

Mikko Vähämäki

PUTKENTAIVUTUKSEN AUTOMATISOINTI

KONE- JA TUOTANTOTEKNIIKAN koulutusohjelma

2016

PUTKENTAIVUTUKSEN AUTOMATISOINTI

Vähämäki, Mikko
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2016
Ohjaaja: Santanen, Teemu
Sivumäärä: 35
Liitteitä: 0

Asiasanat: putkentaivutus, CNC, taivutuskone

Tämä opinnäytetyö tehtiin Tukimet Oy:lle. Työn aiheena oli yrityksen tarpeisiin sopivan syöttö- ja purkuautomaatiikalla varustetun putkentaivutuskoneen kartoittaminen.

Aloituskeskusteluissa käytiin läpi ominaisuuksia joita koneessa tulisi olla ja ominaisuuksia joille ei ole tarvetta. Samalla annettiin myös taivutettavien putkien maksimi putkikoko.

Työn aikana keskusteltiin useiden laitetoimittajien kanssa ja yritettiin löytää yrityksen tarpeisiin paras kokonaisratkaisu.

Nykyisen YLM-taivutuskoneen päivittämistä syöttö- ja purkuautomaatiikalla pidettiin yhtenä vaihtoehtona.

AUTOMATION OF TUBE BENDING

Vähämäki, Mikko

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical Engineering

April 2016

Supervisor: Santanen, Teemu

Number of pages: 35

Appendices: 0

Keywords: tube bending, CNC, bending machine

This thesis was made for Tukimet corporation. The purpose of this thesis was to survey automated tube bending cell for Tukimet corporation

Necessary and unwanted features were discussed during the launch meeting. The maximum size of bent tubes was determined at the same time.

During the study, discussions were held with a number of manufacturers. An attempt was made to find the best overall solution for company's needs.

The upgrade of the current YLM bending machine with load- and unload automation was considered as one option.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TUKIMET OY	6
2.1	Tukimet Oy:n historia	6
2.2	Yritysesittely	6
2.3	Tyke® -apuvälineiden brändi	6
3	TUKIMET OY: N KÄYTTÄMÄT PUTKENTAIVUTUS-MENETELMÄT	7
3.1	Three-roll push bending	8
3.2	Rotary draw bending.....	10
4	TARVITTAVIEN OMINAISUUKSIEN KARTOITTAMINEN.....	13
5	PUTKENTAIVUTUSKONE YLM CNC38MSRSM-5A.....	18
5.1	Putkentaivutuskone YLM CNC38MSRSM-5A	18
5.2	YLM CNC38MSRSM-5A -taivutuskoneen automatisointi.....	19
6	SOPIVIEN KONEIDEN KARTOITTAMINEN	20
6.1	Soco.....	20
6.2	Crippa.....	24
6.3	Macri	25
6.4	BLM.....	25
6.5	Wafios	26
6.6	YLM.....	27
7	KOETAIVUTUKSET JA TARJOUSPYYNNÖT	29
8	YHTEENVETO	30
	LÄHTEET.....	34

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on osa Tukimet Oy:n tuotannon automatisointi- ja kehitysprojektiä. Yrityksen tavoite on tuotannon automatisoinnin avulla hakea kustannustehokkuutta, lisätä tuotantokapasiteettia, sekä tuotteiden valmistuksen kehittäminen pajasta tehtaaksi. Yritys hakee kasvua vientimarkkinoilta.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on kartoittaa Tukimet Oy:n tarpeisiin soveltuvat syöttölaitteella varustetut lesti- ja rullaputkentaivutusautomaatit ja niiden vaatima investointitarve. Kartoituksen perusteella on tarkoitus valita tarpeisiin sopiva kone, jossa ei ole hirveästi turhia ominaisuuksia.

Nykyisen koneen päivittäminen ja syöttölaitteen hankkiminen nykyiseen koneeseen kartoitetaan vaihtoehtona kokonaan uuden laitteen hankkimiselle.

Mahdollisten virhevastuuasioiden varalta yrityksen johdon toive on saada koko kokonaisuus samalta toimittajalta avaimet käteen -periaatteella. Tällä saadaan vastuu rajattua yhteen laitetoimittajaan usean laitetoimittajan sijaan.

2 TUKIMET OY

2.1 Tukimet Oy:n historia

Tukimet Oy perustettiin 26.6.2013. Yrityksen perustivat Jani Hiljanen, Jarkko Sosala ja Mikko Koivisto. Seuraavana päivänä yritys osti Tyke Oy:n apuvälineyksikön omat tuotteet ja Tyke® tavaramerkin. Tukimet Oy aloitti toimintansa 1.8.2013.

2.2 Yritysesittely

Tukimet Oy on Raumalla toimiva monipuolisia Tyke® -apuvälineitä valmistava tuotantolaitos.

Tukimet Oy:n apuvälineet ovat tunnettuja laadukkaista, pääosin kotimaisista materiaaleistaan, tarkasta työnjäljestä ja käyttäjien tarpeet huomioon ottavasta suunnittelusta. Tuotantolaitos kehittää ja tuottaa innovatiivisia välineitä liikuntarajoitteisille, vanhuksille ja erityistä tukea tarvitseville henkilöille. Asiakkaina on paitsi yksityisiä kuluttajia, myös kuntien liikunta- ja terveystoimia, sairaanhoitopiirejä, apuvälineyksiköitä ja jälleenmyyjiä.

Apuvälineyksikön tärkeimmät tuotteet ovat kävelytelineet (rollaattorit), nousutuet ja sängynlaidat, tukikaiteet ja -kahvat, suihkutuolit sekä luistelutuet. (Tukimet Oy www-sivut 2016)

2.3 Tyke® -apuvälineiden brändi

Apuvälineiden valmistajana Tyke® on saavuttanut kotimaan ammattipiireissä nimelleen brändin, joten Tukimet Oy jatkaa Tyke -tavaramerkillä ja valmistaa laadukkaiksi todettuja kotimaisia apuvälineitä niin julkisten hankintojen kautta suurasiakkaille kuin yksityisille käyttäjille.

Tukimet Oy:n valmistamille kävelytelineille ja nousutuille on myönnetty Avainlippumerkin käyttöoikeus. Avainlippu on Suomalaisen Työn Liiton myöntämä, rekisteröity

ja valvottu alkuperämerkki, joka voidaan myöntää suomalaisille tuotteille ja palveluille. (Tukimet Oy www-sivut 2016)



Kuva 1. Tukimetin monitoimikävelyteline. (Tukimet Oy www-sivut 2016)

3 TUKIMET OY: N KÄYTTÄMÄT PUTKENTAIVUTUS- MENETELMÄT

Putkeen kohdistuu eri taivutusmenetelmissä samankaltaiset rasitukset. Sisäkaarteeseen syntyy puristusjännitystä ja ulkokaarteeseen vetojännitystä. Vetojännitys aiheuttaa ulkokaarteeseen materiaalin ohenemista ja puristusjännitys sisäkaarteeseen materiaalin tyssäytymistä. (Röytiö & Söderberg 1994, 36)

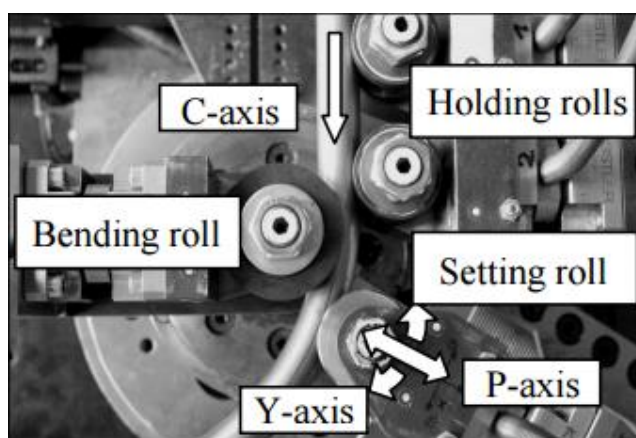
Putkeen valmistuksen yhteydessä tulevan hitsausauman sijoittamista taivutuksen sisä- tai ulkokaarteeseen pyritään välttämään. Tällä pystytään vähentämään hitsausaumaan kohdistuvaa muodonmuutoksien aiheuttamaa rasitusta.

Takaisinjousto ja todellinen taivutussäde kasvavat, kun taivutuksen R/D-suhde eli taivutuksen keskiakselin suhde putken ulkohalkaisijaan ja putken seinämävahvuuteen kasvavat. Takaisinjoustoon vaikuttaa myös putkimateriaali. (Röytiö & Söderberg 1994, 44) Taivutettujen putkien takaisinjoustoon on taivutuskoneissa takaisinjouston kompensatio.

3.1 Three-roll push bending

Kolmen rullan työntötaivutus on innovatiivinen putkentaivutusteknologia, joka on tunnettu korkeasta joustavuudesta. Prosessissa putken geometria määritetään työkalurullien sijainnilla eikä niiden säteellä toisin kuin rotary draw bender -tyyppisessä vetoaivutuksessa jossa keskiakselin taivutussäde on aina riippuvainen taivutuslestin säteestä. Tämän johdosta tarvitaan vain yksi taivutustyökalusarja putken ulkohalkaisijaa kohti, jotta putkeen voidaan taivuttaa prosessirajojen sisäpuolella oleva haluttu geometria. (Hagenah & Vipacv & Plettke & Merklein 2010, 1)

Prosessi perustuu kahteen tukirullaan, yhteen taivutusrullaan ja yhteen asetusrullaan, jota ohjataan numeerisesti ohjatuilla aksleilla. Esimerkkikuvassa C-akseli syöttää putkea, asetusrulla liikkuu taivutustasossa joko taivutusrullan keskipistettä kiertämällä (Y-akseli) tai taivutuksen säteen suunnassa (P-akseli). Kolme rullaa riittäisi taivutuksen suorittamiseen, mutta takimmaista tukirullaa käytetään vakauttamaan putkea. (Hagenah & Vipacv & Plettke & Merklein 2010, 1)



Kuva 2. Kolmen rullan työntötaivutus. (Hagenah & Vipacv & Plettke & Merklein 2010, 1)

Kolmen rullan työntötaivutusprosessi voidaan kuvata kolmella vaiheella. Set-up vaiheeseen sisältyy putken kiinnitys ja tukirullien sulkeminen putkeen kiinni. Seuraavaksi tulee aloitusvaihe. Siinä asetusrulla siirretään halutun taivutusgeometrian vaatimaan ääriasentoon ja samanaikaisesti syötetään putkea. Kun haluttu asetusrullan paikka saavutetaan alkaa taivutusvaihe, jossa vakiosäde R taivutetaan putken jatkuvalla syötöllä. (Hagenah & Vipacv & Plettke & Merklein 2010, 1-2)

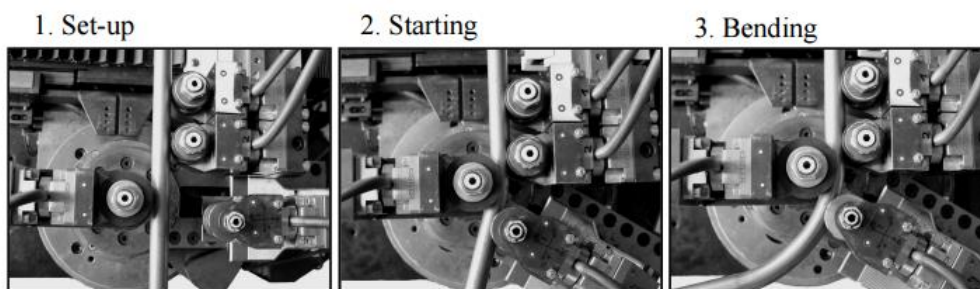


Figure 2: Three main steps of the tree-roll-push-bending process

Kuva 3. Kolmen rullan työntötaivutusprosessi vaiheittain. (Hagenah & Vipacv & Plettke & Merklein 2010, 2)

Kaaren muotoon vaikuttaa asetusrullan määritetty sijainti P- ja Y-akseleilla sekä syöttönopeus. Koska asetusrullaa voidaan siirtää, kun putkea työnnetään eteenpäin ja taivutuskoneessa on lisäksi akseli, joka mahdollistaa putken pyörittämisen C-akselin ympäri taivutusprosessin aikana on mahdollista taivuttaa mielivaltaisia 3D-geometrioita prosessirajojen sisäpuolella. (Hagenah & Vipacv & Plettke & Merklein 2010, 2)

Prosessiparametreilla on suurin vaikutus taivutussäteeseen ja niitä ohjataan taivutus-koneella. Taivutussäde on kuitenkin kinemaattis-dynaamisten olosuhteiden tulos, joka esiintyy taivutusprosessin aikana. Taivutussäteeseen vaikuttaa monet tekijät, jotka voivat johtua joko koneesta tai putkesta. Jotkut tekijät ovat tiedossa ennen prosessia (factors) ja niitä voidaan ohjata, kun taas osaa tekijöistä ei voida ohjata (cofactors). (Hagenah & Vipacv & Plettke & Merklein 2010, 2)

Taulukko 1. Taivutussäteeseen vaikuttavia tekijöitä.

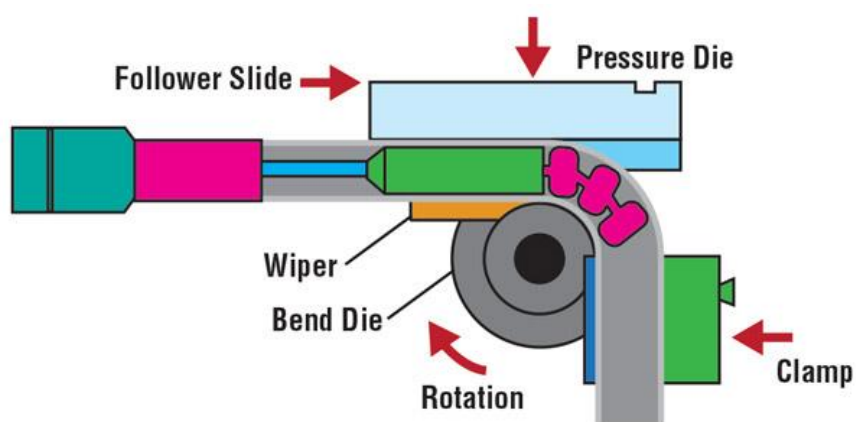
	Factors	Cofactors	Lopputulokset
Kone	Prosessiparametrit	Koneen taipuma	Taivutussäde R [mm]
		Kitka olosuhteet	
Putki	Geometriset parametrit	Materiaalin laadun vaihtelut	
	Materiaalin parametrit	Takaisinjousto	

3.2 Rotary draw bending

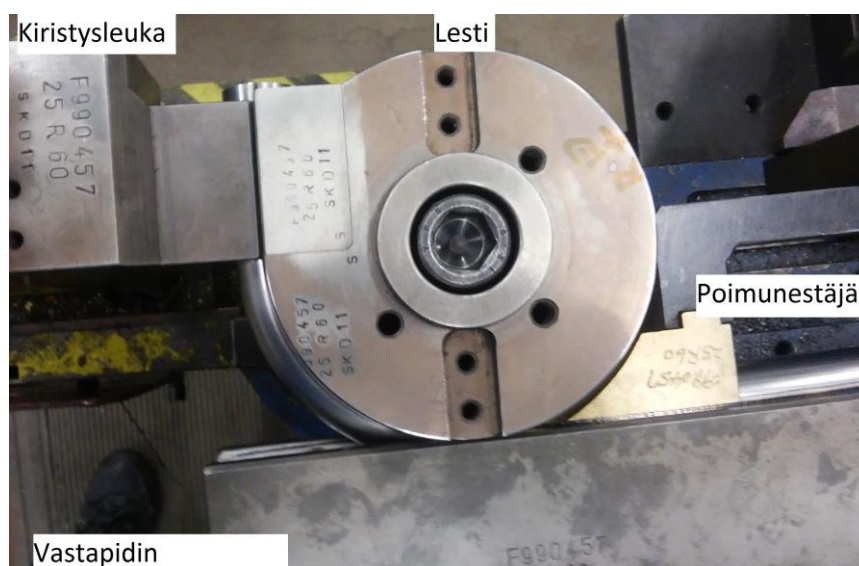
Vetotaivutus on taivutusmuoto, jolla saavutetaan suuremmilla D/t suhteilla pienempiä taivutussäteitä kuin muilla taivutusmenetelmillä. D/t -suhteella tarkoitetaan pyöreän putken ulkohalkaisijan suhdetta seinämänpaksuuteen. Työntötaivutukseen verrattuna menetelmän heikkouksia ovat, suurempi ulkoseinämän oheneminen, korkeammat kustannukset sekä lukitusleuan vaatima taivuttamaton osuus putken päässä. (Röytiö & Söderberg 1994, 26)

Kolmen rullan työntötaivutuksessa käytettävät taivutustyökalut ovat hankintakustannuksiltaan edullisempia kuin vetotaivutuksessa käytettävät työkalut yhtä putken ulkohalkaisijaa kohti. Kolmen rullan työntötaivutuksessa yhtä putken ulkohalkaisijaa kohti riittää yksi taivutustyökalusarja per taivutussuunta putken seinämän vahvuudesta riippumatta, kun vetotaivutuksessa putken sisällä taivutuksen tukena oleva tuurna pitää olla jokaista taivutettavaa putken seinämän vahvuutta varten erikokoinen, vaikka putken ulkohalkaisija pysyisi samana. Tuurna on väljä, mikäli sisähalkaisija kasvaa seinämävahvuuden ollessa pienempi ja vastaavasti seinämävahvuuden kasvaessa tuurna ei mene putken sisälle tai on liian tiukka. Pelkän tuurnan hankintakulut eivät kuitenkaan ole merkittävät. Tarvitaan vain yksi lesti, vastapidin ja kiristysleuka putken ulkohalkaisijaa kohti, mikäli putken taivutuksen keskiakselintaivutussäde ei vaihdu. Taivutuksen keskiakselin taivutussäde määräytyy taivutuksessa käytettävän lestin säteen mukaan.

Taivutusprosessissa putki paikoitetaan ensin taivutuskoneeseen, jonka jälkeen putki lukitaan paikalleen kiristysleualla lestiä vasten. Seuraavaksi lesti ja kiristysleuka kiertyvät yhtenä kappaleena lestin keskiakselin ympäri putki mukanaan tehden taivutuksen, vastapitimen pitäessä painetta poimunestintä vastaan ja liikkuen samalla aksiaalisuunnassa ennalta määrättyä vauhtia. Kierto jatkuu, kunnes putkeen on saatu haluttu kulma taivutettua. Poimunestäjän tehtävänä on estää taivutuksen alkuun syntyvän rypyn syntyminen eikä sen käyttäminen ole välttämätöntä kuin pienisäteisten taivutusten tekemisessä. Alla oleva kuva havainnollistaa taivutusprosessin kulkua. Putken sisällä on kolmeosainen pallotuurna.



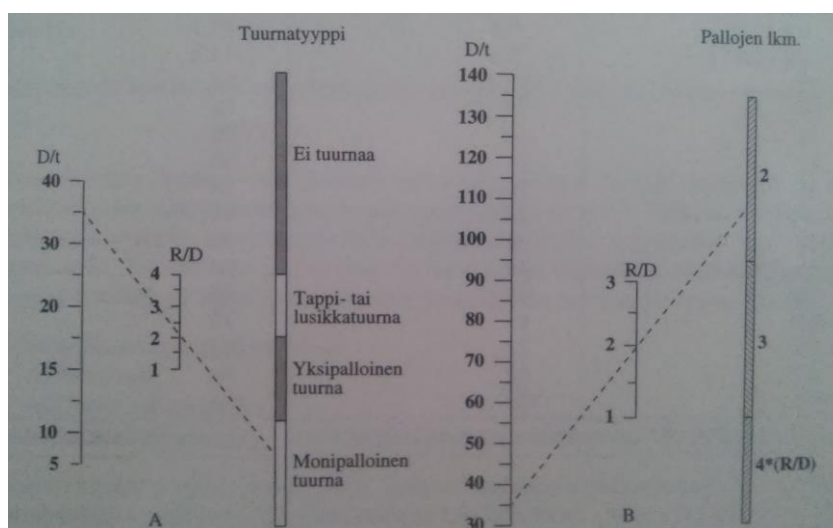
Kuva 4. Kuva havainnollistaa rotary draw bending -tyyppistä vetotaivustus prosessia. (Thefabricator www-sivut 2016)



Kuva 5. Tukimet Oy:n YLM-taivutuskoneella tehty valmis 90° taivutus. Työkalut ovat vielä lukittuna putkjen ympärille. (Mikko Vähämäki 2016)

Taivutusprosessin aikana putken sisällä oleva tuurna tukee putkea, myös tuurnan koko ja sijainti ovat tärkeitä tekijöitä. Ne vaikuttavat takaisinjousto- ja todelliseen säteeseen sekä putken ulkokaarten kohoumiin ja sisäkaarten rypyttymiseen. Liian kaukana putkessa oleva tuurna aiheuttaa sisäkaarten rypyttymistä ja taivutukseen nähden liian edessä oleva tuurna aiheuttaa ulkokaarteeseen kohoumia. (Röytiö & Söderberg 1994, 38)

Tuurnia on erimallisia. Käytettävän tuurnan tyyppiin vaikuttaa D/t -suhde ja R/D suhde. Tuurnataivutus vaatii aina tuurnan voitellua. Erilaisia tuurnatyyppejä on tappi- ja lusikkatuurna sekä yksi- ja monipalloiset tuurnat. Lisäksi on saatavilla erilaisia erikoistuurnia eri profiileille. Taivutuksia voidaan tehdä myös ilman tuurnaa. Alla nomogrammi eri D/t - ja R/D -suhteilla käytettävistä tuurna tyypeistä.



Kuva 6. Nomogrammi käytettävistä tuurnatyypistä. (Röytiö & Söderberg 1994, 29)

4 TARVITTAVIEN OMINAISUUKSIEN KARTOITTAMINEN

Tämän työn tarkoitus oli kartoittaa Tukimet Oy:n tarpeisiin sopiva syöttöautomaatilla varustettu rulla- ja lestituurnataivutusautomaatti. Työ aloitettiin käymällä läpi Tukimet Oy:n käyttämien putkien koko, työkaluluettelo ja ominaisuuksia joita koneeseen halutaan sekä ominaisuuksia joille ei ole tarvetta.

Konetta ja koneen ominaisuuksien kartoitettaessa Tukimet Oy:n tuotteissa käyttämien ja alihankintana taivutettavien putkien koko rajaa kartoitettavien koneiden kokoluokan suurimman taivutettavan putkikoon osalta.

Taulukko 2. Suurin kartoitettava putki koko.

Putkityyppi	mitat [mm]
Pyöreäputki	42*2
Neliöputki	30*30*2

Suurin taivutettavan putken pituus rajattiin aloituspalaverissa noin neljään metriin. Tämän takia ainakin osan laitetoimittajien koneita joudutaan jatkamaan.

Taivutustyökalujen hankintakustannukset ovat korkeat. Työkalukustannusten minimoimiseksi alustava työkaluluettelo koostuu vain oman tuotannon kannalta pakollisista työkaluista.

Taulukko 3. Työkaluluettelo.

Työkalu	Halkaisija [mm]	Seinäämä [mm]	Säde [mm]	Tuurna [mm]	Tyyppi
1.	16	1	40	13,7	
2.	19	1,5	45		
3.	22	1,25	55	19	
4.	22	1,5	55	18,5	
5.	25	1,25	60	22	
6.	25	1,5	60	21,4	
7.	25	2	60	20,5	
8.	19	≤ 2			Rulla
9.	22	≤ 2			Rulla
10.	25	≤ 2			Rulla

Mikäli tiettyä taivutustyökalua tarvitaan vain pieneen määrään taivutuksia, nousee yhden taivutuksen työkalukustannus suureksi.

Syöttömakasiinin tai robottisyötön keräilypöydän kartoitukseen vaikuttaa Tukimet Oy:n omien tuotteiden aihoiden pituus. Aihoiden pituudet ovat 470 ja 1900 millimetrin välillä. Syöttöjärjestelmän kapasiteetin kasvattamista aihoiden pituuden osalta alihankintana tehtävien taivutuksien vaatimuksien mukaan ei koettu tarpeelliseksi vähäisen alihankintana tehtävän taivutuksen johdosta. Tämä vaatisi syöttöjärjestelmältä kapasiteettia jopa noin 4 metriä pitkille aihioille mikä lisäisi investointitarvetta ja kasvat- taisi laitteen vaatimaa tilantarvetta. Alihankintana tehtävien taivutusten aihoiden syöttö koneeseen voidaan tehdä manuaalisesti niiden aihoiden osalta, jotka ovat liian pitkiä tai ulkohalkaisijaltaan liian suuria syöttömakasiiniin.

Suurin taivutettavan putken ulkohalkaisija Tukimet Oy:n omissa tuotteissa on tällä hetkellä 25 millimetriä. Osalla laitevalmistajista Tukimet Oy:n omien aihoiden taivu- tuksiin riittäisi pienempi kone kuin alihankintana tehtäviin taivutuksiin. Lisäinvestoin- nin määrä vaikuttaa lopulliseen päätökseen hankittavan koneen koosta. Alihankintana tehtäviä taivutuksia voidaan jatkaa uuden taivutuskoneen kapasiteetin ylittävien suu- rempien putkikokojen osalta nykyisellä YLM CNC38 -taivutuskoneella, mikäli kus- tannussyistä päädytään pienempään, Tukimet Oy:n omien tuotteiden valmistukseen riittävään koneeseen. Tämä vaihtoehto rajoittaisi myös Tukimet Oy:n omissa tuot- teissa tulevaisuudessa käytettävien putkien maksimikoon automatisoidun tuotannon, putkiin joiden ulkohalkaisija on noin 32 millimetriä riippuen laitetoimittajasta. Tämä kokoluokka antaa kuitenkin riittävästi varaa kasvattaa omissa tuotteissa käytettävien putkien ulkohalkaisijaa Tukimet Oy:n tuoteportfolioon suhteutettuna.

Hitsatut ohutseinämäputket valmistetaan rainasta, joka on leikattu putken edellyttä- mään leveyteen, jonka jälkeen raina muovataan valmiiksi putkeksi. Rainan muovaus pyöreäksi tapahtuu peräkkäisissä muotoilurullissa, jonka jälkeen suurtaajuusmenetel- mällä hitsataan putkiaihion pituussauaman reunat yhteen. Hitsauksen jälkeen putken ulkopuolinen ja tarvittaessa myös sisäpuolinen hitsauspurse höylätään. (Röytiö & Sö- derberg 1994, 18)

Putken valmistusta koskevassa lyhyessä tiivistelmässä sivutaan putkentaivutuksen kannalta merkittäviä asioita. Putkeen jää hitsauksen aiheuttamasta lämmöstä väriero, jota pystytään hyödyntämään hitsin aseman tunnistimella putken paikoituksessa esimerkiksi taivutusta valmisteltaessa.

Hitsin sisäpuolisen hitsauspurseen poistaminen vähentää tuurnataivutuksessa tuurnan jumiutumisen riskiä. Pituussaumahitsatuissa putkissa, joista sisäpuolista pursetta ei ole poistettu voidaan käyttää urallisia tuurnia pienemmän välyksen saavuttamiseksi, näiden tuurnien ongelma on erikokoiset sisäpurseet. Putket, joissa on matalampi sisäpurse jäävät tuetta. (Röytiö & Söderberg 1994, 26)

Tukimet Oy käyttää saumatonta Ruukin putkea tuurnan jumiutumisen riskin minimoiseksi. Käytettävät putkilaadut ovat Form 220 C ja Form 500 C-ohutseinäputkia. Putkista Form 500 C-putkella on korkeampi myötölujuus, vähintään 400 N/mm². (Ruukki www-sivut 2016). Tämä on vaikuttava tekijä koneen suorituskyvyn osalta.

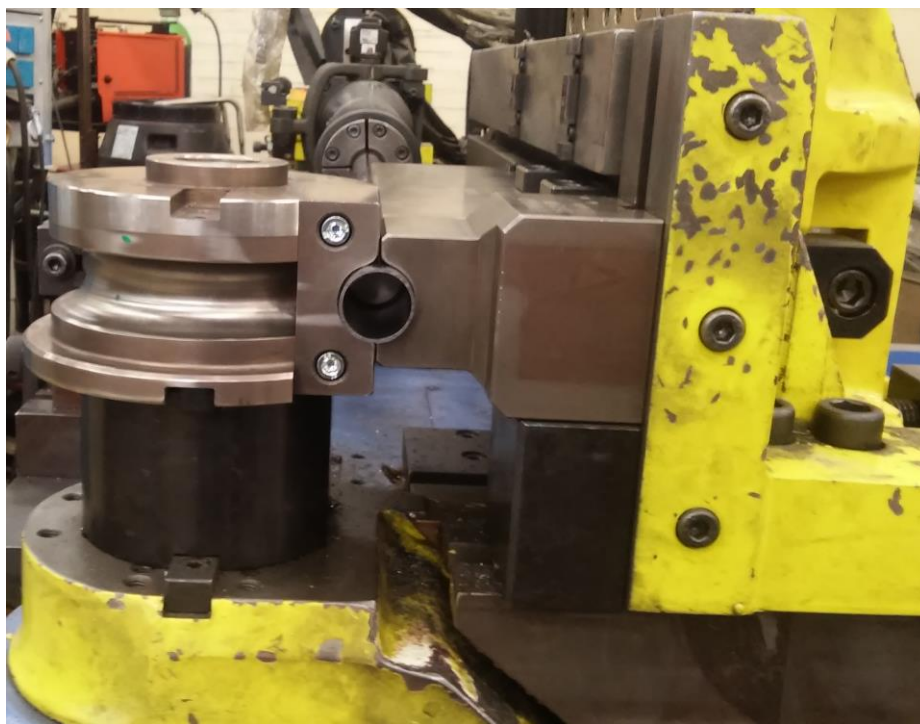
Taivutuskoneen suorituskyvyn riittävyyden ratkaisee laitetoimittajan tekemät koetaivutukset. Kaikki laitetoimittajat pyytävät työkuvia taivutettavista putkista ja tietoja käytetyistä putkilaaduista. Koetaivutusten jälkeen laitetoimittaja tekee tarjouksen koneesta.

Hitsaussaumantunnistus on yleensä syöttölaitteessa. Putken oikea paikoitus Tukimet Oy:n tuotteissa on tärkeää. Aihion pitää olla oikeassa asennossa taivutusta aloittaessa, koska aihioissa on reikiä joiden pitää olla tuotteen kokoonpanovaiheessa suunnitellussa paikassa. Tällä hetkellä paikoitus on ratkaistu Tukimet Oy:n itsekehittämällä ratkaisulla, joka toimii hyvin. Saumantunnistus on mahdollista saada myös taivutuskooneeseen, mutta tässä vaihtoehdossa saumantunnistusaika on pois koneen työajasta, mikä ei ole järkevää tuottavuuden ja kustannustehokkuuden kannalta. Saumantunnistusta on saatavilla optisena ja induktiivisena. Saumantunnistuksen lisäksi saatavilla on myös reiäntunnistus. Putki paikoitetaan taivutusohjelmasta valittavan määrävän reiän mukaan.

Taivutusakselien määrä kertoo servo-ohjattujen CNC-akselien lukumäärästä. Kehittyneimmät taivutuskoneet ovat pääsääntöisesti all electric -malleja eli täysin servo-ohjattuja ja näin myös öljyvapaita koneita pois lukien tuurnan voitelu. Tukimet Oy:n nykyisessä YLM-taivutuskoneessa on vielä hydraulisia toimintoja servo-ohjattujen CNC-akselien lisäksi.

Taivutustasojen määrä kertoo kuinka monta taivutustyökalua koneeseen saa asennettua samanaikaisesti. Nykyisessä koneessa taivutustasoja on 3. Tällä hetkellä valmistettavien tuotteiden valmistuksessa ei samaan aikaan tarvita kuin 2 tasoa.

Alla olevassa kuvassa Tukimet Oy:n YLM-taivutuskoneen työkalutasot. Kuvan ottohetkellä käytössä työkalutaso 2, jossa on käytössä vetotaivutustyökalut. Tuurna näkyy putken sisällä. Työkalutaso 1 on käytössä olevan tason alapuolella ja työkalutaso 3 yläpuolella.



Kuva 7. YLM työkalutasot. (Mikko Vähämäki 2016)

Pääsääntöisesti markkinoilla olevissa koneissa on vaihtoehtoina 1, 1-3 tai 4-6 taivutustasoa. Osassa kahteen suuntaan taivuttavista koneista on toinen työkalujärjestelmä. Kahteen suuntaan taivutuksessa on erilaisia toteutustapoja.

Esimerkiksi YLM oli ratkaissut asian YLM CNC25MSLR-2A -koneessa kahdella samassa tasossa olevalla taivutuspäällä, jossa taivutussuunnan vaihdon yhteydessä taivutusosa pyörähti vaakatasossa ja käytettävä taivutus pää vaihtuu halutun taivutussuunnan mukaan. (Lu 2014)

Yksi ratkaisumalli on ylä- ja alatyökalujärjestelmä. Tämän Soco oli ratkaissut taivutus pää myötä- tai vastapäiväisellä 180° pyörähdyksellä taivutussuuntaa vaihdettaessa. (Socofin www-sivut 2016)

Kahteen suuntaan taivutusta ei tällä hetkellä valmistettavien tuotteiden valmistukseen tarvita. Tämän toiminnon tuomia etuja haluttiin selvittää uuden koneen kartoituksessa, koska sen uskotaan tuovan tuotekehitykseen ja tuotteiden muotoiluun uusia mahdollisuuksia.

Pääsääntöisesti putkentaivutuskone joutuu pyörittämään putkea, mikäli seuraava taivutus halutaan tehdä erisuuntaan kuin edellinen, koska taivutus pää kääntyy vain yhdessä asennossa. Kun taivutusgeometria on sellainen, että putki kääntyy takaisin taivutuskoneeseen päin, ei taivutuskone pysty enää pyörittämään putkea 360 asteen säteellä, koska taivutus pää tulee tielle. Tässä vaiheessa toinen taivutussuunta tuo lisää mahdollisuuksia, kun taivutussuunnan vaihdon ja putken pyöriksen yhdistelmä laajentaa mahdollisuuksia seuraavan taivutuksen suuntaukseen.

Mikäli moniulotteisemmalla taivutuksella voidaan vähentää tuotteen valmistuksessa hitsausta tai kokoonpanotyötä se nopeuttaa tuotteen läpimenoaika tuotannossa ja laskee tuotantokustannuksia. Samalla vältytään yhden tai useamman osan välivarastoinnilta ja käsittelyltä ennen seuraavaa tuotantovaihetta tai kokoonpanovaihetta.

Putken katkaisusolu on ominaisuus jolle ei ole tarvetta, koska Tukimet Oy tilaa putkiaihiot valmiiksi mittaansa laserleikattuina.

Taivutuskoneisiin on mahdollista saada putken rei'itystyökalu, mutta tämä ominaisuus ei ole tarpeellinen, aihioihin on katkaisun yhteydessä laserleikattu tarvittavat reiät. Rei'itys tapahtuu lyömällä. Menetelmä litistää putkea. Yrityksessä koetaan nykyinen laserleikattu rei'tys paremmaksi ratkaisuksi.

Putkenpäänmuovaus on yksi putkista valmistettavien tuotteiden tuotannossa käytetty työmenetelmä. Tukimet Oy käyttää putkenpään muovausta tukikahvan valmistuksessa. Putkenpähän tehdään pullistus, jonka jälkeen laippa, jolla tukikahva kiinnitetään seinään, prässätään pullistettuun kohtaan. Putkentaivutuskoneiden valmistajilla on tarjolla koneita myös putkenpäänmuovaukseen.



Kuva 8. Tukimet Oy:n tukikahva. (Tukimet Oy www-sivut 2016)

5 PUTKENTAIVUTUSKONE YLM CNC38MSRSM-5A

5.1 Putkentaivutuskone YLM CNC38MSRSM-5A

Taiwanilaisvalmisteinen YLM CNC38MSRSM-5A -putkentaivutuskone, on otettu käyttöön Tukimet Oy:ssä elokuussa 2010. YLM on yhteensuuntaan taivuttava kone, jossa on 3 työkalutasoa. Servo-ohjattuja akseleita on 5. Loput toiminnot ovat hydraulisesti ohjattuja. YLM tekee kiinteä- ja vaihtuvasäteisiä taivutuksia. Tuurnataivutuksessa kone on tarkka, mutta rullataivutuksessa on välillä pientä epätarkkuutta. Taivutuskone on viimeksi huollettu alkuvuonna 2016. Kone on ollut varmatoiminen ja yrityksessä ollaan tyytyväisiä YLM-taivutuskoneeseen sekä asiakaspalveluun. YLM-koneella on käyttöikää jäljellä.

YLM-taivutuskoneen hankinta toi Tukimet Oy:n tuotesuunnitteluun uusia mahdollisuuksia, koska yrityksen aiemmin käyttämässä taivutuskoneessa ei ollut kolmen rullan työntötaivutus mahdollisuutta.

5.2 YLM CNC38MSRSM-5A -taivutuskoneen automatisointi

Uuden koneen kartoittaminen käynnistyi tuotannon automatisoinnin ja kehittämisen johdosta. Yhtenä vaihtoehtona pidettiin YLM CNC38MSRSM-5A -taivutuskoneen automatisointia.

YLM-taivutuskoneen automatisointia oli kysytty laitetoimittajalta ennen tämän työn aloittamista. Taivutuskoneeseen on mahdollista saada sivumakasiinisyöttölaite tai etumakasiinisyöttölaite.

Sivumakasiinisyöttölaiteen asennus vaatisi muutoksia taivutuskoneeseen. Tästä vaihtoehdosta ei saatu varsinaista kustannusarvioita vaan ehdotettiin edestä lataavaa syöttölaitea, jonka investointikustannukset olisivat pienemmät eikä vaatisi muutoksia taivutuskoneeseen. Ratkaisussa valmiin kappaleen poisto tapahtuisi robotilla. Robotin toimittaisi kolmas osapuoli.

Tämän vaihtoehdon investointitarve on huomattavasti pienempi kuin uuden syöttö- ja purkuautomaatiikalla varustetun taivutuskoneen vaatima investointitarve. Mahdollisuus YLM:n automatisointiin jälkiasennuksena rajasi työn aikana uudet yhteen suuntaan taivuttavat koneet kartoituksen ulkopuolelle. Uusi taivutuskone olisi samaa kokoluokkaa YLM-koneen kanssa ja investointitarve olisi moninkertainen YLM:n automatisointiin nähden. Kaikki käytettävät työkalut pitäisi uusida ja saatu hyöty olisi muutama servo-ohjattu taivutusakseli enemmän ja mahdollisesti hiukan uudempaa teknologiaa, muttei esimerkiksi tuotekehitykseen mitään uusia mahdollisuuksia taivutusten monimutkaisempien geometrioiden osalta.

6 SOPIVIEN KONEIDEN KARTOITTAMINEN

6.1 Soco

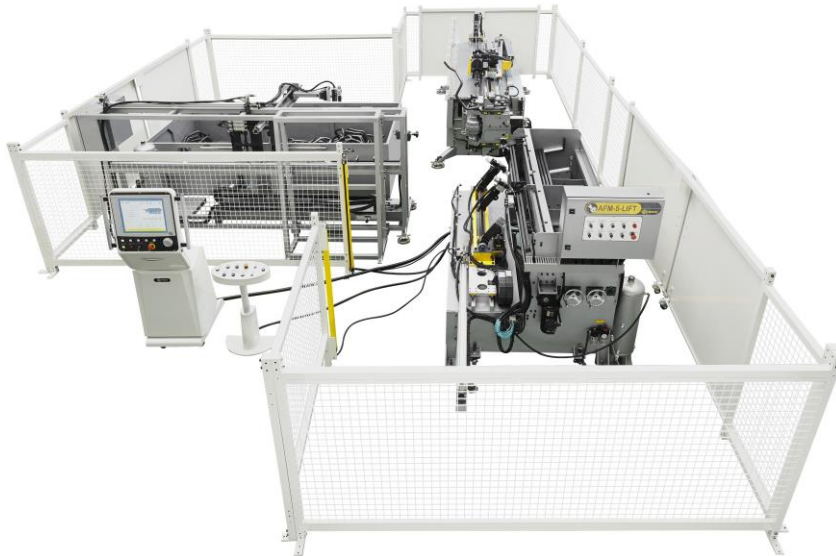
Taiwanilaisen Socon taivutuskoneista alustavassa kartoituksessa vaihtoehtoiksi löytyi kaksi taivutuskonetta. Soco SB-32x7A-2S-V-U ja Soco SB-52x10A-2S-V-U. Koneet ovat samaa mallisarjaa, mutta erikokoisia.

Soco SB-32x7A-2S-V-U on kahteen suuntaan taivuttava kone, joka on toteutettu ylä- ja alatyökalujärjestelmän avulla. Koneen kahteen suuntaan taivutus on toteutettu taivutuspuheen 180 asteen myötä- ja vastapäiväisellä kierrolla työkalujärjestelmää vaihdettaessa. Täysin servo-ohjatussa koneessa on 7 servoilla ohjattua taivutusakselia. Taivutuskoneessa on kaksi työkalutasoa kummassakin työkalujärjestelmässä, jossa voidaan käyttää rullia ja kiinteäsäteisiä taivutustyökaluja. (Soco 2016, PDF esite)

Soco SB-52x10A-2S-V-U on saman sarjan kone kuin edellinen, mutta isompi. Koneessa on 10 servoilla ohjattua akselia. Suurin taivutettavan putken koko teräsputkella on 50.8*2 millimetriä. Koneen pituus on riittävä ilman koneen jatkamista. Tuurnaivutuksessa voidaan käyttää maksimissaan 4500 millimetriä pitkää aihiota. (Soco 2016, PDF esite)

Socon taivutuskoneissa käytetään joko Mitsubishin tai Yaskawan valmistamia servoja. Yaskawan servoja käytetään integroinnin takia, mikäli käytetään Yaskawan valmistamaa Motoman robottia. (Anttila sähköposti 24.4.2016)

Alla olevassa kuvassa Socon putkentaivutusosuus. Soco SB-32x7A-2S-V-U taivutus-
kone ylhäällä, AFM-etumakasiinisyytölaite edessä ja AUL-purkuautomaatti vasem-
malla.



Kuva 9. Kuvassa Socon putkentaivutussolu. (Anttila sähköposti 21.1.2016)

Taulukko 4. Soco SB-32X7A-2S-V-U. (Soco 2016, PDF esite)

Soco SB-32X7A-2S-V-U	
Maksimi putkikoko	
Maksimi putkikoko	Ø32x2,0
Ruostumaton teräsputki	Ø30x1,0
Rulla taivutus kapasiteetti	Ø32x2,0x9,0xCLR9,0D
Muut	
Putken pituus tuurnataivutuksessa	3750 [mm]
Syötön maksimi pituus	2800 [mm]
Maksimi taivutussäde	190°
Mekaaninen tarkkuus	
Syöttö	±0,1 [mm]
Taivutus	±0,1°
Putkenpyöritys	±0,1°
Servo-ohjatut akselit	
Taivutus	
Pyöritys	
Syöttö	
Kiristysleuka	
Taivutuspään kierto	
Taivutuspään horisontaalinen liike	
Vastapidin	

Taulukko 5. Soco SB-52X10A-2S-V-U. (Soco 2016, PDF esite)

Soco SB-52X10A-2S-V-U	
Maksimi putkikoko	
Teräspotki	Ø50,8x2,0xCLR1.5D
Rulla taivutus kapasiteetti	Ø50,8x2,0xCLR6.0D
Muut	
Putken pituus tuurnataivutuksessa	4500 [mm]
Syötön maksimi pituus	3000 [mm]
Maksimi taivutussäde	190°
Mekaaninen tarkkuus	
Syöttö	±0,1 [mm]
Taivutus	±0,1°
Putkenpyöritys	±0,1°
Maksimi työnopeus	
Toiminto	[per sekunti]
Taivutus	150°
Pyöritys	300°
Putkenpyöritys	1000 [mm]
Kiristysleuka	200 [mm]
Vastapidin	200 [mm]
Taivutuspään horisontaalinen liike	450 [mm]
Taivutuspään kierto	120°
Boosteri	500 [mm]
Tuurna	100 [mm]
Servot	[kW]
Taivutus (C)	11
Pyöritys (B)	0,85
Syöttö (Y)	7,5
Kiristysleuka (U1)	0,75
Vastapidin (U2)	0,75
Taivutuspään horisontaalinen liike (X)	1,8
Taivutuspään kierto (B1)	7,5
Boosteri (V1) X2	0,75
Tuurna (V2)	1,8

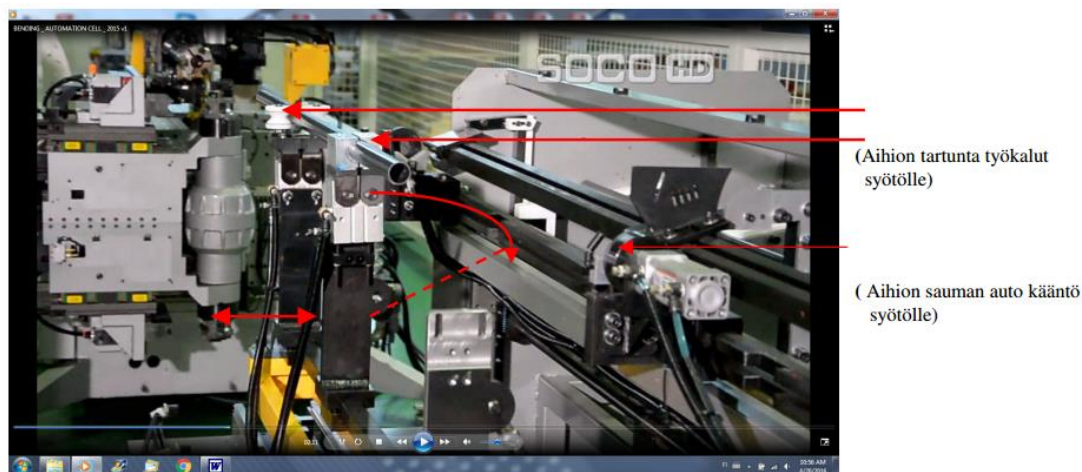
Soco SB-32x7A-2S-V-U ja SB-52x10A-2S-V-U on mahdollista varustaa etumakasiinisyöttölaitteella, sivumakasiinisyöttölaitteella ja robottisyötöllä. Valmiin taivutetun

kappaleen purku taivutuskoneesta on mahdollista toteuttaa robotilla ja purkuautomaattilla. (Soco 2016, PDF esite)

Robotti syöttö vaatii keräilypöydän, josta robotti noukkii aihion. Tähän tarkoitukseen sopii esimerkiksi AFM-32 etumakasiinisyöttölaite jota käytetään pääasiassa itsenäisenä syöttölaitteena taivutuskoneelle. Tässä työkierrossa robotti tekee keräilyn ja/ tai taivutetun työkappaleen siirron seuraavaan työasemaan. Jatkossa lisätyöasemien liittäminen taivutusjärjestelmään on mahdollista. (Anttila sähköposti 23.4.2016)

Etumakasiinisyöttö- ja purkulaite on hinnaltaan edullisempi kuin etumakasiinisyöttö ja robotti yhdistelmä. Makasiinisyöttö- ja purkulaiteen ohjelmointi tapahtuu taivutusohjelmasta. Robotin ohjelmointi tapahtuu sen valmistajan ohjelmalla. (Anttila sähköposti 11.2.2016) Etumakasiinisyöttö- ja purkulaite ei vaadi yritykseltä robotiikka ohjelmoinnin osaamista.

Alla olevassa kuvassa Socon AFM etumakasiinisyöttölaite ja sen toimintaperiaate. Syöttölaite voidaan sijoittaa siten, että se ei ole rajoitteena putken manuaalisyötölle tai taivutettavalle työkappaleella. (Anttila sähköposti 25.4.2016)



Syöttövarret liikkuvat vaakatasossa jolloin syöttömakasiini on sivussa taivutus päästä, eikä aseta rajoituksia manuaalisyötölle tai taivutettavalle työkappaleelle.

Kuva 10. AFM etumakasiinisyöttölaite. (Anttila sähköposti 25.4.2016)

Socolla on tekninen tuki ja huoltopalvelut Suomessa. Taivutusdatan ohjelmointi voi tapahtua työ- tai etäasemassa. Etäasemassa ohjelmointiin on erillinen off-line ohjelma,

jonka käyttökieleksi voi valita myös suomen kielen. Itse taivutuskoneen ohjauksessa on internetin välityksellä tapahtuva etähallinta ohjelma, jota kautta siihen on tekninen tuki saatavilla kellonajasta riippumatta. (Anttila sähköposti 23.4.2016)

6.2 Crippa

Crippa on vuonna 1948 Agostino Crippan perustama yritys. Crippa on Italian vanhin CNC-putkentaivutuskone ja -päänmuovauskonevalmistaja. Crippa on keskittynyt putkentaivukseen ja siihen liittyviin koneisiin koko olemassaolonsa ajan. (Vossi www-sivut 2016) Crippan maahantuoja on Vossi. Vossi on vuonna 1992 perustettu vakava-rainen suomalainen perheyritys, jonka pääkonttori on Tampereella. Vossin palvelutarjontaan kuuluu myös varaosa-, huolto- ja elinkaaripalvelut. (Vossi www-sivut 2016)

Crippan koneista vaihtoehtoiksi kartoittamisessa nousi Crippa Up & Down -sarjan koneet 1032E, 1042E ja SIXTY. Alustavissa keskusteluissa syöttö- ja purkuautomaatiikaksi tarjottiin sivumakasiinisyyttölaitetta ja purkuun mattokuljetinta. Saatavilla oli myös robottipurku, mutta investointitarve olisi noussut huomattavasti.

Tampereen Konepaja -messuilla 15. - 17.3.16 oli Vossin osastolla nähtävänä Crippa 1025E -taivutuskone, joka on samaa sarjaa kuin 1032E ja 1042E taivutuskoneet, mutta pienempi. Kone vaikutti laadukkaalta ja hyvin viimeistellyltä. Messuilla Crippan aluejohtaja Marco Tommasi piti kattavan esityksen, jossa käytiin videoiden muodossa läpi Crippan taivutuskoneiden taivutusjärjestelmät.

Crippa SIXTY eroaa Crippa 1032E ja 1042E taivutuskoneesta taivutuspuolelta siten, että perinteisen vertikaalisen ja horisontaalisen liikkeen lisäksi taivutuspuolella tekee myös kiertoliikkeen. Tämä mahdollistaa putken taivuttamisen useaan suuntaan ilman putken pyörittämistä. Tämä lisää taivutusprosessin joustavuutta, kun 1032E ja 1042E malleissa taivutuspuolella taivuttaa vain tietyssä asennossa. (Crippa 2016, esite)

Taivutuskoneiden kaikki taivutusakselit ovat servo-ohjattuja. 1032E, 1042E ja SIXTY ovat varustettu ylä- ja alatyökalujärjestelmällä. Koneissa on kuusi työkalutasoa, joista

kolme taivutuspuun yläosassa ja kolme alaosassa. Servomootorit, kaapeloinnit ja ohjausjärjestelmä ovat kaikki Siemensin valmistamia. (Crippa 2016, esite)

Taulukko 6. Crippa (Crippa 2016, esite)

	CRIPPA		
	1032E	1042E	SIXTY
Maksimi putkikoko	32x2,5	42x2	42x2
Maksimi taivutussäde [mm]	150	150	150
Maksimi putken pituus [mm]	1600/3300	1600/3300	2600/4750
Työnopeus			
Taivutus [°/sekunti]	260	240	240
Syöttö [m/min]	71	71	85
Mekaaninen tarkkuus			
Taivutus [°]	±0,05	±0,05	±0,05
Syöttö [mm]	±0,05	±0,05	±0,05
Servo- ohjattujen CNC-akselien määrä			
	10	10	13
Ohjausjärjestelmä			
Siemens 840 Dsl CNC			

6.3 Macri

Alustavan selvityksen perusteella Macrilla ei löydy Tukimet Oy:n vaatimukseen sopivaa konetta. Macrilla ei ole toistaiseksi vasemmalle ja oikealle taivuttavaa konetta tarjolla tässä kokoluokassa. (Heikkinen henkilökohtainen tiedonanto 11.1.2016)

6.4 BLM

Ennen tämän työn aloittamista Jani Hiljanen oli tiedustellut BLM:n taivutuskonetta. Työn alkaessa BLM:n kanssa oli edetty jo niin pitkälle, että Tukimet Oy:n tuotteiden työkuvat oli toimitettu koetaivutuksia varten BLM:lle. BLM on italialainen, yli 50 vuotisen historian omaava yritys. BLM edustus Suomessa on Fredko Oy:llä.

Tarjouksessa ehdotettu kone oli BLM E-TURN sarjan kone E-TURN 40, joka taivuttaa putkia 40 millimetrin halkaisijaan asti. Koneessa on ylä- ja alatyökalujärjestelmä

joka mahdollistaa vasemmalle ja oikealle taivutuksen sekä neljätoista servo-ohjattu taivutusakselia.

Syöttö- ja purkuautomatiikka on saatavilla, mutta tarjolla olevista syöttö- ja purku-automatiikkavaihtoehdoista ei käyty keskustelua toistaiseksi. BLM:n koneen lisäksi haluttiin kartoittaa myös muut vaihtoehdot ennen lopullista päätöstä.

Taulukko 7. BLM E-TURN (BLM 2016 esite)

Valmistaja	Malli		
BLM	E-TURN 32	E-TURN 35	E-TURN 40
Maksimi putken ulkohalkaisija	Ø32x2 [mm]	Ø35x2 [mm]	Ø40x2 [mm]
Servo-ohjattuja akseleita	12-13 kpl	14-15 kpl	14-15 kpl
Akseleiden tarkkuus			
X-akseli	±0,05 [mm]	±0,05 [mm]	±0,05 [mm]
Y-akseli	±0,05 °	±0,05 °	±0,05 °
Z-akseli	±0,05 °	±0,05 °	±0,05 °
Taivutus säde			
Maksimi taivutus säde	150 [mm]	165 [mm]	165 [mm]
Minimi taivutus säde	25 [mm]	25 [mm]	25 [mm]

6.5 Wafios

Saksalainen Wafios omaa yli satavuotisen historian (Wafios www-sivut 2016). Wafios edustus Suomessa on Saprema Oy:llä. Wafioksen taivutuskoneista RBV 42 R on kokuokaltaan aloituspalaverissa annettuihin putkikokoihin sopiva taivutuskone.

Taivutuskone on ylä- ja alatyökalujärjestelmällä varustettu. Perusmallissa on kahdeksan CNC-ohjattua taivutusakselia, mutta taivutusakselien määrä on päivitettävissä jopa kuuteentoista. Kone on kahteensuuntaan taivuttava ja taivutustasoja on kolme taivutussuuntaa kohti. (Wafios www-sivut 2016)

Taulukko 8. Wafios (Wafios www-sivut 2016)

Wafios RBV 42R/RS	
Maksimi putken ulkohalkaisija	42 [mm]
Syöttöliikkeen pituus	2700/4700 [mm]
Maksimi taivutus säde, rotary draw bending	130 [mm]
Maksimi nopeudet [per sekunti]	
Syöttöliike	2000 [mm]
Putken pyöritys	450°
Putkentaivutus	180°
Taivutusakselien tarkkuus	
Syöttöliike	± 0,05 [mm]
Putken pyöritys	± 0,05°
Putkentaivutus	± 0,05°

6.6 YLM

Taiwalaisen YLM:n taivutuskoneista CNC51-S2-12A oli alustavassa kartoittamisessa ainoa sopivan kokoluokan kahteen suuntaan taivuttava kone. Tästä YLM:n taivutuskoneesta on julkisesti tietoa saatavilla aika niukasti.

Taulukko 9. YLM (YLM 2016, PDF esite)

YLM CNC-51S2-RL-AE-12A	
Maksimi putkikoko	Ø50x2,5
Maksimi taivutussäde	180 [mm]
Maksimi taivutus-kulma	190°
Akseleiden tarkkuus	
Syöttö	± 0,01 [mm]
Taivutus	± 0,01°
Pyöritys	± 0,01°
Maksimi nopeudet [per sekunti]	
Syöttö	850 [mm]
Taivutus	165°
Pyöritys	550°

Kysyttyäni millainen taivutuspääratkaisu koneessa on, sain linkin youtube-videoon, joka poistui nähtäviltä kuuden tunnin päästä. Lyhyestä videosta sai kuitenkin käsityksen YLM:n taivutuspääratkaisusta. Taivutus pää on toteutettu ylä- ja alatyökalujärjestelmällä, joka vaihtaa työkalujärjestelmää ja taivutussuuntaa taivutus päään 180° kierron avulla.

7 KOETAIVUTUKSET JA TARJOUSPYYNNÖT

Ennen koetaivutuksia tässä työssä käsitellyistä taivutuskonevalmistajista ei rajattu ulos kuin Macri, jolla ei ole kahteen suuntaan taivuttavaa konetta tässä kokoluokassa. Muiden taivutuskonevalmistajien kanssa edettiin koetaivutuksiin. Laitetoimittaja tekee tarjouksen koetaivutusten jälkeen. Yrityksen johdon tavoite on tehdä investointipäätös toukokuun alussa 2016.

Tarjouksissa on enemmän tietoa taivutuskoneista, niiden ominaisuuksista ja toiminnoista. Julkisesti saatavilla olevaa tietoa taivutuskoneista on niukasti ja esimerkiksi messuosastoilla saattaa olla kuvauskielto valmistajasta riippuen.

8 YHTEENVETO

Työn aikana yritykselle on muodostunut käsitys, millainen kokonaisuus yrityseen halutaan. Viimeisissä keskusteluissa ennen laitetoimittajien tekemiä tarjouksia laitekokonaisuus on muodostunut makasiinisyöttölaitteesta, joka syöttää putken taivutuskoneelle. Valmiin taivutetun kappaleen taivutuskoneesta poimii robotti, joka lastaa valmiit kappaleet lavalle. Robotin toimintasäteelle tulee myös päänmuovauskone, mikäli putkeen tarvitaan päämuovausta käy putki robotin avulla muovattavana ennen kappaleen lastausta lavalle. Hitsausauman tunnistuksen toimintavarmuudesta tulleiden tietojen takia, Tukimet Oy:n täytyy hankkia taivutuskoneeseen reiäntunnistusominaisuus. Reiät on mitoitettu suhteessa toisiin reikiin ja niiden oikea sijainti taivutuksen jälkeen on tärkeää tuotteen kokoonpano vaiheessa.

Työn alkaessa suhtautuminen robottipurkuun oli jopa hiukan kielteistä. Siihen saattoi vaikuttaa osittain YLM:n tekemä ensimmäinen ehdotus nykyisen koneen automatisoinnista, jossa robotin olisi toimittanut kolmas osapuoli, jolloin virhevastuu asioissa yrityksen tilanne olisi hankalampi. Kartoitusta aloitettaessa oli tärkeä ehto, että koko kokonaisuus ostetaan samalta toimittajalta.

Düsseldorfin Tube 2016 -messuilla käytyjen neuvottelujen jälkeen nykyisen YLM-taivutuskoneen päivittäminen onnistuisi niin, että YLM toimittaisi robotin eikä kolmasosapuoli.

Päänmuovaus tuli esille keskusteluissa työtä aloittaessa, mutta se ei ollut esimerkiksi alustavien ominaisuuksien listalla, joita ehdottomasti pitäisi olla. Tukimet Oy tekee päänmuovausta vanhanaikaisella menetelmällä, joka on työntekijälle raskasta. Päänmuovauksen sisältyminen laitekokonaisuuteen nousi työn lopussa tärkeäksi ja muodostui ehdottomaksi vaatimukseksi Jani Hiljasen ja Jarkko Sosalan käytyä Düsseldorfissa Tube 2016 -messuilla. Messuilla oli mahdollisuus keskustella usean laitetoimittajan kanssa eri vaihtoehtoista ja nähdä alan teknologiaa ja erilaisia sovelluksia. Samalla käytännössä sinetöityi, että robottipurku on ainoa vaihtoehto purkuautomaattiseksi, koska samaa robottia pystyy hyödyntämään päänmuovauksen tekemisessä.

Työn alussa annettujen maksimiputkikokojen osalta alkoi jo aikaisessa vaiheessa työtä tulla pieniä signaaleja, että uutta taivutuskonetta ei välttämättä mitoiteta alihankinnan tarpeiden mukaan. Työn edetessä Tukimet Oy:n omiin tarpeisiin riittävän taivutuskoneneen hankkiminen tuli vahvemmin esille, mikäli hankitaan uusi taivutus kone.

Yrityksen vaihtoehdot voi karkeasti jakaa kolmeen kategoriaan investointitarpeen perusteella. Investointi on yritykselle iso, joten yrityksen johdon täytyy miettiä riskejä ja hyötyjä todella tarkkaan.

1. Nykyisen koneen päivittäminen.
2. Investointi uuteen kahteen suuntaan taivuttavaan taiwainilais valmistaiseen taivutus koneeseen.
3. Investointi uuteen kahteen suuntaan taivuttavaan Euroopassa valmistettuun taivutus koneeseen.

Tarkkoja hintatietoja ei ole käytettävissä ja osan laitteoimittajista kanssa keskusteluissa ei ole ollut mukana esimerkiksi päänmuovaus.

Nykyisen taivutus koneen päivittämisen investointitarve on karkeasti arvioiden kolmas - viides osa investointitarpeiltaan seuraavaan kategoriaan. Vertailussa on arvioitu YLM-taivutus koneen päivittämiseen mukaan myös päänmuovauskone.

Tämän vaihtoehdon ehdottomana vahvuutena näen sen, että yritykselle jäisi huomattavasti enemmän taloudellisia resursseja myös muiden tuotantovaiheiden kuin putkentaivutuksen kehittämiseen. Tämä vaihtoehto kehittäisi putkentaivutuksen osalta tuotantomenetelmiä ja mahdollistaisi korkeamman tuotannon, kun yrityksen panostukset vientimarkkinoilla tuottavat tulosta. Lisäksi taivutus koneenkäyttäjät vapautuisi tekemään osittain muita töitä. Investoinnin riski on pienempi ja kustannuksien takaisinmaksuaika on lyhyempi kuin muissa vaihtoehdoissa. Vaihtoehdon heikkous on, ettei se tuo tuotesuunnitteluun ja kehitykseen mitään uusia mahdollisuuksia putkentaivutuksen osalta.

Osassa yrityksen valmistamista kävelytelineistä rungon etuosassa oleva poikittainen putki on molemmista päistä hitsattu kiinni. Tekemällä rungon etuosan geometriaan

pieniä muutoksia tämä hitsausvaihe pystyttäisiin välttämään. Taivutusgeometrian muutos tuo kuitenkin eteen uuden ongelman. Tällä hetkellä eturungon kumpikin sivu taivutetaan erillisistä aihioista ja rollaattorin etupyörien kiinnitys tapahtuu putken päihin. Taivuttamalla rungon etuosan yhdestä kappaleesta pois lukien ylempi poikittaistuki joudutaan myös pyörien kiinnitys suunnittelemaan uudelleen. Uudelleen muotoilua ja sen mahdollisesti tuomia taloudellisia hyötyjä valmistuskustannuksissa kannattaisi tutkia.

Alla olevassa kuvassa Tukimet Oy: n Mauno kävelyteline, jossa rungon etuosan alempi poikittaistuki on hitsattu.



Kuva 11. Tukimet Oy: n Mauno kävelyteline. (Tukimet Oy www-sivut 2016)

Alla olevassa kuvassa Tukimet Oy: n Martti kävelyteline, jossa rungon etuosa on taivutettu yhdestä kappaleesta pois lukien ylempi poikittaistuki. Martin rungon etuosa on taivutettu Tukimet Oy:n YLM- taivutuskoneella.



Kuva 11. Tukimet Oy:n Martti kävelyteline. (Tukimet Oy www-sivut 2016)

Investointi uuteen kahteen suuntaan taivuttavaan taivutuskoneeseen toisi mahdollisuuksia tuotekehitykseen putkentaivutuksen osalta, mikäli tuotekehityksen prototyyppejä varten tarvitaan monimutkaisempia taivutusgeometrioita pystytään niitä valmistamaan itse, kun vaihtoehdossa 1 ne pitäisi tilata alin Hankintana, jolloin niiden saatavuus on hitaampaa ja hankalampaa. Todellista tarvetta ei oman tuotannon kannalta ole tällä hetkellä kahteen suuntaan taivuttavalle koneelle. Karkean jaottelun vaihtoehdot 2 ja 3 ovat enemmän investointeja tulevaisuuden mahdollisuuksiin.

Mikäli yritys päätyy investoimaan uuteen eurooppalaisen valmistajan taivutuskoneeseen, nousevat investointikustannukset uuden taiwanilais-valmisteisen koneen investointitarpeesta noin kolmanneksen. Yrityksen riski kasvaisi merkittävästi ja investoinnin takaisinmaksuaika kasvaisi.

Vaikka putkentaivutus on tärkeä osa yrityksen tuotantoa, ei yhtään tuotetta valmisteta pelkästään putkea taivuttamalla. Muita tuotantomenetelmiä pitäisi kehittää myös. Tuotannon kokonaisvaltaiseen kehittämisen ja riskienhallinnan kannalta nykyisen YLM-taivutuskoneen päivittäminen on paras ratkaisu.

LÄHTEET

Tukimet Oy www-sivut. Viitattu 29.1 2016

<http://www.tukimet.fi/>

Tukimet Oy www-sivut. Viitattu 20.4 2016. Monitoimikävelyteline, kuva 1.
<http://shop.tukimet.fi/product/219/500100vi-monitoimikavelyteline-vihrea-uutuus>

Röytiö, H., Söderberg, K. 1994. Ohutseinämäputket - ominaisuudet ja käyttö. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus Oy

Hagenah, H. & Vipacv, D. & Plettke, R. & Merklein, M. 2010. Numerical Model of Tube Freeform Bending by Three-Roll-Push-Bending. Friedrich-Alexander University of Erlangen Nuremberg. Viitattu 20.4.2016. http://www1.dem.ist.utl.pt/en-gopt2010/Book_and_CD/Papers_CD_Final_Version/pdf/06/01506-01.pdf

Thefabricator www-sivut 2016. Viitattu 20.4. Rotary draw bending, kuva 4.
<http://image.thefabricator.com/a/tube-and-pipe-basics-how-to-achieve-the-perfect-bend-8.jpg>

Ruukki www-sivut. Viitattu 29.1.2016. <http://www1.ruukki.fi/Teras/Ohutseinaputket-EN-10305-standardin-mukaan>

Lu, B. 2014. CNC25MSLR-2A “Left & Right” Hand Bender – YLM. Viitattu 28.1.2016. <https://www.youtube.com/watch?v=1uM3RwtmXOs>

Socofin www-sivut. Viitattu 29.1.2016. <http://www.socofin.fi/AUTOMATIO.mp4>

Tukimet www-sivut. Viitattu 12.4.2016. Tukikahva, kuva 8. <http://shop.tukimet.fi/product/4/313011-tukikahva-300-mm-valkoinen>

Anttila, M. 2016. Soco putkentaivutussolu, kuva 9. Vastaanottaja: mikko.vahamaki@student.samk.fi. Lähetetty 21.1.2016 klo 9.49. Viitattu 20.2.2016

Anttila, M. 2016. Soco 2016 PDF esiteet. Vastaanottaja: mikko.vahamaki@student.samk.fi. Lähetetty 18.1.2016 klo 9.43. Viitattu 20.2.2016

Anttila, M 2016. Vastaanottaja: mikko.vahamaki@student.samk.fi. Lähetetty 24.4.2016 klo 13.53. Viitattu 24.4.2016

Anttila, M 2016. Vastaanottaja: mikko.vahamaki@student.samk.fi. Lähetetty 23.4.2016 klo 15.56. Viitattu 24.4.2016

Anttila, M 2016. Vastaanottaja: mikko.vahamaki@student.samk.fi. Lähetetty 25.4.2016 klo 10.04. Viitattu 25.4.2016

Anttila, M 2016. Vastaanottaja: mikko.vahamaki@student.samk.fi. Lähetetty 11.2.2016 klo 10.17. Viitattu 3.3.2016

Vossi www-sivut. Viitattu 21.3.2016. http://vossi.fi/tuotteet/crippa_putkentaivutus_putkentaivutin_cnc.html

Vossi www-sivut. Viitattu 21.3.2016. <http://vossi.fi/vossista/>

Crippa 2016. Paperinen esite. Mikko Vähämäen hallussa 16.3.2016 alkaen. Viitattu 22.3.2016

Heikkinen J., 2016. Tuotepäällikkö, Vossi. Tampere. Puhelinhaastattelu 11.1.2016. Haastattelija Mikko Vähämäki. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

BLM 2016. Paperinen esite tallennettu PDF muodossa. Mikko Vähämäen hallussa 12.4 alkaen. Viitattu 13.4.2016

Wafios www-sivut. Viitattu 12.4.2016. <http://www.wafios.com/en/company/history/>

Wafios www-sivut. Viitattu 12.4.2016. http://www.wafios.com/fileadmin/redaktion/Downloads/Prospekte/Prospekte_English/Tube_Bending/RBV_42R-RS-RBV_60R-RS.pdf

YLM 2016. PDF esite. Mikko Vähämäen hallussa 14.3.2016 alkaen. Viitattu 21.3.2016

Tukimet Oy www-sivut. Viitattu 25.4 2016. Mauno kävelyteline, kuva 11. <http://shop.tukimet.fi/product/232/339600mu-mauno-kavelyteline-musta-uutuus>

Tukimet Oy www-sivut. Viitattu 25.4 2016. Martti kävelyteline, kuva 12. <http://shop.tukimet.fi/product/63/338800-martti--kavelyteline>