kehitysideoita, joita parantamalla varmasti saadaan särmäyksestä tehokkaampaa ja asetusaikoja alas. Opinnäytetyön tuloksena syntyneitä kehotusehdotuksia noudattamalla saavutetaan tehokkuutta kaikissa tuotannon eri vaiheissa. Tulevina vuosina näitä ilmi tulleita kehitysideoita särmäysvaiheessa voisi lähteä toteuttamaan. Jatkotutkimusideana on särmäysvaiheen kehitysideoiden toteutus. Irrottelu ja lasertyöstökoneiden nykytilan kartoitus on myös yksi jatkotutkimusidea. Nämä tuotantovaiheet ovat varmasti hyvinkin helposti tehostettavissa.

LÄHTEET

- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere: Infacs Oy.
- Jouni sakkki Oy. Ei päiväystä. Tuottavuus. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.3.2020]. Saatavana: <http://www.jounisakki.fi/kirja/tuottavuus.htm>
- KJH-Comp. 2018. Ei päiväystä. Yritys. [Verkkosivu]. [Viitattu 15.3.2020]. Saatavana: <https://www.kjh-comp.fi/yritys/>
- Lepola, P. & Makkonen, M. 2006. Hitsaustekniikat- ja teräs rakenteet. 1.-2. painos. Helsinki: WSOY.
- Matilainen, J., Parviainen, M., Havas, T., Hiitelä, E. & Hultin, S. 2011. Ohutlevytuotteiden suunnittelijan käsikirja. Helsinki. Teknologiainfo Teknova Oy. Teknologiateollisuuden julkaisu 6/2010.
- Mäki-Mantila J., 2001. Ohutlevyjen taivutus ja muovaus. Helsinki: METin Muovaustekninen yhteistyöryhmä.
- Tuottava tehdas. 1998. Opetushallitus. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.4.2020]. Saatavana: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/tehdas7.html>