



Taivutusautomaatti hissiovitutannossa

Taneli Mero

Opinnäytetyö

Toukokuu 2012

Kone- ja tuotantotekniikka

Modernit tuotantojärjestelmät

Tampereen ammattikorkeakoulu

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernit tuotantojärjestelmät

MERO, TANELI: Taivutusautomaatti hissiovituoannossa

Opinnäytetyö 39 sivua.
Toukokuu 2012

Joulukuussa 2010 Stera Technologies Oy:ssä suunniteltiin ratkaisua hissinoivi-panelituotannon taivutusvaiheen kehittämiseen. Jo heti alussa oli päätavoitteena käyttää Turun toimipisteestä löytyvää Finn-Power Express Bender 5 – taivutusautomaattia.

Työssä selvitettiin taivutusautomaatin soveltuvuutta ovirunkojen valmistukseen. Koneen rajoitteet ja mahdollisuudet pyrittiin saamaan mahdollisimman hyvin selville. Koneen työkuormitus arvioitiin sekä suunniteltiin uusi tehdaslayout. Työssä käytettiin tiedonhaun apuna Finn-Power EBe 5 taivutusautomaatin käyttöohjekirjoja, esitteitä, esitevideoita, koulutusta, käytännön kokemuksta sekä keskusteluita.

Soveltuvuustutkimuksesta saadut tulokset osoittivat taivutusautomaatin soveltuvan ovirunkojen taivutukseen erittäin hyvin. Työn tuloksena taivutusautomaatti siirrettiin Tammelan toimipisteeseen keväällä 2011. Kesällä 2011 ovenrunkojen taivutusvaihe oli siirtynyt särmäyspuristimelta taivutusautomaatille.

Avainsanat: taivutusautomaatti, automatisointi, levyn taivutus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Program in Mechanical and Production Engineering
Option of Modern Production Systems

MERO, TANELI: Panel Bender on elevator door panel production

Bachelor's thesis 39 pages
May 2012

In December of 2010 Stera Technologies Oy was planing how to improve bending process of elevator door panel production. In the beginning there was already idea to use panel bender, Finn-Power Express Bender 5, which was in Stera Technologies Inc. factory in Turku.

The suitability of panel bender in door frame production was investigated. Machine's possibilities and limits were found out as good as possible. I estimate Machine's work load was estimated and the factory layout was designed. The data were collected from panel bender's manuals, videos, brochures, training, basic experience and conversations.

Results showed that panel bender is very good in this kind door panel production. The panel bender was moved to Tammela factory in spring 2011. Summer of 2011 door panel frame production was moved from press brake to Finn-Power Express Bender 5 –panel bender.

Key words: panel bender, automatic bending system, automatize

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TYÖN TAUSTA	7
2.1	Automatisointi	7
2.2	Stera Technologies Oy	8
2.3	Työn rakenne.....	8
3	TUOTANNON KUVAAMINEN	10
3.1	Ovituotannon tuotantoprosessi	10
3.2	Uuden taivutusprosessin kuvaus	13
4	SÄRMÄYS JA TAIVUTTAMINEN	15
4.1	Taivuttaminen yleisesti.....	15
4.2	Bombeeraus.....	16
5	TAIVUTUSAUTOMAATTI.....	18
5.1	Taivutusautomaatin taivutusosat ja niiden toiminta.....	19
5.2	Kappaleen paikoitus.....	20
5.3	Optiot eli lisälaitteet.....	21
5.3.1	ASP	22
5.3.2	LBN	23
5.3.3	TUT	24
5.3.4	UBC.....	25
5.3.5	ALT.....	25
5.4	Suuret taivutussäteet	26
5.5	Mittatarkkuus ja laatu	27
5.6	Eräkoot	27
5.7	Edut	28
5.8	Kappaleet ja rajoitteet	28
5.9	Ohjelmointi.....	31

	5
5.10 Parametrinen ohjelmointi	31
5.11 Kuormituksen arviointi.....	32
5.12 Kappaleen työstöaika.....	35
5.13 FMS	36
6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	38
LÄHTEET	39

1 JOHDANTO

Työn tavoitteena oli tehostaa Kone Oyj:lle valmistettavien liukuvien hissien ovien valmistusta keskittymällä sen komponenttien taivutustyövaiheeseen. Taivutusvaiheen läpimenoaikaa pyrittiin nopeuttamaan sekä samalla laskemaan taivutuksen kustannuksia automatisoinnilla ja parantamaan työergonomiaa.

Alusta asti tuotannon tehostamisessa ajatuksena oli käyttää Steran Turun toimipisteessä sijaitsevaa Finn-Powerin Express bender 5 taivutusautomaattia. Taivutusautomaatti oli Turussa käytössä pienellä kuormalla ja siksi suunnitelmassa oli siirtää kone Tammelan tehtaalle.

Tutkimustyössäni selvitin taivutusautomaatin soveltuvuutta valmistettaville kappaleille sekä sen tehokkuutta verraten ennen käytettyyn särmäysprosessiin. Haasteina oli etenkin kappaleiden suuri varioituvuus, koska ovia on erittäin montaa eri kokoa ja mallia. Taivutusautomaatin parametrinen ohjelmointi oli siten ehdoton vaatimus.

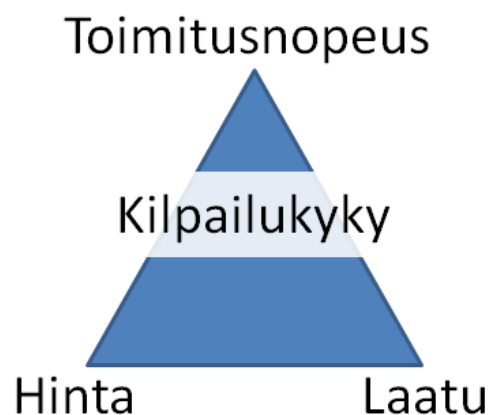
Rajasin opinnäytetyöni käsittelemään pääasiassa ikkuna-aukollisten sekä ikkuna-aukottomien ovilehtien runkolevyjen valmistusta. Ikkunallisten ja ikkunattomien runkolevyjen taivutusprosessi tapahtuu samallaalalla.

2 TYÖN TAUSTA

2.1 Automatisointi

Teknologioteollisuuden globalisoituminen on luonut alalle tarpeen muuntaa entistä tehokkaammaksi ja nopeammin. Ainoa kestävä keino kilpailukykyyn ylläpitämiseksi on tuotannon jatkuva parantaminen. Kilpailukykyisten tuotteiden valmistus perustuu usein automatisoituihin koneisiin ja järjestelmiin.

Kilpailua käydään tuotteen kolmesta ominaisuudesta, toimitusnopeudesta, laadusta sekä hinnasta. Kuvan 1 kolmionkärkeä vetämällä voidaan panostaa tiettyyn ominaisuuteen, mutta tällöin muut ominaisuudet heikkenevät. Esimerkiksi toimitusnopeuteen panostettaessa hinta tai laatu heikkenee. Automatisointi mahdollistaa vaativien tuotteiden oikea-aikaisen, nopean ja joustavan valmistuksen.



Kuva 1. Kilpailukykykolmio

Automatisoidulla järjestelmällä saadaan vähennettyä raskaiden ja yksitoikkoisten töiden määrää. Automatisoidut järjestelmät toimivat usein itsenäisesti, ja työntekijän tehtäväksi jää ainoastaan kappaleiden panostus ja järjestelmän valvonta. Automatisointi on kallista ja yksittäistuotannossa se ei aina anna tuotteelle lisäarvoa, mutta suurissa volyyymeissa se saattaa tuoda ratkaisevan eron kilpailijoihin. Järjestelmät pyritään usein rakentamaan joustaviksi eli helposti muunneltaviksi, suurennettaviksi. Järjestelmä rakennetaan usein yrityksen yh-

delle tuoteperheelle, mutta joustavuutensa ansiosta sillä pystytään usein valmistamaan suurta osaa yrityksen muusta tuotevalikoimasta.

2.2 Stera Technologies Oy

Stera Technologies Oy (myöhemmin Stera) on mekaniikan ja elektroniikan sarjavalmistukseen erikoistunut yritys. Yritys on perustettu vuonna 2007 kolmen yrityksen Levyosa Oy:n, Elektromet Yhtiöt Oy:n ja Hihra Oy:n fuusioituessa. Yrityksellä on käytössä yhteensä noin 60 000 m² tuotantotilaa Suomessa, Virossa sekä Intiassa. Henkilöstöä on noin 550 työntekijää.

Uudenaikaisella konekannalla sekä vuosien mittaan kertyneellä kokemuksella Stera pystyy tarjoamaan erittäin laadukkaita ja kilpailukykyisiä tuotteita. Stera Technologies Oy:n yhteistyökumpaneihin lukeutuvat muunmuassa ABB Drives, ABB Machines, Kone Industrial Oyj, Nokia Siemens Networks Oyj, General Motors, Ponsse Oyj, Rocla Oyj, Dinolift Oyj, Sandvik Mining and Construction Oyj, Swegon ILTO Oy, Gardner Denver Oy, STX Europe.

(Stera.com, 2011)

2.3 Työn rakenne

Tutkin taivutusautomaatin soveltuvuutta hissinovituotantoon ohjekirjojen, esitteiden, esitevideoiden, koulutuksen, käytännön kokemuksen sekä keskusteluiden pohjalta. Työskentelen Stera Technologies Oy:ssä Finn-Power Express Bender –taivutusautomaattin operaattorina. Ohjelmoin ja parametrisoin uusia ohjelmia, opastan muita käyttäjiä sekä käytän konetta. Operoitaessa konetta oppii paljon asioita, joita ei kirjoista eikä haastatteluista selviä.

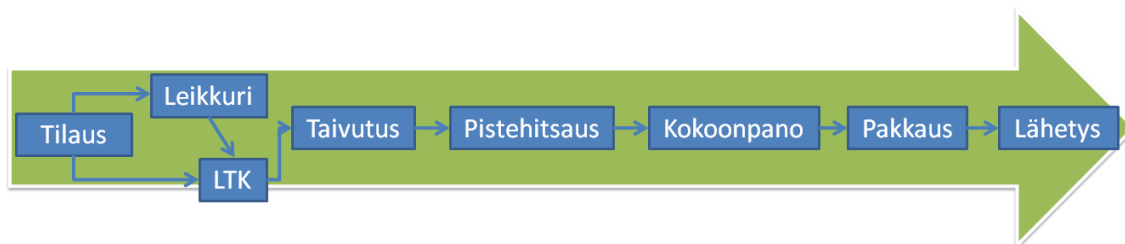
Kun selvisi, että taivutusautomaatti on teknisesti toimiva ja mahdollinen ratkaisu ovirunkojen taivutukseen, otin tutkittaviksi mittareiksi työergonomian sekä kapaleen työstöajan. Erityisesti näihin kahteen aiheeseen haluttiin parannusta. Selvitin taivutusautomaatin edut ja mahdollisuudet sekä myös ongelmat. Mitta-

sin läpimenoajan muutoksen vanhan ja uuden prosessin välillä sekä vertasin niitä myös tekemiini arvioihin.

3 TUOTANNON KUVAAMINEN

3.1 Ovituotannon tuotantoprosessi

Kuva 2 havainnollistaa Sterassa käytettävää runkolevyjen tuotantoprosessia. Valmistus alkaa aina asiakkaan tilauksesta ja päättyy tilauksen lähetykseen. Seuraavissa kappaleissa selvitän mitä kussakin työvaiheessa tapahtuu.



Kuva 2. Ovien runkolevyjen tuotantoprosessin kaavio

Stera käyttää tuotannonohjauksessa IFS-ohjelmistoa. Asiakkaan tilaus käsitellään ja siitä luodaan syötteen tuotannonohjausohjelmaan. Tulostetut saattokortit toimitetaan ensimmäiseen tuotantosoluun, joka on kappaleesta riippuen levyleikkuri, levytyökeskus tai laser-leikkuukone.

Levytyökeskuksen ja laserin operaattorit nestaavat kappaleen tarvittaessa ja valmistavat aihiot. Ovirunkojen aihiot leikataan Amada Vipros Queen 358 – levytyökeskuksella, joka on varustettu automaattisella levynvaihtajalla (kuva 3). Yleisesti ottaen kaikki taivutusautomaatille menevät kappaleet tulee kääntää terävät särmät ylöspäin ja kappaleen sisäpinta ylöspäin. Operaattorit pinoavat aihiot parhaalla tavalla seuraavan työvaiheen huomioon ottaen. Kappaleet tulee pinota siististi ja niin, että ne voidaan asettaa taivutusautomaatin magneettivas-teisiin. Lavan ja pinon korkeus tulee ottaa huomioon.



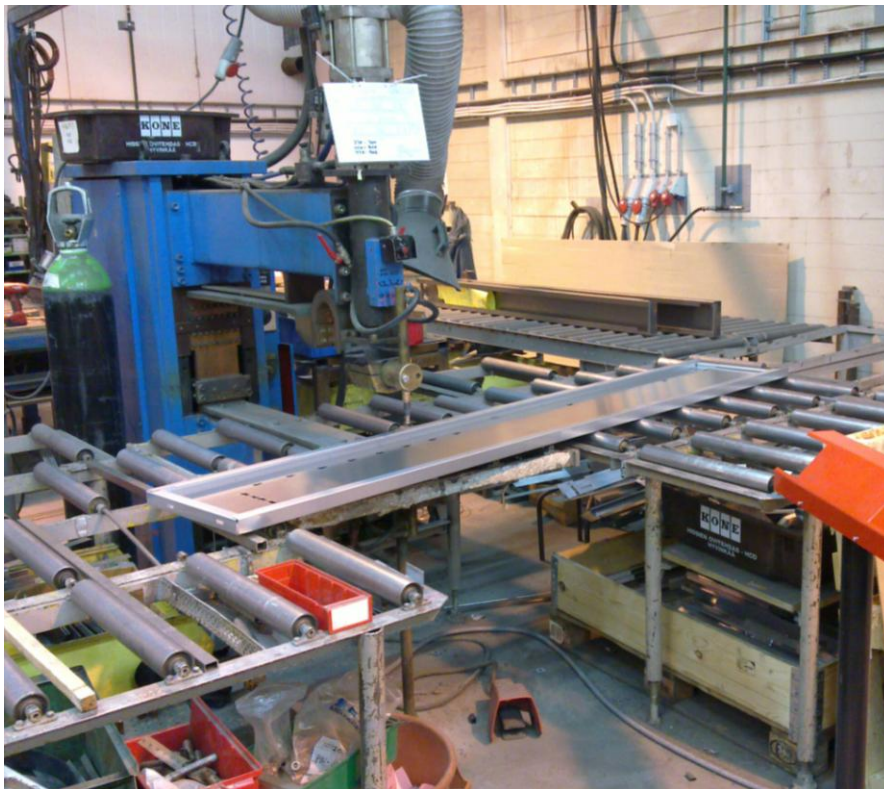
Kuva 3. Amada Vipros Queen 358 –levytyökeskus (Taneli Mero, 2012)

Rungot taivutetaan taivutusautomaatilla (kuva 4) sekä ikkunallisista rungoista poistetaan aukossa mikroilla kiinni oleva pala, joka mahdollistaa taivutusautomaatin käytön. Taivutetut rungot asetetaan pystyyn kuljetuskärryyn. Käytössä olevassa koneessa on muokattu ylävasteteriä, jotka aiheuttavat tarkkoihin roste-ripintoihin peilauksia ja lommoja. Pinnat sekä muut kappaleet, joita ei voida taivutusautomaatilla taivuttaa, särmätään ja kuljetetaan seuraavaan työvaiheeseen.



Kuva 4. Finn-Power Express Bender 5 Steran Tammelan tehtaalle siirrettynä (Taneli Mero, 2012)

Ikkunalliset rungot jatkavat matkaansa pemmaukseen, minkä jälkeen ne pistehitsataan. Myös ikkunattomien runkojen pohjat ja jäykistimet pistehitsataan, kuten kuvassa 5 tapahtuu. Runkojen kulmat popniitataan kiinni, minkä jälkeen rungot ovat valmiita kokoonpanoon.



Kuva 5. Pistehitsaussolu, jossa ovirungot ja jäykisteet hitsataan (Taneli Mero, 2012)

Valmiit rungot ja pinnat liimataan toisiinsa sekä loppukokoonpannaan oven muut komponentit. Kuvassa 6 ovirunkoon on liimattu pintalevy, joka on kuivumassa ja odottamassa pakkaamistaan. Ovet pakataan standartoituun puuhäkkiin, jonka jälkeen ne lähetetään suoraan asiakkaalle, ulkomaille tai kotimaahan. Työntekijät tulostavat tarvittavat rahtikirjat ja muut dokumentit. Kuvassa 7 valmis tilaus on lähdössä asiakkaalle.



Kuva 6. Ovien kokoonpano (Taneli Mero, 2012)

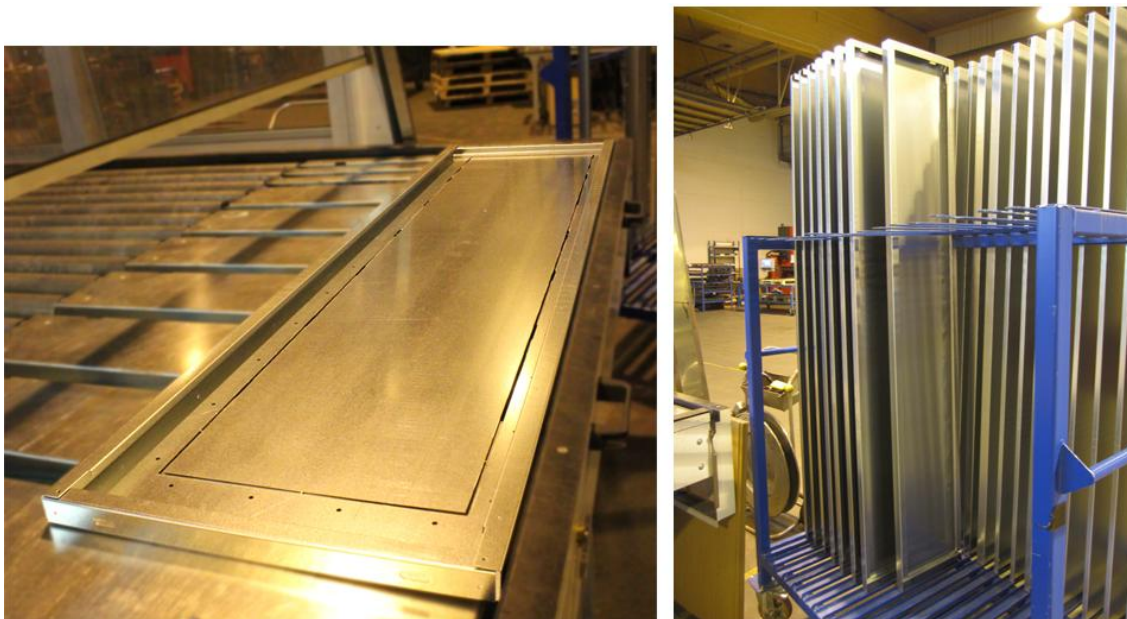


Kuva 7. Tilaus valmiina lähdessä asiakkaalle (Taneli Mero, 2012)

3.2 Uuden taivutusprosessin kuvaus

Taivutusautomaatilla pyritään valmistamaan kaikki mahdolliset oviaukon osat. Koneen vaatima minimi ja maksimi kappalekoko rajaa pois suuren osan ovituotannon osista. Suurien paneelien taivutukset tehtiin ennen särmäyspuristimella, ja kokonsa takia ne olivat raskaita käsitellä kuormittaen suuresti särmääjän harjoita. Ovet tarvitsivat usein kaksi särmääjää.

Ovirunkoja on montaa eri mallia ja kokoa sekä niiden sarjakoot ovat usein pieniä, yhdestä muutamaan kappaleeseen. Leikatut ovirunkoihiot pakataan levytyökeskuksella kuormalavalle ulkopinta alaspäin siistiin pinnoon, tasaten ovien pohjat sekä vasemmat kyljet. Kuormalava panostetaan taivutusautomaattiin trukilla, jolloin vasemmat kyljet ja pohjat asettuvat lastauspöydän magneetteihin. Taivutusoperaation jälkeen ovirungot nostetaan niille suunniteltuun kuljetustelineeseen (kuva 8), jossa ne viedään pistehitsaukseen.



Kuva 8. Ikkunallinen runko sekä kuljetuskärry valmiille rungoille (Taneli Mero, 2012)

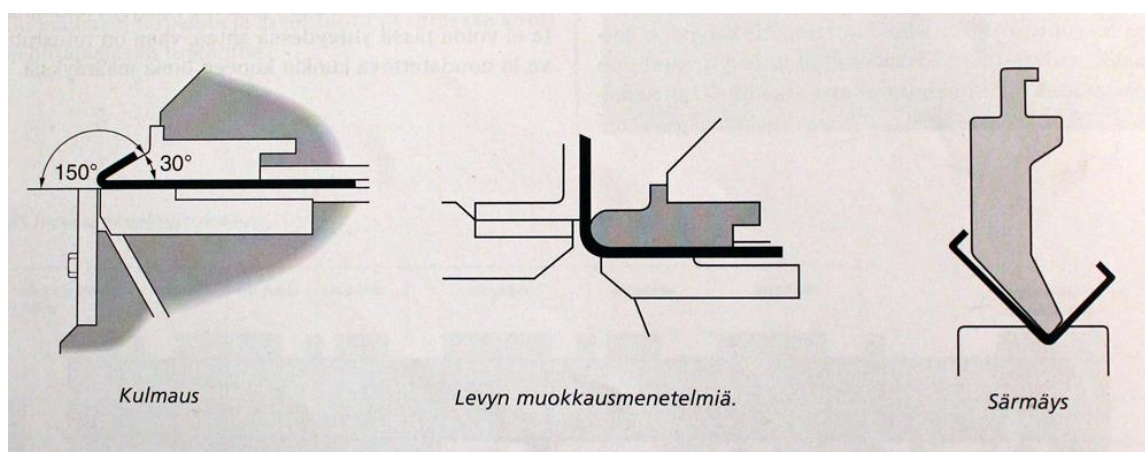
4 SÄRMÄYS JA TAIVUTTAMINEN

4.1 Taivuttaminen yleisesti

Tuotteet vaativat usein kappaleen muokkaamista vaatimusten mukaisesti. Muokattaessa levyn muoto muuttuu paksuuden pysyessä miltein muuttumattomana. Muokkauksessa on ylitettävä materiaalin myötöraja pysyvän muutoksen aikaansaamiseksi. (Lepola P. & Makkonen M. 2005, 300)

Muokkausmenetelmiä kutsutaan nimityksillä särmäys, taivuttaminen ja kulmaus. Kulmausta käytetään yleisesti ohuille aineenvahvuuksille, käsin kulmatessa 0,1 – 2 mm sekä koneellisesti 2 – 5 mm. (Lepola P. & Makkonen M. 2005, 300)

Kuvasta 9 nähdään eri taivutusmenetelmien toimintaperiaatteet ja erot (Lepola & Makkonen 2005, 300). Lepola-Makkonen kuvaavat eri taivutusmenetelmiä. Särmäyksellä ja taivuttamisella saadaan kappaleeseen tarvittavia muotoja sekä jäykkyyttä. Jäykkyyden ansiosta materiaalivahvuutta voidaan pienentää saavuttaen kevyempi rakenne. Kevyempää kappaletta on myös helpompi käsitellä niin valmistettaessa, kuin asentaessakin. Kevyempi rakenne myös alentaa materiaalikustannuksia.



Kuva 9. Kuvaus taivutustermeistä (Lepola P. & Makkonen M. 2005, 300)

Taivuttaessa taivutussäteet ovat usein suurempia kuin särmättäessä. Taivutusta käytetään myös muototerästen ja teräslankojen muokkaukseen. Taivutus termin alle kuuluu siis suuri määrä eri valmistusmenetelmiä. Särmäysmenetel-

mää voidaan käyttää käytännössä kaikille aineenvahvuuksille. Ainevahvuuden kasvaessa ja taivutussäteen pienentyessä ainostaan koneen tehot ovat rajoittavia tekijöitä. (Lepola P. & Makkonen M. 2005, 308)

Särmäyksessä kappale paikoitetaan särmäyspuristimen liikeakseleina toimiviin takavasteisiin. Ilmavälisärmäyksessä esiintyy takaisinjoustoja, jonka vuoksi taivutus tulee painaa hieman yli. Käytännössä kappaleet ja ohjelmat säädetään tarkaksi ensimmäistä kappaletta tehtäessä. Kulmien ja pituuksien muutokset lisätään särmäyspuristimen korjaustaulukoihin. Tarkkoja kappaleita tehtäessä ensimmäinen kappale on usein hylättävä.

Taivutusautomaatissa esiintyy myös takaisinjoustoja. Taivutuspituuksien muutokset johtuvat ohjelmoinnissa käytetyn CAD-kuvan geometrioista. Taivutusautomaatti tekee kappaleen aina valmiiksi asti, joten oikeiden kulmien aikaansaamiseksi pitää lisätaivutukset tehdä särmäyspuristimella. Kappaleiden muodoista johtuen lisätaivutukset särmäyspuristimella eivät aina ole mahdollisia. Koneen rakenteen vuoksi myös bombeerauksella on suuri merkitys. Bombeerasta muuttaessa myös kulma-arvot muuttuvat.

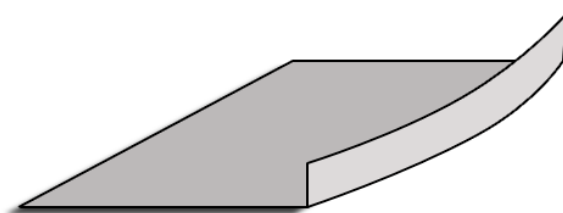
Säädettäessä taivutusautomaatti ohjelmaa täydelliseksi syntyy usein useita hylättäviä tuotteita, mikä on ehdottomasti koneen suurin heikkous. Viimeistellyllä ohjelmalla ja materiaalin pysyessä samana pystytään valmistamaan kappaleita uutena ajankohtana. Tällöin ensimmäisen kappaleenkin pitäisi olla mitoissaan. Parametrisoidessa voidaan olettaa kulmakorjaimet, pituuskorjaimet sekä bombeerauksen pysyvän samana, mutta jokainen ohjelma pitää silti todellisuudessa säätää kohdalleen.

4.2 Bombeeruus

Taivuttaessa kappaleita syntyy usein muotovirheitä, jotka esiintyvät kaarevuutena ja kulman vaihteluna taivutusalueella. Särmäyksessä muotovirhe syntyy, kun ylä- ja alaterä painuvat toisiinsa epätäydellisesti painaen yleensä särmän päitä keskustaa enemmän. Särmäyksessä yleisesti käytetty tekniikka on kompensoida tätä lisäämällä terän alle ohuita liuskoja paperia tai metallia. Sär-

mäyspuristimissa on myös manuaalisia ja automaattisia bombeeraustekniikoita, joissa kiilat kompensoivat virheen taivuttaen alatyökäluä kaarelle. (Lepola P. & Makkonen M. 2005, 321)

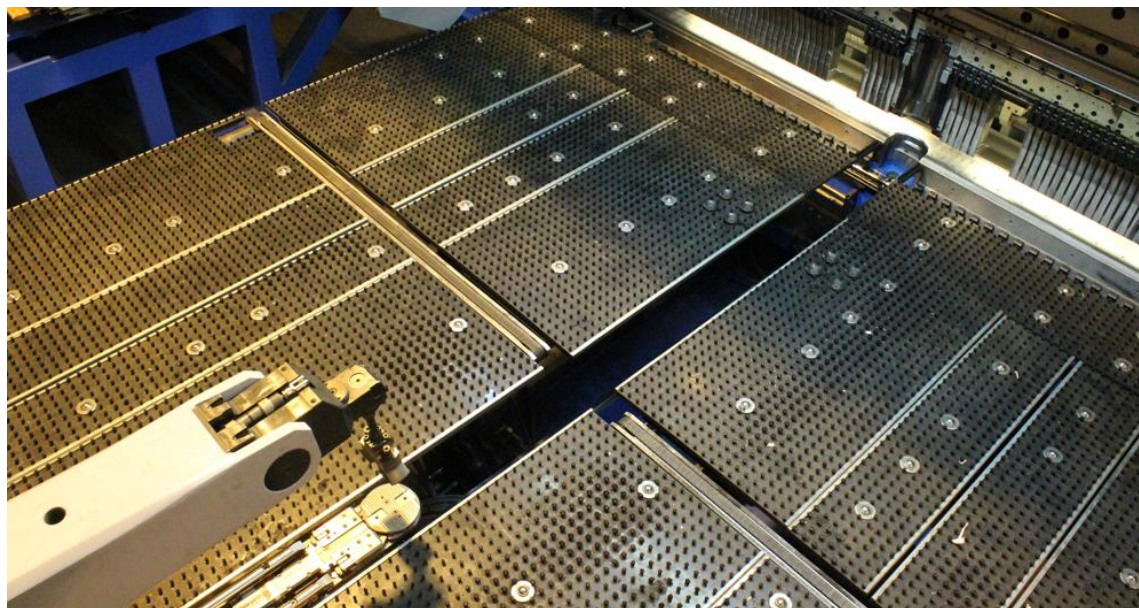
Taivutusautomaatissa bombeeraus tapahtuu ylätyökäluä taivuttamalla epäkeskoakselin avulla. Akseli taivuttaa segmenteistä koostuvaa ylätyökäluä kaarelle keskeltä ulospäin. Bombeerauksessa kappale taipuu taivutusalueen keskeltä enemmän suhteessa sen päihin, kuten kuvassa 10 on liioitellusti esitetty. Käytössä olevassa taivutusautomaatissa bombeeraus tapahtuu symmetrisesti vasemmalle ja oikealle.



Kuva 10. Liioiteltu muotovirhe, jota korjataan bombeerauksella

5 TAIVUTUSAUTOMAATTI

Taivutusautomaatilla (eng. Panel Bender, Automatic Bending System) voidaan kannattavasti taivuttaa suuria kappaleita, joissa on taivutuksia useilla sivuilla ylös- sekä alaspäin. Työkappale liikkuu koneen pöydällä vaakatasossa, joten sillä on mahdollisuus taivuttaa suuria ja kohtalaisen painaviakin komponentteja. Kuvan 11 valkoinen tarttuja pyörittää aihiota pöydällä, sekä liikuttaa terien väliin.



Kuva 11. Taivutusautomaatin työpöytä (Taneli Mero, 2012)

Taivutettavat aihiot valmistetaan levytyökeskuksella tai jollakin muulla leikkumenetelmällä kuten kulmintakoneella tai laserleikkurilla. Taivutusautomaatin etuina voidaan pitää sen joustavuutta ja mahdollisuutta valmistaa suuria ja monimutkaisia kappaleita. Taivutettavan kappaleen rajoitteet vaihtelevat konetyypin mukaan. Aihion panostaminen tapahtuu korkeavarastosta tai trukkilavalta nivelrobotin tai jonkin muun perinteisen syöttöyksikön avulla. Myös kappaleiden poisto voidaan suorittaa robotin avulla manuaalitoiminnon sijaan.

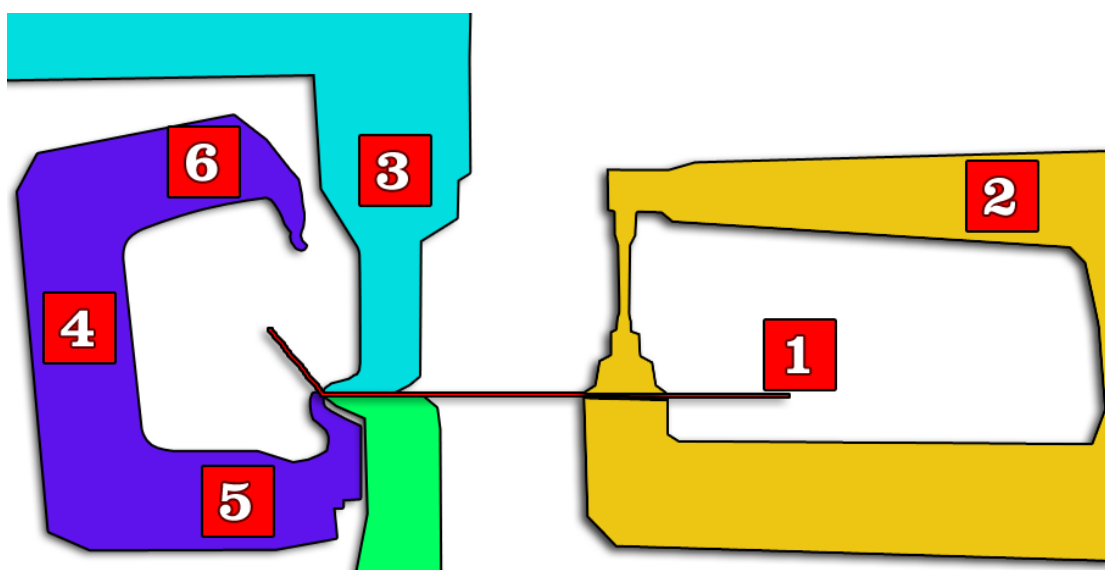
Suurin maksimaalinen hyöty taivutusautomaatista saadaan, kun kappaleet on suunniteltu erityisesti koneen mahdollisuuksien ja ominaisuuksien mukaan. Suunnittelijoiden on siis tarkastettava valmistettavuus taivutusautomaatilla ja hyödyntää luovasti sen mahdollistamia ominaisuuksia. Koneella voidaan parhaassa tapauksessa jopa korvata työvaiheita ja koneita kuten särmäyspuristi-

mia, taivutuskoneita, erikoistyyövaiheita, rullamuovausta ja liittämistä tiettyyn raajaan asti.

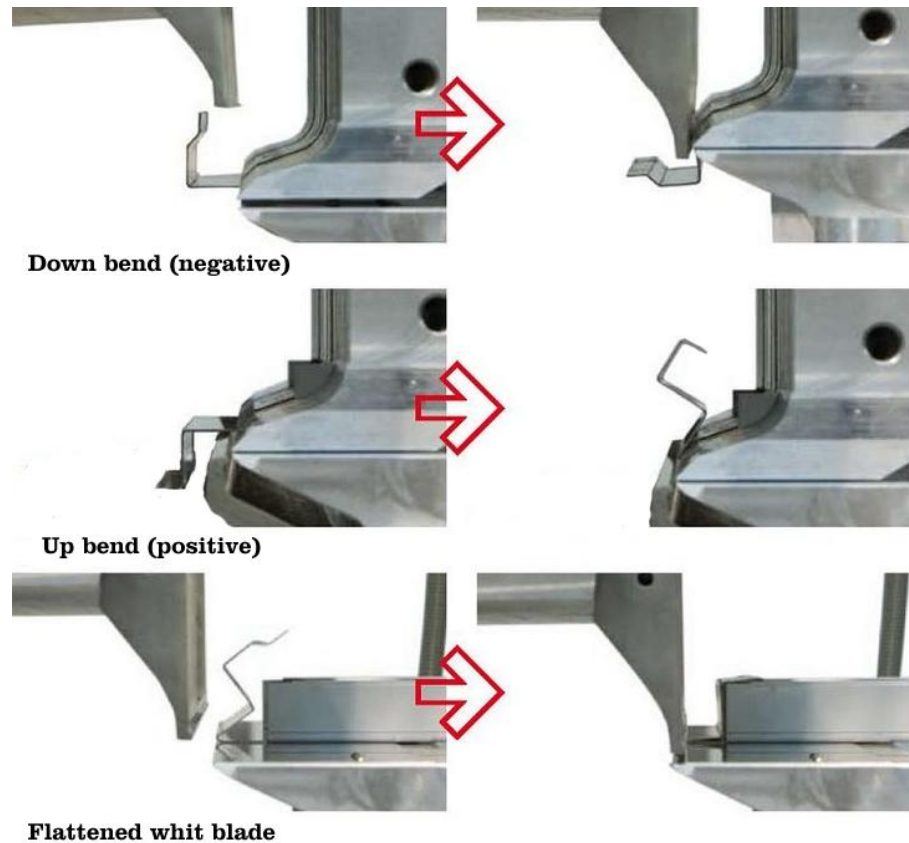
Tunnetuimmat taivutusautomaattien valmistajia ovat Finn-Power, Salvagnini sekä Amada. Taivutusautomaatit eivät ole kovin yleisiä Suomessa. Finn-Powerin EBe koneita on Suomessa kymmenisen kappaletta.

5.1 Taivutusautomaatin taivutusosat ja niiden toiminta

Kone koostuu rungosta, taivutuskidasta ja taivutusteristä, ylävastejärjestelmästä (kuvassa 12 merkitty numerolla 3), alavasteesta, pyödestä ja manipulaattorista (numero 2) sekä mahdollisista lisälaitteista, optioista. Taivutuskita, joka on merkitty numerolla 4, on muodoltaan C-profiili, jonka kidassa taivutettava reuna on. Taivutuskidassa on taivutusterät, jotka liikkuvat ylös- sekä alaspäin. Ylöspäin taivutukset tehdään alaterällä (numero 5) ja alaspäin taivutukset yläterällä (numero 6). Sivun taivutusjärjestys on määrätty ulkoa sisäänpäin. Manipulaattorin runko on rakenteeltaan C:n muotoinen ja merkitty numerolla 2. Ylä- ja alartarttujalla manipulaattori ottaa kiinni aihioista ja liikkuu lineaarisesti koneen taivutuskidan suuntaan kohtisuorassa ja pystyy pyörittämään kappaletta yli 360° pyöden pinnalla. Kappale pystytään asettamaan mihin kulmaan tahansa ja otetta voidaan vaihtaa työkierron aikana. Kuva 13 antaa selkeän kuvan taivutuspauksessa alas- ja ylöstaivuttaessa sekä litistettäessä.



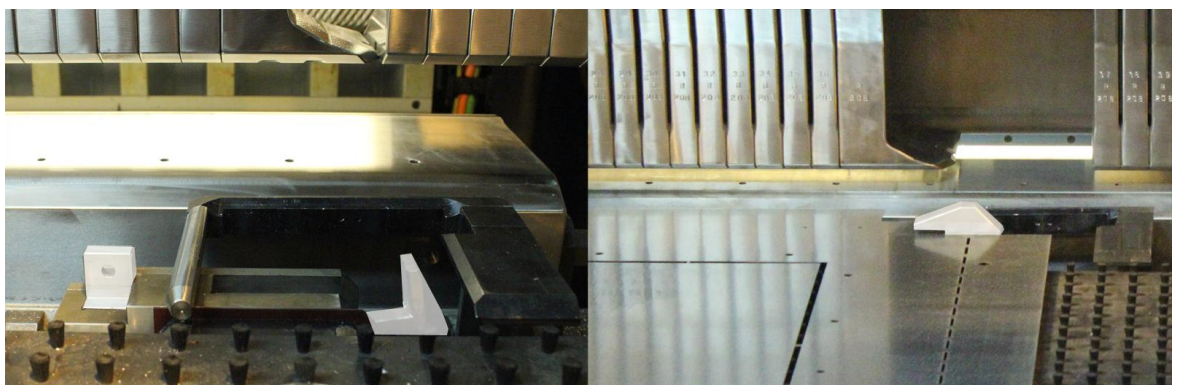
Kuva 12. Toimintaperiaatteen kuvaus



Kuva 13. Havainnollistava kuvaus taivutusoperaatioista (kuva: www.Salvagini.com)

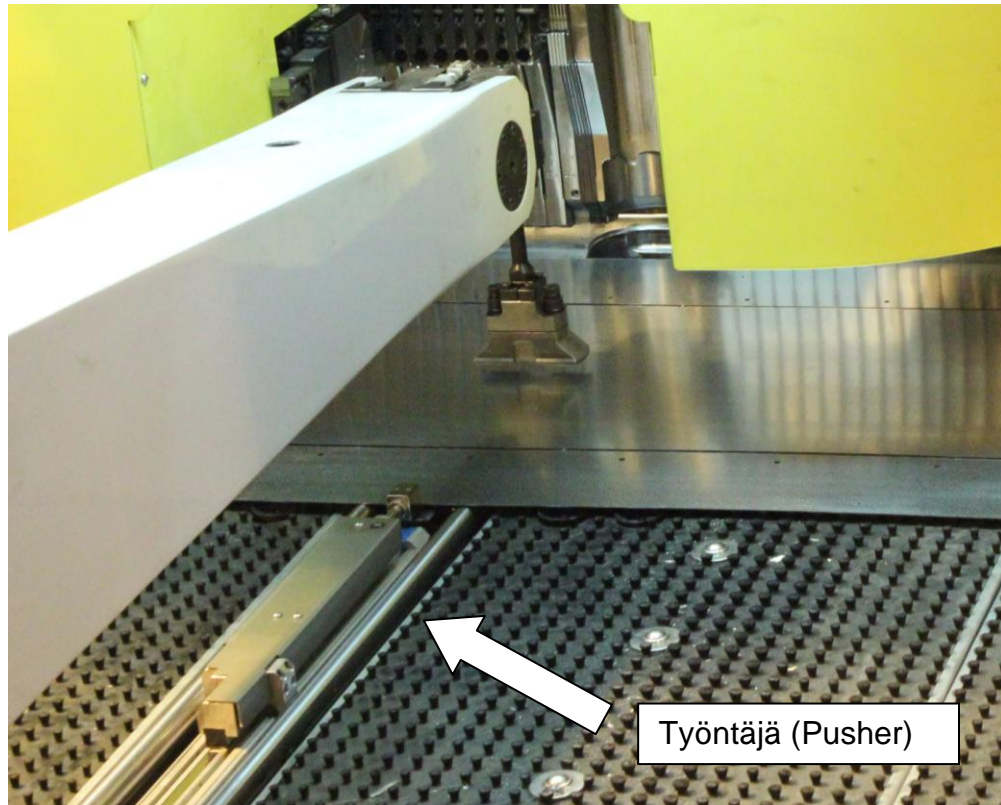
5.2 Kappaleen paikoitus

Kappale paikoitetaan taivutuspyödyllä sijaitsevien paikoituspinnien avulla. Profiiltaan koukkumaiset pääpaikoituspinnit nousevat ylös, kun paikoitus tapahtuu aihion päissä olevista kulminnoista (kuva 14 oikeapuoli). Kun aihio sivut on suorakulmaiset, paikoitus tapahtuu lisäpaikoituspinnien avulla.



Kuva 14. Paikoituspinnit sekä apupaikoituspinnit. Kuvan vaalennetut osat (Taneli Mero, 2012)

Paineilmakäyttöinen työntäjä (kuva 15) työntää aihion paikoituspinneihin, minkä jälkeen manipulaattori tarttuu kappaleesta kiinni. Paikoituspinnien ei tarvitse olla samalla linjalla keskenään vaan ne voivat poiketa syvyysuunnassa 85 millimetriä.



Kuva 15. Paikoituksen varmistava työntäjä (Taneli Mero, 2012)

Aihoiden pinoaminen siistiin pinoon on kriittisen tärkeää ALT-lastauspöytää käytettäessä. Jos imukuppiportaali tuo aihion taivutuspyydälle väärään kohtaan niin paikoitus epäonnistuu ja tuloksena on virheellinen kappale. Aihio on pyrittävä paikoittamaan sen pidemmältä sivulta paikoitusvirheen minimoimiseksi.

5.3 Optiot eli lisälaitteet

Finn-Powerin Express Benderiin on saatavilla monia eri optiota. Käsittelen tässä yleisimmät lisälaitteet, joista osa on myös käytössä olevasta koneesta. Tiedot on kerätty Finn-powerin EBe 5 –taivutusautomaatin ohjekirjoista. Apuna on käytetty myös työssä karttunutta kokemusta.

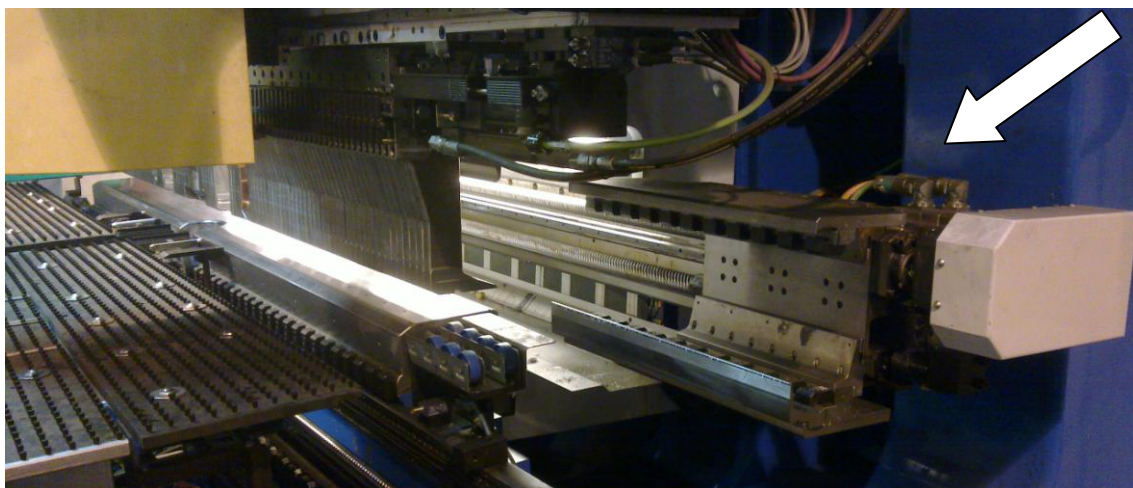
Ebe 5 taivutusautomaattiin on saatavilla muunmuassa seuraavia optioita:

ASP – Additional short blades	-Lisätaivutusterät
IEU – Integrated engraving unit	-ASP-kelkkaan liitettävä valssi
LBN – Last bending negative	-Terienvälissä oleva työntäjä
NMS – Nonmagnetic material separation	-Aihoiden erotin, teräsharja
TUT – Tilting unloading table	-Purkupöytä
AUT – Additional upper tool	-Lisäylätyökalu
UBC – Upper bridge clamp	-Erikoispuristin kiinnitykseen
ALT – Adjustable loading table	-Lastauspöytä

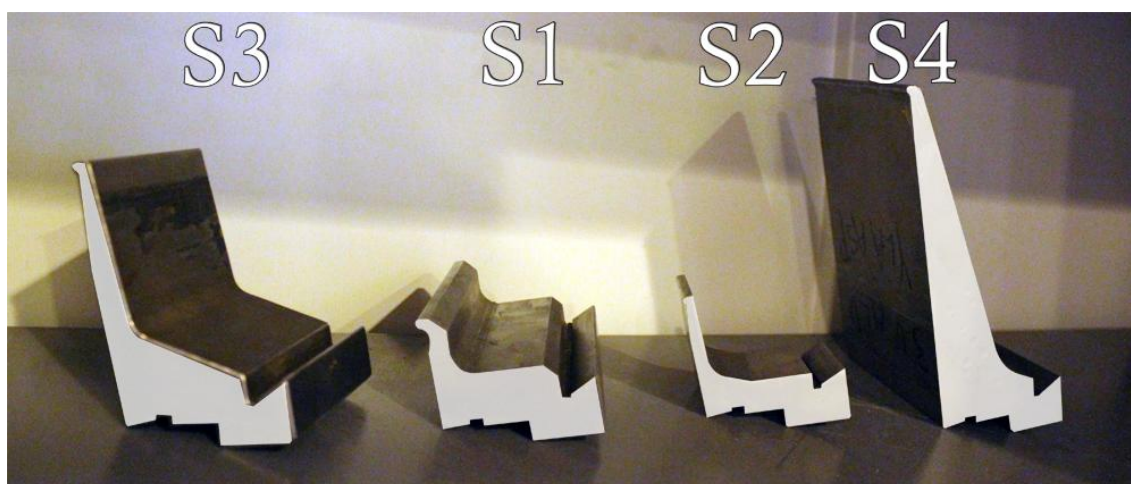
5.3.1 ASP

Yleisin lisälaitte on aputerät. Lisäterät liikkuvat taivutuskidan kummastakin päästä kelkkojensa ansiosta (kuva 16), lisätaivutusterät liukuvat päätaivutusterien päälle. ASP-terät asetetaan kelkkoihin kappalekohtaisesti käsin. Teriä on saatavilla eri profiililla ja pituuksilla, joista voidaan rakentaa haluttu teränpituus (kuva 17). Pituus on kuitenkin rajoitettu kahteen 500 millimetrin pituiseen terään. Lisäterillä voidaan siis suorittaa 1000 millimetrin yhtenäinen taivutus.

ASP-terät mahdollistavat taivutuksen vain osalla taivutuslinjaa sekä taivutukset koloista. Peräkkäisten negatiivisten ja positiivisten taivutuksen etäisyys päätaivutusterillä on 15 millimetriä, mutta lisätaivutusterillä etäisyys saadaan pienemmäksi, teräprofiilista riippuen (kuva 17). ASP-terille on annettu omat ainevahvuusrajoitukset, koska profiilinsa takia saattavat olla heikompia. Esimerkiksi S2-terälle on annettu maksimi aineenvahvuudeksi 1,5 millimetriä.



Kuva 16. ASP-kelkka jollaiset sijaitsevat sekä oikealla että vasemmalla puolella taivutusteriä (Taneli Mero, 2012)

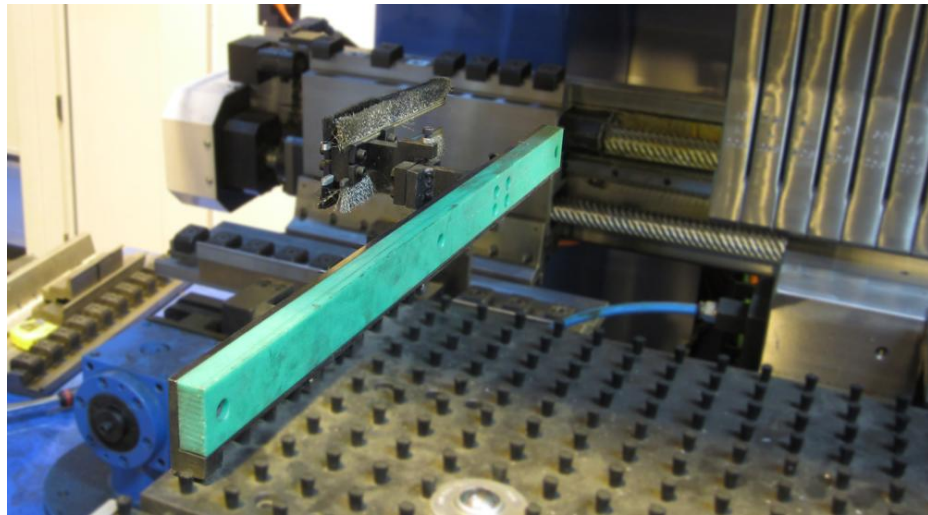


Kuva 17. ASP-työkaluprofiileja (Taneli Mero, 2012)

5.3.2 LBN

Viimeisen taivutuksen ollessa negatiivinen kappaletta ei saada poistettua vakio-purkukuljettimella käyttäen, koska taivutus estää kappaleen vedon harjapyödälle. LBN-optiolla kappale saadaan poistettua terien välissä sivuttain kulkevalla työntäjällä. Työntimessä on myös teräsharpit, jotka puhdistavat teriä (kuva 18).

LBN-optiota käyttäessä taivutusterät ohjelmoidaan ohjaamaan kappaletta, jotta se ei käänny työnnössä poikittain. Ylä- ja alaterä on hyvä putsata LBN-option teräsharpoilla aika-ajoin, koska teriin irtoaa likaa ja sinkkiä. Putsaustyökierro on ohjelmoitu toimimaan määritellyn kappalemäärän jälkeen.



Kuva 18. LBN-työntäjä, joka työntää kappaleen pois terän alta sekä puhdistaa teriä
(Taneli Mero, 2012)

5.3.3 TUT

TUT – purkupöytä koostuu nousevista kuljetushihnoista, jotka kuljettavat taivutetut kappaleet pöydälle, josta koneenkäyttäjä voi ne purkaa (kuva 19). Pöytä mahdollistaa pienen puskurin taivutetuille osille. Puskurit ovat kappaleen koosta riippuen yhdestä viiteentoista kappaletta.

Purkupöydässä on noin kymmenen anturia, jotka havaitsevat kappaleen ja sijoittaa sen operaattorin ulottuville. Pöytä työnnetään sisäänpäin LBN-optiota käyttäessä.

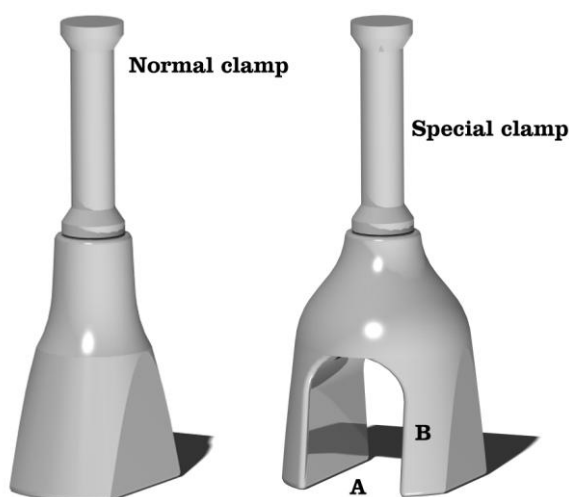


Kuva 19. TUT-bufferointipöytä, jollaista käytetään usein single unit -laitteissa (Taneli Mero, 2012)

5.3.4 UBC

Erikoispitimellä profiilin minimi sisämitta saadaan 160 millimetristä vähennettyä 120 millimetriin. Erikoispidin on käännetyn U:n muotoinen (kuva 20) ja sillä voidaan ottaa kiinni jo taivutetun sivun päältä. Pidin on kiinni neljällä pultilla, ja sen vaihto on helppoa ja nopeaa. Myös puolikkaita, profiililtaan käännetyn J:n muotoisia, pitimiä on nähty käytettävän.

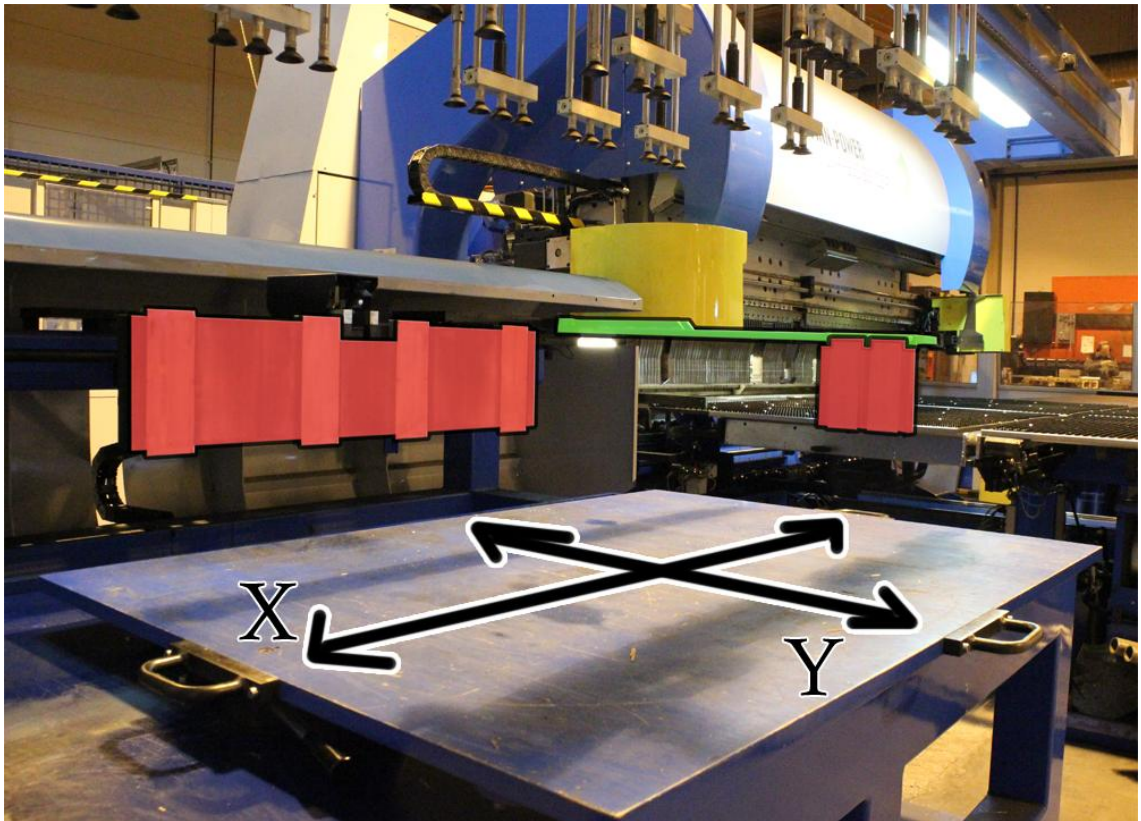
Tarttuja puristaa kappaletta 90 tonnin voimalla ja siksi se saattaa jättää jälkiä ja lommoja kappaleeseen. Pitimiä on valmistettu myös eri materiaaleista, jotta jäljiltä vältyttäisiin.



Kuva 20. Manipulaattorin tarttujan havaintokuva (Taneli Mero, 2012)

5.3.5 ALT

Single unit koneessa käytetään yleisesti lastauspöytää, jossa magneetit liikkuvat x- ja y-suuntiin (kuva 21). Pöytää ohjataan NC-koodilla ohjelmakohtaisesti. Ahiopino lastataan trukilla lastauspöydälle, josta muuttuva leveyksinen ja pituusinen imukuppiryhmä hakee aihion työpöydälle. Lastauspöydässä on myös mittalaite, joka tarkastaa levynpaksuuden estäen kaksoislatauksen. Levyjen erotteluun on saatavilla paineilmakäyttöinen puhallin sekä teräsharja.



Kuva 21. ALT-lastauspöytä (Taneli Mero, 2012)

Lastauspöydällä on kuulien avulla liikkuva taso, joka mahdollistaa ahiopinon liikkuttamisen käsin tarkasti magneetteihin. Ahiot tulee olla pakattu siistiin ja tarkkaan pinnoon, jotta paikoitusvirheiltä vältytään. Eri nimikkeiden ahiot tulee asettaa tarkasti kuormalavan takakulmaan oikeassa järjestyksessä, oikeinpäin sekä oikea puoli ylöspäin.

5.4 Suuret taivutussäteet

Säteiden taivuttaminen voi tapahtua kahdella eri tavalla. Aputyökalulla saadaan tarkka säde, mutta ne ovat usein tuotekohtaisia. Työkalu kootaan usein osista AUT-option. Tällä pystytään tekemään syvävetojen sekä muiden väistöjä. Menetelmä ei ole suosittu sen tuotekohtaisuutensa takia. Yleisempi vaihtoehto on tehdä säde mikroaskelin, jolloin luodaan likipitään pyöreä taivutus.

Mikroaskeltaivutus, nimensä mukaisesti, tapahtuu pieni askel kerrallaan. Askeleen pituus riippuu vaadittavasta ympyrän pyöreäyden laadusta. Mikroaskelin voidaan tehdä myös vaihtuväsäteisiä kaaria. Säteistäivutus on nopea sekä sen

laatu on erittäin hyvä ja sillä saadaan hyvä tulos myös muovipinnoitelluille levyille. Säteen ollessa yli 250 millimetriä tai alle 14 millimetriä täytyy mikrotaivutukset luoda manuaalisesti.

5.5 Mittatarkkuus ja laatu

Koneen tarkkuus on teoriassa parempi kuin särmäyspuristimella, vaikka taivutuksessa tapahtuva kulmamittatarkkuus on sama. Ero syntyy taivutusautomaatin kappaleen paikoitustavasta. Kappale paikoitetaan työstön alussa, joten vasteista aiheutuvia mittavirheitä ei esiinny kuten särmäyspuristimessa. Taivutettavan materiaalin muutokset kuten sulatuserän vaihtuminen sekä valssaussuunta vaikuttavat kappaleen kulmamittoihin.

Taivuttaessa sinkittyä materiaalia koneen taivutusteriin kertyy sinkkijäämiä, jotka voivat jättää kalvotettuun materiaaliin jälkiä. Jäljet eivät ole hyväksytyjä ja johtavat kappaleen hylkäämiseen. Särmäyksessä tämä on yleensä hoidettu käyttämällä eri teriä sinkitylle materiaalille, mutta taivutusautomaatissa terät ovat kiinteät. Sinkkijäämät pitää saada poistettua teristä hiomalla tai vahvoja kemikaaleja käyttämällä. Hiominen ja syövyttäminen luonnollisesti kuluttavat teriä ja saattavat johtaa mittatarkkuuden heikentymiseen. Kylmävalssattujen kappaleiden työstäminen on todettu myös poistavan teristä sinkkijäämiä.

5.6 Eräkoot

On todettu, että taivutusautomaatilla eräkoolla ei ole merkitystä. Eräkoon merkitys tulee ottaa huomioon aihoiden lataustekniikassa. Käytössä olevasta single unit -koneessa aihoiden lataus tapahtuu kourmalavalta. ALT-lastauspöytää käytettäessä suositeltu eräko onkin viidestä kappaleesta 200 kappaleeseen.

Paras mahdollinen lataustekniikka yhden eräkoon tuotantoon on linjatyypinen ratkaisu, jossa robotti syöttää bufferivarastosta aihion liukupöydälle. Linjatyypisessä järjestelmässä on etuna muunmuassa joustavampi tuotanto ja työjonojärjestelmä.

”Taivutusautomaatin ohjelmointi- ja asetusajat ovat erittäin lyhyet ja sen tärkein kustannustekijä on käyttöaste. Mikäli käyttöaste on korkea, taivutusautomaatti on kannattava pienerätuotannossa pienille vuosivolyymeille. Taivutusautomaatin käyttöönotossa tuotteiden suunnittelu on tärkeä tekijä, sillä särmättäväksi suunnitellut osat eivät välttämättä sovellu taivutusautomaatilla taivutettavaksi.” (Carson, T. 2002, 18)

5.7 Edut

Taivutusautomaatilla voidaan saavuttaa suunnittelun avulla suuria etuja särmäykseen verrattuna. Suunnittelun on syytä tarkastaa komponenttien rakenne ja huomioida taivutusautomaation tuomat edut. Yhdistämällä mahdollisuuksien mukaan työvaiheita, vähentämällä komponenttien määrää saavutetaan yksinkertaisempi aihio sekä vähemmän nimikkeitä ja lyhyempi läpäisy aika. Tästä seuraa helpompi tuotannonohjattavuus, joka tarkoittaa keskeneräisen tuotannon arvon, sekä poisjäävien tuotantovaiheiden työvoima- ja työkalukustannuksien laskua.

Mittatarkkuuden ansiosta nurkat voidaan parhaassa tapauksessa jättää hitsaamatta, minkä ansiosta säästetään eri työvaiheiden asetusajoissa ja kiinnitinkustannuksissa. Uudet muodot, jotka ovat liian kalliita valmistaa muulla tavoin kuten särmäämällä, hitsaamalla ja hiomalla, luovat uusia mahdollisuuksia tuotesuunnittelijoille ja muotoilulle.

Joustavuutensa takia myös pienerätuotanto on taivutusautomaatilla tehokasta. Suurimmat edut saadaan esiin vain ja ainoastaan tuotesuunnittelulla.

5.8 Kappaleet ja rajoitteet

Kone on eritoten suunniteltu panelilevyjen valmistamiseen, joissa reunankorkeus verrattuna pinta-alaan on pieni, ja komponentissa on taivutuksia useammalla reunalla. Kappaleen rajoituksia ovat aihion minimi- ja maksimikoko, taivutusmuodot, taivutusterien rajoitukset sekä kappaleen erikoismuodot, vedot yms. Nämä rajoitukset vaihtelevat eri konetyypeillä ja -koolla. Lopputuotteessa voi olla vain yksi särmä alaspäin, ja se on pystyttävä taivuttamaan viimeisenä. Poik-

keuksena ovat pienet ja loivat taivutukset, jotka eivät tuota ongelmia. Rajoitukset on helpompi spesifikoida kuin särmäyspuristimessa.

(Mäki-Mantila, J. 2001, 37)

Taivutusautomaatilla on monia ominaisuuksia, mutta sillä on myös paljon rajoitteita. Taivutusautomaatilla pystyy valmistamaan maksimissaan 370 – 2850 mm pitkiä, 180 – 1500 mm leveistä aihioista valmistettavia kappaleita joiden pyörydyssäde pöydällä on alle 3000 mm.

Koneella on annettu aineenvahvuudelle rajoituksiksi seuraavanlaisia raja-arvoja:

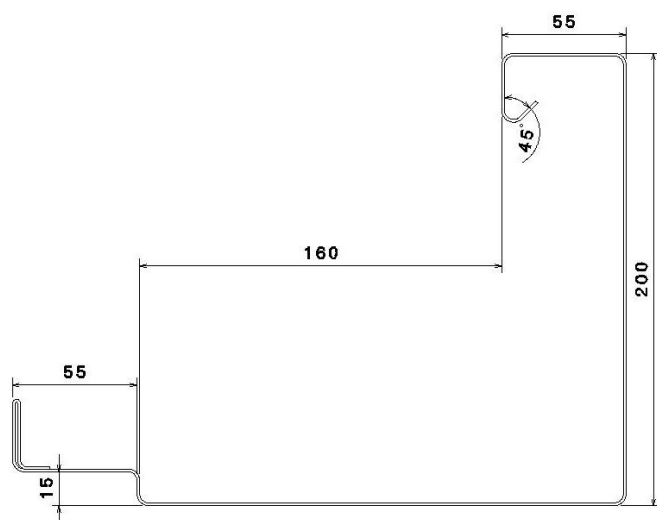
Teräs (myötöraja $>410\text{N/m}^2$) 0,5 – 3,2 mm

Ruostumaton teräs (myötöraja $>600\text{N/m}^2$) 0,5 – 2,0 mm

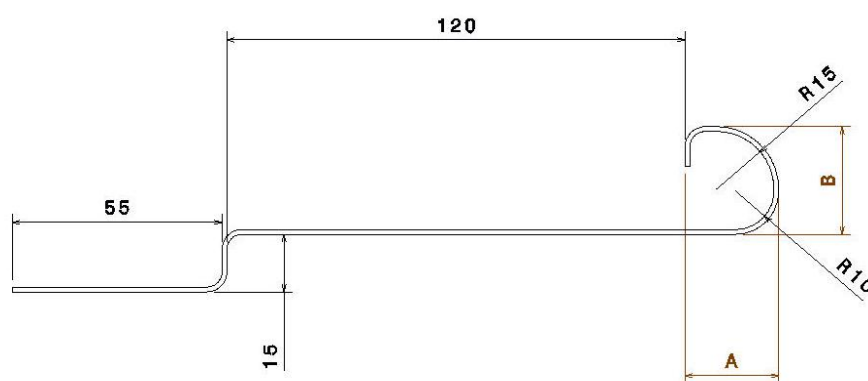
Alumiini (myötöraja $>260\text{N/m}^2$) 0,5 – 4,0 mm

Seuraavissa kuvissa olen pyrkinyt esittämään taivutusautomaatin tärkeimmät rajoitteet. Kuvassa 22 olen mitoittanut vastakkaiden kanttien minimi leveyden normaalitarttujalle, joka on 160 millimetriä. Erikoistarttujaa käytettäessä Vastakkaiden kanttien minimi etäisyys on 120 millimetriä (kuva 23). Suurin sallittu särmän korkeus on 200 millimetriä (kuva 22), jotta kappale sopii taivutuskitaan. Negatiivisen ja positiivisen taivutuksen minimiväli on normaaleilla taivutusterillä 15 millimetriä, ASP-terillä taivutusväli riippuu terän profiilista. Uudelleen taivuttaessa (positiivinen - negatiivinen) maksimipituus on 55 millimetriä, joka riippuu taivutusterien C-profiilin sekä ylä- ja alaterän antamista vaatimuksista. Taivutuskulmat ovat mahdollisia -135 asteesta +135 asteeseen.

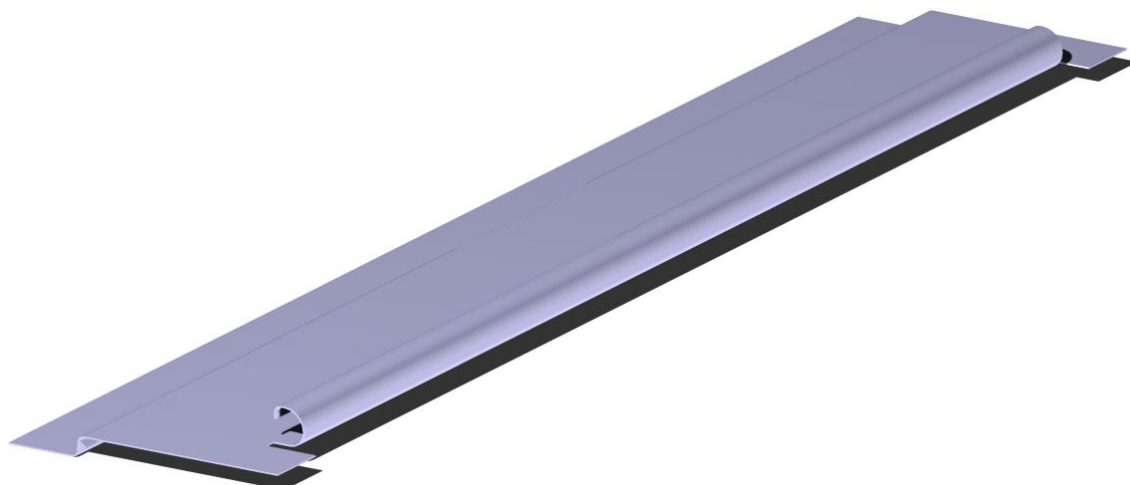
Kuvan 22 mittoja A ja B rajoittaa tarttujan geometria (katso kuva 19). Tätä sivua ei voida tehdä viimeisenä. Ainoastaan viimeinen taivutus voi olla alaspäin ja pituudeltaan 5 – 200 millimetriä. Suurin sallittu osataivutuspituus on ASP-kerkoista ja teristä johtuen 1000 millimetriä. Kuva 24 havainnollistaa erästä yksinkertaista osataivutusmallia.



Kuva 22. Taivutusautomaatin maksimi ja minimi rajoitteita (Taneli Mero, 2012)



Kuva 23. Taivutusautomaatin maksimi ja minimi rajoitteita 2 (Taneli Mero, 2012)



Kuva 24. Osataivutuksen rajoitteita (Taneli Mero, 2012)

5.9 Ohjelmointi

Taivutusautomaatin toiminta ja ohjelmointi poikkeavat särmäyksestä täysin, joten ohjelmoijalta ei vaadita särmäystaitoa. Taivutusautomaatti käyttää ohjauksessaan Siemens:in Sinumerik 840D ohjelmointikieltä. Ohjelmoinnissa käytetään Bend express ohjelmaa jolla dxf-levityskuvan avulla luodaan nc-koodi. Ohjelmalla voidaan alkeellisesti simuloida valmis ohjelma, mutta täydellistä toimivuutta ei voida taata. Jokainen valmis ohjelma on syytä suorittaa aluksi ilman aihiota ja pienellä syöttönopeudella, jotta törmäilyiltä ja kappaleiden hylkäyksiltä vältyttäisiin.

Ohjelmoinnissa määritetään imukuppiportaalin, magneettien ja pinnien sijainnit dxf-levityskuvan avulla sekä näytetään taivutusviivat ja määritetään kulmat. Ohjelmoinnissa asetetaan myös teränpituudet, aukotukset, sivujen taivutusjärjestys sekä aputerien määriykset. Valmis ohjelma säädetään mittoihin korjainten avulla, ja usein ensimmäinen kappale on virheellinen.

5.10 Parametrinen ohjelmointi

Kuten rakennuksiakin myös hissejä on monia eri kokoisia. Varsinkin vanhaa taloa remontoitaessa hissikuilua on kallista suurentaa, joten siihen on tehtävä mahdollisimman sopiva hissi. Jokaista hissimallia on siis montaa eri kokoa. Siksi on erittäin tärkeää, että tuotannossa on käytössä parametrinen ohjelmointi. Levytyökeskuksen, niin kuin taivutusautomaatinkin ohjelmoinnissa ohjelmointiaika lyhenee radikaalisesti, ja turhalta työltä vältytään.

Käytössä olevalla Bend Express –ohjelmistolla on mahdollista parametrisoida taivutusohjelmia. Parametrisointiin liittyy kuitenkin ehtoja, jotka ohjelman pitää täyttää.

BEND Express –käyttöohjekirjassa on lueteltu ehdot, jotka ohjelman on täytettävä. Ainoastaan suorakulmaiset kappaleet voidaan parametrisoida, joten kappaleet eivät voi olla esimerkiksi kuusikulmaisia. Sivujen taivutusjärjestys pysyy samana, sekä pidempää sivua ei voi vaihtaa lyhyemmäksi. Kappaleen molem-

pia sivuja venytetään symmetrisesti. Kappale ei saa sisältää ylätökalun avauksia (CLL-optiota) ilman päätytyökaluja, eikä kappaleen muotoon vaikuttavia erikoistaivutuksia. (FINN-POWER, 2008, 3-22)

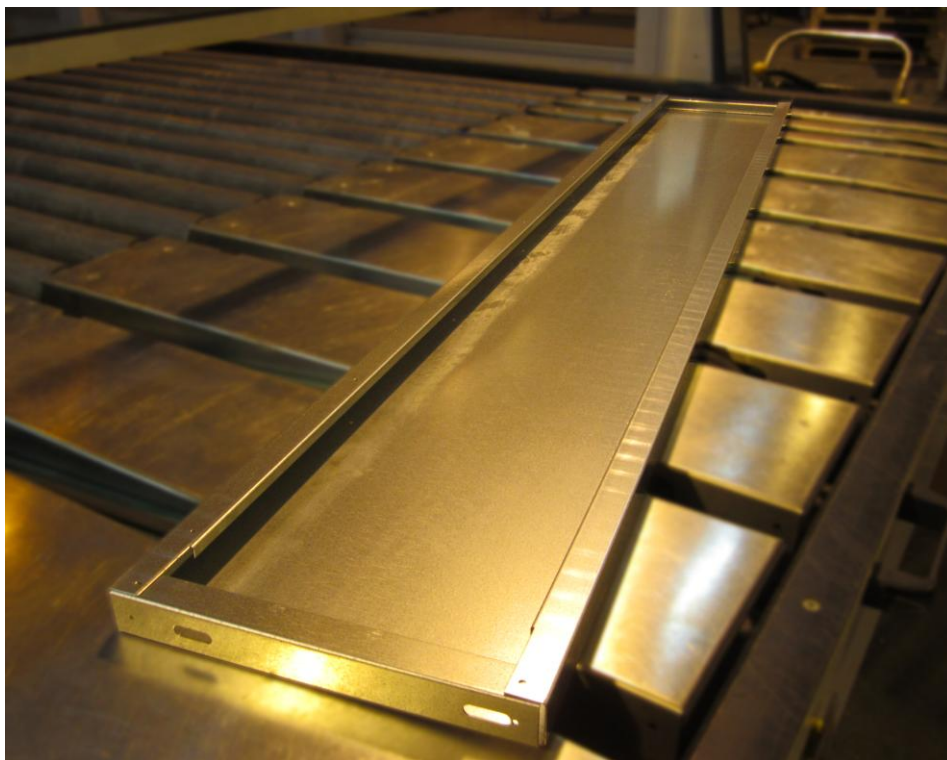
Oven runkolevyjä taivuttaessa nämä ehdot eivät täysin täyty, koska ylätökalun aukaisut ilman päätytyökaluja (CLL) eivät ole sallittuja eikä kappale saa sisältää erikoistaivutuksia. Parametrisoiduista ohjelmista ei tule täysin valmiita. Parametrisoinnin jälkeen runkolevyjen ohjelmista pitää muuttaa muutamia arvoja. Päädyn litistykselle parametrisointi laskee taivutusvoiman, jonka sijasta käytetään yläterän paikka-arvoa. Litistuksen työkalupituus pitää myös tarkistaa simuloinnilla. Kulmakorjaimet ja bombeerukset pysyvät parametrisoinnissa mukana, joten ensimmäinen kappale on usein mitoitaa toleranssissa. Ensimmäinen kappale mitataan ja korjaimet sekä mitat säädetään kohdalleen.

5.11 Kuormituksen arviointi

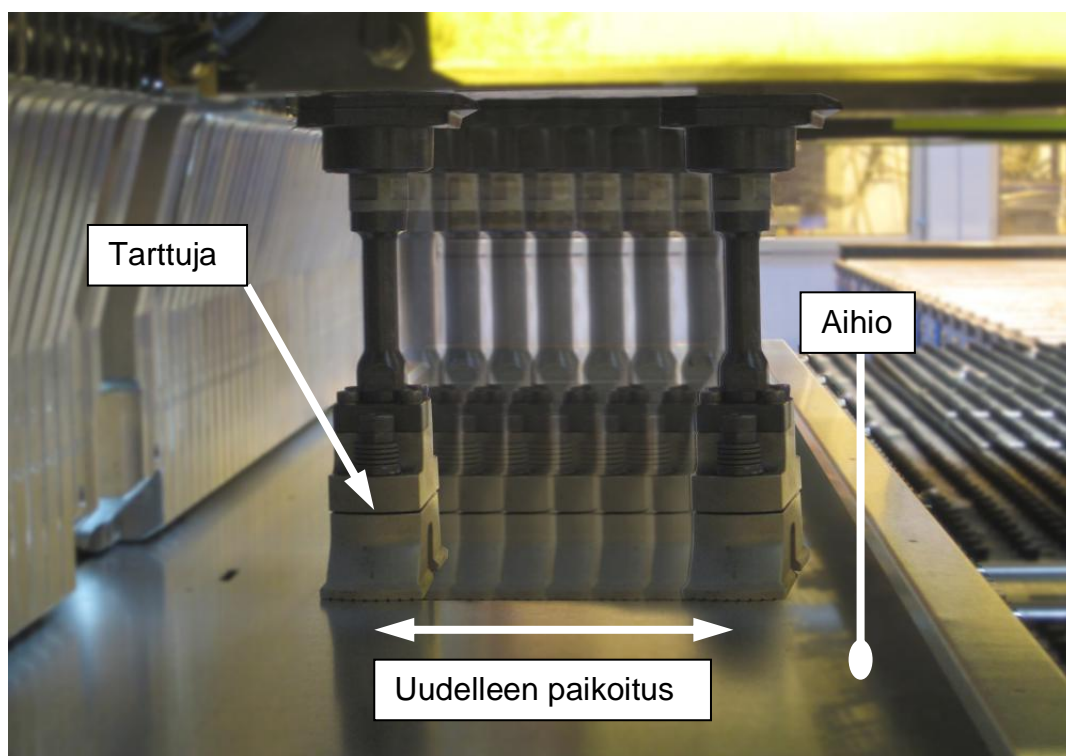
Arvioitaessa kuormitusta taivutusautomaatille otin päänimikkeiksi kolme yleisintä oviaukkotyyppeä. Oviaukko koostuu oven rungosta, pintalevystä, raameista ja muista oheisnimikkeistä. Yleisimmät ovityypit ovat kaksi-, kolmi- ja nelioviilehtisiä. Taivutusautomaatille sopivia komponentteja ovat ovilehtien rungot, jäykisteet, pinnat sekä erilaiset suojalevyt.

Oven runkolevyssä on mallista riippuen 10 - 13 taivutusta sekä yksi litistys. Ovi-levyn runkojen taivutus kestää simuloinnissa saatujen aikojen mukaan 70 sekunnista 120 sekuntiin. Levyn taivutuksessa suurin aika menee levyn liikutteluun. Neljän sivun taivutukseen menee noin 40 sekuntia ja jokainen lisätaivutus lisää taivutusaikaa noin 3 sekunnilla. Jos kappale on kapea (kuva 25) se tarvitsee uudelleenpaikoituksen, (kuva 26) joka on noin 7 sekuntia. Oven runkojen alapään litistykseen, joka tehdään yläterällä, kuluu noin 14 sekuntia.

Asetusaika, joka tarkoittaa tässä tapauksessa aihion ja ohjelman laatamista, on noin 45 sekuntia. Jos eräkkö on suurempi kuin yksi, tämä aika jakaantuu eräkköillä. Runkolevyjen keskiarvoisen kappaleajan arvioin näillä perusteilla noin 140 sekuntiseksi.



Kuva 25. Kapea ovenrunko (Taneli Mero, 2012)



Kuva 26. Kappaleen uudelleen paikoitus (Taneli Mero, 2012)

Ovilehden jäykisteeseen (kuva 27) taivutetaan kahdelle sivulla yhteensä 4 kanttausta. Jäykisteet ovat kapeita, joten on tehtävä uudelleenpaikoitus. Jäykisteen

arvioitu taivutusaika on noin 38 sekuntia. Jäykisteille asetusaika on sama 45 sekuntia. Niiden eräko on usein suurempi, koska ne ovat riipuvaisia ainoastaan oven korkeudesta. Samaa jäykistintä käytetään moneen ovimalliin ja leveyteen. Yksittäisen jäykisteen asetusaikaksi voimme siis arvioida noin 5 sekuntia.



Kuva 27 Ovirungon jäykiste (Taneli Mero, 2012)

Oven pintalevyn taivutus on näistä kolmesta kaikkein nopein. Pintalevyn pitkälle sivulle tehdään kaksi taivutusta. Arvioitu kappaleaika on noin 35 sekuntia ja arvioitua asetusaika myös 45 sekuntia.

Vuosikuormaa arvioidessani laskin teoreettisen keskiarvo-oviaukon, jossa on kolme ovilehteä. Taulukosta 1 nähdään arvioituja keskiarvoaikoja kullekin kappaleelle, sekä yhteenlaskettu arvio yhden oviaukon taivutusautomaattikappaleiden työstöajasta. Oviaukkojen vuosi kappalemääräksi asetin 10 000 kappaletta, jolle koko muu tuotantoprosessi on mitoitettu. Arvioidulla 10 000 oviaukon kappalemäärällä vuosikuormaksi saadaan noin 2 200 tuntia. Absoluuttinen käyttöaste on tällöin 25%.

Taulukko 1. Aukon arvioitu kuormitus

	Keskiarvo tarve/oviaukko	KA työstöaika/kappale [min]	Asetusaika/oviaukko [min]	Kuormitus/oviaukko [min]
Ovilehden runkolevy	3	1,58	0,75	7
Ovilehden jäykiste	3	0,63	0,08	2,15
Ovilehden pintalevy	3	0,58	0,75	4
Yhteensä		2,80	1,58	13,15

10 000 aukon vuosikuormalla	2192 h
Käyttöaste abs.	25 %

5.12 Kappaleen työstöaika

Mittasin vanhan prosessin läpimenoajan ottamalla aikaa satunnaisesti valitusta ovimallista ja koosta. Eräkoko määräytyi mittaushetkellä olleen tilauksen perusteella. Eräkooksi pyrin saamaan yleisen keskiarvon. Vertasin saatuja tuloksia arvoihin, jotka kuormitusta arvioitaessani laskin. Mittasin uuden prosessin, kun se saatiin ajettua ylös normaalille tasolle. Mitatut tulokset löytyvät taulukosta 2, jossa on montaa eri piirustusnumeroa. Punaisella merkityt rivit ovat valitsemani satunnaista ovimallia.

Taulukko 2. Työstöajat

Mitatut tulokset

Särmäys

Nimike	Piirustus	Eräkoko	Aika [min]	[s]/kpl
6311	731231	6	18	180
1988	731173	2	8	240
5787	731182	4	12	180
6418	731180	8	17	128
3688	731182	14	19	81
6510	731182	14	19	81
	Oven runkolevy	10	16	95

Arvioidut tulokset

Arviot ja uusi prosessi vastasivat toisiaan hyvin, kuten taulukko 3 ilmaisee. Arvionti osoitti, että työstöaika pienenisi 47% eli noin puolittuisi. Parannusta läpimenoajassa uusi prosessi oli saavuttanut vanhaan särmäysprosessiin nähden 55 %:tia, uusi prosessi on siis kaksikertaa nopeampi. Läpimenoajan lyhentymisen saavutti sille asetetut odotukset.

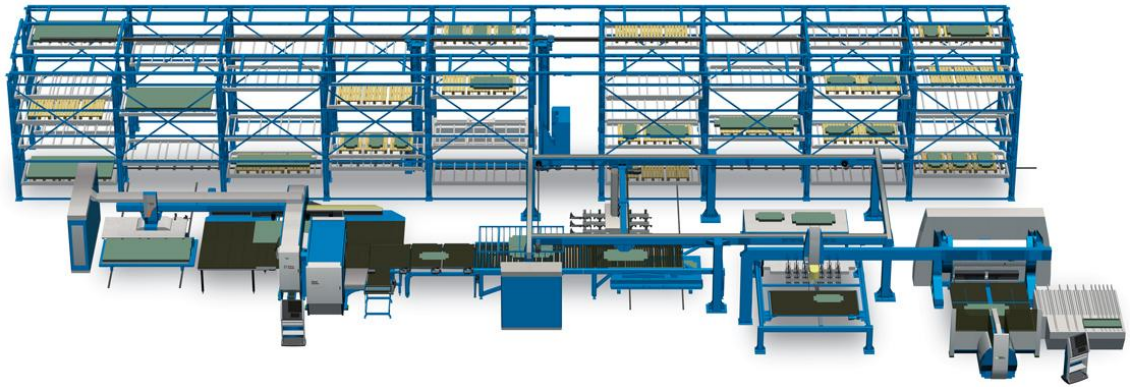
Taulukko 3. Työstöaikojen muutokset

<u>Työstöajan muutos</u>	
Vanha [s]	180
Arvioitu [s]	95
Parannus %	47 %
<hr/>	
Vanha [s]	180
Uusi [s]	81
Parannus %	55 %

5.13 FMS

Joustava tuotantojärjestelmä (Flexible Manufacturing System) rakentuu usein automaattista korkeavarastosta sekä siihen liitetyistä työkoneista. Järjestelmän joustavuus tarkoittaa soveltuvuutta erilaisille kappaleille sekä sitä, että järjestelmää pystytään helposti muokkaamaan sekä vähentämään ja lisäämään työsoluja.

Kuvassa 28 on Prima Powerin suunnittelema FMS-järjestelmä, joka sisältää Night Train –varaston, kulmaleikkurin sisältävän levytyökeskuksen, bufferivaraston sekä taivutusautomaatin. Tavoitteenamme on luoda tuotantolinja, joka toimisi täysin automaattisesti. Linja alkaisi jo asiakkaan tilauksen käsittelystä. Ohjelmisto käsittelee asiakkaan tilauksen, loisi tuotannonohjausohjelmaan tuotantotilaukset. FMS-linja lisäisi tuotantotilauksen nimikkeet työjonoon. Kulmaleikkurikone sekä taivutusautomaatti valmistaisi tuotteet ja käsittelyrobotti lastaisi valmiit komponentit kuljetukärryyn, jonka jälkeen tuotteet vietäisiin kokoonpanolinjalle mahdollisten muiden työvaiheiden jälkeen.



Kuva 28. Taivutusautomaatti Prima powerin suunnittelemassa FMS-järjestelmässä (kuva: Prima-power)

Linjaan olisi mahdollista luoda pistehitsaussolu jolla saataisiin yksi käsityövaihe muutettua automaattiseksi. Oviaukkojen pienempiä osia ei taivutusautomaatilla pystytä taivuttamaan, joten linjassa olisi hyvä olla myös särmäysrobotti. Kun linjalla pystytään valmistamaan mahdollisimman paljon ovituotannon osia, JIT-periaatetta voidaan hyödyntää. Lisäksi laatu- ja kustannuksia, kuten turhaa aikaa, resursseja sekä varastointia pystytään vähentämään. Pystyisimme valmistamaan tuotteen tilauskohtaisesti, jolloin turha lajittelu saataisiin minimoitua. FMS-linjassa tuotteet merkattaisiin automaattisesti viivakooditarralla, jolloin saattokortteja ei tarvitsisi tulostaa.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Työn tavoitteena oli parantaa hissiovitutannossa taivutustyövaiheen läpimenoajan nopeutta ja työergonomiaa, sekä laskea taivutuksen kustannuksia automatisoinnilla. Ovirunkojen taivutustyövaiheen työergonomiaa saatiin parannettua. Isompia ovia tehdessä särmäyspuristimella tarvittiin koneelle kaksi työntekijää, taivutusautomaatilla toinen työntekijöistä saatiin vapautettua muuhun jalostavaan toimintaan. Ovirunkojen taivutus muuttui osin automaattiseksi ja lähemmäksi täysautomaattista tuotantoa. Kun suuri osa ohjelmista oli saatu ohjelmoitua sekä testattua, mittasin, että ovirunkojen työstöaika pieneni 55%:a.

Taivutusautomaatin siirrolla Turun tehtaalta Tammelan tehtaalle työkuorma saatiin nostettua noin 60% käyttöasteeseen, 1-vuoroiseksi. Tulevaisuudessa suuremmilla volyyymeillä sekä uusilla tuotteilla, jotka on myyty eritoten taivutusautomaattia silmälläpitäen, pystytään nostamaan käyttöastetta.

Taivutusautomaatti soveltuu erinomaisesti ovirunkojen valmistukseen. Se on tehokkaampi sekä nopeampi tapa valmistaa ovenrunkoja kuin särmäyspuristin. Vaikka runkoja on montaa eri mallia sekä kokoa, parametrisoimalla sekä pienellä ohjelmoinnilla saadaan pienellä vaivalla valmiita tuotteita helposti ja nopeasti.

Tulevaisuudessa toimintaa kannattaa tehostaa personoimalla kappaleita juuri taivutusautomaatille huomioiden sen mahdollisuudet ja sen nopeus. Taivutusautomaatin täysautomatisointia tulisi tutkia lisätutkimuksella. Prima Power Oy:n tarjoamalla FMS-järjestelmällä aihoiden leikkaus ja panostus varmasti onnistuvat moitteettomasti, mutta mielestäni suurin tutkimusta vaativa kohde on valmiiden taivutettujen kappaleiden poisto ja laadunvarmistus. Finn-Powerin Ebe 5 –taivutusautomaatti ei sisällä kulmanmittausta ja materiaalierien vaihtuessa myös kulmat vaihtuvat, niin laadunvarmistukseen tulisi kehitellä jokin toimiva ratkaisu.

LÄHTEET

Carson, T. 2002. Ohutlevyjen taivuttaminen pienerätuotannossa. Diplomityö. Konetekniikan osasto. Lappeenrannan Teknillinen Korkeakoulu.

Finn-Power. 2008. Finn-Power EBe 5 (200) –taivutusautomaatin käyttöohjekirja. Versio 00/07.01.2008. Cologna Veneta (VR): FINN-POWER

Lepola P., Makkonen M. 2005. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. 1. Painos Helsinki: WSOY

Mäki-Mantila, J. 2001. Ohutlevyjen taivutus ja muovaus. MET-julkaisuja 11/2001. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy

Salvagnini Inc. 2011. P4Xe, Operation procedure: simple, fast, lean. Luettu 22.11.2011 www.Salvagnini.com

Stera Technologies Oy. 2011. Stera Technologies. Luettu 22.11.2011. www.stera.com