

**Marko Mikkilä**

**Ohutlevy- ja kiskomekaniikan särmäyksen laadun parantaminen. Ojala-Yhtymä Oy:ssä**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU  
Tuotantotalouden koulutusohjelma  
Helmikuu 2013**

## TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

<b>Yksikkö</b> Ylivieska	<b>Aika</b> Helmikuu 2013	<b>Tekijä/tekijät</b> Marko Mikkilä
<b>Koulutusohjelma</b> Tuotantotalous		
<b>Työn nimi</b> Ohutlevy- ja kiskomekaniikan särmäyksen laadun parantaminen.		
<b>Työn ohjaaja</b> Heikki Salmela		<b>Sivumäärä</b> 24+13
<b>Työelämäohjaaja</b> Juha Alakotila		
<p>Työn aiheena oli parantaa laatua ohutlevy- ja kiskomekaanisissa osissa särmäyksen osalta. Tavoitteena oli vähentää särmäysjälkiä tuotteista. Tuotteille suunniteltiin uusia muokatulla pyöristyksellä olevia työkaluja ja valmiiksi käytössä olevia työkaluja muokattiin.</p> <p>Saadut tulokset rohkaisivat jatkamaan ja kehittämään edelleen osien laatua.</p>		
<b>Asiasanat</b> Laadunparantaminen, särmäys, ohutlevymekaniikka.		

<b>CENTRIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b>	<b>Date</b> February 2013	<b>Author</b> Marko Mikkilä
<b>Degree programme</b> Industrial Management		
<b>Name of thesis</b> Improving bending quality for sheetmetal- and flat bar mechanics.		
<b>Instructor</b> Heikki Salmela		<b>Pages</b> 24+13
<b>Supervisor</b> Juha Alakotila		
<p>The projet target was to improve quality for sheetmetal- and flat bar mechannics. The goal was to reduce markings from bended products. New tools was designed for products and tools in use was modified.</p> <p>Achieved results encouraged to continue and to further develop for products.</p>		

<b>Key words</b> <b>Bending, improving quality, sheetmetal products</b>
--

**TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT  
SISÄLLYS**

<b>1. JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2. SÄRMÄYKSESTÄ AIHEUTUVAT ONGELMAT</b>	<b>3</b>
2.1 Kuparikiskojen särmäys	3
2.2 Maalattavien osien särmäys	4
2.3 Muoviosien särmäys	5
<b>3. SÄRMÄYKSEN PERUSTEET</b>	<b>7</b>
3.1 Särämäysterän valinta	8
3.2 Särämäysuran valinta	9
3.2.1 Särämäysuran valinta muovituotteille	13
<b>4. SÄRMÄYS LAADUN PARANTAMINEN</b>	<b>15</b>
4.1 Kupariosien laadun parantaminen	16
4.2 Maalattavien osien laadun parantaminen	18
4.3 Muovi osien laadun parantaminen	18
<b>5. KUSTANNUKSET JA SÄÄSTÖT</b>	<b>20</b>
<b>6. TULOSTEN TARKASTELU</b>	<b>21</b>
<b>7. Lähteet</b>	<b>23</b>
<b>8. Liitteet</b>	<b>24</b>
<b>9. Koulutusmateriaali</b>	

## 1. JOHDANTO

Kehitysprojektissa keskitytään pääsääntöisesti kupariosiin ja osin maalattaviin tuotteisiin sekä muovituotteisiin (Polycarbonaatti & Polyvinylicarbonaatti). Sysäyksen projektille antoi asiakkailta tulleet reklamaatiot (LIITE 8). Sekä muovituotteiden osalta puutteelliset ohjeistukset.

Kupariosissa särmäysurista aiheutuvat painautumat/kohoumat aiheuttavat sen, että virtakiskojen liitospintoihin tulee vajaa kosketus. Kuparivirtakiskoissa kulkevat suuret virrat aiheuttavat sen, että liitospintojen tulee olla tasaiset kaikilta osin. Jos liitospinnoissa esiintyy kohoumia/painauksia, niin virta ei pääse kulkemaan suunnitellulta alueelta. Vaarana on liitospinnan kuumeneminen, kiskojen vioittuminen ja tulipaloriski. Virtahäviöt lisääntyvät vajaissa liitospinnoissa.

Maalattavissa osissa keskityttiin ABB:n oviosaan, jossa ongelmana oli ollut sinkin irtoaminen pinnasta ja syvien särmäysjälkien muodostuminen näkyville pinnoille.

Muovituotteiden osalta kehitettiin uusia työkaluja ja laadittiin laatukäsikirjaan ohjeistus muovin särmäyksestä.

Pääsääntöisesti projektin tarkoitus on parantaa tuotteiden laatua ja helpottaa/nopeuttaa tuotteiden valmistusta. Kehitysprojektin aikana suunniteltiin useita erillaisia uria/teriä ja tilattiin uudenlaisia teriä. Pääsääntöisesti tilaukset tehtiin Wilson Tool:lta ( **Wilson 2012** ). Ojala-Yhtymällä oleva oma koneistamo oli myös ahkerassa käytössä. Maalattaville osille suunnitellut työkalut valmistettiin Ojala-Yhtymän omassa koneistamossa.

Kuparin särmäys poikkeaa muista materiaaleista hieman kuparin pehmeystä johtuen verrattuna normaaleihin materiaaleihin esim. teräs, ruostumaton teräs, kuumasinkitty teräs jne... Johtuen materiaalin pehmeystä, valittavat työkalut pitää olla kuparin särmäykseen soveltuvat ja varsinkin, jos kyseessä on kuparista valmistettava virtakisko tulee valittaviin

työkaluihin kiinnittää erityistä huomiota. Mitä suurempi virtamäärä kiskon läpi kulkee, sen suurempi merkitys on särmätyn kappaleen pinnan laadulla.

Maalattaville osille suunniteltiin nailon-ura, jolle koneistettiin teräshehys, ettei käytettävistä voimista johtuen ura rikkoudu. Nailon-uran kulutuskestävyys oli myös arvoitus, mutta vasta pitempi käyttökoe paljasti, ettei kuluminen tule olemaan ongelma. Materiaalina nailonuralle käytettiin Polyamidia ja teräshehikkoon K460 työkaluterästä. Materiaalien tarkemmat ominaisuudet liitteenä (LIITE 1&2)

Muoviosille suunniteltiin terä ja ura, jolla ohuen muovin särmäys onnistuu ilman, että muovi repeää. Ohjeistuksen ja taulukoiden luomisen sysäyksenä oli eriävät tiedot takaisinjousta särmättäessä muovituotteita.

Lähtökohta särmäysjälkien vähentämiseen oli selkeä ja suunnitellut työkalut toimivat erittäin hyvin. Ainoastaan Trupf:lta tilattu ns. laakeriura ei toiminut niinkuin oli tarkoitus

Syy projektiin oli asiakkailta tulleet reklamaatiot, joissa käy selvästi ilmi varsinainen ongelma. Millään valmistajalla ei ollut tarjota tarpeeksi isoilla pyörityssäteillä olevia särmäysuria. Siksi päädyttiin tilamaan erikoismitoilla olevat urat Wilson Tool Oy:lta ja muokkaamaan nykyisiä käytössä olevia omassa koneistamossa.

Projektin vastuuhenkilöinä olivat Marko Mikkilä ja Pasi Toivonen. Yhteistyökumppaneina olivat Wilson Tool ja Ojala-Yhtymän oma koneistamo. Projektille ei ollut asetettu aikataulua.

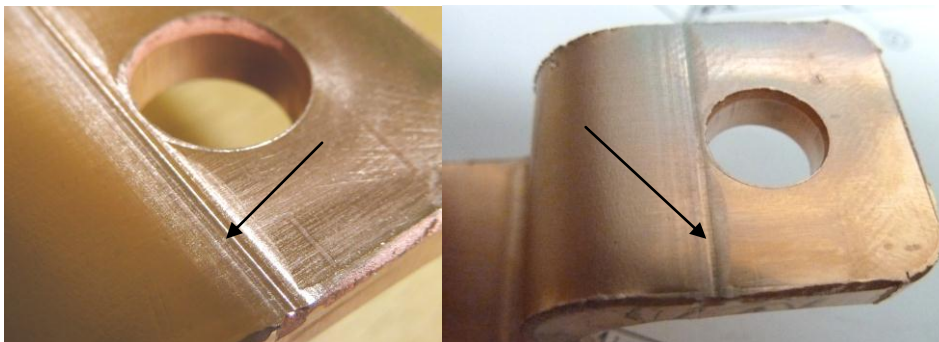
## 2. SÄRMÄYKSESTÄ AIHEUTUVAT ONGELMAT

Ojala-Yhtymällä havaittiin lukuisia särmäyksestä aiheutuvia ongelmia. Virtakiskoissa särmäystyökaluista aiheutuneet painaumat aiheuttivat liitospinnoissa ongelmia virran kulussa. Ongelmanratkaisun teki haastavaksi se, että tuotteita valmistetaan hyvin erillisillä koneilla. Koneiden työkalut eivät ole yhteensopivia keskenään. Maalattavissa osissa särmäyksestä aiheutui ongelmia särmäysjäljistä ja varsinkin kuumasinkityissä osissa sinkinhilseilyä, jotka näkyivät haittaavasti maalin alta. Maalattavissa tuotteissa särmäysjäljet aiheuttivat maalaamolle ylimääräistä työtä.

Muovin särmäyksessä käytetyt työkalut aiheuttivat ongelmia. Työkalujen sopimattomuus muoville aiheutti tuotteiden halkeamisia. Muovin särmäyksessä materiaalin takaisinjousto on suurempaa kuin muilla särmättävillä materiaaleilla Ojala-Yhtymässä. Takaisinjouston määrästä oli perimätietoa ja työntekijöillä oli oma käsitys siitä kuinka paljon muovia tulisi särmätä yli kulmaan.

### 2.1 Kuparikiskojen särmäys.

Ojala-Yhtymällä valmistetaan kuparikiskoja mm. taajusmuuntajien virransiirtoon. Kuparikiskoja valmistetaan pääsääntöisesti kahdessa tuotantosolussa ja lattalinjalla. Tuotteita särmätään tuotantosoluissa Amadan särmäyspuristimilla ja lattalinjalla EHRT:n ja CoastOne:n särmäyspuristimilla. Kuparikiskoissa käytettävistä työkaluista voi aiheutua painaumia, jotka voivat aiheuttaa ongelmia virran siirrossa. Oheisissa kuvioissa (KUVIO 1) on nähtävissä särmäystyökaluista aiheutuneita syviä painaumia.



KUVIO 1 Särmäysjälkiä (Musta nuoli).

Käytetyt työkalut aiheuttivat kuparin pehmeystä johtuen tuotteisiin syviä koloja ja kohoumia. Kohoumat aiheuttivat riskin, ettei virta kulje koko sille suunniteltulta alueelta ja aiheuttaa kiskoissa ylikuumentumista ja palovaaran.

## 2.2 Maalattavien osien särmäys.

Maalattavissa osissa särmäysurat aiheuttivat jälkiä tuotteisiin ja maalauksen jälkeen jäljet näkyivät maalin alta. Sinkinhilseily särmäyksessä aiheutti maalaukselle ongelmia. Irtohilse lähti pois esipesussa, mutta särmäyurien tekemien jälkien kohdalle jäi sinkkiä, joka näkyi maalin alta (KUVIO 2).



KUVIO 2 Sinkin hilseilyä (Musta nuoli).

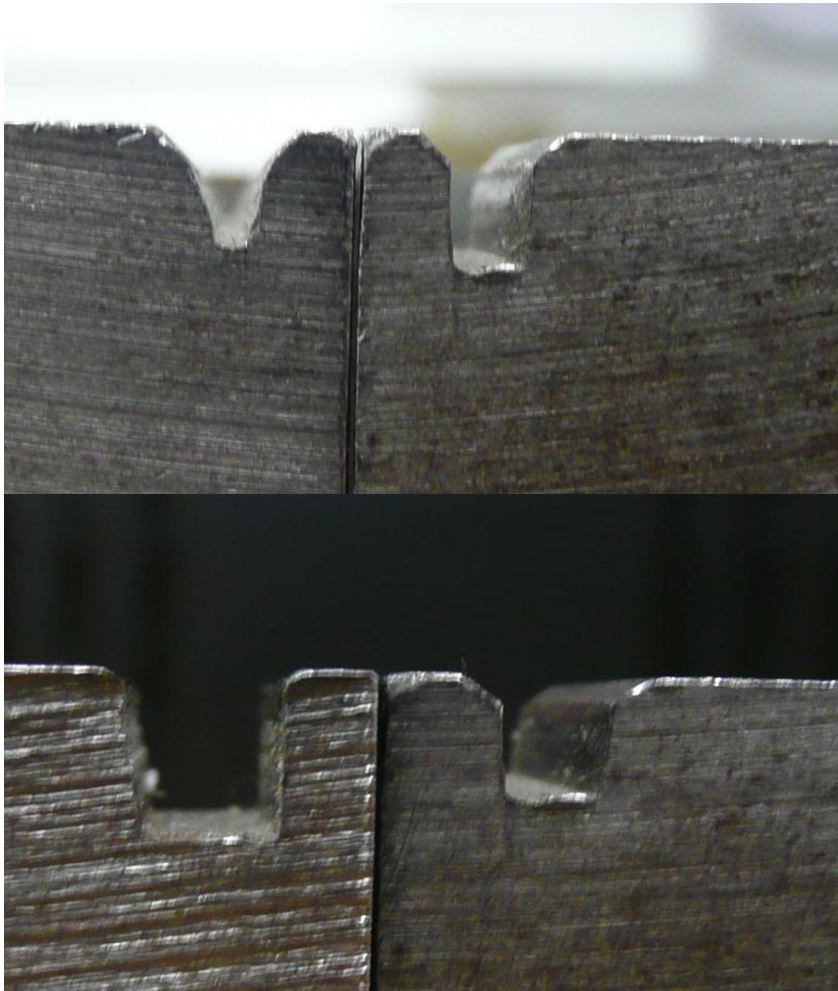
Joissain maalattavissa osissa ongelma aiheutui käytettävistä työkaluista. Johtuen särmän lyhydestä ja materiaalin paksuudesta, ongelman aiheuttanut särmä jouduttiin tekemään alikokoura. Alikokoura on ura, joka on alle laskennallisen urakoon. Esim. 6 x materiaalin paksuus, joka tässä tapauksessa olisi 6 x 1,5 mm ollen näin 9 mm. 9 mm uraa ei ole kaupallisilla markkinoilla saatavissa, joten lähin vastaava olisi 8 mm ura. Tätä kappaletta ei voinut särmätä 8 mm uraan johtuen lyhyestä särmästä. Tuotteelle jouduttiin käyttämään 6 mm uraa, joka johtaa siihen, että tarvittava särmäysvoima lisääntyy ja lisääntyneestä särmäysvoimasta johtuen tuotteeseen tuli syvät jäljet urista. Tuotteessa olleet syvät jäljet ja kohoumat aiheuttivat lukuisia sisäisiä poikkeamia.



### 2.3 Muoviosien särmäys.

Muovinsärmäyksessä ongelmaa aiheutti työkalut, jotka eivät soveltuneet muovinsärmäykseen, varsinkin ohuilla materiaaleilla ongelma korostui. Työkalut oli valmistettu Ojala-Yhtymän omassa koneistamossa valmiista Amadan-teräprofiileista. ( **Amada 2012** ). Ongelmaa aiheutti se, että työkaluja koneistettiin useita eri kertoja ja koneistetut työkalut eivät olleet yhteensopivia keskenään. Lisäksi koneistettu ura oli hyvin terävä lisäten riskiä tuotteiden katkeamiselle.

Koneistetuissa särmäysurissa oli koneistuseroja (KUVIO 4). Kaikki 4 uraa ovat erilaisia ja käyttökelvottomia, kun uria käytetään rinnan. Tästä syystä urien omasta valmistuksesta luovuttiin ja työkalujen valmistus ulkoistettiin. Särmäysterissä oli samanlaisia ongelmia, särmäysterät eivät olleet käyttökelpoisia keskenään johtuen samoista syistä mitä urissa oli.



KUVIO 4 Koneistettuja muovinsärmäysuria.

Takaisinjousto särmäyksessä muovituotteilla poikkeaa suuresti verrattuna esim. teräkseen. Takaisinjouston määrästä oli työntekijöillä oli hyvin eriäviä arvioita. Takaisinjouston määrää oli haettu arvioimalla. Muovin takaisinjousto aiheutti lukuisia epäselviä tilanteita tuotannossa, kun ei tiedetty kuinka paljon muovia tulisi särmätä yli, että takaisinjousto kompensoituisi halutuksi arvoksi.

### 3. SÄRMÄYKSEN PERUSTEET

Särmäys on hyvin yleinen ohutlevytuotteiden valmistustapa, jossa valmiiksi leikattu aihio taivutellaan haluttuun muotoon. Särmäys on valmistusmenetelmänä vanha ja sen periaate on yksinkertainen. Särmäyksessä kuitenkin pienetkin parametrivaihtelut vaikuttavat lopputulokseen. Ohutlevytuotannon teknologia kehittyy ja sen myötä alan automaatio yleistyy. Kokoonpano vaatii osilta aiempaa parempaa tarkkuutta ja laatua. Myös särmäyksessä käytettävä suuri materiaalikirjo ja tiukentuneet laatuvaatimukset tuovat uusia tutkimus- ja kehitystarpeita särmäykselle. Jotta valmis tuote vastaisi haluttuja mittoja, tulee aihion levietyksessä ottaa venymät huomioon. Jo suunnitteluvaiheessa olisi hyvä tietää miten tuote valmistetaan. Samoin käytettävät työkalut olisi hyvä olla tiedossa. Tämä mahdollistaisi sen, että proto-valmistuksessa suunnitteluvirheiden todennäköisyys vähenisi. Särmäyksen simulointi on tässä hyvä apukeino suunnitteluun. Simuloinnissa nähdään mahdolliset venymävirheet, tarvittavat työkalut, mahdolliset suunnitteluvirheet ja onko kappale ylipäättään mahdollista valmistaa niinkuin on suunniteltu.

Varsinaisessa särmäyksessä levy muokkautuu taivutuksessa eniten särmän kohdalla ulkopinnan venyessä ja sisäpinnan tyssäntyessä. Tyypillisesti osa muodonmuutoksesta on kimmoista ja osa plastista. Näiden suhde vaikuttaa taivutusvoiman hellittämisen jälkeen tapahtuvan takaisinjouston määrään. Taivutuksessa materiaali myös ohenee särmän kohdalta ja sen reunoilla tapahtuu muodonmuutoksia. (**Karppinen 1986, 12.**) Taivutustapahtuma voidaan yksinkertaistaen jakaa (**Erkkilän 1985, 4 – 5.**) mukaan levyyn syntyvien venymien ja jännitysten perusteella kolmeen vaiheeseen.

1. Taivutuksen alussa jännitys ei ylitä myötörajaa ja venymät pysyvät elastisina. Kun taivuttava momentti poistuu, levy palautuu suoraksi.
2. Kun taivutusta jatketaan, ylittyy myötöraja ensin levyn pintaosissa ja plastinen muodonmuutos alkaa. Taivutussäteen yhä pienentyessä kuormitus ylittää levyn sisemmissäkin osissa myötörajan ja levy muokkautuu plastisesti levyn ulkopinnoilta keskustaa kohti mentäessä. Levyn keskivaiheille jää kuitenkin elastisena pysynyt alue, joka pyrkii palauttamaan levyn suoraksi.
3. Taivutussäteen ollessa samaa luokkaa levyn paksuuden kanssa, vähenee elastisesti muovautunut alue lähes olemattomiin. Levyn muodonmuutos poikkileikkauksessa on lähes täysin plastinen.

### 3.1 Särmäysterän valinta.

Kuparituotteilla särmäysterän valinnassa vaikuttaa materiaalin paksuus ja kappaleen muodot. Jos mahdollista särmäyssäteen tulisi olla sama kuin materiaalin paksuus. Esim. 6mm materiaalilla särmäys R tulisi olla R6. Paksuilla materiaaleilla tulee välttää pienen särmäys R:n käyttöä. Pienet särmäys R:t uppoavat materiaaliin käytettävistä voimista ja perusmateriaalin pehmeystestä johtuen jättäen syviä painaumuksia kappaleisiin.

Terien kulmaprofiilin asteluku tulisi olla, jos mahdollista luokkaa  $30^{\circ}$  -  $40^{\circ}$  ja samalla käytettävä särmäys R sama kuin materiaalin paksuus. Tällä mahdollistetaan materiaalille riittävä tila taipua käytettävässä urassa. Oheinen kuvio (KUVIO 5) selventää asiaa osaltaan. Vasemmalla on  $88^{\circ}$  R3 särmäysterä ja oikealla KUVIOssa  $30^{\circ}$  R2 yläterä. Kuvioista on helposti nähtävissä, että R2 terän molemmin puolin on enemmän tilaa kuin R3  $88^{\circ}$ :n terässä. Kaikkia särmiä pitää aina hieman särmätä yli, että särmä jää haluttuun arvoon. Materiaalin takaisinjousto vaikuttaa siihen kuinka paljon kulmia pitää särmätä yli halutun arvon.

Muovituotteilla särmäysterän valintaan vaikuttaa materiaalin paksuus ja kappaleen muodot. Särmäysterän pyöristyssäde R tulisi olla välillä R0,37-R3 riippuen materiaalin paksuudesta ja käytetyistä työkaluista. Ohuilla materiaaleilla (0,5 mm – 1 mm) särmäysterän pyöristyssäde tulisi olla R0,37 – R0,6. Särmäysterän kulmaprofiili tulee olla  $15^{\circ}$  -  $30^{\circ}$ . Näin varmistetaan, että muovituotteita taivutetaan riittävästi ylikulmaan.

Maalattaville tuotteille särmäysterän valinta valmistusdokumenttien mukaan.



KUVIO 5 Särmäysterän kulman vaikutus suhteessa uraan.

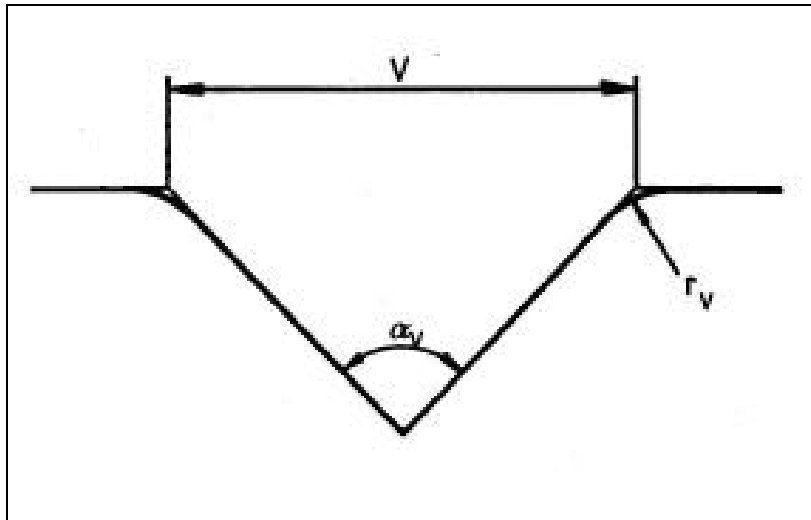
### 3.2 Särmäysuran valinta.

Kuparin särmäyksessä käytettävän uran valintaan on syytä kiinnittää huomiota. Hyvänä lähtökohtana on valita uran koko, joka on 6-8 kertaa isompi kuin materiaalin paksuus. Näin ollen esim. 6 mm materiaalille tulisi olla 36 mm ura, jos laskennallista uraa ei löydy työkaluvalmistajilta. Tällöin joudutaan valitsemaan lähin ura joka valmistajalta löytyy. 6 mm materiaalille käy V32-V40 ura, mutta myös kappaleen muoto vaikuttaa valittavaan uraan. Jos kappaleen muoto on sellainen, että V32-V40 uraa ei voida käyttää, tulee valita ura johon kappaleen voi tehdä. 6mm materiaalille pienin mahdollinen ura on V25, mutta tällöin tarvittava särmäysvoima kasvaa ja kuparin pehmeystä johtuen uran taitekohta alkaa painua uraan.

Kuparin särmäyksessä tulisi valita aina, kun mahdollista, normaalia suuremman pyöristyssäteen ura. Syvien painaumien muodostuminen vähenee käytettäessä suuremman pyöristyssäteen uraa. Johtuen siitä, että särmäysvoima siirtyy isommalle alalle. Aina kun mahdollista, tulisi särmäysuran valinta noudattaa kaavaa  $8 \times$  materiaalin paksuus. Mitä isompaa uraa käytetään, sen vähemmän tarvitaan voimaa kappaleen taivuttamiseen ja mitä vähemmän on voimaa, sen vähemmän syntyy painaumuksia särmättävään kappaleeseen.

Kuparin särmäyksessä vastimen reunojen pyöristyssäde [rv] tulee olla suurempi kuin normaalisti (KUVIO 7). Kuparin särmäyksessä vastimen reunojen pyöristyssäde tulisi olla sama kuin särmättävän tuotteen materiaalin paksuus. Maalattaville ja muoviosille pyöristyssäde tulee myös olla suurempi. Maalattaville osille pyöristys säde tulee olla R1,5 – R2,5 materiaalin paksuuden ollessa 0,5 mm – 2 mm. Muoviosille pyöristyssäde tulee olla R1 – R2 materiaalin paksuuden ollessa 0,5 mm – 2 mm . Muovinsärmäyksessä tulee käyttää syvää V-uraa, joka mahdollistaa muovituotteiden riittävän ylikulmaan särmäyksen.

Materiaalin paksuuden kasvaessa kaikilla tuotteilla pyöristyssäde tulee olla isompi.



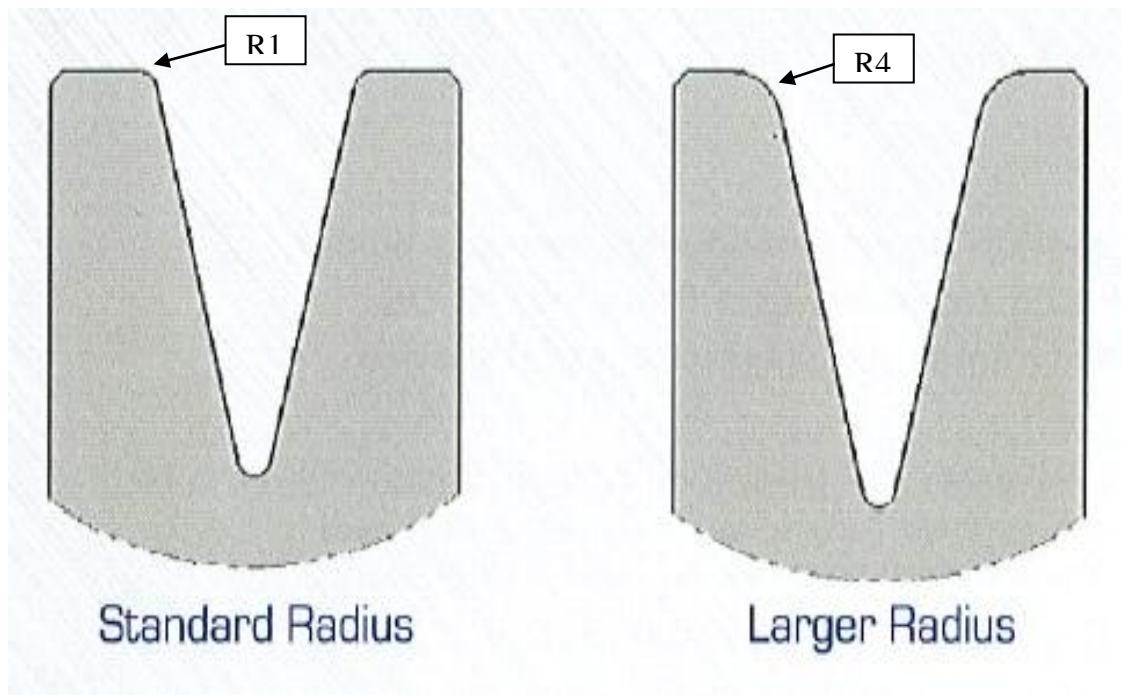
KUVIO 7 V-Aukkoon liittyvät nimitykset (Erkkilä 1985, 8.)

$V$  = V-aukon leveys, yleensä  $6 \dots 8$  x levyn paksuus

$\alpha_v$  = V-aukon kulma, yleensä  $80 \dots 88$  astetta  $90^\circ$ :n taivutuksessa

$r_v$  = vastimen reunojen pyöristyssäde, ohjearvona kuparille  $1$  x levyn paksuus.

Taivutusvoimataulukosta (LIITE 7) ilmenee suuntaa-antavat särmäysvoimat. Oheinen (KUVIO 8) esittää pyöristyssäteen särmäysurassa. Vasemmalla olevassa urassa on pyöristys  $R1$  mm ja oikealla olevassa pyöristys  $R$  on  $4$  mm.



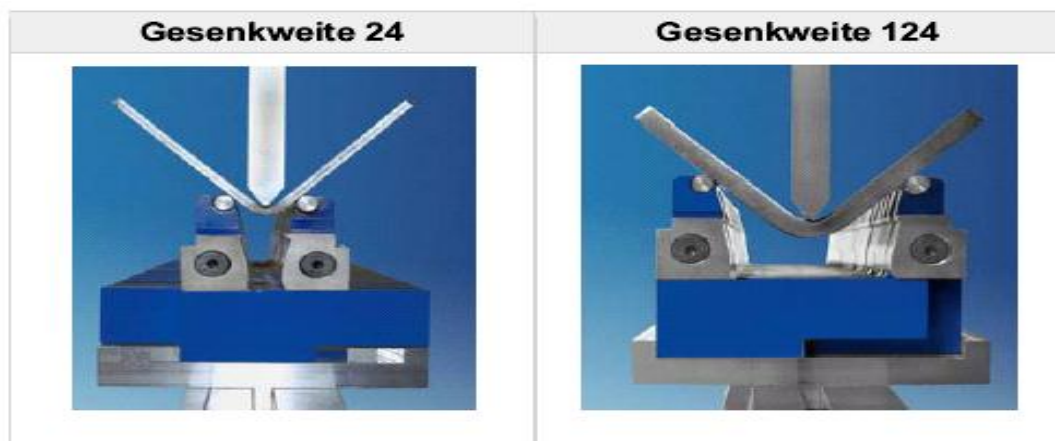
KUVIO 8 Särmäysuran eri pyöristyssäteitä  $R1$  vrt  $R4$

Jos kupariosa on erityisen herkkä särmäyksestä aiheutuville jäljille, on mahdollista käyttää nailon(polyamidi)-uraa. Nailon-uran käyttökustannukset ovat kalliimmat, kuin normaalien urien johtuen kalliimmasta materiaalista ja nailon-uran nopeammasta kulumisesta. Nailon-uralla saavutettava pinnan laatu on erinomainen, särmäysjäljet ovat hyvin vähäisiä lähes olemattomia. Nailon-uran valinnassa on otettava huomioon myös se seikka, että särmäytyn kulman kulmavaihtelu on hieman suurempaa, kuin särmäyttäessä normaaleilla metalliurilla. Normaaleilla metalliurilla kulmavaihtelun keskiarvo on suuruusluokkaa +/- 0,1°. Sivulla 34 olevista taulukoista käy ilmi mittaustulokset ja kulmavaihtelun keskiarvo normaaleille metalliurille ja nailon-uralle.

Jos nailon-uraa eikä normaalia pyöreämpää särmäysuraa voida käyttää ja halutaan estää jälkien syntyminen vaihtoehtoina on käyttää erityistä uretaanikalvoa, Wingbend uraa (KUVIO 9) tai Trumpfin (KUVIO 10) tarjoamaa pyörivillä rullilla varustettua särmäysuraa. Wingbend:n ja Trumpf:n uralla särmäysjälkiä ei jää tuotteisiin ollenkaan.

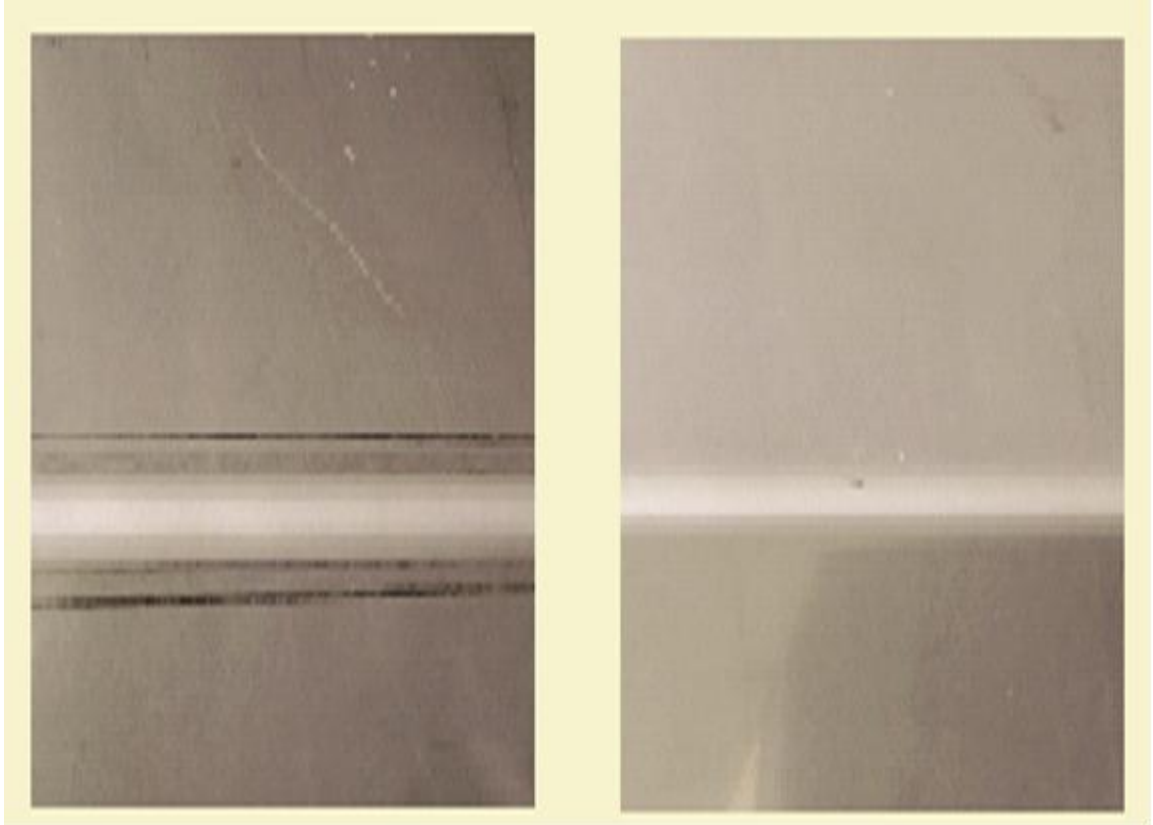


KUVIO 9 Wingbend-ura ( **Wingbend 2012** )



KUVIO 10 Laakeriura ( **Trumpf 2012** )

Käytettäessä nailon-uraa kulmavaihtelun keskiarvo kasvaa arvoon  $\pm 0,3^\circ$  ISO-Standardi SFS-22768-1 määrittää kulmamitoille sallitut poikkeamat riippuen särmän mitasta. Pitemmillä särmillä kuin 50 mm kulman poikkeama on  $0,2^\circ$ . Tällöin pitää kiinnittää huomiota kulmien toleranssiin särmättäessä kuparia nailonuralla.



KUUVIO 11 Metalliuralla särmätty kappale.

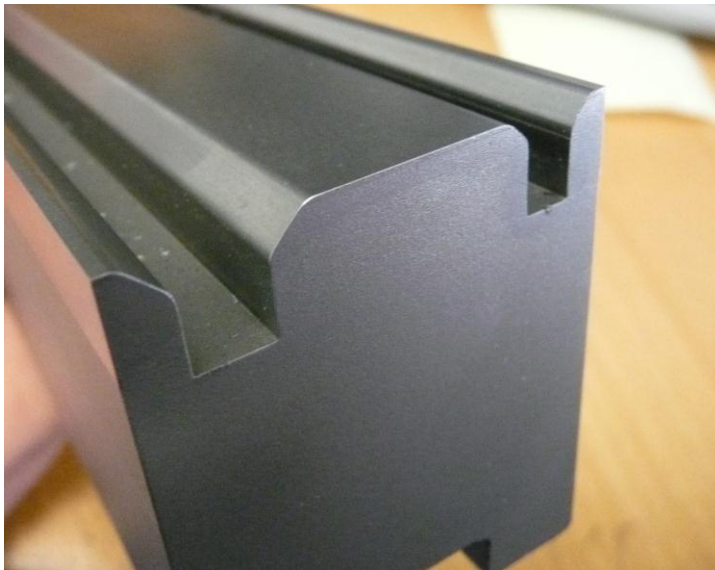
KUUVIO 12 Nailonuralla särmätty kappale.



### 3.2.1 Särmäysuran valinta muovituotteille

Muovin särmäyksessä johtuen takaisin joustosta, kulmia joudutaan taivuttamaan enemmän yli kuin normaaleilla materiaaleilla. Muovin särmäyksessä särmäysuran V-aukon kulma pitää olla jyrkempi. Muovituotteille uran valinta yleensä 4-6kertaa materiaalin paksuus. Jotta samoja uria voidaan käyttää eri materiaaleille, tulee kulmaprofiilin olla ohuimman materiaalin takaisinjousto verrattavissa. Esim. 0,75 mm materiaalin takaisinjousto on n.10°, joten urien kulmaprofiili tulisi minimissään olla 75°.

Yksi vaihtoehto on käyttää Ojala-Yhtymälle suunniteltuja työkaluja, joissa normaalin 90°-uran profiilia (KUVIO 13) on muutettu jyrkimällä uran pohja auki. Näillä erikoisurilla voidaan valmistaa lähestulkoon kaikki särmättävät muodot mitä on ylipäättään valmistettävissä.



KUVIO 13 Muovinsärmäykseen suunniteltu särmäysura.

## 4. SÄRMÄYSLAADUN PARANTAMINEN

### 4.1 Kupariosien laadun parantaminen

Kuparikisko-osien särmäysjäljet aiheuttivat ongelmia ja työssä selvitettiin, mistä jäljet aiheutuivat ja onko mahdollista ehkäistä jälkien syntyminen kokonaan. Särmäysjäljet aiheutuivat särmäysurista, joissa oli pyörityssäde liian pieni. Käytettävät työkalut päivitettiin vastaamaan vaadittuja laatuvaatimuksia. Kupariosille suunniteltiin isommalla pyörityksellä olevia särmäysuria ja särmäysterät päivitettiin vastaamaan tarpeita. Virtakiskoissa särmäyksestä aiheutuvia jälkiä vähennettiin muokkaamalla työkaluja. Työkaluvalmistajilla ei ollut tarjota työkaluja, jotka olisivat täyttäneet pinnanlaatuvaatimukset. Työkalut suunniteltiin itse ja valmistus ulkoistettiin. Työkalujen muotoilussa otettiin huomioon vaaditut pinnanlaatu vaatimukset suurentamalla särmäysurien vastinpintojen pyörityssädettä. Liitteenä kuvat suunnitelluista urista (LIITTEET 1-6) . Jo olemassa olevia uria koneistettiin jyrkimällä V32:n ura isommalle pyörityssäteelle. Ennen koneistusta pyöritys R oli 5 mm. Koneistuksen jälkeen R on 9 mm. Amadan urassa on lisäksi pykälä urassa. Tämä pykälä aiheuttaa jälkiä kupari tuotteisiin. Pykälä poistettiin samalla, kun pyöritystä muutettiin. Uran pohjalle koneistettiin avitus. Näitä isommalla V-aukolla olevia uria koneistettiin useampia eri työpisteisiin. Uriin V32, V40 ja V50 muokattiin pyöritys sädettä. (KUVIO 14) näyttää eron ennen ja jälkeen koneistuksen.

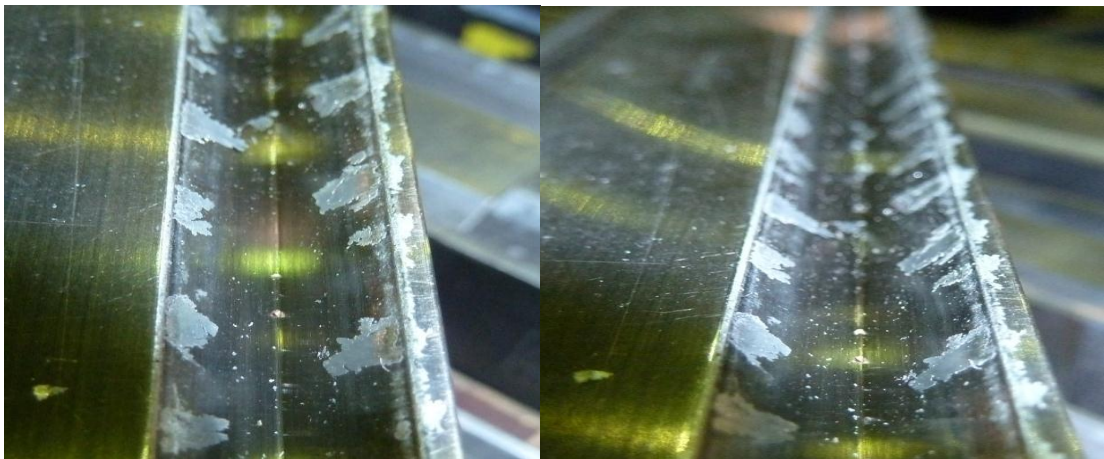


KUVIO 14 Koneistettuja särmäysuria.

Teriä muokattiin myöskin jyrkemmälle profiilille. Huomattiin, että uudet urat vaativat jyrkemmän kulmaprofiilin terässä kuin aikaisemmin. Materiaalille jää enemmän tilaa urassa, ja tarvittava puristusvoima vähenee. Aiemmin käytössä olleet 88° ja 60° terät korvattiin jyrkemmällä 30° terillä. Saavutettu hyöty pyörityksen muokkauksessa on se, että uran aiheuttama painauma jakaantuu isommalle alalle. Pienemmällä pyörityksellä oleva ura aiheuttaa syvempiä jälkiä kuin isommalla pyörityksellä oleva ura särmäysvoiman jakaantuessa isommalle alueelle. Toisin sanoen pintapaine vähenee.

#### 4.2 Maalattavien osien laadun parantaminen.

Maalattaville osille tehtiin nailon-ylipokkaus ura tavallisen teräksisen uran tilalle. Juurisyyntä ongelmaan oli se, että johtuen särmän muodosta, jossa materiaalia taivutetaan 180° lähtötilanteesta materiaalin pinnasta irtoaa sinkkihilsettä. Tämä sinkkihilse voi jäädä uriin kiinni tai kappaleen pintaan ”Sinkkipiikeiksi”. Sinkkihilse urassa aiheuttaa (KUVIO 15) mukaisen tilanteen, jossa sinkkiä on kertynyt uran pintaan niin paljon, että tuotteisiin tulee painaumuksia, jotka näkyvät maalin alta.



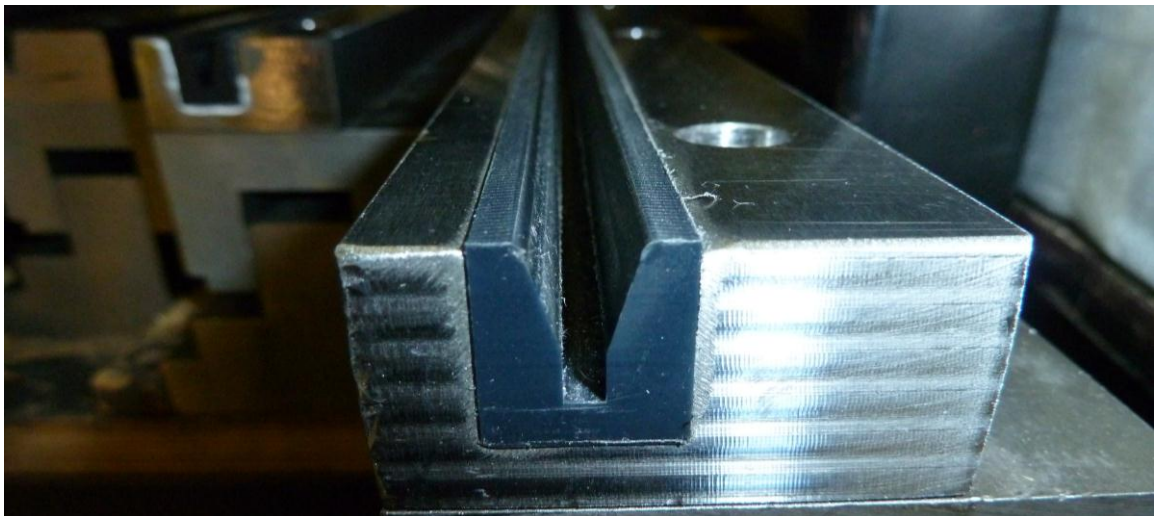
KUVIO 15 Sinkkihilsettä.

Särmäysurat vaativat huoltoa siinä missä muutkin työkalut. Erityistä huomiota pitää kiinnittää särmättäessä kuumasinkittyä materiaalia (EN 10327 DX51D+Z275Mac)

Sinkki jää kiinni särmäysuraan, jos uraa ei puhdisteta riittävän usein. Särmäysuriin kertynyt sinkki aiheuttaa haitallisia pintavikoja. Sinkkikertymiä jää siinä määrin paljon, että niistä aiheutuu materiaalin pintaan vikoja. Sinkin kertyminen särmäysuraan voidaan eh-

käistä käyttämällä VP-10 kanttausnestettä. Tällöin kanttausneste ehkäisee sen, ettei sinkki pääse tarttumaan särmäysuraan. On huolehdittava riittävästä puhdistuksesta ja kanttausnesteen säännöllisestä käytöstä. Särmäysuran tulisi olla kostea kanttausnesteestä koko sarjan teon ajan. Tällä vähennetään sinkin tarttumista särmäysuraan.

Jos sinkkiä on päässyt kertymään uraan niin paljon, että siitä on haittaa materiaalin pinnoille, on uraan kertynyt sinkki poistettava. Sinkin poistokeinoina on useampia vaihtoehtoja. Sinkki voidaan poistaa joko mekaanisesti, kemiallisesti tai ultra-ääni pesurilla. Mekaanisen poiston huonona puolena on uran naarmuuntuminen ja sitä kautta uraan kertyy entistä helpommin sinkkiä. Kemiallinen keino on poistaa sinkki peittaamalla joko suolahapolla tai rikkihapolla. Ennen peittausta tulee rasva poistaa särmäysurasta lipeäpohjaisella liotinpesulla. Kemiallisen tai ultra-ääni pesun jälkeen urat tulee suojavoidella esim. WD-40 sprayllä. Muutoin urat ruostuvat hyvin helposti.



KUVIO 16 Nailonura metallikehikossa.

Ojalan koneistamossa valmistettiin nailon-ylipokkausura (KUVIO 16), joillekin maalattaville osille. Käytettävistä voimista johtuen ja nailonuran heikommasta lujuudesta nailonurat upotettiin teräskehukseen, joka estää muodonmuutokset nailonurassa. Teräskehuksesta johtuen ei ole vaaraa, että nailonura räjähtäisi käyttäjän päälle. Aikaisemmin samaisen tuotteen särmäykseen hankittiin Wilson Tool:lta R3 30° yläterä. Samaista terästä käytetään nyt myös tehdyllä nailonuralla. Uran koneistuksen suoritti Ojala-Yhtymän koneistamo

Sieivissä. Materiaalina uralle käytettiin PA 6.6G Polyamidia, ja teräskehykselle K460 työkaluterästä.

Muille maalattaville osille hankittiin pyöreäreunaisia särmäysuria Wilsonilta (KUVIO 18). Näissä urissa uran pyöristyssäde on pyöreämpi, josta johtuen tuotteisiin ei tule terävää painaumaan niinkuin Amadan särmäysurilla. Amadan särmäysurissa pyöristyssäde (KUVIO 17) on R0,4 ja Wilsonin särmäysurissa R1,5 tai isompi.



KUVIO 17 Amadan särmäysura yläkuviossa ja Wilsonin alakuviossa.

Maalattavia osia voidaan särmätä nailonuraan tai naarmuttomaan työskentelyyn tarkoitettua suojakalvoa käyttäen. Molemmat vähentävät särmäysjälkien syntymistä tuotteisiin ja näin ollen parantavat maalattavien osien laatua. Mahdollisuuksien mukaan maalattaville

osille tulee käyttää pyöreäreunaisia uria ja käytettävä VP10-kanttausnestettä riittävästi. Särmäysura tulee puhdistaa sinkistä riittävän usein.

### 4.3 Muoviosien laadun parantaminen

Muovin särmäys poikkeaa hieman muihin materiaaleihin verrattuna. Muovissa takaisinjousto on merkittävästi suurempaa kuin esim. teräksessä. Takaisinjoustosta johtuen muovin särmäykseen käytettävät työkalut poikkeavat normaaleista. Aiemmin muovia särmättiin V8 ja V12 30°-ylipokkausuriin. Mutta varsinkin ohuilla materiaaleilla (0,5 mm – 1 mm) edellä mainitut urat eivät toimi niin kuin pitäisi.

Muovia särmättäessä, särmä pitää särmätä yli halutun kulman reilusti enemmän, kuin normaaleilla materiaaleilla. Sivulla 25-28 olevat taulukot luotiin eri materiaalivahvuuksille helpottamaan ja nopeuttamaan tuotteen valmistusta ja laaduntarkailua. Aiemmin taulukoita ei ole ollut olemassa ja se, miten paljon millekkin materiaalille piti kulmia särmätä yli, määräytyi perimätiedon perusteella. Esim. 1 mm Polycarbonaatille kulmia tulisi särmätä yli 7-15° ja paksummille vähemmän. Kenelläkään ei ollut tarkkaa tietoa siitä miten muovi oikeasti käyttäytyy taivutuksen jälkeen. Työtekijöille järjestettiin koulutus, jossa käytiin läpi muovin särmäys ja työkaluja. Koulutuksessa käytiin läpi liitteenä (Liite 10) oleva materiaali. Koulutuksessa käytiin läpi muovinsärmäykseen tarvittavat terät ja urat ja kuinka paljon muovituotteita tulee särmätä yli, jotta takaisinjousto saadaan kompensoitua.

Taulukoiden luomiseen käytettiin Amadan Digipro mittaa, jonka kulmatarkkuus on +-5min. Yleisimmille materiaaleille ja paksuuksille luotiin omat taulukot. Taulukoista näkee, kuinka paljon särmätty kulma aukeaa ajan kuluessa. Mittaukset tehtiin aina samasta kohdasta ja kappaleisiin merkattiin mittauskohta, jotta mittaukset olisivat mahdollisimman luotettavia. (KUVIO 18)



KUVIO 18 Mittauskohta merkattuna kappaleeseen.

Ojala-Yhtymällä särmättävät muovituotteet ovat pääsääntöisesti eristinlevyjä, jotka tulevat sähkökontaktorien väliin. Materiaaleina ovat Polycarbonaatti ja Polyvinyylicarbonaatti. Takaisinjouston kannalta materiaalin mekaanisista ominaisuuksista myötölujuus ja kimmo vakio ovat olennaisimmat tekijät. Muovin särmäykseen suunniteltiin uraprofiili, joita valmistettiin Ojala-yhtymän omassa koneistamossa. Koneistamossa valmistetut urat ja terät olivat kuitenkin muodoltaan hieman erillaisia. Särmäysurien erillaisuus esti niiden käytön rinnakkain. Koneistamo ei yltänyt riittävään tarkkuuteen, jolloin päädyttiin ulkoistamaan työkalujen valmistus.

## **5. KUSTANNUKSET JA SÄÄSTÖT.**

SALATTU



## **6. TULOSTEN TARKASTELU.**

SALATTU

## 10. LÄHTEET.

Amada 2012. www-dokumentti. Saatavilla:  
<http://www.amada.co.uk/> Luettu 17.12.2012

Erkkilä, Timo. 1985. Takaisinjousto särmäyksessä. Helsinki: Metalliteollisuuden keskusliitto. 49 s. (Tekninen tiedotus 27/85.) ISBN 951-817-272-2, ISSN 0357-7368.

Karppinen, Antti. 1986. Ohutlevyjen taivutus. Helsinki: Metalliteollisuuden keskusliitto. 48 s. (Tekninen tiedotus 23/86.) ISBN 951-817-311-7, ISSN 0357-7368.

Ojala 2012. www-dokumentti. Saatavilla:  
<http://www.ojalagroup.com/fi/palvelumme/> Luettu 17.12.2012

Trumpf 2012. www-dokumentti. Saatavilla:  
<http://www.trumpf.com/> Luettu 17.12.2012

Wilson 2012. www-dokumentti. Saatavilla:  
<http://www.wilsontool.com/> Luettu 17.12.2012

Wingbend 2012. www-dokumentti. Saatavilla:  
<http://www.wingbend.com/WINGBEND%20SPECIFICATIONS.htm> Luettu 17.12.2012