



Offline-ohjelmoinnin käyttöönotto ohutlevyjen särmäyksessä

Jaakko Rahikainen

Opinnäytetyö
Syyskuu 2014
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotanto-järjestel-
mät

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät

RAHIKAINEN, JAAKKO:

Offline-ohjelmoinnin käyttöönotto ohutlevyjen särmäyksessä

Opinnäytetyö 59 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Syyskuu 2014

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli ottaa käyttöön Hyrles Oy:ssä ohutlevyjen särmäyksen offline-ohjelmointi. Offline-ohjelmoinnissa hyödynnettiin Amadan Dr. Abe Bend -tietokoneohjelmaa, joka mahdollisti särmäyspuristimella tehtävien asetusten ja ohjelmoinnin siirtämisen tuotannosta ulkoiseksi työksi.

Käyttöönoton yhteydessä oli tärkeää tutkia millaista hyötyä offline-ohjelmoinnilla on saatavissa ja miten sen käyttöä tulisi särmäysosastolla soveltaa, sekä ratkaista käyttöönottoa haittaavat ongelmat. Ennen varsinaista offline-ohjelmoinnin aloittamista selvitettiin särmäysosaston ja siihen liittyvien prosessien nykyiset toimintamallit ja heikkoudet. Testivaiheessa tutustuttiin Dr. Abe Bendillä ohjelmointiin ja ohjelmien hyödyntämiseen särmäyspuristimella. Offline-ohjelmoinnin käyttö tuotannossa aloitettiin, kun testivaiheen aikana havaitut epäkohdat ja ongelmat oli poistettu. Koko prosessin ohella tehtiin testimittauksia, joiden tarkoituksena oli selvittää, mihin tehtäviin särmäystyössä aikaa kului, kun särmääjä suoritti ohjelmoinnin tai kun se oli tehty etätöyänä Dr. Abe Bendillä.

Työn aikana havaittiin, että perinteinen ohjelmointitapa särmäyspuristimella vei hyvin paljon aikaa. Erityisesti monimutkaisten ja haastavien kappaleiden särmäys oli hankalaa ja työlästä. Uusi offline-ohjelmointimenetelmä mahdollisti särmääjän työn helpottamisen, kappaleiden läpimenoaikojen lyhentämisen särmäyksessä, särmäyspuristimen käyttöasteen kasvattamisen, korjauksien ja säätöjen teon merkittävän pienentämisen särmäyksen aikana ja ylimääräisten kappaleiden valmistuksen vähentämisen.

Osa opinnäytetyön sisällöstä on luokiteltu salaiseksi toimeksiantajan pyynnöstä, koska salattujen osien sisällön katsottiin toimeksiantajan mielestä sisältävän liian yksityiskohtaista tietoa yrityksen toiminnasta ja asiakkaista.

ABSTRACT

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

RAHIKAINEN, JAAKKO:

Implementation of offline programming in press brake bending

Bachelor's thesis 59 pages, appendices 2 pages
September 2014

The purpose of this thesis was to adopt offline programming in press brake bending at Hyrles Oy. Amada's Dr. Abe Bend computer program was utilized in offline programming which allowed the setup and programming tasks of the press brake machine to be transferred from production to external office work.

In addition to the implementation of the Dr. Abe Bend program the study also looked into the benefits that were achievable with offline programming and its applicability in the press brake bending department, as well as solving problems that were likely to disturb its implementation. Current operating models and their weaknesses in the press brake bending department as well as the processes associated with it were examined before the actual start of offline programming. Programming with Dr. Abe Bend and the use of these programs with press brake machines were familiarized in the test phase. The use of offline programming in production was started after defects and problems were notified and erased during the test phase. Test measurements were executed along with the implementation. The purpose of these measurements was to find out what tasks consumed time in press brake bending work when programming was performed by press brake operator or with Dr. Abe Bend.

The results of the study revealed that the traditional way of press brake programming takes a very long time. Particularly press brake bending of complex and challenging parts was difficult and laborious. The new offline programming method makes it possible to ease press brake operator's work, reduce lead times in press brake bending, increase press brake machine's utilization, significantly reduce the need for making corrections and adjustments during bending work and decrease manufacturing of additional parts.

Some contents of this thesis are classified at the request of the client. These classified parts are considered having too much detailed information about the company's activities and customers.

Key words: sheet metal, press brake bending, offline programming, Dr. Abe Bend

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY	7
3	SÄRMÄYKSEN PERUSTEET	9
	3.1 Taivuttaminen	9
	3.2 Särmäyspuristin	14
	3.3 Työkalut	16
4	NYKYTILANTEEN SELVITTÄMINEN	18
	4.1 Investoinnit	18
	4.2 Särmäyksen konekanta	18
	4.3 Terät	20
	4.4 Ohjelmointi ja asetukset.....	21
	4.5 Kuormituksen jakaantuminen särmäysosastolla.....	23
	4.6 Tietokoneohjelmien esittely ja käyttö.....	23
5	DR. ABE BENDIN KÄYTTÖ	30
	5.1 Särmäysohjelman teko	30
	5.2 Särmäys.....	32
	5.2.1 HFP-särmäyspuristin.....	33
	5.2.2 HFE-särmäyspuristin	35
6	TESTIVAIHE.....	38
	6.1 Ohjelmointi ja tiedonkulku	38
	6.2 Ongelmat ja ratkaisut	40
	6.3 Huomiot	42
7	KÄYTTÖÖNOTTO TUOTANNOSSA.....	44
	7.1 Tiedonkulku	44
	7.2 Ongelmat ja ratkaisut	45
	7.3 Huomiot	46
	7.4 Kuormitus ja kapasiteetti	48
8	MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELY.....	50
	8.1 Mittauksien tavoite ja suorittaminen.....	50
	8.2 Mittaustuloksien vertailu	51
9	JATKOKEHITYS	53
10	POHDINTA.....	55
	LÄHTEET.....	57
	LIITTEET	58
	Liite 1. Mittaustuloksien taulukko (salattu)	58
	Liite 2. Mittaustuloksien vertailukuviot (salattu)	59

LYHENTEET JA TERMIT

ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
AMNC	Amadan valmistamien koneiden uusien numeerinen ohjaus
NC	Numerical Control, numeerinen ohjaus
Offline-ohjelmointi	Laitteen tai koneen etänä tehtävä ohjelmointityö
CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
DXF	Drawing Exchange Format, tiedostomuoto
SLDDRW	SolidWorks Document Drawing, SolidWorks SheetWorks-ohjelman tiedostomuoto
SDD-palvelin	Sheet metal Digital on Demand, datan säilytyspaikka verkkoyhteydessä olevalla palvelimella
Levitys	Ohutlevykappaleesta tehdään tiedosto tai kuva, jossa sen 3D-malli on oikaistu 2D-malliksi
Nestaus	Ohutlevykappaleiden asettelu ja sijoittelu levyaihioon

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään ohutlevykomponenttien särmäyksen offline-ohjelmoinnin käyttöönottoa Hyrles Oy:ssä. Tavoitteena oli saada offline-ohjelmointiprosessi, siihen liittyvine tekijöineen, otetuksi käyttöön opinnäytetyön aikana ja vakiinnuttaa tästä uusi työmenetelmä särmäykseen. Ohjelmoinnissa hyödynnettiin Amadan Dr. Abe Bend tietokoneohjelmaa, jonka avulla tämän työn keskeisin tavoite oli särmäyksen asetusaikojen pienentäminen.

Opinnäytetyön sisällön ja aihealueen kannalta on ensin käyty läpi särmäyksen oleellisia teoritietoja. Varsinaista käyttöönottoa on käsitelty kolmessa eri osa-alueessa: nykytilanteen selvitys, testivaihe ja käyttöönotto tuotannossa. Aluksi tutustutaan yrityksen särmäyksen nykyisiin toimintatapoihin, jonka pohjalta voidaan vertailla myöhemmin millaista hyötyä offline-ohjelmoinnilla on saavutettavissa. Testivaiheessa pyritään löytämään ja ennalta ehkäisemään mahdollisia ongelmia ja epäkohtia liittyen offline-ohjelmointiin, särmäystyöhön ja Dr. Abe Bendiin. Varsinaisessa käyttöönotossa tuotannossa offline-ohjelmointiprosessista muokataan ilmenneiden huomioiden, ongelmien ja epäkohtien perusteella toimiva kokonaisuus.

Toimeksiantajan pyynnöstä opinnäytetyön sisällössä tullaan selvittämään millaista hyötyä Dr. Abe Bendin käytöllä on saatavissa verrattuna nykyisiin käytössä oleviin työmenetelmiin ja -tapoihin. Tämän lisäksi työn suoritukseen sisältyy testimittauksia, joiden tarkoituksena on selventää särmäystyövaiheen ajan käyttöä ja verrata nykyistä toimintamallia uuteen offline-ohjelmointimalliin. Työssä käydään myös läpi millainen ohjelmointiprosessi on Dr. Abe Bendin avulla ja kuinka särmäys tapahtuu käyttäen hyödyksi offline-ohjelmaa.

2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

Hyrles Oy:n toiminta-ajatuksena on tarjota asiakkaalle alihankinta- ja sopimusvalmistuspalveluja. Nämä palvelut sisältävät ohutlevytyöt, elektroniikkatuotannon ja sähkömekaanisen kokoonpanon. Toimintansa yritys on aloittanut vuonna 1989 ja sen noin 8500 m²:n toimitilat sijaitsevat Lohjalla Länsi-Uudellamaalla. Tämän lisäksi Virossa toimii vuonna 2008 perustettu tytäryhtiö Hyrles OÜ. Viron toimipiste on tällä hetkellä keskittynyt tarjoamaan ainoastaan alihankintana ohutlevytöitä. (Hyrles Oy 2014; Räyhäntausta 2014)

Lohjan tehdas on jakaantunut ydinosaamisen perusteella kolmeen toimintayksikköön. Nämä yksiköt ovat mekaniikka, sähkömekaniikka ja elektroniikka. Lohjan toimipiste työllistää noin 130 henkilöä ja Viron toimipiste noin 50. Koko konsernin liikevaihto oli vuonna 2013 noin 17 miljoonaa euroa. (Hyrles Oy 2014; Räyhäntausta 2014)

Mekaniikka-yksikkö pitää sisällään ohutlevyjen leikkaamisen, taivuttamisen, kierteityksen, hitsauksen, kiinnitinpuristuksen, maalauksen ja kokoonpanon. Käytetyimmät ohutlevymateriaalit ovat teräs, alumiini ja muovi, joiden materiaalivehvyys on 1–3 mm. Näistä ensisijaisesti hyödynnetyimpiä ovat teräsohutlevyt (kylmävalssatut musta-, ruostumaton-, kuumasinkitty- ja sähkösinkitty teräs), joista käytetyin on kuumasinkitty teräs. (Hyrles Oy 2014; Räyhäntausta 2014)

Sähkömekaniikka käsittää yrityksen sähkömekaanisen kokoonpanon, jossa sähköiset ja mekaaniset komponentit yhdistetään sähkö- ja automaatiotekniikan lopputuotteiksi. Elektroniikkayksikössä valmistetaan kokonaisvaltaisesti elektroniikkatuotteita. Yksikössä esimerkiksi ladotaan piirikortteja ja kokoonpannaan komponentteja juottamalla ne asiakkaan haluamiksi tuotteiksi. (Hyrles Oy 2014; Räyhäntausta 2014)

Viime vuosien aikana yrityksessä on havahduttu ja huomattu isoja muutoksia tilattavissa ohutlevytuotteissa. Tilattujen tuotteiden kappalemäärät ovat muuttuneet isoista sarjoista pieniin sarjoihin ja protoihin. Tähän ovat osittain vaikuttaneet asiakkaat itse, mutta myös se, että Hyrles Oy:n Viron toimipisteeseen on siirretty isojen sarjojen valmistusta. Vaikka Lohjan toimipisteen tuotteiden sarjamäärät ovat pienentyneet, niin toisaalta tuotteiden monimuotoisuus, fyysinen koko ja eräkoot vaihtelevat hyvin paljon.

Näin ollen tilattavien tuotteiden erimuotoisuus ja pienet sarjakoot aiheuttavat haasteita tuotannossa. Yrityksessä on viime vuosina panostettu tuotannon tehostamiseen, jotta yrityksen valmiudet vastata asiakkaiden nykypäivän ja tulevaisuuden vaatimuksiin ohutlevytuotannossa täytyvät. Tuotannon kehittäminen on vaatinut ja tulee vaatimaan toimintojen rakenteellisia muutoksia ja nykyaikaisia toimintamalleja vanhojen tapojen tilalle.

3 SÄRMÄYKSEN PERUSTEET

Tässä kappaleessa käsitellään särmäämisen perusteita, työkaluja ja särmäyspuristimia, joiden sisältö on pohjana tulevalle offline-ohjelmoinnille. Aiheita käsitellään teoreettisesta näkökulmasta, mutta kuitenkin niin, että teoreettiset perusteet ovat yhdistettävissä todellisuuteen.

3.1 Taivuttaminen

Särmäys on ohutlevyn taivutusmenetelmä, jossa työkalujen välissä levyaihiota puristetaan, jolloin se taipuu haluttuun kulmaan ja taivutussäteeseen. Särmäyspuristimen ylä- ja alapalkkiin kiinnitetyt painin ja vastin ovat levyaihion taivuttavat työkalut. Levyaihio asetetaan painimen ja vastimen väliin, jolloin painimen liike suorittaa taivutuksen vastinta vasten. Levyaihio paikoitetaan ennen taivutusta koneen takana oleviin takavasteisiin, jotka ovat yleensä numeerisesti ohjattuja. (Mäki-Mantila 2001, 6)

Särmäyspuristimella voidaan särmätä vapaataivutuksena, pohjaaniskutaivutuksena, elastisen vastimen avulla tai litistystyökaluilla. Vapaassa taivutuksessa työkappale on koko työiskun ajan vastimen kulmien varassa ja ennen työkappaleen osumista vastimen pohjaan työisku päättyy. Tässä tavassa käytetään yleensä teräviä vastimen ja painimen kulmia, jolloin taivutuskulman säätäminen tapahtuu iskunpituutta säätämällä. Vapaataivutus on yleisin käytettävä särmäysmenetelmä. Pohjaaniskutaivutuksessa painin painautuu kokonaan vastinta vasten, jolloin levyaihio puristuu vastimen kulmaan. Tällä menetelmällä pyritään tarkan ja jäykän muodon saavuttamiseen, sekä pysyvään muodonmuutoksen, joka eliminoi takaisinjouston. Pohjaaniskutaivutus vaatii suuret voimat ja tukevan koneen, koska voiman tarve on 3–5 kertaa suurempi kuin vapaassa taivutuksessa. (Mäki-Mantila 2001, 6–7)

Muodonmuutokset taivutuksessa

Teoreettisissa tarkasteluissa taivutustapahtuma on yksinkertaistettu pelkäksi momentti-taivutukseksi. Klassisen teorian mukaan levyn keskellä on kuitenkin jännityksetön ja de-fermoitumaton vyöhyke eli neutraaliakseli. Levyn taivutuksessa on mahdollista löytää kolme erilaista tilannetta:

1. Taivutuksen alussa venymät ovat poikkileikkauksessa elastisia (eli kimmoisia). Kun momentin vaikutus lakkaa, levy oikenee ja muodonmuutokset palautuvat.
2. Kun myötölujuus ylitetään, levyn pinnoissa tapahtuu plastisia (eli pysyviä) muodonmuutoksia (sisäpuolella levy tyssäntyy ja ulkopuolella venyy). Kuormituksen kasvaessa myös sisäosien myötölujuus ylittyy, jolloin kuormituksen lakatessa pintoihin on syntynyt plastisia muodonmuutoksia ja levyyn jää pysyvä taive.
3. Levyn muodonmuutosta lisätessä tilanteeseen, jossa taivutussäde on noin levyn paksuuden suuruinen, elastiset vyöhykkeet neutraaliakselin molemmin puolin vähenevät. Lopputuloksena muodonmuutoksesta syntyy lähes täysin plastinen. Tämä muodonmuutostila on taivutustapauksissa lähes aina halutuin. (Aaltonen 1997, 44–46)

Takaisinjousto

Levyn taivutuksessa elastiset muodonmuutokset pyrkivät palauttamaan levyä takaisin alkuperäiseen muotoon, kun se vapautuu kuormituksesta (eli tapahtuu takaisinjousto). Takaisinjousto johtuu siitä, että levyn neutraaliakselin kohdalle muodostuu puristus- ja vetojännitysvyöhykkeiden väliin elastisen muodonmuutoksen alue. Tämän alueen johdosta ulkoisen kuormituksen lakatessa sisäistä voimatasapainoa ei saavuteta, jolloin sisäiset jännitykset pyrkivät palauttamaan levyn alkuperäiseen muotoon. Levy ei palaudu kokonaan takaisin alkuperäiseen muotoon, koska plastiset vyöhykkeet vastustavat sitä. Levy saavuttaa sisäisen voimatasapainon ja lopullisen muotonsa, kun takaisinjousto on tapahtunut. Takaisinjousto ilmenee erityisesti vapaassa taivutuksessa ja sen suuruuteen vaikuttavat levyn paksuus ja materiaalin myötöraja. (Aaltonen 1997, 46–48)

Taivutussäde

Taivutussäteen ohutlevytuotteelle määrää sen materiaali, työtapo ja vaaditut ominaisuudet. Levyn venymä on suurin taiteen ulkopinnassa, jossa materiaalin murtoraja ei saa ylittyä. Murtorajan ylittyessä levyyn syntyy murtuma. Mitä pienempi taivutussäde on, sitä suurempi on ulkopinnan venymä ja riski murtumiseen.

Pienin taivutussäde ($r_{i\ min}$) on laskettavissa yhtälön (1) mukaisesti.

$$r_{i\ min} = \frac{1}{2}s * \left(\frac{1}{\epsilon_{aB}} - 1 \right) = c * s, \quad (1)$$

jossa s on levyn paksuus, ϵ_{aB} on rajavenymä levyn ulkoreunan kohdalla ja c on materiaalista riippuva kerroin. (Aaltonen 1997, 49)

Taivutetun levyn sisäsäde (r_s) voidaan laskea yhtälön (2) mukaisesti ja ulkosäde (r_u) yhtälön (3) mukaisesti.

$$r_s = \frac{5w}{32} \approx \frac{1}{6}w \quad (2)$$

$$r_u = 1,25 * r_s + s, \quad (3)$$

joissa w on vastimen v-uran leveys ja s on levyn paksuus. (Aaltonen 1997, 56)

Oikaistu pituus

Oikaistulla pituudella tarkoitetaan levyaihion mittaa, josta taivutuksien aiheuttamien mitta-
muutoksien (venymien ja kutistumien) jälkeen syntyy oikean mittainen kappale. Näin ollen taivutetun kappaleen kylkimittojen summa ei ole aihion pituus. Kappaleen levitys perustuu trigonometriin menetelmiin ja se on mahdollista tehdä tietokoneella. (Aaltonen 1997, 50–51)

Kappaleiden levityksien tekoon on nykypäivänä käytettävissä sitä varten suunniteltuja tietokoneohjelmia. Levityksien laskenta ja korjausparametrit vaihtelevat jonkin verran eri ohjelmien kesken, mutta esimerkiksi Dassault Systèmes SolidWorks CAD-ohjelmiston SheetWorks-lisäosa laskee ja tekee levityksiä käyttäen k-kerrointa, taivutuslaskentaa, -

taulukkoita, -kutistumaa tai -sallimaa. Taulukoihin on Amadan toimesta lisätty kokeellisten tuloksien perusteella saatuja arvoja parantamaan levityksen ja taivuttamisen yhteensopivuutta ja tarkkuutta.

K-kerroin ja taivutuslaskenta

K-kertoimen suhdeluku (k) ilmoittaa neutraaliakselin sijainnin ottaen huomioon ohutlevyn materiaalin paksuuden ja se voidaan laskea esimerkiksi käyttäen yhtälöä (4).

$$k = 0,65 + 0,5 * lg * \frac{r}{s}, \quad (4)$$

jossa lg on kymmenkantainen logaritmi, s on levyn paksuus ja r on taivutuksen sisäsäde.

Oikaistu pituus (L_d) voidaan laskea käyttämällä hyväksi yhtälöä (5).

$$L_d = a + b + v, \quad (5)$$

Korjausarvo (v) voidaan laskea seuraavasti riippuen taivutuskulmasta (β).

Taivutuskulman ollessa $0^\circ < \beta \leq 90^\circ$:

$$v = \pi * \frac{(180-b)}{180} * \left(r + \frac{s}{2} * k \right) - 2(r + s). \quad (6)$$

Taivutuskulman ollessa $90^\circ < \beta \leq 165^\circ$:

$$v = \pi * \frac{(180-b)}{180} * \left(r + \frac{s}{2} * k \right) - 2(r + s) * \tan\left(\frac{(180-b)}{2}\right). \quad (7)$$

Taivutuskulman ollessa $165^\circ < \beta \leq 180^\circ$ on korjausarvo $v = 0$.

Näissä yhtälöissä β on taivutuskulma, b on kylkimitta, r on taivutuksen sisäsäde, s on levyn paksuus ja k on k-kerroin. (SolidWorks SheetWorks 2014)

Taivutussallima ja -kutistuma

Taivutussallimalla tarkoitetaan levyn taieen kaaren pituutta mitattuna neutraaliaksellilla. Taivutuskutistuma kuvaa kuinka paljon levyn taieen ulkopuoli on venynyt. Taivutussallima (B_a) voidaan laskea käyttämällä yhtälöä (9) ja taivutuskutistuma (B_d) yhtälöllä (10). Nämä määreet on havainnollistettu kuvassa 1. Lopullinen oikaistu pituus (L_d) saadaan laskettu yhtälöiden (11) ja (12) avulla.

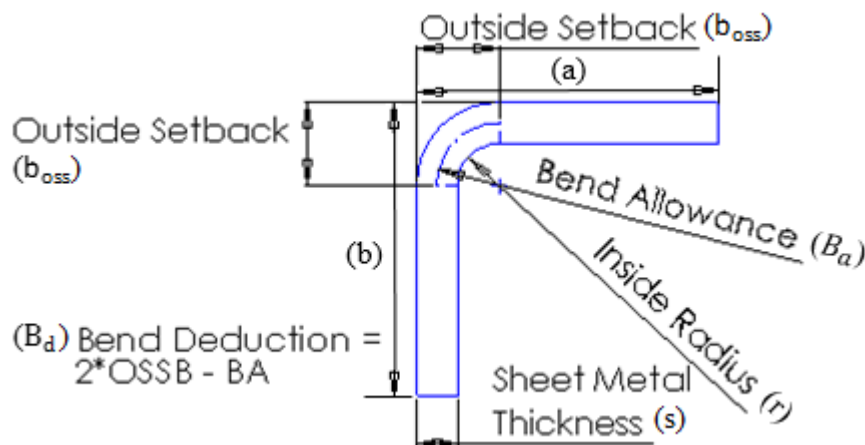
$$B_a = \pi(r + ks) * \frac{\beta}{180} \quad (9)$$

$$B_d = 2b_{oss} - B_a \quad (10)$$

$$L_d = a + b + B_a \quad (11)$$

$$L_d = a + b - B_d, \quad (12)$$

joissa r on taivutuksen sisäsäde, k on k -kerroin, s on levyn paksuus, β on taivutuskulma, a ja b ovat taivutuksen kylkimitat ja b_{oss} on taivutuksen selkämitta. (SolidWorks SheetWorks 2014)



KUVA 1. Taivutussallima ja -kutistuma (SolidWorks SheetWorks 2014, muokattu)

Taivutustaulukot

SheetWorksiin on valmiiksi luotu taivutuksien laskentaa varten k -kerroin-, taivutussallima- ja taivutusvähennemätaulukoita, joita myös ohjelman käyttäjällä on mahdollisuus muokata ja syöttää niihin omia arvoja. Taulukoissa arvot on määritelty materiaalin, materiaalin paksuuden ja taivutussäteen mukaan. (SolidWorks SheetWorks 2014)

3.2 Särmäyspuristin

Särmäyspuristin on yleisin ohutlevyteollisuudessa käytettävä kone. Ne ovat yleensä manuaalisia, eli työntekijä särmää koneen avulla kappaleita, mutta niihin on myös liitettävissä erityyppisiä robottisovelluksia. Särmäyspuristimia on ylä- ja alatoimisia, sekä ne voivat olla joko mekaanisesti, hydraulisesti tai sähkömekaanisesti toimiva. Yleisin malli teollisuudessa näistä on hydraulinen ylätoiminen särmäyspuristin. Ylätoimisessa koneessa työliikkeen suorittaa liikkuva yläpalkki, kun taas alatoimisessa alapalkki. Hydraulisissa koneissa palkin työliikkeen suorittavat hydraulisylinterit, joita on yleensä kaksi kappaletta ja ne ovat sijoitettu palkin päihin. Hydraulisella periaatteella saadaan tasainen suuri voima ja palkin liikkeitä on helppo säätää. (Mäki-Mantila 2001, 6–8)

Särmäyspuristimen fyysinen rakenne ja ulkonäkö poikkeavat hieman eri laitevalmistajien kesken. Kuvassa 2 on havainnollistettu särmäyspuristimen fyysistä rakennetta ja oleellisia komponentteja Amadan valmistaman koneen avulla. Kuvaan on merkitty seuraavat komponentit:

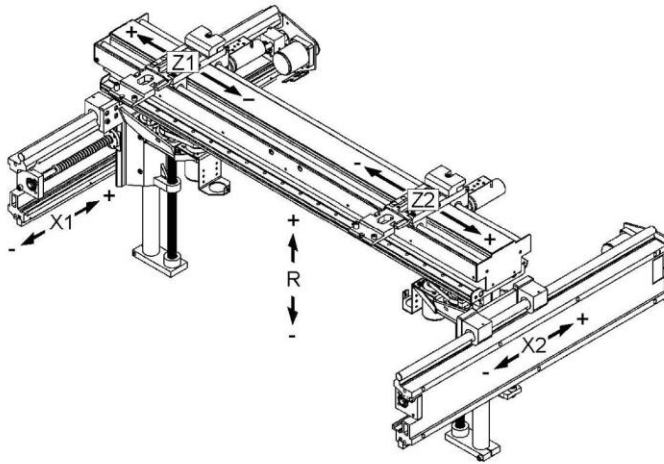
- | | |
|----------------------|--|
| 1. Runko | 8. Ohjauspaneeli |
| 2. Alapalkki | 9. Ohjauspoljin |
| 3. Vastimien pitimet | 10. Takavasteet |
| 4. Vastimet | 11. Turvaloverho (yläpalkin molemmissa päissä) |
| 5. Yläpalkki | 12. Sähkö- ja hydraulikkajärjestelmät ulkorakenteen sisäpuolella |
| 6. Painimien pitimet | |
| 7. Painimet | |



KUVA 2. Esimerkki särmäyspuristimen rakenteesta (Amada HFE-M2 särmäyspuristimen käyttöohje 2010, muokattu)

Nykyaikaiset särmäyspuristimet ovat NC-ohjattuja ja ohjauksella hallitaan takavasteiden ja liikkuvan palkin liikkeitä. Lisäksi ohjelmoitavissa voi olla alapalkin kaareutus (eli bombeeraus), jolla kompensoidaan yläpalkin taipumista taivutuksen aikana. Ohjelmoitavien akselien määrä vaihtelee riippuen särmäyspuristimesta. NC-ohjattujen takavasteiden avulla asetusajat ovat lyhemmät kuin manuaalisesti liikuteltävien, koska niiden paikoitus on nopea ja tarkka. (Mäki-Mantila 2001, 8–9)

Kuvassa 3 on näkyvissä särmäyspuristimen NC-ohjelmoitavat akselit. Tämän lisäksi ohjelmoitavia akseleita särmäyspuristimessa ovat liikkuvan palkin pystysuuntaiset akselit (y_1 ja y_2). Takavasteet liikkuvat yleensä pareittain korkeus- ja syvyysuunnassa, jolloin niitä ei voi paikoittaa toisiinsa nähden eri kohtiin x - ja r -akselien suunnissa. Kun x -akselit voidaan paikoittaa erilleen, puhutaan takavasteiden kierrosta.

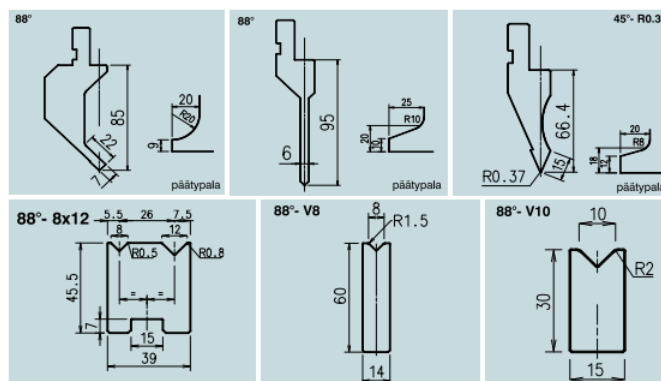


KUVA 3. Amadan särmäyspuristimien B-tyyppin takavastekokoonpano, 3-5 NC-ohjelmoitavaa akselia (Amada HFE-M2 särmäyspuristimen käyttöohje 2010)

3.3 Työkalut

Särmäyspuristimen työkaluja ovat painin ja vastin, joita on saatavissa koko puristimen leveyden mittaisena tai lyhempinä osina. Lyhyistä osista voidaan koota yksi määrämittainen työkalu tarpeen mukaan. Niitä voi myös sijoitella särmäyspuristimen palkkeihin eri kohtiin, jotta saadaan yhtäaikaisesti useampi asema taivutuksia varten. Tällöin haittapuolena on epäsymmetrinen kuormitus, joka saattaa aiheuttaa palkkien vinoutumisen ja taivutusvirheitä. (Aaltonen 1997, 55)

Painimia ja vastimia löytyy useita erilaisia malleja ja kokoja riippuen työkaluvalmistajasta. Kuvassa 4 on havainnollistettu muutamia Amadan valmistamia painimia (yläreunassa) ja vastimia (alareunassa).



KUVA 4. Esimerkkejä Amadan painimista ja vastimista (Ama-Prom Finland Oy 2014, muokattu)

Työkalujen kiinnitykseen on olemassa erilaisia kiinnitysjärjestelmiä, joita on kehitetty työkalujen vaihdon nopeuttamiseksi. Työkalujen kiinnitys voi tapahtua hydraulisella tai pneumaattisella lukituksella tai ne voidaan kiinnittää mekaanisesti ruuvien tai kampien avulla. Työkalut kiinnitetään särmäyspuristimen palkkien uriin ja ne liu'utetaan ulos palkin päistä tai pystysuunnassa. (Mäki-Mantila 2001, 9)

Esimerkiksi Amadan särmäyspuristimissa työkalujen kiinnitys tapahtuu yleensä mekaanisesti. Särmäyspuristimen yläpalkkiin on kiinnitetty pitimiä, joihin ruuvien ja kiinnityspalojen avulla lukitaan painimet. Näitä pitimiä on särmääjän mahdollista liikuttaa palkin eri kohtiin. Alapalkkiin kiinnitetään mekaanisesti kiinnityslevyjen avulla vastimia. Amadan valikoimasta löytyy myös niin kutsuttuja pikakiinnitysvastimia, joiden tarkoituksena on nopeuttaa vastimien vaihtoa. Alapalkkiin kiinnitetään vastimen pidin, jossa on sen koko pituuden mittainen ura, johon särmääjä vain pudottaa tai liu'uttaa paikalleen haluamansa vastimet.

Myöhemmin tässä opinnäytetyössä käsitellään ja viitataan särmäyksen työkaluihin (painimiin ja vastimiin), jolloin niistä käytetään nimitystä terät (painin eli yläterä ja vastin eli alaterä), koska tämä on hyvin vakiintunut ja yleinen nimitys niille. Myöhemmin viitataan myös painimien ja vastimien lyhyempiin osiin, jolloin niistä käytetään nimitystä palasarja.

4 NYKYTILANTEEN SELVITTÄMINEN

Ennen offline-ohjelmoinnin käyttöönottoa perehdyttiin yrityksen mekaniikka-yksikön toimintaan ja sen prosesseihin. Pääpainona oli selvittää särmäysosaston tämän hetkinen tilanne ja toimintamallit. Selvityksessä tuli myös huomioida särmäystä edeltävät työvaiheet ja niiden vaikutus särmäykseen.

4.1 Investoinnit

Hyrles Oy oli viime vuosien aikana uudistanut tuotantoaan investoimalla uusiin koneisiin ja ohjelmistoihin. Särmäysosaston viimeisimpiä investointeja olivat Amadan HFE-M2-särmäyspuristin ja Amadan särmäyspuristimien offline-ohjelmointiin tarkoitettu Dr. Abe Bend-ohjelma. Levytyösastolle oli myös hankittu kaksi Amadan EM-sarjan levytyökeskusta. Tämän lisäksi ohutlevytöiden ja nestaamisen kehittämiseksi oli yrityksessä otettu käyttöön Solidworks SheetWorks- ja Amada Dr. Abe Blank-ohjelmat. Näiden ohjelmien tarkoituksena oli tehostaa kappaleiden levityksien tekoa, nestaamista ja levytyökoneiden ohjelmointia erityisesti piensarja- ja prototuotannossa.

Viimeisimpiin investointeihin kuului myös ohutlevyosien kierrotukseen hankittu offline-ohjelmoitava kierrotuskone. Tämän lisäksi yrityksen maalaus- ja pesulinjastoa oli uudistettu vastaamaan paremmin nykypäivän tarpeita.

4.2 Särmäyksen konekanta

Särmäysosaston konekanta jakaantui pääasiassa kahteen ryhmään (pienet ja isot särmäyspuristimet). Kaikki käytössä olevat koneet olivat Amadan valmistamia NC-ohjattuja manuaalisia särmäyspuristimia. Lisäksi osastolla oli käytössä Amadan robottisärmäysosuus, jota hyödynnettiin pitkien sarjojen särmäyksessä.

Pienet särmäyspuristimet

Tähän ryhmään kuului yhteensä viisi särmäyspuristinta, joiden maksimi puristusvoima oli 500 kN, palkkien pituudet 1,2 m ja ne olivat hydraulisesti toimivia. Lisävarusteena kahdessa koneessa oli USB-portti, johon särmääjä pystyi liittämään ulkoisen massamuistin särmäysohjelmien tallentamiseksi. Jokaisessa oli NC-ohjelmoitavissa yhteensä vain viisi akselia (x1, x2, r, y1 ja y2), joten niistä puuttui takavasteiden sivuttaisakselien (z1 ja z2) NC-ohjelmointi. Takavasteet toimivat pareittain x- ja r-akselien suunnissa, sekä takavasteiden liikuttaminen z-akselin suunnassa särmääjän oli tehtävä manuaalisesti.

Isot särmäyspuristimet

Näitä särmäyspuristimia osastolta löytyi yhteensä neljä: HFE-M2 1303, HFP 80–25 ja kaksi hieman vanhempaa mallia. Kaikissa oli NC-ohjelmoitavissa seitsemän akselia (x1, x2, r, y1, y2, z1 ja z2), mutta x- ja r-akselit olivat ohjelmoitavissa pareittain. Vanhempien mallien maksimi puristusvoima oli 1250 kN, palkkien pituudet olivat 2,5 ja 3 m ja liikkeet oli hydraulisesti toteutettu. Lisävarusteena toisessa oli USB-portti, johon särmääjä pystyi kytkemään ulkoisen massamuistin, johon tallentaa särmäysohjelmat.

HFE-särmäyspuristimen maksimi puristusvoima oli 1300 kN, palkkien pituudet olivat 3 m ja liikkeet oli toteutettu sekä hydraulisesti että sähköisesti. Lisävarusteina koneessa oli kaksi taivutuksen saattoavustinpöytää, alipainenostin ja Fiessler Elektronikin turvaloverho. HFP-särmäyspuristimen maksimi puristusvoima oli 800 kN, palkkien pituus oli 2,5 m, ohjauksena oli uudempi Windows-pohjainen AMNC5, särmäysohjelmat tallentuvat palvelimelle ja liiketoiminnot oli toteutettu hydraulisesti. Lisävarusteena koneessa oli Fiessler Elektronikin turvaloverho.

Kaikista osaston särmäyspuristimista ainoastaan HFE:llä ja HFP:llä oli mahdollista käyttää hyödyksi offline-ohjelmointia. Muut olivat vanhempia malleja, joiden NC-ohjaukset eivät soveltuneet offline-ohjelmointi tarkoitukseen. HFP-särmäyspuristimella oli mahdollista hyödyntää offline-ohjelmointia suoraan AMNC-ohjauksen ansiosta, mutta HFE-särmäyspuristin vaati tiedonsiirtoyhteyttä varten siihen liitetyn tietokoneen, jossa oli Amadan LinkPad-ohjelma. Näin ollen offline-ohjelmoinnissa ja tässä opinnäytetyössä keskityttiin pääasiassa näihin kahteen särmäyspuristimeen.

4.3 Terät

Särmäysosastolla oli käytössä pääasiassa kolmeen eri luokkaan jaoteltavia teriä. Nämä luokat olivat uudemmat terät, vanhemmat terät ja muokatut terät. Käytännössä uudemmat terät olivat huomattavasti parempikuntoisempia ja laadukkaampia kuin vanhat. Muokatut terät olivat sellaisia, joita oli esimerkiksi lyhennetty tai terien profiilia oli muokattu. Kokonaisuudessaan uudempia teriä oli huomattavasti pienempi määrä kuin vanhempia ja muokattuja teriä. Kaikki terät oli sijoitettu useaan eri teräkaappiin ottaen huomioon niitä käyttävät koneet.

Yläterien kappalemäärät olivat hyvin rajalliset ja erilaisen profiilin omaavia teriä oli hyvin suppea valikoima, kun otettiin huomioon särmäyspuristimien yhteismäärä ja särmättävien kappaleiden vaatimukset. Alateriä oli käytännössä kahta erilaista mallia (pikakiinnitysterät ja palkkiin kiinnitettävät terät). Pikakiinnitysterät olivat ylivoimaisesti käytetyimpiä niiden helpomman ja nopeamman käytettävyyden takia. Kyseisiä alateriä oli käytettävissä suunnilleen yläteriä vastaava määrä, joten niidenkin kappalemäärät olivat hyvin rajalliset. Ylä- ja alateriä löytyi sekä täyspitkinä että palasarjoina.

Iso ongelma särmäysosastolla oli terien hyvin suppea valikoima ja niiden huono kunto. Uudemmat terät olivat pääasiassa käytössä kahdella isolla särmäyspuristimella (HFP ja HFE), mutta hyvin usein myös muut särmääjät käyttivät niitä. Tämän johdosta särmäystyön suorittamiseen vaadittavat terät olivat usein kokonaan loppu tai niitä ei ollut tarpeeksi. Tästä johtuen särmääjät joutuivat käyttämään jotain muuta terämallia, vanhoja teriä tai tekemään usean eri asetuksen, jotta kappaleen pystyi särmäämään. Vanhat terät olivat pääasiassa käytössä kaikilla muilla osaston särmäyspuristimista. Vaikka kyseisiä teriä oli isommat määrät kuin uusia, särmääjillä oli ajoittain vaikeuksia löytää sopivia teriä tai käyttää särmäystyöhön tarvittavia teriä.

Terien etsiminen, huono saatavuus ja useiden asetusten tekeminen hidasti särmättävien kappaleiden läpimenoaikoja. Lisäksi vanhat terät olivat huonolaatuisia ja kuluneita, joten ne aiheuttivat laatuvirheitä ja vaikeuksia kulmien ja mittojen säätöihin.

4.4 Ohjelmointi ja asetukset

Kaikkien särmäyskoneiden ohjelmointi tapahtui manuaalisesti eli särmääjä teki särmättävälle kappaleelle ohjelman kappaleen teknisen piirustuksen perusteella. Särmäyspuristimien ohjaukset olivat toisistaan hieman poikkeavia, mutta kaikissa oli samanlainen periaate.

Särmääjä määrittä jokaisen taivutuksen parametrit (materiaali, materiaalin vahvuus, taivutuskulma, taivutuksen pituus, takavasteiden paikoitus, viive ja väistö), särmäysjärjestyksen ja käytettävät terät. Särmäyspuristimen NC-ohjaus laskee annettujen parametrien perusteella tarvittavan puristusvoiman, yläpalkin avautumat ja pidätyskohdan (eli pisteen mihin asti yläterät painuvat koneen y-akselin suunnassa). Särmäystyön aikana särmääjän oli myös mahdollista tehdä korjauksia ohjelmaan (esimerkiksi korjata taivutuskulmaa, muuttaa pidätyskohtaa, paikoittaa takavasteet uudelleen tai lisätä puristusvoimaa).

Ennen kappaleen särmäyksen aloittamista tai sen aikana särmääjän tuli määrittää särmäysjärjestys, valita sopivat terät, paikoittaa terät särmäyspuristimeen ja tehdä särmäysohjelma. Tätä kutsutaan asetuksen tai 'tällin' tekemiseksi. Tämä kaikki oli sisäistä asetusajaa tuotannossa eli tänä aikana särmääjä ei tehnyt jalostavaa työtä. Usein särmääjät joutuivat laskemaan takavasteiden paikoitusta varten mittoja tai taivutuslinjojen mittoja, koska teknisissä piirustuksissa niitä ei ollut suoraan näkyvissä tai mittoja puuttui liikaa. Jos mittoja ei ollut mahdollisuus laskea, niin särmääjä tarkisti mitat särmäysosaston tietokoneelta 3D-mallista tai kysyi työnjohtajalta apua mittojen selvitykseen.

Nykytilanteen selvitysvaiheessa huomattiin usein, että särmäyksessä kului paljon aikaa asetusten tekoon ja erityisesti uusien haastavampien kappaleiden särmäminen vaati sisäistä asetusajaa särmäyspuristimella hyvin paljon. Asetusten ja ohjelmoinnin aikana särmääjillä oli lisäksi vaikeuksia tietää millä terillä ja terien paikoituksilla kappaleen särmäys onnistuu. Särmääjät joutuivat usein muuttamaan teriä, niiden paikoitusta tai särmäysjärjestystä kesken työn.

Asetusten tekoon kului myös aikaa, vaikka särmäyspuristimella oli valmis ohjelma, sillä vanhasta ohjelmasta ei selvinnyt yksiselitteisesti särmäysjärjestys, terien pituudet ja terien paikoitukset. Tästä johtuen särmääjän tuli käydä vanhaa ohjelmaa läpi katsoen taivutuspituuksia ja takavasteiden paikoituksia, jotta hän sai selville mihin terät tulee paikoittaa

ja miten kappale tulee särmätä. Erityisesti sellaisten kappaleiden kohdalla, joiden ohjelmassa oli hyvin vaikea tai laaja asetus, asetusten uudelleen tekoon kului hyvin paljon aikaa. Myös särmääjien mielestä asetusten teko oli iso ongelma, ja heidän mielestään sen helpottaminen olisi erittäin suuri apu.

Pienien särmäyspuristimien muistikapasiteetti oli hyvin pieni, joten niihin ei voinut tallentaa kuin hyvin vähäisen määrän särmäysohjelmia. Tämä johti siihen, että särmääjien tuli päättää mitkä ohjelmat oli hyvä tallentaa ja mitkä ei. Näin ollen ohjelmia joutui tekemään paljon uudestaan, minkä johdosta aikaa kului asetusten tekoon. Kolmeen särmäyspuristimeen oli myös asennettu USB-portti, jolloin koneisiin oli saatu lisää tallennuskapasiteettia. Särmääjät eivät kuitenkaan hyödyntäneet tarpeeksi tätä mahdollisuutta, vaan ohjelmointi tehtiin usein mieluummin uudestaan. Isojen särmäyspuristimien käyttäjät hyödynsivät ohjelmien tallennusta paljon paremmin, koska tallennuskapasiteettia oli enemmän. Ongelmana havaittiin olevan, että tieto tallennetuista ohjelmista oli särmääjien ja työnjohtajan muistin varassa tai särmääjien piti tarkistaa löytyykö heidän koneeltaan särmäysohjelmaa. Tämä johti siihen, että samalle kappaleelle tehtiin ohjelma useaan kertaan ja erityisesti haastavimmilla kappaleilla asetusten tekoon kului paljon aikaa.

Selvitysvaiheessa kävi myös ilmi, että levytyökoneilla valmistettiin ylimääräisiä kappaleita (eli niin sanottuna harjoituskappaleita) riippuen siitä kuinka haastava tai monimutkainen kappale oli särmäyksen kannalta. Usein ylimääräisiä kappaleita oli liikaa yksinkertaisille kappaleille tai liian vähän vaikeille kappaleille. Tämä johti siihen, että ylimääräisiä kappaleita valmistettiin turhaan tai kappaleiden kokonaismäärä ei riittänyt vastaamaan tilausta. Särmätyt kappaleet olivat toimituskelvottomia, sillä esimerkiksi kappaleen mitat tai kulmat olivat vääriä, jolloin tilaus jäi vajaaksi ja jouduttiin valmistamaan lisää kappaleita levytyökoneilla. Ylimääräiset kappaleet eivät aina riittäneet, koska kappaleen särmäys oli haastava suorittaa, joten myös tällöin niitä täytyi valmistaa lisää. Nämä uudestaan tehtävät työt aiheuttivat lisäkuormitusta levytyökoneille. Ylimääräisten kappaleiden määrää oli pyritty vähentämään tehostamalla nestaamista ja levytyökoneiden ohjelmointia Dr. Abe Blankin avulla.

4.5 Kuormituksen jakaantuminen särmäysosastolla

Särmäyspuristimille jaettavat työt jakaantuivat pääasiassa seuraaviin luokkiin: pienet kappaleet, isot kappaleet, pienet sarjat, isot sarjat, yksinkertaiset kappaleet ja haastavat kappaleet. Tämän perusteella töitä jaettiin kullekin särmäyspuristimelle riippuen niiden silloisesta kuormasta ja koko osaston kapasiteetista. Kuormituksen jakamisesta oli vastuussa särmäyksen työnjohtaja, joka jakoi työt särmääjille. Särmääjät myös itse valitsivat tulevista töistä heidän särmäyspuristimelleen ja omaan osaamiseensa sopivia töitä.

Pääsääntöisesti pienet ja yksinkertaiset kappaleet sekä näiden pitkät sarjat tehtiin pienillä särmäyspuristimilla. Fyysisen koon ja puutteellisen NC-ohjelmoinnin johdosta niillä oli huonot mahdollisuudet isojen ja haastavien kappaleiden särmäämiseen. Isoilla särmäyspuristimilla oli enemmän tilaa särmätä pitkiä ja leveitä taivutuksia, paremmat NC-ohjelmointivalmiudet ja niiden pidemmät palkit mahdollistivat laajemman ja monipuolisemman asetuksen tekemisen.

Isojen ja haastavien kappaleiden särmääminen jakaantui kolmelle isolle särmäyspuristimelle. Toisen vanhemman mallin särmäyspuristimen kapasiteetti oli lähes aina varattuna tuoteperheen valmistukseen, joten tällä koneella särmättiin hyvin harvoin muita kappaleita. Muuten isojen särmäyspuristimien kuormitus särmättävien kappaleiden kannalta oli hyvin samanlainen. Kuormitusta ei tarkemmin yksilöity esimerkiksi ottaen huomioon sarjakokoja tai kappaleiden haastavuutta. Poikkeuksena oli ainoastaan, että HFE-särmäyspuristimelle ohjattiin työt, joiden särmäämisessä voitiin käyttää apuna saattoavustinpöytiä ja alipainenostinta. Nämä apuvälineet helpottivat isojen kappaleiden käsittelyä ja työn suorittaminen oli ergonomisempaa.

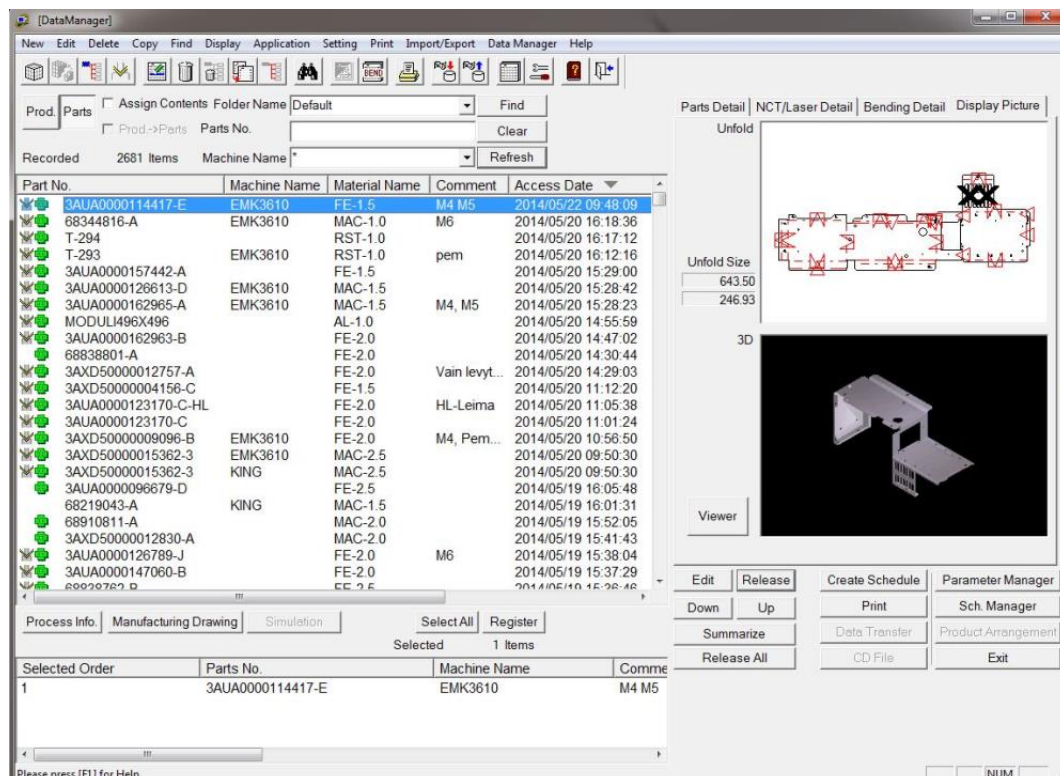
4.6 Tietokoneohjelmien esittely ja käyttö

Yrityksessä oli käytössä useita erilaisia ohjelmia, joita hyödynnetään tuotannossa riippuen työvaiheesta. Tämä opinnäytetyö liittyi olennaisesti särmäämiseen ja osittain muihin ohutlevytyihin, joten työn painopisteen johdosta keskityttiin kyseisten työvaiheiden olennaisiin ohjelmiin.

AP100 DataManager

Keskeisenä tietokantana Amadan koneille on AP100 DataManager, joka on datan hallinta- ja tietokantaohjelmisto Amadan levytyö- ja särmäyskoneille, joissa on AMNC-ohjaus. Ohjelmisto mahdollistaa tarvittavan datan säilytyksen yhdessä paikassa palvelimella, jonne tuotannon koneilla ja tietokoneilla on pääsy verkkoyhteyden avulla. Ohjelmiston ydin on SDD-palvelin, jonne varastoidaan kaikki tarvittava data liittyen esimerkiksi CAD-tietoihin, materiaaleihin, työkaluihin, työkoneisiin ja NC-ohjelmiin. Tätä kaikkea dataa hallinnoidaan ja hyödynnetään DataManager-ohjelman avulla. (Amada GmbH 2014)

DataManager-ohjelmaa käytettiin yrityksessä levytyökoneiden ja särmäysrobotisolun tietokantana CAD-datalle, NC-ohjelmille, materiaaleille ja työkaluille. Ohjelman näkymä tietokoneella näytti jokaisen kappaleen omana "Parts"-nimikkeenä ja siihen liittyvät tiedot (kuva 5). Jokaisesta nimikkeestä oli valittavissa oikean puoleisessa reunassa erilaisia välilehtiä, joista voi esimerkiksi tarkastella 3D-kuvaa, levityskuvaa, materiaalitietoja tai lisätietoja levytyöstä ja särmäyksestä. Itse ohjelma oli pelkästään tietokantajärjestelmä, jonka pääasiallinen tarkoitus oli jakaa ja hallinnoida tietoa SolidWorks SheetWorksin ja Dr. Abe Blankin kesken. Kaikki data tallentui yrityksen SDD-palvelimelle, jotta sitä voitiin hyödyntää useassa eri paikassa.



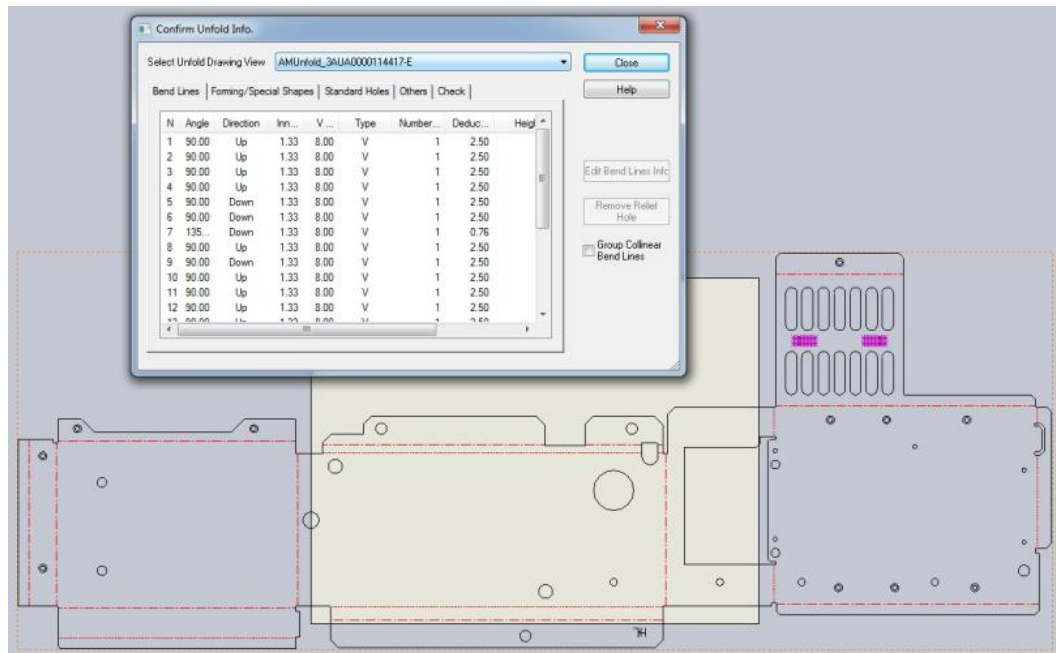
KUVA 5. DataManager-ohjelman näkymä (Kuvaruutukaappaus tietokoneelta 2014)

SolidWorks SheetWorks

SheetWorks on Amadan kehittämä liitännäisohjelmisto Dassault Systèmes SolidWorks 3D CAD-ohjelmistoon. SheetWorks:ssä on laajennetut toiminnot ohutlevyjen työstöön (esimerkiksi ohutlevyjen leikkaukseen ja taivutukseen). Liitännäinen esimerkiksi helpottaa ohutlevytuotteiden suunnittelua ja suunniteltujen osien levityksien tekoa. Ohjelmisto pystyy automaattisesti analysoimaan, käsittelemään, muuntamaan ja tallentamaan useita erilaisia 2D- tai 3D-tiedostomuotoja (esimerkiksi Pro/E, Parasolid, DXF, DWG, IGES, STEP ja SWG). Tietoja voidaan manuaalisesti muuttaa sekä ohjelmalla voidaan ajaa aikaa vieviä laskentaprosesseja yön aikana. SheetWorks on yhteydessä AP100 SDD-palvelimelle, joten sinne voidaan tallentaa dataa tai hakea sitä sieltä. (Amada GmbH 2014; Amada America Inc 2014)

Yrityksessä oli otettu käyttöön ohutlevytöiden tehostamista varten SolidWorks SheetWorks. Ohjelman avulla valmistettavista kappaleista tehtiin levityskuva, jotta Dr. Abe Blankin käyttö oli mahdollista. SheetWorks-ohjelman lähtökohtana oli kappaleen 3D-malli, josta tehtiin levityskuva (SLDDRW-tiedosto). Tämä tiedostomuoto mahdollistaa monipuolisen datan sisällyttämisen pelkkään levityskuvaan. Esimerkiksi SLDDRW-levityskuvasta löytyi jokaisen taivutuksen parametrit, kappaleen muotojen mitat ja muovaukset (kuva 6). Ohjelma käytti levitystä tehdessään hyväksi valmiiksi luotuja laskentamenetelmiä ja -taulukkoita, jotka ottivat levityksessä huomioon myös kappaleen särmäämisen vaatimat venymät ja työkalut. SheetWorksin hyödyntämät laskentamenetelmät ja -taulukot on esitelty aiemmin kappaleessa 3.1 ”Taivuttaminen”-osiossa, jossa käsitellään oikaistua pituutta. SheetWorksiin olivat myös ohjelman käyttäjät täydentäneet omia tarkentavia arvoja koskien levityksiä ja niiden tekoa.

Ohjelma teki levityksen automaattisesti ja itse levityksen tekemiseen ei vaadittu paljon manuaalista työtä. Ohjelman käyttäjällä oli kuitenkin vastuu tarkistaa levityksen virheettömyys vertaamalla sitä kappaleen tekniseen piirustukseen. SheetWorksin käyttöä pyrittiin jatkuvasti kasvattamaan yrityksessä, jotta vanhoja manuaalisia työtapoja saataisiin enemmän automatisoitua.



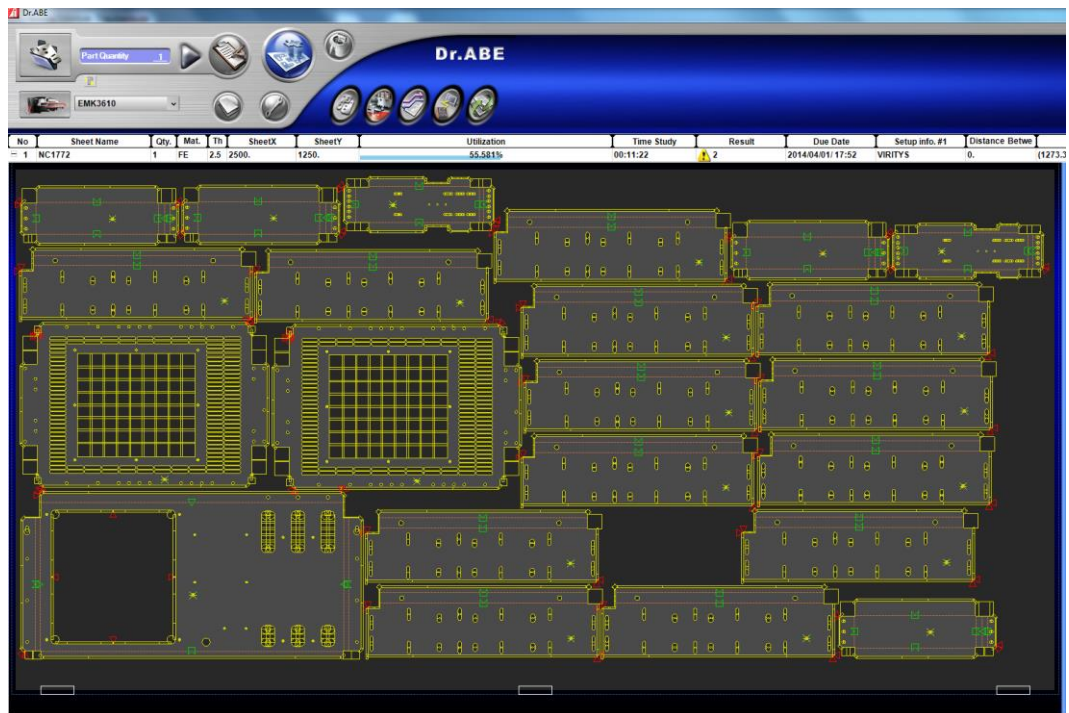
KUVA 6. SheetWorksin SLDDRW-levitys ja taivutuksien tiedot (Kuvaruutukaappaus tietokoneelta 2014)

Dr. Abe Blank

Amadan levytyökoneiden ohjelmointiin tarkoitettun Dr. Abe Blank-ohjelman avulla pystytään automaattisesti tekemään koko NC-ohjelmointi ja nestausprosessi. Näin ollen manuaalisen työn määrää saadaan vähennettyä ja tuottavuutta parannettua ohjelmiston automaation avulla. Ohjelmiston luomia tuloksia voidaan kuitenkin muuttaa manuaalisesti vaatimusten mukaan. Dr. Abe Blank on yhteydessä AP100 SDD-palvelimeen, jolloin dataa pystytään tallentamaan sinne tai hakemaan sieltä. Ohjelma on yhteensopiva useiden erilaisten CAD-tiedostomuotojen kanssa ja sen avulla tehtyjä NC-ohjelmia tukevat kaikki Amadan levytyökoneet, joissa on AMNC-ohjaus.

(Amada GmbH 2014; Amada America Inc 2014)

SheetWorksin ohella yrityksessä oli otettu käyttöön levytyökoneiden ohjelmointiin ja nestautamiseen tarkoitettu Amadan kehittämä Dr. Abe Blank. Tällä ohjelmalla levytyökoneiden ohjelmoija teki koneille NC-ohjelman ja nestin (kuva 7). Aikaa vieviä toimintoja (esimerkiksi työkalutusta ja kappaleiden nestautusta aihioon) oli ohjelman avulla voitu automatisoida ja kyetty tekemään tehokkaammin yhteisnestejä erilaisista kappaleista. Dr. Abe Blank oli yhdistetty yrityksen SDD-palvelimeen, josta haettiin dataa koskien NC-ohjelmia, valmistettavia kappaleita, materiaaleja, työkaluja ja levytyökoneita.



KUVA 7. Esimerkki Dr. Abe Blankilla tehdystä levytyöohjelmasta ja nestistä (Kuvaruutukaappaus tietokoneelta 2014)

Yhteisnestien teolla oli pystytty tehostamaan piensarjatuotantoa, koska samalle aihiolle ja yhteen levytyökoneen ohjelmaan oli mahdollista sisällyttää useita erilaisia kappaleita. Tämän tekemisessä pystyttiin hyödyntämään hyvin ohjelman omaa automaatiota. Lisäksi ylimääräisten kappaleiden ajoa oli pyritty vähentämään levytyökoneilla ja parantamaan levyaihioiden hyötysuhdetta. Ohjelman avulla levytyökoneiden ohjelmointiprosessia oli pystytty automatisoimaan ja vähentämään manuaalista työtä. Aiemmin yrityksen käytössä oli ollut pelkästään Optimaxin Opticam-ohjelma, jonka levytyökoneiden ohjelmointi- ja nestausprosessi oli paljon manuaalisempi ja kappaleiden yhteisnestien tekeminen huomattavasti työläämpää. Opticam oli vanhempi ohjelma, jonka ohjelmoinnissa käytettiin hyödyksi DXF-levitystiedostoja, joten tiedostoissa ei ollut mukana kuin mita- ja muototiedot levitetyistä kappaleista.

Dr. Abe Bend

Dr. Abe Bend on Amadan särmäyskoneiden offline-ohjelmointia varten kehitetty ohjelmisto. Ohjelmiston avulla on mahdollista tehdä tietokoneella offline-ohjelmointina särmäysohjelma, työkalujen valinta, simulointi, tarkastella kappaleen särmättävyyttä ja huomata virheitä ennen kappaleen särmäystä. Näin ollen pystytään lisäämään särmäyskoneen jalostavaa työaika ja pienentämään asetusajoja särmäyskoneella. Dr. Abe Bend pystyy automaattisesti etsimään tarvittavat työkalut, särmäysjärjestyksen ja ryhmittämään särmättäviä kappaleita. Kaiken tämän pystyy myös ohjelman käyttäjä tekemään manuaalisesti. Ohjelmalla voi simuloida särmäysprosessia ja ohjelma ilmoittaa mahdollisista virheistä NC-koodissa ja törmäyksistä. Dr. Abe Bend on yhteydessä SDD-tietokantaan ja ohjelmat voidaan suoraan ladata HFP- ja HD-särmäyspuristimille. Ohjelman avulla on mahdollista pienentää särmäyksen asetusajoja siirtämällä ohjelmointityötä ulkoiseksi työskentelyksi. (Amada UK Ltd 2014; Amada America Inc 2014)

Särmäyksen offline-ohjelmoinnin mahdollistamiseksi yrityksessä oli ollut käytettävissä Dr. Abe Bend-ohjelma. Ohjelma oli hankittu viimeisimmän särmäyspuristininvestoinnin yhteydessä, mutta se ei ole ollut käytössä. Yrityksen hankkima Dr. Abe Bend-ohjelma sisälsi vain manuaalisen offline-ohjelmoinnin eli sillä ei ollut mahdollista automaattisesti luoda särmäysohjelmaa tai ryhmittää useita kappaleita särmättäväksi samoilla asetuksilla.

Kyseisen ohjelman hankintavaiheessa yrityksessä oli luotu vaadittavat verkkoyhteydet tietokoneiden, särmäyspuristimien ja SDD-palvelimen välille. Itse Dr. Abe Bend-ohjelma oli myös asennettu ja käyttövalmiina särmäysosaston toimiston tietokoneella. HFP-särmäyspuristimen yhdistäminen SDD-palvelimeen oli onnistunut yksinkertaisesti, koska särmäyspuristimen AMCN5-ohjaus mahdollistaa offline-ohjelmoinnin suoraan. HFE-särmäyspuristimen toimintavalmius offline-ohjelmointiin oli vaatinut erillisen tietokoneen asennuksen särmäyspuristimelle. Tietokoneessa olevan LinkPad-ohjelman avulla tiedonsiirto oli tehty mahdolliseksi.

DataManagerin särmäystyökalujen kirjastoon oli lisätty särmäysosastolla käytössä olevia teräpitimiä, ylä- ja alateriä. Tällöin Dr. Abe Bendin avulla särmäysohjelman voi tehdä käyttäen oikeita ja saatavissa olevia teriä. Tätä työkalukirjastoa oli myös mahdollista muokata DataManagerin asetuksien kautta, joten esimerkiksi uusia teriä voi lisätä tai poistaa ei käytössä olevia. Ohjelman konekirjastoon oli myös lisätty HFP 80–25 ja HFE-

M2 1303, jotta Dr. Abe Bendin särmäysympäristö ja -puristimien omat parametrit vastasivat todellisuutta.

Investointien yhteydessä yrityksessä aloitettiin särmäyksen offline-ohjelmointi, mutta projektin kehitys kaatui ohjelmointityön heikkoon laatuun ja offline-ohjelmien käyttämättömyyteen. Yrityksessä oli tiedostettu, että Dr. Abe Bendistä voisi olla paljon hyötyä särmäysosaston toiminnan tehostamiseksi, mutta laajempaa käytännön kokemusta offline-ohjelmoinnista ei ollut.

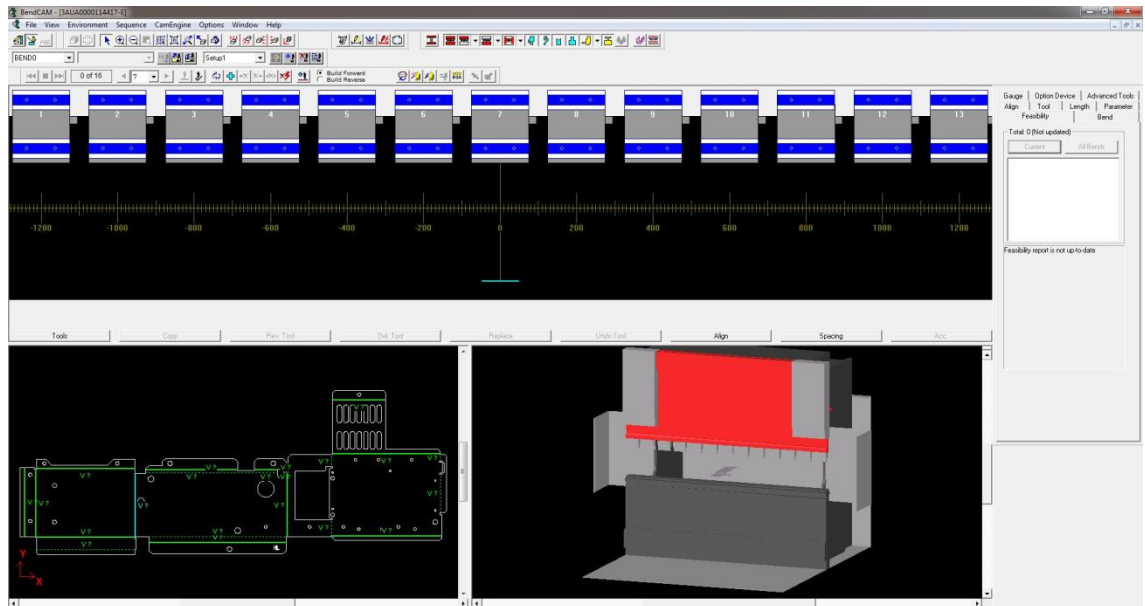
5 DR. ABE BENDIN KÄYTTÖ

Ennen offline-ohjelmoinnin käyttöönottoa perehdyttiin tarkemmin Dr. Abe Bend-ohjelmaan. Alkuperehtymisen tarkoituksena oli tutustua paremmin ohjelman toimintaan, miten sitä käytetään ja miten offline-ohjelmaa hyödynnetään särmäyspuristimella. Tässä kappaleessa on selvitetty kuinka ohjelmointi tapahtuu Dr. Abe Bendillä ja kuinka sillä tehtyjä ohjelmia hyödynnetään käytössä olevilla särmäyspuristimilla.

5.1 Särmäysohjelman teko

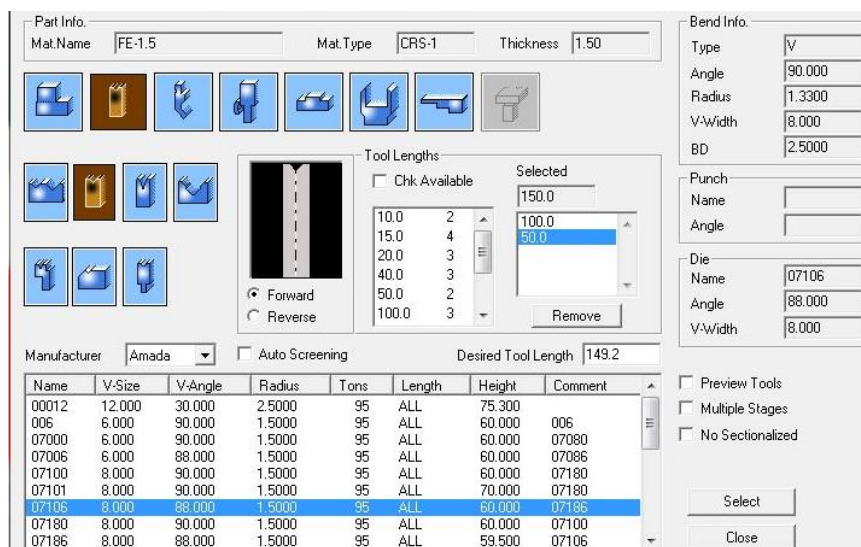
Dr. Abe Bendillä tehdyn särmäysohjelman perusta oli SheetWorksillä tehdyssä SLDDRW-levitystiedostossa ja 3D-mallissa. SheetWorksistä nämä tiedot tallentuivat DataManagerin tietokantaan SDD-palvelimelle. Ilman näitä kahta tiedostoa kappaleesta ei voinut tehdä särmäysohjelmaa. Tallennuksen jälkeen DataManagerissa oli näkyvissä "Parts"-nimike kappaleesta (kuva 5). DataManageriin oli luotu useita eri kansioita, mutta yrityksessä oli sovittu, että SheetWorks tallentaa tiedot ja "Parts"-nimikkeen aina yhteen ja samaan kansioon. Tällöin kaikki alkuperäinen data tallentui aina samaan kansioon, josta se oli esimerkiksi Dr. Abe Blankin tai Bendin käytettävissä.

DataManagerin kautta avattiin "Parts"-nimike Dr. Abe Bendissä, jolloin virtuaalinen ohjelmointiympäristö aukesi (kuva 8). Ohjelmointi ympäristössä oli kolme ruutua, jotka näyttivät särmäyspuristimen ylä- ja alapalkin välisen työalueen (eli teräkartan), kappaleen levityskuvan ja 3D-simulaation särmäyspuristimesta. Ohjelmointiympäristön näkymä riippui valitusta särmäyspuristimesta ja tehty särmäysohjelma oli yhteensopiva vain sille. Esimerkiksi HFE-särmäyspuristimessa oli pidemmät ylä- ja alapalkit, joten sen teräkartassa oli 15 yläterän pidintä, kun taas HFP-särmäyspuristimen palkit olivat hieman lyhemmät ja siinä oli vain 13 yläterän pidintä. Oikeasta reunasta löytyivät parametrien muokkausvälilehdet ja yläreunassa sekä ruutujen keskivälissä oli erilaisia painikkeita liittyen särmäysnäkömään ja -ohjelman tekemiseen.



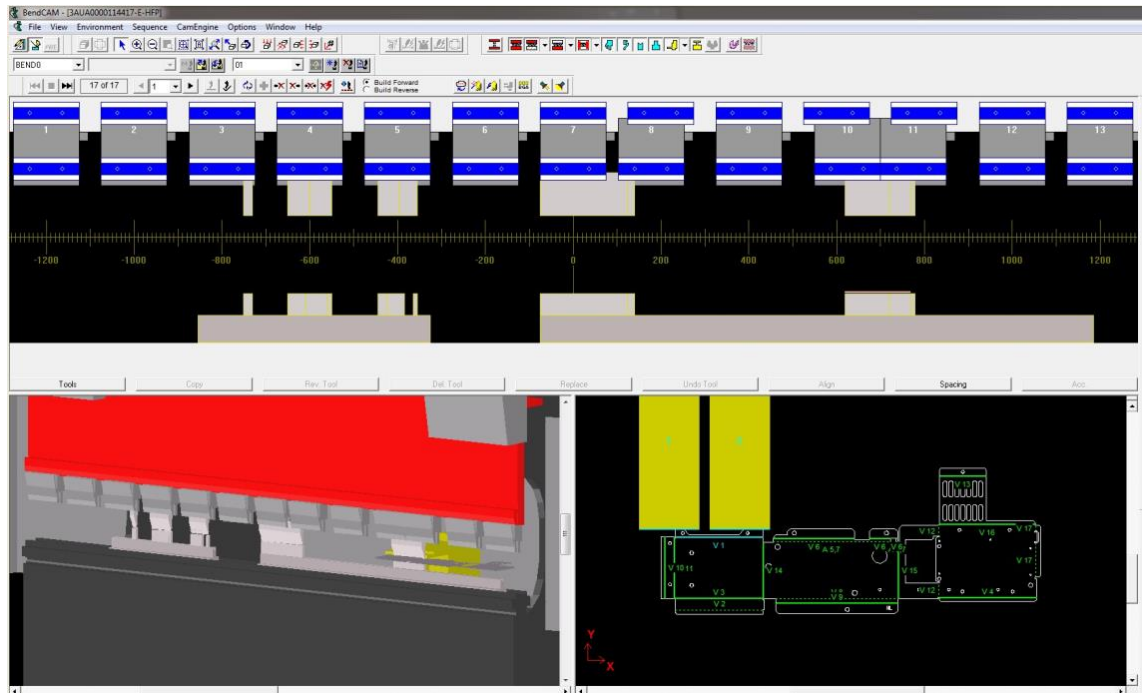
KUVA 8. Dr. Abe Bendin ohjelmointiympäristö (Kuvaruutukaappaus tietokoneelta 2014)

Ohjelmassa määritettiin haluttu ja toimiva särmäysjärjestys lisäämällä taivutus jokaiselle taivutuslinjalle. Samalla määritettiin käytettävät pitimet ja terät sekä sijoitettiin ne teräkartaan. Käytettävät ala-, yläterät ja alaterän pitimet valittiin "Tools"-painikkeen kautta, jolloin aukesi työkalukirjasto (kuva 9), joka näytti DataManageriin määritetyt työkalut. Kaikki yläterän pitimet olivat valmiina teräkartassa, mutta niitä pystyi paikoittamaan uudelleen tai poistamaan. Työkalujen määrittämisen jälkeen paikoitettiin alaterän pitimet ja terät alapalkkiin ja yläterät yläpalkin teräpitimiin. Paikoituksen pystyi tekemään visuaalisesti liikuttamalla, käyttämällä "Spacing"-nappulan millimetrimitoitusta tai hyödyntämällä "Align"-nappulan linjaustoimintoja.



KUVA 9. Dr. Abe Bendin työkalukirjasto (Kuvaruutukaappaus tietokoneelta 2014)

Simulaationäkymässä oli näkyvissä särmäyspuristin, särmättävä kappale ja työkalujen fyysinen sijainti. Näkymän perusteella pystyi tarkastelemaan miten työkalut tuli paikoittaa ja missä kohdassa särmättävä kappale piti olla, jotta jokainen taivutus oli mahdollinen. Taivutuksien määrittämisen yhteydessä pystyi paikoittamaan takavasteet, lisäämään tarvittaessa takavasteiden viiveet ja väistöt, simuloimaan jokaisen taivutuksen ja suorittamaan ohjelman oman käyttökelpoisuustestin. Särmättävä kappale oli aluksi täysin levitettyssä muodossa, mutta jokaisen taivutuksen jälkeen kappale muotoutui kyseisen taivutuksen lopullista muotoa vastaavaan tilanteeseen. Kuvassa 10 on havainnollistettu valmiin särmäysohjelman näkymää Dr. Abe Bendissä. Kun jokainen taivutus oli määritelty ja parametrit säädetty halutuiksi, ohjelma tallennettiin SDD-palvelimelle, josta se oli särmääjän käytettävissä. Tallentaessa "Parts"-nimike muuttui särmäyspuristinkohtaiseksi nimikkeeksi.



KUVA 10. Valmiin särmäysohjelman visuaalinen näkymä (Kuvaruutukaappaus tietokoneelta 2014)

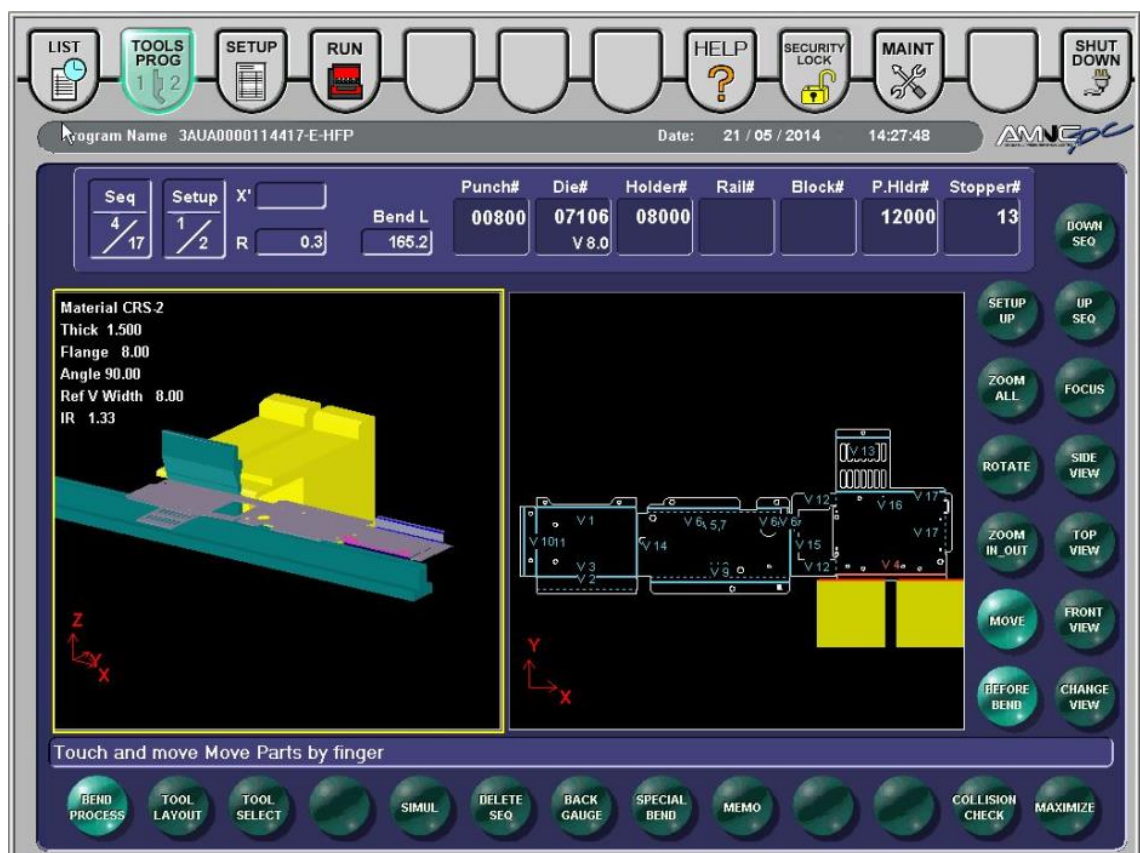
5.2 Särmäys

Offline-ohjelmointiin soveltuvien koneiden käyttöliittymät ja ohjaukset erosivat hyvin paljon toisistaan. Ne olivat kuitenkin toteutettu sillä periaatteella, että Dr. Abe Bendillä tehty särmäysohjelma ja särmäyspuristimen oma ohjaus antaisivat särmääjälle mahdollisimman paljon tietoa ja avustusta, kuinka kyseinen kappale tulee särmätä.

Tässä kappaleessa on tarkemmin kerrottu miten offline-ohjelmia hyödynnetään särmäyspuristimilla. HFP- ja HFE-särmäyspuristimien ohjauksien eroavaisuuden vuoksi ohjelmien käyttäminen on käsitelty molemmille erikseen. Tekstin tukena on käytetty kuvaruutukaappauksia särmäyspuristimien ohjauspaneelista, jotta asian sisältö on saatu paremmin havainnollistettua.

5.2.1 HFP-särmäyspuristin

Särmääjä etsi särmäyspuristimellaan kappaleen offline-ohjelman SDD-palvelimelta käyttäen avuksi hakutoimintoa tai valitsemalla sen ohjelmalistasta. Ohjelma avautui ja särmäyspuristimen ohjauspaneelissa oli valittavissa kolme erilaista välilehteä. "TOOLS PROG"-välilehdellä särmääjä pystyi esimerkiksi tarkastelemaan kappaleen särmäysjärjestystä, simuloimaan taivutuksia, näkemään takavasteiden paikoitukset, ajamaan törmäystestin, muuttamaan valittuja teriä tai katsomaan teräkarttaa (kuva 11).



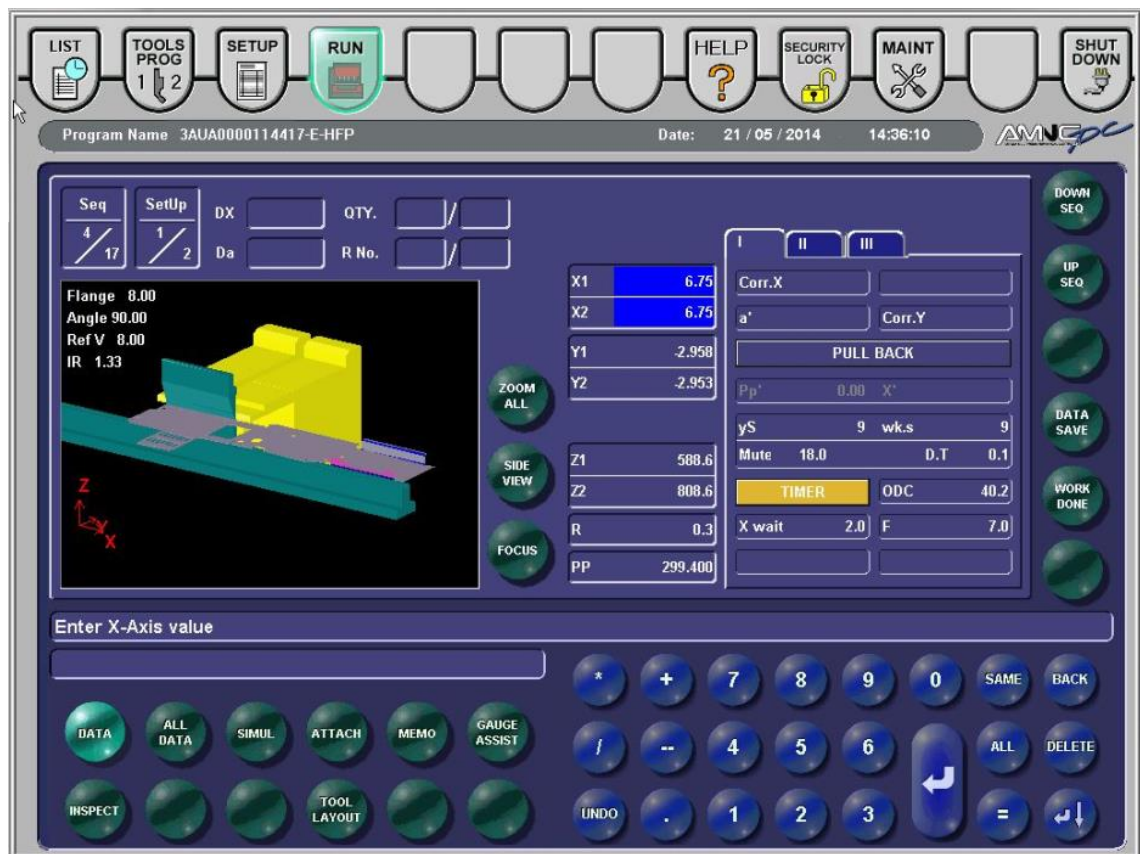
KUVA 11. HFP-särmäyspuristimen "TOOLS PROG"-välilehti (Kuvaruutukaappaus tietokoneelta 2014)

"SETUP"-välilehdellä särmääjä pystyi katsomaan teräkartasta tarkemmin särmäysohjelmaan valittuja teriä ja kuinka ne tulee paikoittaa (kuva 12). Terien paikoituksessa särmääjä voi käyttää apuna "Tools Spacing"-toimintoa, joka näytti työkalujen välit ja paikat millimetreinä. Lisäksi paikoituksessa voi käyttää "Tool Navi"-toimintoa, jolloin särmäyspuristimen takavasteet liikkuivat valitun terän kohdalle näyttäen sen paikan. Tällä välilehdellä särmääjä voi myös katsoa onko ohjelmoija kirjoittanut särmäysohjelmaan liittyvän viestin.



KUVA 12. HFP-särmäyspuristimen "SETUP"-välilehti (Kuvaruutukaappaus tietokoneelta 2014)

Siirtymällä "RUN"-välilehdelle särmääjä käynnisti automaattiajon ja pystyi aloittamaan särmäyksen. Kyseisellä välilehdellä oli näkyvissä särmäysjärjestyksen mukaisesti jokaisen taivutuksen tiedot ja simulaatio (kuva 13). Tämä oli niin sanottu "ajo"-näkyvä, koska tällä välilehdellä särmääjä voi korjata esimerkiksi taivutuksen mittoja, taivutuskulmia, puristusvoimaa, pidätyskohtaa, yläpalkin avautumaa, yläpalkin nopeuksia, takavasteiden paikoituksia, viiveitä tai väistöjä.

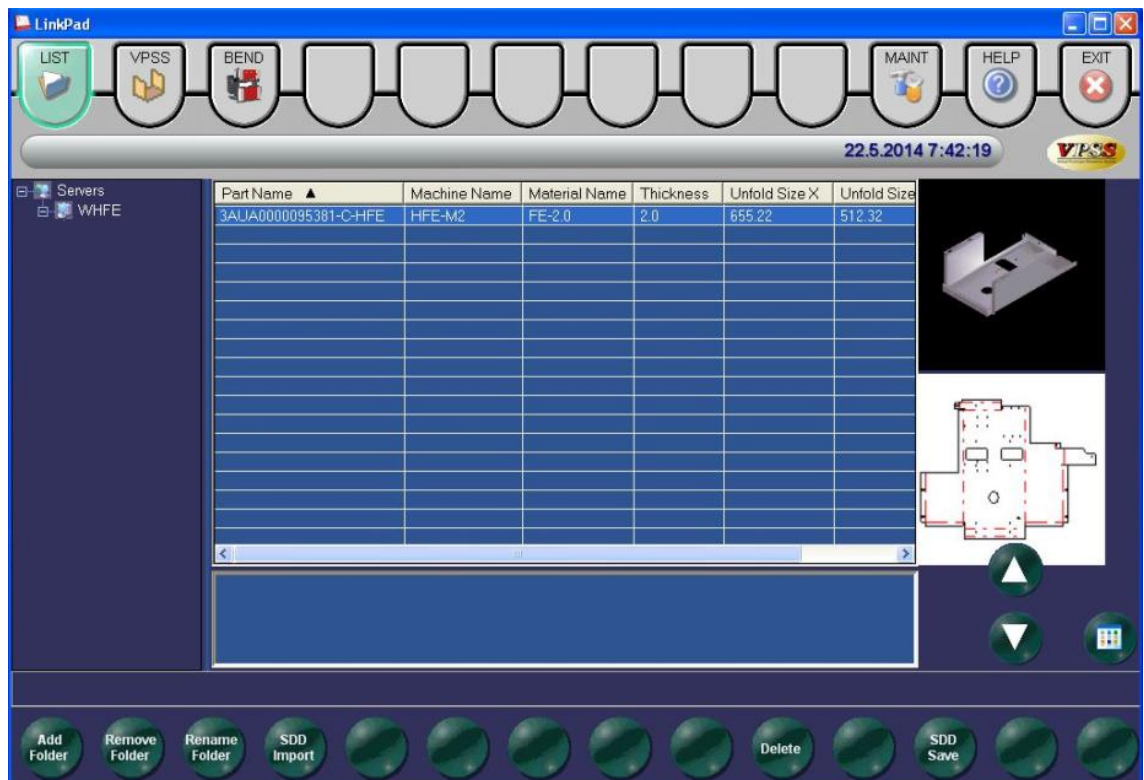


KUVA 13. HFP-särmäyspuristimen "RUN"-välilehti (Kuvaruutukaappaus tietokoneelta 2014)

AMNC5-ohjauksen käyttöliittymässä oli panostettu visuaaliseen näkymään, jolloin särmääjä sai hyvän käsityksen särmäysohjelman sisällöstä. AMNC5-ohjaus mahdollisti myös sen, että kun särmääjä muokkasi ohjelmaa (esimerkiksi korjasi taivutuskulmia tai muutti takavasteiden paikoituksia), niin takaisin tallennus palvelimelle sisälsi kaikki nämä muokkaukset.

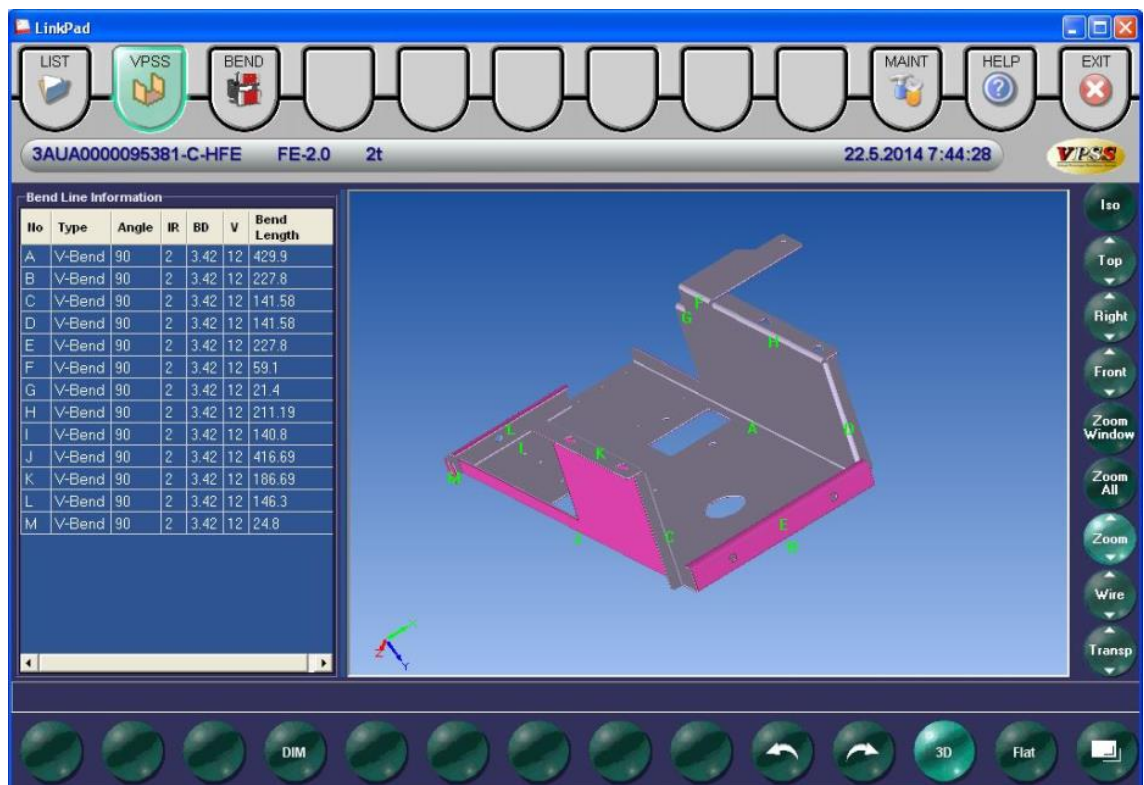
5.2.2 HFE-särmäyspuristin

Offline-ohjelman avaus ja sen hyödyntäminen HFE-särmäyspuristimella oli hyvin erilainen prosessi verrattuna HFP-särmäyspuristimeen. Särmääjä avasi HFE-särmäyspuristimen yhteyteen asennetulla tietokoneella LinkPad-ohjelman, jonka avulla offline-ohjelmia oli mahdollista etsiä SDD-palvelimelta hakutoiminnolla tai valita suoraan listasta. Valittu särmäysohjelma haettiin LinkPadiin, jolloin se aukesi ohjelman "LIST"-välilehteen (kuva 14). Tämä näkymä sisälsi listauksen LinkPadiin noudetuista offline-ohjelmista, ja siitä näki kappaleen 3D-mallin, levityskuvan ja materiaalitiedot.



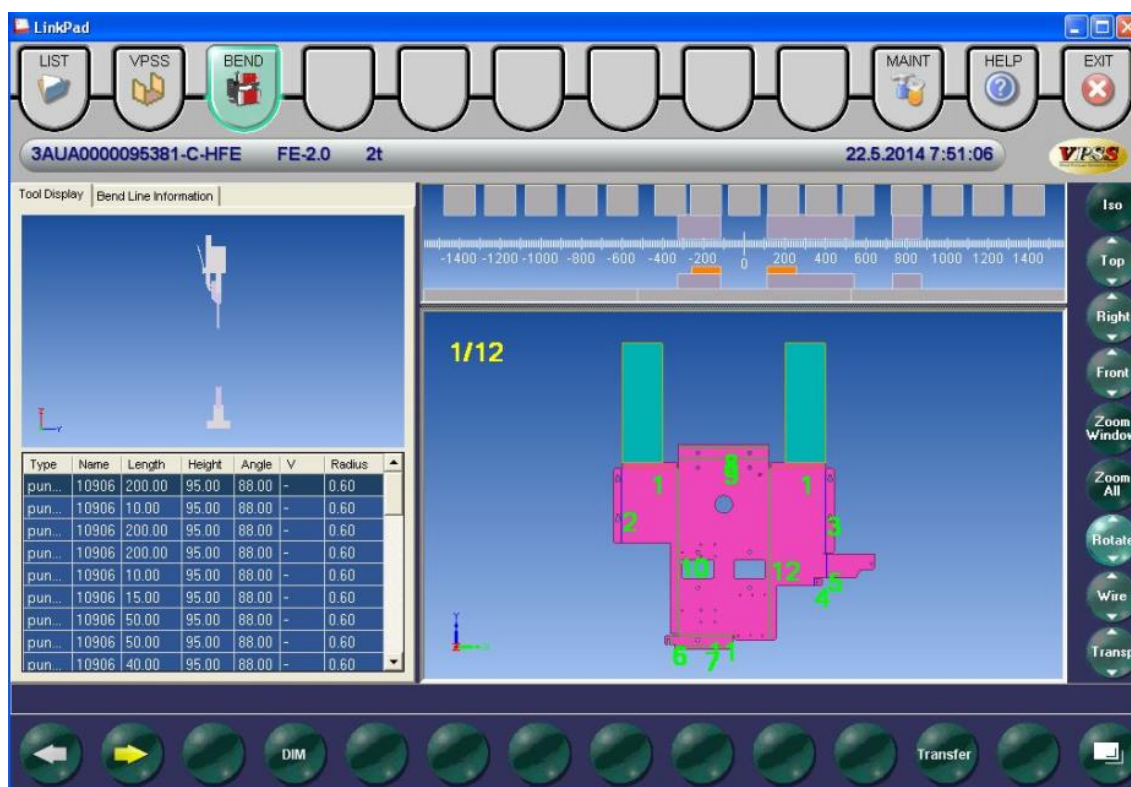
KUVA 14. Linkpadin ”LIST”-välilehti (Kuvaruutukaappaus tietokoneelta 2014)

Seuraavalla ”VPSS”-välilehdellä särmääjä pystyi tarkastelemaan kappaleen 3D-mallia, levityskuvaa, kappaleen mittoja ja taivutuksien tietoja (kuva 15).



KUVA 15. LinkPadin ”VPSS”-välilehti (Kuvaruutukaappaus tietokoneelta 2014)

Viimeisellä "BEND"-välilehdellä särmääjä näki ohjelmaan valitut työkalut, teräkartan, tiedot jokaisesta taivutuksesta ja simulaationäkymän (kuva 16). Simulaatio ilmoitti särmääjälle missä kappaleen tuli olla taivutuksen aikana ja mihin särmäyspuristimen takavasteet sijoittuvat. Tällä välilehdellä särmääjä siirsi ohjelman LinkPadista itse särmäyspuristimen muistiin painamalla "Transfer"-nappulaa. LinkPad antoi siirron yhteydessä ohjelmalle kertaluontoisen siirtonumeron.



KUVA 16. LinkPadin "BEND"-välilehti (Kuvaruutukaappaus tietokoneelta 2014)

Särmääjä etsi särmäyspuristimen omasta tallennusmuistista halutun offline-ohjelman siirtonumeron avulla ja avasi sen. Ohjauspaneelissa oli näkyvissä vain särmäystyöhön liittyviä olennaisia säätöparametreja, joita särmääjä voi muuttaa työn suorittamisen aikana. Työn päätyttyä särmääjä siirsi ohjelman takaisin siirtonumeron avulla LinkPad-tietokoneeseen ja tallensi sen takaisin SDD-palvelimelle.

HFE-särmäyspuristimen ohjaus oli yksinkertaisempaa mallia, joten särmäyspuristimen ohjauspaneelissa oli näkyvissä vain numero- ja kirjaindataa. Ohjaus ei pystynyt samantyyppiseen visuaaliseen näkymään kuin HFP-särmäyspuristimen AMNC5-ohjaus. LinkPadin käyttöliittymässä oli panostettu visuaaliseen näkymään, mutta siitä oli tehty hyvin yksinkertainen eikä se yltänyt visuaalisen näkymän tasossa ja työtä avustavan informaation määrässä lähellekään AMNC5-ohjausta.

6 TESTIVAIHE

Ennen varsinaista käyttöönottoa testivaiheessa tutustuttiin paremmin Dr. Aben Bendin käyttöön, jotta ohjelman käyttäminen ja sen ominaisuudet tulisivat tutuiksi. Lisäksi ajettiin testiohjelmaa särmäyspuristimilla, jotta kyettiin löytämään huomioita, ongelmia ja heikkouksia ennen käyttöönottoa. Testikappaleina käytettiin normaaleja tuotantotilauksia, joten testausta varten ei tarvinnut valmistaa erillisiä testikappaleita. Tämän vaiheen aikana pohdittiin myös miten tiedonkulku tulisi järjestellä, jotta tiedettäisiin mistä kappaleista tehdään offline-särmäysohjelma ja miten tieto tehdyistä ohjelmista välitetään särmääjille.

6.1 Ohjelmointi ja tiedonkulku

Dr. Abe Bendin käyttäminen oli ohjelmoijille ennestään jonkin verran tuttua, koska he olivat opetelleen sen käyttöä jo aiemmassa vaiheessa, kun offline-ohjelmointia ensimmäisen kerran otettiin käyttöön. Tästä huolimatta ohjelmalla pyrittiin tekemään särmäysohjelmia jatkuvasti, jotta sen käyttäminen ja ominaisuudet olivat varmuudella hallittuja. Testivaiheessa huomattiin, että DataManagerin työkalukirjasto ei ollut täysin yhdenmukainen särmäysosastolla käytössä olevien terien kanssa, joten työkalukirjasto päivitettiin vastaamaan todellisuutta. Epäselvää oli myös, kuinka DataManagerin kansiorakenne toimi ja miten särmäysohjelmat tulisi sinne järjestellä.

DataManagerin kansiorakenteesta ja sen järjestämisestä selvisi, että jos ohjelmoija valitsi "Parts"-nimikkeen ja teki särmäysohjelman Dr. Abe Bendillä, niin särmäysohjelma tallentui samaan nimikkeeseen ja kansioon kuin alkuperäinen nimike. Jos nimikkeestä oli tehty ohjelma jollekin levytyökoneelle, niin samaan nimikkeeseen saattoi liittyä useita levytyökonekohtaisia nimikkeitä. Näistä "Parts"-nimikkeistä muodostui pari/ryhmä eikä niitä voinut erottaa esimerkiksi eri kansioihin. Särmäysohjelmat haluttiin kuitenkin siirtää särmäyspuristinkohtaisiin kansioihin, jotta DataManagerissa olisi helpompi tarkastella tietyn särmäyspuristimen ohjelmia. Kun särmäysohjelmat olivat särmäyspuristinkohtaisissa kansioissa, särmääjän oli helpompi etsiä ja löytää ohjelmat eikä hän pystynyt vahingossa avaamaan toisen särmäyspuristimen tai levytyökoneen ohjelmaa.

Tällainen järjestely vaati sen, että "Parts"-nimikkeestä tuli ottaa kopio ennen särmäysohjelman tekoa ja liittää se sen särmäyspuristimen kansioon, jolle ohjelma aiottiin tehdä.

Jo testivaiheessa tiedostettiin, että särmäysohjelma piti tehdä hyvissä ajoin etukäteen ennen kuin kappale saapui edeltävistä työvaiheista särmäysosastolle. Offline-ohjelmoitavaksi päätettiin ottaa kappaleita, jotka olivat haastavia särmätä ja joiden asetuksien tekoon kuluisi paljon aikaa. Näin ollen päätettiin, että särmäysosaston työnjohtaja valitsi kappaleet, joista tehtiin särmäysohjelmat Dr. Abe Bendillä. Hänellä oli hyvä käsitys siitä, mitkä ja millaiset kappaleet olivat haastavia särmätä. Hänen tuli seurata yrityksen ERP:stä särmäyksen ja levytöiden työjonoja, jotta hän oli tietoinen mitä kappaleita oli särmäykseen tulossa. Tämän perusteella hän valitsi ohjelmoitavat kappaleet, tulosti kappaleen teknisen piirustuksen ja vei sen ohjelmoijien tietokoneen viereiseen laatikkoon. Tämä laatikko oli ohjelmoijien oma työjono, jonka perusteella he tekivät särmäysohjelmia. Työnjohtajan tietokoneen vieressä oli myös laatikko, johon ohjelmoijat tulostivat offline-särmäysohjelmaan liittyvän dokumentin, jotta työnjohtaja tiesi särmäysohjelma olevan tehty. Kun särmättävä kappale saapui särmäysosastolle, työnjohtaja tai ohjelmoija liitti tämän dokumentin kappaleen työmääräimeen. Tästä dokumentista kaikki särmääjät näkivät, että kappaleesta oli tehty valmiiksi särmäysohjelma Dr. Abe Bendillä, joten se oli tällöin menossa särmättäväksi joko HFP:lle tai HFE:lle.

DataManagerissa oli useita erilaisia A4-kokoiselle paperille tulostettavia dokumenttivalitsoehtoja. Mahdollisuutena oli tulostaa yksittäisiä tai useita sivuja, jotka sisälsivät vaihtelevan määrän tietoa särmäysohjelmasta ja särmättävästä kappaleesta. Esimerkiksi oli mahdollista tulostaa täydellinen ohje särmääjälle, josta kävi ilmi särmäysjärjestys, käytettävät työkalut, jokaisen taivutuksen tiedot ja parametrit sekä kuvat jokaisesta taivutuksesta.

Testivaiheen aikana kokeiltiin erilaisten dokumenttien tulostamista, niiden soveltuvuutta tiedonkulkuun ja otettiin huomioon särmääjien mielipiteet eri vaihtoehdoista. Eri vaihtoehdoista päädyttiin tulostamaan vain yhden A4-sivun mittainen "Parts Information"-dokumentti. Dokumentti itsessään ei antanut avustusta särmäystyön suorittamiseen, vaan sen tarkoituksena oli pelkästään informoida särmääjiä offline-särmäysohjelmasta. Tähän päädyttiin siksi, että paperiversion särmäysohje oli epäselvä, eivätkä särmääjät sitä tarvinnut. Samat tiedot olivat paremmin näkyvissä itse särmäyspuristimen ohjauspaneelista tai LinkPadista. Särmäysohje käsitti useita sivua eikä ohjeita ollut järkevää arkistoida

myöhempiä käyttöä varten, joten tulostaminen olisi vain lisännyt paperijätteen määrää. Esimerkiksi, jos särmäysohjelmassa oli 10 taivutusta, niin täydellinen ohje sisälsi 15 sivua.

6.2 Ongelmat ja ratkaisut

Testivaiheessa huomattiin, että ohjelmoijien tekemät särmäysohjelmat olivat sisällöltään hieman erilaisia kuin mihin särmääjät olivat tottuneet, kun he itse tekivät ohjelmat. Esimerkiksi särmääjät olivat tottuneet tekemään joitain taivutuksia erilailla, paikoittamaan takavasteet omalla tavallaan ja käyttämään erilaisia teriä ja palasarjoja heidän mieleisellään tavalla. Ohjelmoijien ja särmääjien näkemykset kuinka kappaleet tuli särmätä olivat erilaisia, joten tämä vaati, että särmääjien ja ohjelmoijien välillä tuli olla jatkuva palautteen jakaminen ja yhteisymmärrys. Näin ollen he pystyisivät yhdessä sopimaan jokaiselle sopivat tavat ja menetelmät, jotta ohjelmointi ja särmäys toimisivat yhteistyössä.

Yhtenä isona ongelmana huomattiin testivaiheen aikana, että offline-ohjelmat olivat usein huolimattomasti tai hätäisesti tehtyjä. Esimerkiksi ohjelmiin ei ollut määriteltä kaikkia taivutuksia, niissä oli törmäyksiä, käytettäväksi oli valittu väärä teriä, takavasteiden paikoitukset, viiveet ja väistöt olivat huonosti määriteltä ja terät olivat huonosti paikoitettuja. Ohjelmoijille kerrottiin toistuvasti palautetta millaisia virheitä tai epäkohtia offline-ohjelmissa oli, mutta särmääjien antama palaute ei juurikaan vaikuttanut ohjelmien laatuun. Jatkon kannalta oli erittäin tärkeää, että ohjelmien laatua saataisiin parannettua, jotta ne olisivat jatkossa virheettömiä ja toimivia.

Särmääjät olivat hieman epävarmoja offline-ohjelmien suhteen, koska he eivät olleet täysin varmoja niiden toimivuudesta, kun joku muu oli ne heidän puolestaan tehnyt. Luottamusta offline-ohjelmiin pyrittiin lisäämään palautekeskusteluilla, ottamalla särmääjien mielipiteet huomioon koskien särmäysohjelmien sisältöä ja parantamalla ohjelmien laatua. Särmääjillä oli aluksi hieman vaikeuksia löytää heille tarpeellisia tietoja offline-ohjelmasta ja simulaationäkymistä. Uuden työtavan ja tarpeellisten tietojen löytäminen oli ratkaistavissa offline-ohjelmien jatkuvalla käytöllä ja aktiivisella yhteistyöllä ohjelmoijien kanssa.

Jo testivaiheen alussa kävi ilmi, että HFE-särmäyspuristimen ja LinkPadin yhdistäminen offline-ohjelmointiin ei ollut kovin toimiva. LinkPadin käyttöliittymä ja visuaalinen näkymä olivat liian yksinkertaiset ja erittäin epäselvät, joten se ei antanut särmääjälle tarpeeksi tietoa ja avustusta särmäystyön suorittamiseksi. Käyttöliittymä oli myös erittäin hidas ja kappaleen simulaationäkymän käsittely toimi jähmeästi. LinkPadin ja särmäyspuristimen välinen särmäysohjelmien siirtely työn alkaessa ja tallennuksessa oli hieman outo ratkaisu tiedonsiirtoon. Tämä aiheutti jonkin verran hankaluuksia ja lisätyötä särmääjälle. Tämä tiedonsiirtojärjestely ei myöskään pystynyt tallentamaan kaikkia särmäjän tekemiä muutoksia takaisin palvelimelle, kuten HFP-särmäyspuristimen AMNC-ohjaus.

Aina välillä offline-särmäysohjelman luomisessa ilmeni ongelmia liittyen DataManageriin ja sen "Parts"-nimikkeisiin. DataManager ilmoitti, että kyseiselle "Parts"-nimikkeelle ei voinut tehdä särmäysohjelmaa Dr. Abe Bendin avulla, koska nimikkeestä puuttui BMF-tiedosto (eli Bend Model File-tiedosto). Kävi ilmi, että tämä BMF-tiedosto oli alkutiedosto särmäysohjelman luomiselle ja ilman tätä tiedostoa ei ohjelmaa voinut tehdä. SheetWorks loi BMF-tiedoston levityksen teon yhteydessä ja se tallentui automaattisesti SDD-palvelimelle 3D-mallin ja levityskuvan tallennuksen yhteydessä. BMF-tiedoston luonti onnistui myös myöhemmin DataManagerissa, josta löytyi erillinen toiminto sille.

Puuttuvia BMF-tiedostoja luotiin DataManagerin avulla, mutta välillä huomattiin, ettei DataManager voinut luoda BMF-tiedostoa, koska "Parts"-nimikkeessä ei ollut taivutuslinjoja tai taivutuslinjat olivat puutteellisia. Tämän ongelman selvityksessä huomattiin, että yksi "Parts"-nimike koostui oikeasti useasta eri tiedostosta, jotka DataManager vain näytti yksittäisinä nimikkeinä, jotta tiedonkäsittely oli helpompaa. Syyksi BMF-tiedoston ja taivutuslinjojen puuttumiselle epäiltiin johtuvan siitä, että välillä SheetWorksin levityskuvaa täytyi manuaalisesti muokata. Jos levityskuva poikkesi liikaa alkuperäisestä 3D-mallista, niin tällöin BMF-tiedoston luonti ei SheetWorksiltä onnistunut. Muokkauksen yhteydessä levityksentekijä myös välillä vahingossa poisti taivutuslinjoja. Levityskuvien tekijöitä ohjeistettiin tarkistamaan, että BMF-tiedosto oli luotu ja kaikki taivutuslinjat olivat tallella. Myös särmäyksen ohjelmoijia kehoitettiin kertomaan levityksien tekijöille, jos BMF-tiedostoissa tai taivutuslinjoissa esiintyi ongelmia.

6.3 Huomiot

HFP-särmäyspuristimen AMNC5-ohjauksen visuaalinen näkymä ja käyttöliittymä olivat erittäin toimivia ja informatiivisia. Visuaalinen näkymä antoi särmääjälle paljon avustusta ja tietoa kappaleen särmäyksestä offline-ohjelman avulla. Valmiiksi tehty ohjelma helpotti asetusten tekoa ja särmästyön suorittamista huomattavasti. Testivaiheen aikana huomattiin, että AMNC-ohjauksen valmiudet offline-ohjelmointiin olivat huomattavasti paremmat kuin LinkPadin. Tästä ja LinkPadin heikkouksista johtuen päätettiin, että HFP-särmäyspuristin on ensisijainen offline-ohjelmointia hyödyntävä kone. HFE-särmäyspuristimelle offline-ohjelmoidaan vain yksinkertaisempia ja isoja kappaleita. Tähän ratkaisuun vaikutti myös se, että isojen koneiden kapasiteetti särmäysosastolla oli hyvin rajallinen. HFE-särmäyspuristimella tehtiin usein yksinkertaisten kappaleiden pitkiä sarjoja ja kappaleita, joiden särmäyksessä kannatti hyödyntää alipainenostinta ja saattoavustinpöytiä.

Heti ensimmäisistä testisärmäyksistä alkaen huomattiin, että offline-ohjelmien avulla särmättyihin kappaleisiin tuli lähes tai juuri oikeat mitat, kun niitä vertasi kappaleen tekniseen piirustukseen. Tämä johtui siitä, että kun levitys oli tehty SheetWorksin avulla ja kappale valmistettu tätä levitystä käyttäen levytyökoneella, niin Dr. Abe Bend mitoittaa taivutuslinjat täsmälleen oikeisiin paikkoihin. Näin ollen taivutukset tulivat juuri oikeisiin kohtiin ja kappaleen mitat olivat teknisen piirustuksen mukaiset, kun levitys oli onnistunut. Pienet heitot mitoissa johtuivat enimmäkseen levityksen epätarkkuudesta, terien huonosta kunnosta, särmäyspuristimen omista parametreista ja materiaalin pienistä laatu-poikkeamista. Tässä yhteydessä havaittiin myös, että offline-ohjelman avulla särmätessä huomasi hyvin helposti, jos levitys ei ollut oikein tehty, koska tällöin mittoihin tuli suurempia poikkeamia kuin normaalisti.

Särmästyön alussa särmääjä joutui myös jonkin verran korjaamaan ja hakemaan oikeat säädöt halutuille taivutuskulmille. Tämä johtui siitä, että särmätessä taivutuskulma muuttuu hyvin herkästi ja siihen vaikuttavat esimerkiksi terien kunto, koneen omat parametrit, muovaukset lähellä taivutuslinjoja, kappaleen oma muoto ja materiaalin tasalaatuisuus. Taivutuskulmien korjaaminen ei rajoittunut pelkästään offline-ohjelmiin, vaan sitä ilmeni myös manuaalisesti tehdyissä ohjelmissa. Offline-ohjelmien avulla korjauksien ja säätöjen määrää saatiin kuitenkin vähennettyä merkittävän paljon verrattuna manuaalisesti tehtyihin ohjelmiin.

Ohjelmoinnissa havaittiin, että Dr. Abe Bendin käyttäminen tietokoneella olisi miellyttävämpää, jos tietokoneessa olisi kaksi näyttöä. Tietokoneeseen liitettiin toinen näyttö, jolloin särmäysympäristön ja simulaationäkymän pystyi jakamaan kahdelle näytölle. Tällöin esimerkiksi simulaationäkymästä sai paljon isomman ja sitä oli parempi tarkastella.

Testivaiheessa saatiin paljon positiivista näyttöä sille, että Dr. Abe Bendillä särmäyksen offline-ohjelmointi auttaisi erityisesti särmäyksen kannalta haastavien kappaleiden asetusaikojen pienentämisessä, särmääjän työn helpottamisessa, harjoituskappaleiden tarpeen pienentämisessä ja särmäyksen läpimenoaikojen lyhentämisessä. Dr. Abe Bendillä tehty särmäysohjelma oli täysin valmis käytettäväksi särmäyspuristimella työnsuorittamiseksi, joten sisäistä asetusaikaa oli mahdollista siirtää särmäyspuristimelta ulkoiseksi asetusajaksi toimistoon. Näin ollen särmäyspuristimen kapasiteetti oli tehokkaammin käytössä jalostavalle työlle. SheetWorksillä tehdyt levitykset olivat myös tarkkoja, joten näiden ohjelmien yhteiskäytöllä saatiin aikaan hyvin mittatarkkoja kappaleita.

Testivaiheen aikana oltiin yhteydessä Amadan koneiden maahantuonnista, huollosta, myynnistä ja ohjelmistoista vastaavan Ama-Prom Finland Oy:n ohjelmistovastaavaan Tero Rantaan. Hän vieraili yrityksessä ja antoi Dr. Abe Bendin käyttöön lisätietoja ja avustusta. Hän kertoi, että särmäyksen offline-ohjelmointi oli Suomessa ohutlevyteollisuudessa sillä hetkellä vielä melko harvinaista. Hänen mukaansa Dr. Abe Bendiä ei mikään muu yritys ollut ottanut käyttöön samalle tasolle kuin Hyrles Oy:ssä oli tarkoituk-
sena.

7 KÄYTTÖÖNOTTO TUOTANNOSSA

Testivaiheen huomioiden ja ongelmien johdosta itse käyttöönotossa keskityttiin pääasiassa HFP-särjäyspuristimen offline-ohjelmointiin. Käyttöönotossa tarkoituksena oli ottaa offline-ohjelmointi osaksi särjäysosaston toimintaa ja vakiinnuttaa siitä pysyvä toimintatapa. Aiemmin ilmenneet ongelmat poistettiin ja testivaiheen toimintatapoja muokattiin hieman paremmiksi ja toimivimmiksi.

7.1 Tiedonkulku

Testivaiheen aikana tiedonkulun osalta määritettiin, että särjäyksen työnjohtaja valitsi offline-ohjelmoitavat kappaleet, mutta tämän lisäksi otettiin käyttöön muitakin tietolähteitä. Tällöin oli käytettävissä useita tietolähteitä, joista pystyi seuraamaan mitä kappaleita oli tulossa särjäykseen ja missä valmistuksen vaiheessa ne olivat.

ERP:tä seuraamalla sai välittömästi tiedon eri kappaleista, kun sinne avattiin tuotantotilaus, mutta ERP:n avulla oli kuitenkin hankalaa ja epäselvää seurata tuotantotilauksien hienokuormitusta. Eli käytännössä ERP:stä näki mitä kappaleita särjäykseen oli tulossa, mutta niiden tarkkaa sijaintia tuotantoketjussa oli vaikea määrittää.

ERP:n ohella vaihtoehtona tiedonkulkuun oli seurata levytyökoneiden työjonoa joko toimistosta tai itse levytyöhallista. Toimistossa oli mahdollista nähdä mille levytyökoneelle mikäkin kappale oli menossa ja mistä kappaleista oltiin tekemässä levityskuvia ja nestauksia. Levytyöhallissa oli mahdollisuus nähdä missä vaiheessa kappaleiden levytyöt olivat levytyökoneilla. Näin ollen levytyöhallin ja -toimiston toimintaa seuraamalla sai tarkempaa tietoa kappaleiden työvaiheista.

DataManagerista oli mahdollista seurata mistä ja milloin kappaleista oli tehty levityksiä. Näin ollen sitä seuraamalla pystyi myös tarkastelemaan ja valitsemaan kappaleita offline-ohjelmointiin. Viimeisenä vaihtoehtona tiedonkulussa oli seurata mitä kappaleita särjäysosastolle oli levytyöhallista tuotu. Tässä vaiheessa särjäysohjelman teolle ei ollut kuitenkaan enää käytettävissä kovin paljon aikaa.

Nämä tietolähteet yhdistämällä voitiin seurata tarkemmin mitä kappaleita särmäykseen oli tulossa ja missä vaiheessa ne olivat tuotantoketjussa. Tällöin voitiin myös priorisoida offline-ohjelmointia särmäykseen tulevien kappaleiden saapumisajankohdan mukaan.

7.2 Ongelmat ja ratkaisut

Jo testivaiheen alussa ilmennyt ongelma offline-ohjelmien huonosta laadusta ja huolimattomuudesta jatkui myös käyttöönoton aikana. Ratkaisuna tähän oli, että pääasiallinen vastuu särmäysohjelmien teosta siirrettiin yhdelle henkilölle, joka oli sitoutunut offline-ohjelmointiin ja sen onnistuneeseen käyttöönottoon. Tämän johdosta offline-ohjelmien laatu sekä yhteiset toiminta- ja työtavat paranivat särmäyksen ja ohjelmoinnin välillä.

Käyttöönotossa korostui iso ongelma, joka oli tiedossa jo nykytilanteen selvitysvaiheessa. Usein särmääjältä kului aikaa terien etsimiseen ja valintaan, kun särmäysohjelmaan määritettyjä teriä ei ollut tarpeeksi, koska ne olivat käytössä toisilla särmäyspuristimilla. Tällöin särmääjä joutui käyttämään vaihtoehtoisia teriä, pyytämään teriä muilta särmääjiltä tai käyttämään vanhoja teriä, joiden käyttöä offline-ohjelmissa pyrittiin välttämään. Ongelma korostui erityisesti silloin, kun usealla särmäyspuristimella oli työstettävänä saman paksuista materiaalia tai teräpaloja tarvittiin useita yhteen asetukseen.

HFP-särmäyspuristimella havaittiin, että särmääjä joutui usein korjaamaan jokaisen taivutuksen pidätyskohtaa (eli särmäyspuristimen ohjelmointipistettä, johon asti yläpalkki painuu y-akselin suunnassa). Tämä ongelma tuli myös ilmi, kun särmääjä itse teki manuaalisesti ohjelman eli se johtui särmäyspuristimen omista parametreista. Särmäyspuristimen ohjaus laski taivutusparametreihin virheellisen pidätyskohdan, minkä arveltiin johtuvan käytön aikana tulleista osien kulumista ja palkkien vääntymistä. Särmäyspuristimen parametriasetuksista oli mahdollista korjata ohjauksen asettamaa pidätyskohtaa.

Käyttöönottovaiheessa offline-ohjelmoinnin hyödyntäminen oli huomattavasti korkeammalla käyttöasteella kuin testivaiheessa, joten Dr. Abe Bendin käytössä ja HFP-särmäyspuristimella ilmeni pieniä heikkouksia ja epäkohtia. Dr. Abe Bend ei aina antanut paikoittaa takavasteita ohjelmoijan haluamiin paikkoihin, vaikka tälle ei ollut mitään esitettyä. Dr. Abe Bendin simulaationäkymä HFP-särmäyspuristimen takavasteista oli puutteellinen, koska siinä ei näkynyt takavasteiden johdepalkkia kokonaisuudessaan. Ohjelma

myös nollasi asetettuja takavasteiden viiveitä ja väistöjä, jos määrittämisen jälkeen muutti ohjelmoinnin aikana takavasteiden tai työkappaleen paikoitusta. Joihinkin taivutuksiin ohjelma lisäsi viiveet ja väistöt automaattisesti, mutta usein ne tuli ohjelmoijan määrittää ja tarkistaa manuaalisesti.

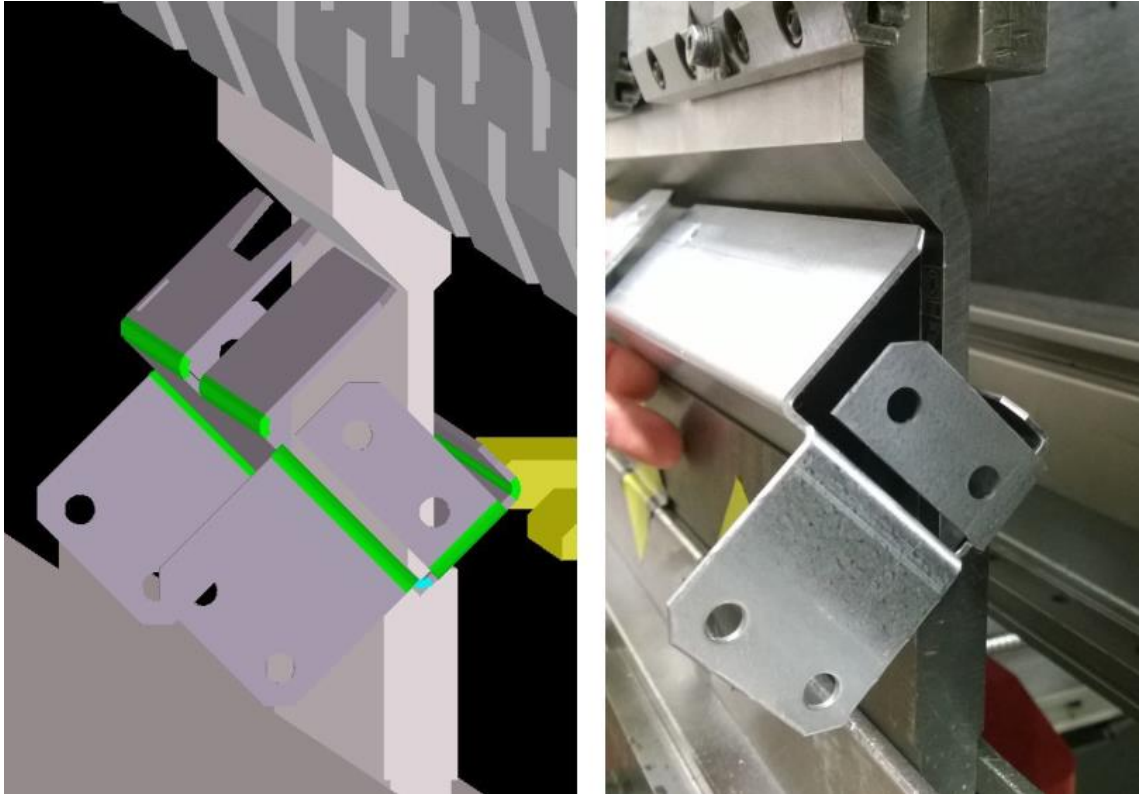
Dr. Abe Bendin käyttökelpoisuustesti kertoi hyvin esimerkiksi törmäyksistä tai vääristä työkaluista, mutta välillä se antoi hyvin erikoisia ja turhia virheitä. Esimerkiksi aina kun saman taivutuksen teki kahdessa vaiheessa, niin testi väitti kappaleen törmäävän teriin. Testi myös ilmoitti liian herkästi, että valitut terät olivat liian lyhyitä taivutuslinjaan nähden. Käyttökelpoisuustesti ilmoitti myös, jos ohjelmaan valittu terä ei ollut sopiva kyseiseen taivutukseen, mutta ohjelman pystyi silti tekemään ja tallentamaan. Kun tämän ohjelman avasi särmäyspuristimella, niin ohjaus ei antanut käyttää taivutuksen kannalta sopimatonta tai mahdollisesti vaarallista terää. Tämän johdosta ohjelmaa ei voinut ajaa koneella ennen kuin terä oli vaihdettu.

Kun offline-ohjelman avulla oli suoritettu särmäystyö ja särmääjä tallensi ohjelman takaisin palvelimelle, niin seuraavalla särmäyskerralla tämä ohjelma sisälsi kaikki särmääjän tekemät muutokset ja korjaukset. Jos ohjelmoija kuitenkin avasi ohjelman Dr. Abe Bendin avulla, teki ohjelmaan muutoksia ja tallensi sen, niin kaikki särmääjän tekemät korjaukset ja muutokset katosivat. Ilmeisesti, kun särmäystyössä käytetyn ohjelman avasi Dr. Abe Bendillä, teki siihen muutoksen ja tallensi sen, niin särmäysohjelman korjaukset ja muutokset nollautuivat Dr. Abe Bendin mukaisiksi parametreiksi.

7.3 Huomiot

Käyttöänoton aikana kiinnitettiin huomiota Dr. Abe Bendin simulaatiotarkkuuteen ja sen luotettavuuteen. Huomattiin, että ohjelman simulaatio oli erittäin tarkka ja luotettava, kun vertailtiin sen näkymää todelliseen tilanteeseen särmäyspuristimella. Kuvassa 17 on vasemmalla puolella Dr. Abe Bendin simulaationäkymä taivutuksesta, jossa kappale on taipunut lopulliseen taivutuskulmaan hyvin lähelle yläteriä. Oikealla puolella taas on kuva särmäyspuristimelta vastaavasta tilanteesta. Kuvia vertailemalla huomaa, että Dr. Abe Bendin simulaationäkymä oli lähes todellisuutta vastaava eikä kappale ota kiinni yläteriin taipuessaan lopulliseen taivutuskulmaan. Simulaation ja todellisuuden yhteensopivuus

todettiin useasti olevan erittäin luotettava, mutta simulointia hyödyntäessä oli kuitenkin hyvä muistaa, että se ei välttämättä täysin vastaa todellista tilannetta.



KUVA 17. Dr. Abe Bendin simulaation ja särmäyspuristimen taivutuksen vertailu (Kuvavaruutukaappaus tietokoneelta 2014 ja valokuva Jaakko Rahikainen 2014)

Käyttöönnotossa huomattiin, että offline-ohjelman tueksi tehty viesti oli erittäin hyvä apu särmääjälle työn suorittamiseksi. Viestissä sovittiin kerrottavan yleensä jotain erikois- huomioita tai työn suoritusta avustavia tietoja, joita särmääjä ei välttämättä itse huomannut. Tätä viestitoimintoa oli mahdollista käyttää hyödyksi vain HFP-särmäyspuristimella AMNC-ohjauksen ansiosta.

Särmäysohjelmien laatu ja toimivuus paranivat huomattavasti, kun niiden tekovastuu siirrettiin yhdelle henkilölle. Ohjelmoinnin ja särmäyksen välillä oli hyvä palaute- ja kommunikointiyhteys, joten molempien näkökulmat ja mielipiteet otettiin huomioon. Näin saatiin sovittua yhteisiä toimintatapoja ja -menetelmiä särmäysohjelmiin. Tiedonkulkuun tehdyt parannukset osoittautuivat toimiviksi ja useiden tietolähteiden käyttö auttoi särmäysohjelmien teon priorisoinnissa ja offline-ohjelmoitavien kappaleiden valinnassa.

Kokonaisuudessaan, kun offline-ohjelma oli huolellisesti tehty ja toimiva, niin särmääjän työtä saatiin helpotettua ja sisäistä asetusaikaa särmäyskoneella siirrettyä ulkoiseksi asetussajaksi. Näin ollen erityisesti HFP-särmäyspuristimen jalostavaa työaikaa saatiin lisättyä. Särmäyksen aikana tehtävien säätöjen ja korjauksien teko pienentyi merkittävästi kun särmäysohjelma oli tehty Dr. Abe Bendillä. Ylimääräisiä harjoituskappaleita ei tarvittu niin paljon kuin ennen ja asetuksiin kuuluva aika pieneni merkittävästi. Näihin vaikutti se, että kappaleiden mittojen tarkkuudet olivat hyvät ja särmäystyön suorittamiseen liittyvät asiat oli jo aiemmin mietitty ja ratkaistu ohjelmoijan toimesta.

Offline-särmäysohjelmasta oli myös paljon apua, kun kertaalleen sen avulla särmättyjä kappaleita tuli myöhemmin särmättäväksi uudelleen. Särmääjän oli huomattavasti helpompi suorittaa särmäystyö kuin manuaalisesti tehdyn ohjelman avulla. Myös särmääjät totesivat haastavien kappaleiden särmäyksen helpottuneen, kun kappaleesta oli valmiiksi tehty särmäysohjelma Dr. Abe Bendillä.

7.4 Kuormitus ja kapasiteetti

Osaston särmäyspuristimien kuormitusta ja käytettävissä olevaa kapasiteettia muokattiin käyttöönoton yhteydessä uudelleenlaiseksi. Offline-ohjelmointiin hyvin soveltuvia särmäyspuristimia oli vain yksi, joten kuormituksessa otettiin huomioon, että offline-ohjelmoinnista saatava hyöty olisi maksimaalinen. Kaikki kappaleet, jotka olivat särmäyksen kannalta haastavia, ja joiden asetuksien tekoon kului paljon aikaa tuotannossa, ohjattiin offline-ohjelmointiin ja HFP-särmäyspuristimelle. Kaikki yksinkertaisemmat isot kappaleet ohjattiin särmättäväksi HFE-särmäyspuristimille ja yhdelle vanhemmista malleista. Tarvittaessa HFE-särmäyspuristimella tehtiin offline-ohjelmilla isoja kappaleita, mutta niiden osuus kokonaisuudesta oli hyvin pieni. Toisen vanhemman mallin kuormitus pysyi pääsääntöisesti yhden tuoteperheen valmistamisessa. Pieniä särmäyspuristimia kuormitettiin yksinkertaisemmilla pienillä ja isommilla kappaleilla, jotka olivat mahdollisia ja sopivia särmätä niillä.

Jatkossa kuormitukseen kiinnitettiin tarkempaa huomiota kuin aiemmin, jotta offline-ohjelmoinnista saatava hyöty olisi mahdollisimman hyvä käytössä olevalla särmäyspuristinkapasiteetilla. Vaikka offline-ohjelmointiin hyvin soveltuvia särmäyspuristimia oli vain yksi, siitä saatava hyöty heijastui myös koko särmäysosaston toimintaan.

Pääsääntöisesti kaikkien haastavien kappaleiden särmäys tehtiin tehokkaasti yhdellä särmäyspuristimella, joten näitä kappaleita ei ohjattu tehtäväksi muilla särmäyspuristimilla. Näin ollen muiden koneiden kapasiteetti ja jalostava aika oli tehokkaammin käytössä, kun niillä ohjelmoitiin manuaalisesti vain yksinkertaisempia kappaleita.

8 MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELY

Nykytilanteen selvitys-, testi- ja käyttöönottovaiheissa suoritettiin testimittauksia kappaleille, jotka olivat särmäyksen kannalta haastavia. Ennen mittauksia tuli selvittää, mittauksien tavoite, miten mittaukset suoritetaan ja lopuksi vertailla tuloksia toisiinsa.

8.1 Mittauksien tavoite ja suorittaminen

Mittauksien tavoitteena oli selvittää mihin särmäyksessä kuluu aikaa sen suorittamisen aikana. Tarkoituksena oli myös vertailla kuinka paljon ja minkälaista hyötyä offline-ohjelmoinnista on verrattuna särmääjän manuaaliseen ohjelmointiin.

Mittauksiin valittiin yhteensä viisi erilaista kappaletta, joiden särmäys oli haastavaa johdun kappaleiden monimuotoisuudesta ja särmäyksen vaatimista asetuksista. Mittauksissa keskityttiin mittaamaan aikaa kuinka kauan seuraavat kolme osa-aluetta veivät koko särmästyöstä:

- **Esiasetus:** Esiasetuksella tarkoitettiin mittauksissa työvaihetta, joka alkoi kun särmääjä sai kappaleen särmättäväksi ja se loppui, kun särmääjä teki ensimmäisen taivutuksen. Manuaalisessa ohjelmoinnissa tässä työvaiheessa särmääjä teki päätöksiä liittyen särmäysjärjestykseen, työkaluihin, työkalujen paikoittamiseen ja aloitti särmäysohjelman teon. Offline-ohjelmoinnissa esiasetuksen mittauksen kesto oli sama kuin edellä, mutta tänä aikana särmääjä haki särmäysohjelman palvelimelta, aloitti särmäysohjelmaan tutustumisen ja paikoitti ainakin osan työkaluista. Särmääjä ei tehnyt koko asetusta välttämättä valmiiksi kummassakaan tapauksessa, joten vaihe on nimetty esiasetukseksi, ettei se sekoitu aiemmin mainittuun asetukseen.
- **Mittaus/säätö:** Tässä kohdassa huomioitiin kuinka paljon aikaa särmääjä käytti esiasetuksen jälkeen erilaisiin korjaus-, säätö- ja mittaus-toimenpiteisiin, jonka aikana hän ei tehnyt jalostavaa työtä.
- **Ajo:** Tämä osuus käsitti särmääjän tekemää jalostavaa työtä eli käytännössä särmäyspuristimella tehtiin tänä aikana taivutuksia.

8.2 Mittaustuloksien vertailu

Mittauksien aikana ja niiden jälkeen tuloksien tarkastelussa huomattiin, että suurin osa ei jalostavasta työstä tapahtui esiasetuksen ja pääsääntöisesti kolmen ensimmäisen kappaleen aikana. Näin ollen lopullisiin mittaustuloksiin ja niiden vertailuun sisällytettiin, että "Mittaus/säätö"- ja "Ajo"-kohdat jaotellaan kahteen ryhmään: kolme kappaletta ja loput kappaleet.

Liitteessä 1 (salattu) on esiteltyinä mittaustuloksista muodostettu taulukko, josta on nähtävissä jokaisen kappaleen särmäykseen kulunut aika ja prosentuaalinen vertailu. Mittaustuloksien ajat on ilmoitettu vasemman puoleisessa sarakkeessa sekunteina ja oikean puoleisessa minuutteina. Prosentuaalisia osuuksia kuvaavien lukujen yhteydessä on käytetty % -merkkiä sekä onko luku pienentynyt (-) tai kasvanut (+).

Tuloksien tarkastelussa kävi selkeästi ilmi, että näiden kahden ohjelmointitavan erot ajallisesti olivat merkittävät. Jokaisen kappaleen "Vertailu"- ja "Vertailun yhteenveto"-sarakkeesta huomasi, että Dr. Abe Bendin avulla särmäystyön ei-jalostavaa työtä ("Esiasetus"- ja "Mittaus/säätö"-sarakkeet) oli saatu minimoitua. Mittaustuloksista huomasi myös, että "Mittaus/säätö loput"-sarakkeiden ajat olivat hyvin merkityksettömiä jalostavan työn ja koko särmäystyön kannalta. Mittaustuloksien mukaan myös jalostavan työn määrät ("Ajo"-sarakkeet) olivat pienentyneet. Tämä johtui siitä, että kun hyödynnettiin offline-ohjelmointia, niin kappaleen särmäyksestä karsiutui turhaa jalostavaa työtä. Ohjelma oli valmis jo särmäyksen alkaessa ja taivutukset olivat heti tai hyvin nopeasti oikein.

Merkittävin huomio mittaustuloksissa oli, että ensimmäisten kolmen kappaleen aikana "Mittaus/säätö"-osuuteen kului hyvin paljon aikaa, mutta Dr. Abe Bendin avulla tähän osuuteen kulunutta aikaa saatiin pienennettyä keskimäärin 72 %. Lisäksi esiasetukseen käytettyä aikaa oli mahdollista pienentää melkein 50 %. Kokonaisuudessaan mittaustuloksien perusteella kappaleiden särmäyksen läpimenoaikoja oli mahdollista pienentää noin 50 %, kun ohjelmointi suoritettiin Dr. Abe Bendillä.

Liitteessä 2 (salattu) on näkyvissä jokaisesta kappaleesta kaksi prosentuaalista kuviota, jotka havainnollistavat miten ajan käyttö jakaantuu särmäyksen aikana manuaalisessa ohjelmoinnissa ja offline-ohjelmoinnissa. Kuvioden tarkastelussa huomattiin, että manuaa-

lisessa ohjelmoinnissa ei-jalostavaan työhön ("Esiasetus"- ja "Mittaus/säätö"-osiot) kulunut osuus oli huomattavan suuri verrattuna jalostavaan työhön ("Ajo"-osio). Dr. Abe Bendillä jalostavan työn osuus oli saatu kasvatettua ja ei-jalostavan työn osuutta pienennettyä. Jalostavan työn osuus manuaalisessa ohjelmoinnissa oli noin kolmasosa kokonaisajasta, kun taas offline-ohjelmoinnissa se oli noin puolet kokonaisajasta.

9 JATKOKEHITYS

Dr. Abe Bendin hyödyntämisestä särmäyksen offline-ohjelmoinnissa saatiin paljon positiivisia tuloksia särmäysosaston tehokkuuden parantamiseksi ja asetusaikojen lyhentämiseksi. Näin ollen offline-ohjelmoinnin käyttöä olisi erittäin suotavaa jatkaa, vaikka tähän hyvin soveltuvia särmäyspuristimia oli käytössä vain yksi kappale. Tulevaisuuden särmäyspuristininvestoinneissa kannattaisi ottaa huomioon, että niiden avulla olisi mahdollisuus hyödyntää offline-ohjelmointia suoraan särmäyspuristimen oman ohjauksen kautta (AMNC-ohjaus).

Yrityksen käytössä oleva Dr. Abe Bend-versio sisälsi vain manuaalisen offline-ohjelmoinnin. Yhtenä kehityskohteena olisi selvittää millaista hyötyä olisi saavutettavissa, jos versio päivitetäisiin sisältämään myös automaattisen ohjelmoinnin ja kappaleiden ryhmittämisen asetuksien perusteella. Ohjelmointiin liittyen olisi myös suotavaa pohtia onko sen tekeminen järkevää antaa yhden ohjelmoijan vastuulle vai perehdyttää sen käyttöön useampi henkilö.

Tiedonkulkuun oli tarkoituksena vielä lisätä osio, joka informoi särmääjiä sekä muita työntekijöitä offline-ohjelmoiduista kappaleista, kun kappale tulee myöhemmin uudelleen särmättäväksi. Tätä varten hyväksi ratkaisuksi suunniteltiin, että ERP:hen tulee jäädä informaatiota koskien offline-ohjelmoituja kappaleita. Työmääräimestä tulee työntekijöiden myös selkeästi nähdä, että kappaleesta löytyy valmis Dr. Abe Bend-ohjelma.

Tarkoituksena olisi, että hyödynnetään jo aiemmin luotua ERP:n kuormitusryhmää. Tämän avulla ERP:n työjonoissa ja kappaleen tiedoissa näkyy, että offline-ohjelma on tehty. Tällöin särmäyksen työnjohtaja ja muut ERP:n käyttäjät pystyvät huomaamaan nämä kappaleet. Kuormitusryhmän käyttäminen mahdollistaa sen, että myös työmääräimeen tulee selkeä merkintä, että kappaleesta löytyy valmis offline-ohjelma ja kaikki särmääjät sen huomaavat. Tämä kuormitusryhmän muutos vaatii, että kappaleen nimikkeen rakennetta muutetaan ERP:stä. Muutostyön suunniteltiin sisältyvän offline-ohjelmoijan työtehtäviin. Tätä tiedonkulkuvaihetta ei tämän opinnäytetyön aikana ehditty ottaa käyttöön, mutta sen käyttöönotto tapahtuu opinnäytetyön päättymisen jälkeen.

Tärkein tulevaisuuden kehityskohde on ehdottomasti investoinnit uusiin särmäysteriin, koska käytössä olevat terät ovat hyvin huonokuntoisia ja niitä on käytettävissä liian pienet määrät. Huonokuntoiset terät lisäävät säätöjen ja korjauksien teon määrää (ei-jalostavaa työtä) sekä aiheuttavat laaturvirheitä. Terien hyvin rajalliset määrät ja eri terämallien heikko saatavuus aiheuttavat vaikeuksia särmäyksessä ja terien valinnassa. Näistä ongelmista johtuen asetuksien tekoon ja särmäystyöhön kuluu tuotannossa paljon ylimääräistä aikaa, jota olisi mahdollista karsia pois teräinvestoinneilla. Särmäysosaston teriin ja muihin työkalutarpeisiin, kuten myös muille osastoille, voisi ottaa käyttöön osastokohtaisen budjetin, jonka rajoissa osastot voisivat tehdä omia investointeja. Isompien investointien ei katsottaisi kuuluvan budjettiin, vaan ne käsiteltäisiin erikseen. Tämä mahdollistaisi terien jatkuvan ylläpidon, jotta särmäysosastolla olisi käytössä laadukkaita teriä, ja niitä olisi tarpeellinen määrä.

10 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli ottaa käyttöön särmäysosastolla offline-ohjelmointi, jotta osaston tehokkuutta voitaisiin parantaa ja pienentää asetuksiin kuluva tuotantoaikaa. Koko prosessin aikana saatiin paljon positiivisia kokemuksia ja tuloksia Dr. Abe Bendin käytöstä särmäysosaston toiminnan parantamiseksi. Käyttöönoton koettiin olevan onnistunut ja toivottuihin tavoitteisiin päästiin. Kokonaisuudessaan kyseisen ohjelman käyttäminen pienentää särmäyksen asetusajoja, kasvattaa jalostavan työn määrää suhteessa ei-jalostavaan työhön, pienentää tarvetta ylimääräisille harjoituskappaleille, vähentää korjauksien ja säätöjen tekemistä särmäyksen aikana, lyhentää kappaleiden särmäyksen läpimenoajoja ja helpottaa särmääjän tekemää työtä.

Työn aikana suoritettujen offline-ohjelmoinnin testimittaukset tehtiin koko käyttöönoton alkuvaiheessa, joten niihin vaikuttivat vielä särmääjien epävarmuus uuteen työtapaan ja yhtenäisiä toimintatapoja ei ollut vielä silloin saatu parhaiksi mahdollisiksi. Tulevaisuudessa offline-ohjelmien avulla särmäyksen ja keskinäisen yhteistyön uskotaan olevan parantunut, kun sen käyttö on vakiintunut uudeksi työtavaksi. Näin ollen on mahdollista päästä aiempia mittauksia parempiin tuloksiin.

Offline-ohjelmoinnista koettiin ja todettiin saatavan suurin hyöty, kun sen kohteena oli särmäyksen kannalta haastavat kappaleet. Kuitenkin yksinkertaisempien kappaleiden ohjelmoinnilla offline-ympäristössä on saatavissa hyötyä asetuksien ja särmäystyön nopeuttamiseksi ja helpottamiseksi. Tästä saatava apu on merkittävästi pienempi, kun offline-ohjelmoitavien särmäyspuristimien kapasiteetti tuotannossa on näin rajallinen. Yksinkertaisten kappaleiden särmäyksessä asetuksien tekoon ja särmäystyöhön ei kulu yhtä paljon aikaa kuin haastavampien kappaleiden kohdalla. Isommalla offline-ohjelmointiin soveltuvalla kapasiteetilla saataisiin enemmän kappaleita särmättyä Dr. Abe Bend-ohjelmien avulla. Tällöin yksinkertaisten kappaleiden ohjelmointimäärän kasvaessa saataisiin yhteisvaikutuksen johdosta enemmän hyötyä pienentyneistä asetus- ja läpimenoajoista.

Yrityksessä käyttöönotetut SolidWorks SheetWorks, Dr. Abe Bend ja Dr. Abe Blank toimivat erittäin hyvin yhteen, kuten niiden on tarkoituskin. SheetWorksin tarkat levityskuvat mahdollistavat monipuolisen nestauksen Dr. Abe Blankilla ja Dr. Abe Bendillä haastavien kappaleiden särmääminen on helpompaa ja tehokkaampaa. Näiden ohjelmien

käyttö yhdessä antaa erittäin hyvät lähtökohdat ohutlevyosien vaihtuvien pien- ja protosarjojen kustannustehokkaaseen valmistukseen.

Yrityksessä on tiedostettu nykypäivän tarve ja asiakkaiden luoma paine tuotannon kehittämiseen, jotta ohutlevyosien valmistus pysyy Suomessa kannattava. Tuotannonkehittäminen on jatkuva prosessi, jonka periaate on yrityksen toiminnassa tiedostettu. Tuotannonkehitys vaatii useiden tuotannon eri osa-alueiden kehittämistä, joista tämän opinnäytetyön sisältö oli vain yksi monista. Dr. Abe Bendin käyttöönotto Hyrles Oy:ssä tekee siitä opinnäytetyön päättymishetkellä yhden harvoista Suomen ohutlevyteollisuudessa toimivista yrityksistä, joiden nykyaikaisiin valmistustapoihin kuuluu särmäyksen offline-ohjelmointi.

LÄHTEET

Aaltonen, K. Andersson, P. Kauppinen, V. 1997. Levytyö- ja työvälinetekniikat. 1. painos. Porvoo: WSOY.

Amada America Inc. Dr. Abe Bend-ohjelman esittely. Luettu 1.5.2014.
<http://www.amada.com/site/Default.aspx?PageName=soft-bendins-defeatures.aspx>

Amada America Inc. Dr. Abe Blank-ohjelman esittely. Luettu 1.5.2014.
<http://www.amada.com/site/Default.aspx?PageName=software-drabe-blank.aspx>

Amada GmbH. AP100 DataManager-ohjelman esittely. Luettu 1.5.2014.
<http://www.amada.de/en/software/ap100/ap100.html>

Amada GmbH. Dr. Abe Blank-ohjelman esittely. Luettu 1.5.2014.
<http://www.amada.de/en/software/dr-abe-blank/dr-abe-blank-description.html>

Amada HFE-M2 särmäyspuristimen käyttöohje. 05/2010. Ei saatavissa.

Amada UK Ltd. Dr. Abe Bend-ohjelman esittely. Luettu 1.5.2014.
<http://www.amada.co.uk/software/details/7/dr-abe-bend-series>

Ama-Prom Finland Oy. Amadan työkalut särmäyspuristimille. Luettu 29.5.2014.
<http://www.ama-prom.fi/dl/amada-bending-tools.pdf>.

Hyrles Oy. Luettu 15.5.2014. <http://www.hyrles.fi>.

Mäki-Mantila, J. 2001. Ohutlevyjen taivutus ja muovaus. MET-Julkaisuja nro 11. Helsinki: METin Muovaustekninen yhteistyöryhmä.

Ranta, Tero. Ohjelmistovastaava Ama-Prom Finland Oy. Haastattelu 4.3.2014. Haastattelija Rahikainen, Jaakko.

Räyhäntausta, Pasi. Kehityspäällikkö Hyrles Oy. Haastattelu 26.5.2014. Haastattelija Rahikainen, Jaakko.

SolidWorks SheetWorks. Taivutusparametrien laskenta levityksessä. Luettu 29.5.2014. Ei saatavissa.

LIITTEET

Liite 1. Mittaustuloksien taulukko (salattu)

Liite 2. Mittaustuloksien vertailukuviot (salattu)