

Ohutlevy-lehden vanhat numerot: http://www.e-julkaisu.fi/ohutlevy/uusin_lehti/

LASER
KAIVERRUS

LASER
&
PISTE-
MERKKAUS

PISTIMET
JA TYNNYT

LANKA-
SAHAUS



EDM
SUOMEN EDM

OMA TUOTANTO PORVOOSSA

Yrittäjänkatu 20, 06150 Porvoo | 019 5211 400 | info@suomenedm.fi | www.suomenedm.fi

UUTUUS



KONEPAJA'16

”

MESSUTAPAHTUMA JOKA PALVEE
10 000 KONEPAJAA

”

METALLINTYÖSTÖKONEET • LEVYKONEET • TYÖKALUT • AUTOMAATIO JA ROBOTIIKKA • HITSAUS JA LIITTÄMINEN • KUNNOSSAPITO JA TEOLLISUUDEN PALVELUT

Konepaja 2016 ja Nordic Welding Expo 2016 messuilla mukana:



TEKNINEN KAUPPA

Teknologia
teollisuus



PLOOTU & FENNICA
ohutlevytuotekilpailu



Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys

ASIAKKAASI TULEVAT TÄNNE, KOSKA

TÄÄLLÄ NÄKEE KONEET JA LAITTEET KILPAILUKYKYISELLE TEOLLISUUDELLE

5 syytä metalliteollisuuden suunnannäyttäjälle osallistua Konepaja 2016 -messuille

- 1. Keskeisyys:** Pirkanmaa on keskellä asiakkaitasi, joten Tampere on myös oikea paikka järjestää metalliteollisuuden tapahtuma
- 2. Kulkuyhteydet:** Helppo saavutettavuus omalla autolla tai julkisella liikenteellä – Tampereen Messu- ja Urheilukeskuksessa riittää myös paikoitustilaa
- 3. Kapasiteetti:** Tampereella on puitteet kunnossa, sillä kaupungin majoituskapasiteetti riittää myös messuvieraille ja Tampereen Messu- ja Urheilukeskuksessa voi tilan ja tekniikan puolesta esitellä suuriakin koneita.
- 4. Järjestäjä:** Tampereen Messut on kokoneena messujärjestäjänä palveleva ja kustannustehokas yhteistyökumppani. Tapahtuman markkinointi on tehokasta ja oikein kohdistettua. Se tehdään yhdessä Näytteilleasettajien kanssa.
- 5. Synergia:** Samaan aikaan Nordic Welding Expo. Konepaja 2016 kokoaa koneet, laitteet ja uutuudet sekä jo olemassa olevan pohjan Nordic Welding Expon kanssa. Nordic Welding Expo - hitsauksen, liittämisen ja leikkaamisen ammattimessut ja huipputoimijat.

NORDIC
WELDING
EXPO 2016
Exhibition for Cutting & Joining

Konepaja on mm. metallintyöstö- ja levykoneita esittelevä tapahtuma, joka on tarkoitettu metalliteollisuudessa työskenteleville aina tuotannosta johtoportaaseen.



PYYDÄ TARJOUS

www.konepajamessut.fi/osasto

TAI SOITA

p. 0207 701 230 / Mikael Wänskä
p. 0207 701 233 / Jukka Järvinen

etunimi.sukunimi@tampereenmessut.fi

15.–17.3.2016
TAMPEREEN MESSU- JA URHEILUKESKUS



KONEPAJA
www.konepajamessut.fi

Levy hallussa.



AUTOMAATIO
LASTUAVA TYÖSTÖ

LEVYNTYÖSTÖ

PUTKEN- JA PROFIILINTYÖSTÖ
SAHAUS
HIONTA
MITTAUS
TYÖYMPÄRISTÖ
VOITELU



HANKWANG

Korean ylivoimaisen markkinajohtajan energiatehokkaat ratkaisut automaattiseen kuitu- ja CO2-laserleikkaukseen ja -hitsaukseen levyille sekä putkille.

Baykal

Osasto: 18/C18 ja D18

Turkin vanhimman levytyökonevalmistajan edistykselliset ratkaisut energiatehokkaaseen, tarkkaan sekä kilpailukykyiseen valmistukseen.



OMERA

 Osasto: 18/D11

Italialaisvalmistajan huippuluokan puristin- ja reunanmuovausosaamista.

FACCIN

 Osasto: 18/E02 ja F01

Maailman johtavan taivutuskonevalmistajan ratkaisut levyn-, profiilin- ja säiliöpäädyntaivutukseen.



2015
ALIHANKINTA
SUBCONTRACTING FAIR • FINLAND

Tervetuloa vierailemaan osastoillamme: A130 ja C916

VOSSI Smart
Production
Partner

MYynti 010 8200 500
HUOLTO 010 8200 530
VARAOSAT 010 8200 540

vossi.fi

Sisällysluettelo 2 ■ 2015

Lukijalle	6	Terästen muokkauslujittumisesta, <i>Timo Kauppi, yliopettaja, Lapin AMK,</i> <i>Vili Kesti SSAB, Mia Liimatainen Oulun yliopisto,</i> <i>Timo Manninen Outokumpu Stainless Oy</i>	36
Messut ja konferenssit.....	8	Kuumavalssattujen ruostumattomien terästen muovattavuus, <i>Timo Kauppi,</i> <i>Joonas Leskine</i>	43
IDDRG, ohutlevyn muovauksen tutkimusta 50-luvulta lähtien, <i>prof Pasi Peura, Tampereen teknillinen yliopisto</i>	10	Selkeät säästöt Kempin FastMig X hitsauslaitteella ja WiseRoot+ -prosessilla	47
Uusi T-taivutusmenetelmä maalipinnoitettujen terästen muovattavuuden tutkimiseksi eri lämpötiloissa, <i>Mikko Långvik*, Kauko Jyrkäs*, Antti Markkula**,</i> <i>Meri Rosenberg**, *Hämeen ammattikorkeakoulu,</i> <i>Ohutlevykeskus, ** SSAB Europe Oy</i>	14	Toxilta saa pisteitä, <i>prof Veijo Kauppinen</i>	48
Ohutlevytuotannon tehokkuuden mittaaminen ja kehittäminen, <i>Kimmo Juuti, Control Express Finland</i>	20	Tuoreita tutkimustuloksia jauhemaalattujen ohutlevyjen kemiallisista esikäsittelyistä, <i>TEKNOS Oyj</i>	49
Mikemet avaa uudenlaisia latuja, <i>professori Veijo Kauppinen</i>	22	Tampereen uudet konemessut	51
PivaPunch tuotantojärjestelmä – monta konetta yhdessä keskuksessa, <i>Pivatic Oy</i>	26	Työstökarekenemisen vaikutus muovattavuuteen, <i>Seppo Kivivuori, prof. emeritus, Aalto-yliopisto</i>	53
Painomuovaustekniikka tuo ison säästön työkalukuluihin, <i>Relicomp Oy</i>	28	Sampo-Rosenlewille uutta tekniikkaa	57
Mikrorakenteen vaikutus ultralujien terästen särmättävyyteen, <i>Mia Liimatainen*, Vili Kesti** University of Oulu,</i> <i>Centre for Advanced Steels Research, ** SSAB Europe Oy</i> ..	31	Toimialaryhmän uutisia	58
Liimaliitokset tuovat mahdollisuuksia ohutlevysovelluksiin, <i>Tero Karttunen, Kari Dufva, Mikkelin</i> <i>ammattikorkeakoulu (MAMK)</i>	33	Urjalan Painopojat generoivat lasertyyppensä itse	59
		Jäsenluettelo	60

Julkaisija: Teknologiateollisuus ry

TOIMITUS:

TkT Simo Mäkimattila (päätoimittaja), Kone Oyj
puh. +86 512 5773 6231
sähköposti: Simo.Makimattila@kone.com

Tuotepäällikkö Pasi Aspegren, Outokumpu
Stainless Oy
puh. (016) 454 208
sähköposti: Pasi.Aspegren@outokumpu.com

Yliopettaja Timo Kauppi, Lapin AMK
puh. 050 438 1287
sähköposti: Timo.Kauppi@lapinamk.fi

Asiantuntija Arto Kivirinta, Teknologiateollisuus ry
puh. (09) 1923 280 (myös tilaukset, fax 624 462)
sähköposti: Arto.Kivirinta@teknologiateollisuus.fi

Prof. Seppo Kivivuori, Aalto-yliopisto, Kemian
tekniikan korkeakoulu, Materiaalitekniikan laitos
puh. (09) 451 2702
sähköposti: Seppo.Kivivuori@aalto.fi

Projekti-insinööri Joel Kontturi, Metropolia
Ammattikorkeakoulu
puh. 040 179 1394
sähköposti: Joel.Kontturi@metropolia.fi

Yliopettaja Tapio Lepistö, Mikkelin
ammattikorkeakoulu
puh. 050 312 5150
sähköposti: Tapio.Lepisto@mamk.fi

Johtaja Lassi Martikainen, Hämeen
ammattikorkeakoulu
puh. 040 822 1734, (03) 6466420
sähköposti: Lassi.Martikainen@hamk.fi

Yliopettaja Jorma Matilainen, Jyväskylän
ammattikorkeakoulu
puh. 040 746 9263
sähköposti: Jorma.Matilainen@jamk.fi

Liiketoimintajohtaja Tomi Parmasuo, Meconet.Oy
puh. 020 7699 350
sähköposti: Tomi.Parmasuo@meconet.net

Kustantaja: Teknologiainfo Teknova Oy

Prof. Pasi Peura, Tampereen teknillinen yliopisto
puh. 050 301 3884
sähköposti: Pasi.Peura@tut.fi

Kehityspäällikkö Juha Tulonen, SSAB Europe Oy
puh. 020 592 5146
sähköposti: Juha.Tulonen@ssab.com

Prof. Juha Varis,
Lappeenrannan teknillinen yliopisto
puh. (05) 621 2407
sähköposti: Juha.Varis@lut.fi

ILMOITUKSET:

Raija Helle, puh. (09) 5424 2500
sähköposti: Raija.Helle@app.inet.fi

Ilmestynyt vuodesta 1980

PAINO JA TAITTO:

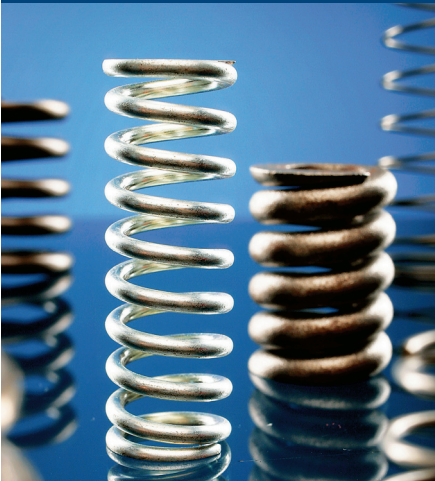
Kirjapaino Uusimaa/Uusimaa Studio/
Risto Mikander
Porvoo 2015

meconet



MUOTOA METALLILLE

MECONET on osaava kumppanisi jousi-, meisto- ja syvävetotarpeisiin. Meconet tarjoaa osavalmistuksen lisäksi kustannustehokasta kokoonpanoa. Autamme Sinua myös tuotesuunnittelussa.



**TULE TAPAAMAAN
MEITÄ ALIHANKINTA-
MESSUJEN
OSASTOLLE**

A 318

Kysy lisää osoitteesta info@meconet.net
ja käy sivuilla www.meconet.net



Tätä kirjoitettaessa hallituksen tavoite yhteiskuntasopimuksesta oli juuri kaatunut. Teollisuudelle sopimuksella olisi voinut olla iso merkitys, varsinkin jos sen avulla olisi voinut saada teollisuuden palkkakustannuksia kilpailijamaiden tasolle. Suomen vienti on pudonnut jo vuoden 2009 tasolle. Investoinnit eivät ole lähteneet liikkeelle. Yleinen tuottavuuskehitys polkee paikallaan vaikka kilpailijamaissa BKT luvut jo kasvavat. Teollisuuden suhdanne- ja talousnäkyviä voi muuten käydä katsomassa Teknologiateollisuus ry:n verkkosivuilta <http://teknologiateollisuus.fi/fi/ajankohtaista/uutiset/>. Hallituksen tavoitteena oli 5% parannus kustannuskilpailukykyyn jotta vienti alkaisi vetää.

Kilpailijamaista Ruotsi johtaa. Kymmenen vuoden jaksolla mitattuna Ruotsin bruttokansantuote on kasvanut eniten. Kärkiryhmissä pitelevät paikkoja paitsi Viro, eräät Itä-Euroopan maat ja monet kehittyneet maat kuten USA ja Saksa. Näille yhteistä on ainakin kolme asiaa: - investoin-

neista ja työn tuottavuudesta on pidetty huolta, työajan lyhennyksiä ja julkisia tukia ei ole lisätty, palkkakehitys suhteessa tuottavuuteen on ollut maltillista.

Tärkeää on havaita että teollisuus tuo edelleenkin 80% Suomen vientituloista vaikka vuodesta 2008 alkaen teollisuudesta on kadonnut 100 000 työpaikkaa, osa offshore-maihin, osa poistunut pysyvästi normaalin kehityksen mukana. Sanotaan, että suomalainen teollisuuden palkkamalli on joustamaton ja työlainsäädäntö aikansa elänyt. Ajallisesti molemmat ovat rahaliittoa ja Euroa edeltävältä ajalta ja tilanteesta jossa kansainvälinen kilpailutilanne oli staattisempi ja Suomen elinkeinorakenne tyystin erilainen nykyiseen verrattuna. Toivoa sopii, että hallituksella olisi riittävästi aineksia myös tulevan teollisuuspolitiikan pohjaksi jolla työpaikkojen kato ja vientitulojen väheneminen voitaisiin pysäyttää.



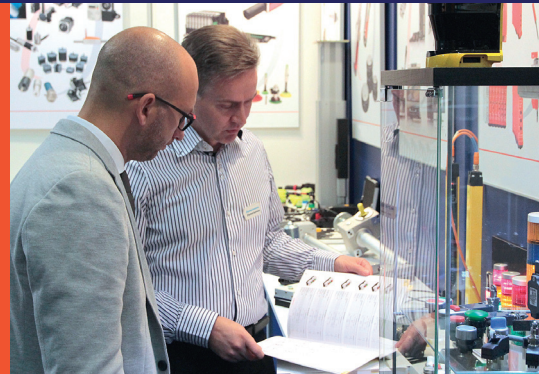
SIMO MÄKIMATTILA
OHUTLEVY

Vuoden kolme tärkeintä päivää

yli 20 000 teollisuuden ammattilaiselle



Uudet ideat ja innovaatiot



Uudet tuotteet ja palvelut



Uudet ja nykyiset yhteistyökumppanit

Vuoden tärkeimmät päivät verkostoitua

Kolmen messupäivän aikana tapaat niin nykyisiä kuin tulevia asiakkaita. Messuilta on mahdollisuus saada lisää asiakaskontakteja ja näkyvyyttä. Ulkomaisten yritysten mukana olo tarjoaa mahdollisuuden myös kansainvälisten verkostojen luomiseen.

Uusin tieto, uusimmat ratkaisut

Messuilta löytyvät tuoteuutuudet ja uusimmat teollisuuden ratkaisut. Alihankinta-messujen näytteilleasettajat ovat ahkeria uutuustuotteiden lanseeraajia. Messutarjontaa täydentää ajankohtaisia aiheita käsittelevä ja monipuolinen seminaaritarjonta.

Tiesitkö, että

97 % kävijöistä suosittelee Alihankinta-messuja kollegalleen. (Aktiivitetieto 2014)

Vuoden 2015 teemat

- » Myynti ja markkinointi
- » Uudet materiaalit ja menetelmät



@Alihankinta
#Alihankinta



2015

ALIHANKINTA
SUBCONTRACTING FAIR • FINLAND

15.–17.9.2015

Tampereen Messu- ja Urheilukeskus

www.alihankinta.fi

MESSUJA JA KONFERENSSEJA

Syyskuu 2015

14.-17.9.

Materialsweek 2015, Materials for the Future. Dresden, Saksa. Konferenssissa esillä kaikki materiaalisovellukset alkaen IT-materiaaleista aina konstruktiomateriaaleihin asti.

Lisätietoja: E-mail: info@werkstoffwoche.de Internet: www.werkstoffwoche.de

15.-17.9.

ALIHANKINTA 2015 –messut Tampereen Messu- ja Urheilukeskuksessa. Tämä vuosittain järjestettävä Alihankinta tapahtuma on koontunut jo vuosien ajan Pirkkahalliin sekä kotimaiset että ulkomaiset alihankintateollisuuden keskeisimmät yritykset vuoden tärkeimpään tapahtumaan. Lisätietoja: E-mail: info@tampereenmessut.fi Puh. 020 7701200, Fax: 020 7701201 Internet: www.alihankinta.fi

22.-25.9.

Euromold2015. World Trade for Mold making and Tooling, Design and Application Development. Dusseldorf, Saksa.

Lisätietoja: E-mail: info@messefrankfurt.com Internet: www.hannovermesse.de

Lokakuu 2015

5.-10.10.

EMO Milano. Milano, Italia. Kansainväliset messut aiheena myös levynmuovauksen tekniikat.

Lisätietoja: E-mail: info@emo-milan.com Internet: www.emo-milan.com

6.-8.10.

TEKNOLOGIA15, Mecatec 2015, Perinteikäs koneenrakennuksen ammattitapahtuma. Helsingin Messukeskus, Helsinki.

Lisätietoja: E-mail: asiakaspalvelu@messukeskus.fi Internet: www.messukeskus.fi

Marraskuu 2015

3.-6.11.

BLECHEXPO 2015, International Trade Fair for Sheet Metal Working and Joining Technology, Stuttgart, Saksa.

Lisätietoja: E-mail: info@schall-messen.de Internet: www.blechexpo.messe.de

10.-13.11.

Elmia Subcontractor 2015. Jönköping, Ruotsi.

Lisätietoja: E-mail: mail@elmia.se Internet: www.elmia.se/subcontractor

17.-19.11.

Stainless Steel World Conference & Exhibition 2015. Maastricht, Hollanti.

Lisätietoja: E-mail: kci@kci-world.com Internet: www.stainless-steel-world.net

17.-20.11.

TOLEXPO 2015. International Show for sheet Metal Equipments. Pariisi, Ranska.

Lisätietoja: E-mail: fmourre@tolexpo.com Internet: www.tolexpo.com

18.-21.11.

Sheet Metalex 2015. Bangkok, Thaimaa.

International Sheet Metal Fabrication Technology and Machinery Exhibition.

Lisätietoja: E-mail: rxinfo@reedexpo.co.uk Internet: www.metalex.co.th

21.-23.11.

EUROMOLD 2015. Exhibition Centre Frankfurt, Saksa. Kansainvälinen näyttely koskien työkalujen ja muottien valmistusta ja valmistusta.

Lisätietoja: E-mail: info@messefrankfurt.com Internet: www.euromold.com

23.-24.11.

FinnMateria. Materiaalien valmistukseen keskittyneet messut. Jyväskylä.

Lisätietoja: E-mail: info@jklmessut.fi Internet: www.finnmateria.fi

Joulukuu 2015

Bursa Sheet Metal Processing 2015. Bursa, Turkki. Sheet Metal, Pipe and Profile Processing Fair.

Lisätietoja: E-mail: tuyapbursa@tuyap.com.tr Internet: www.bursasheetmetalfair.com

Tammikuu 2016

13.-15.1.

Automotive Weight Reduction Expo 2016. Tokio, Japani. Näyttelyssä esillä kaikenlaiset komponentit, materiaalit, työkalut sekä valmistusprosessit autojen painon rajoittamiseen.

Lisätietoja: E-mail: car@reedexpo.co.jp Internet: www.al-texpo.co.jp

Helmikuu 2016

Metav Dusseldorf. International Trade Fair for Manufacturing Technology and Automation. Dusseldorf, Saksa.

Lisätietoja: E-mail: metav@vdw.de Internet: www.metav.de

Maaliskuu 2016

15.-17.3.

Konepaja 2016, Metalliteollisuuden kone- ja laitemessut, Tampere.

Lisätietoja: E-mail: mikael.wanska@tampereenmessut.fi.fi Internet: www.konepajamessut.fi

15.-17.3.

Nordic Welding Expo. Hitsauksen, liittämisen ja leikkaamisen ammattimessut, Tampere.

Lisätietoja: E-mail: info@tampereenmessut.fi Internet: www.nordicweldingexpo.fi

Huhtikuu 2016

25.-29.4.

Hannover Messe. Hannover, Saksa.

Lisätietoja: E-mail: info@messe.de Internet: www.hannovermesse.de

Toukokuu 2016

11.-13.5.

Blech China 2016, International Exhibition for Sheet Metal Working. Suzhou, Kiina.

Lisätietoja: E-mail: shanghaioffice@mackbrooks.co.ch Internet: www.blechchina.com

11.-14.5.

LAMIERA, Bologna, Italia. Tässä näyttelyssä esillä levyn-

muovauksen koneet, työkalut ja tuotantomenetelmät.

Lisätietoja: E-mail: lamiera.esp@ucimu.it Internet: www.lamiera.net

11.-14.5.

Sheet Metal Asia 2016. Bangkok, Thaimaa.

Lisätietoja: E-mail: info@cmpthailand.com Internet: www.intermachshow.com

Kesäkuu 2016

14.-17.6.

NORDTRIB 2016, The 17th Nordic Symposium on Tribology. Hotelli Aulanko, Hämeenlinna, Suomi.

Lisätietoja: Internet: www.vtt.fi/sites/nordtrib2016

21.-23.6.

STANZTEC 2016. Trade Fair for Punching Technology. Pforzheim, Saksa.

Lisätietoja: E-mail: info@schall-messen.de Internet: www.stanztec-messe.de

Syyskuu 2016

4.-9.9.

NUMISHEET 2016, The 10th International Conference and Workshop on Numerical Simulation of 3D Sheet Metal Forming Processes, University of the West of England, Bristol, Englanti.

Lisätietoja: www.numisheet2016.org

27.-29.9.

ALIHANKINTA 2016 –messut Tampereen Messu- ja Urheilukeskuksessa. Tämä vuosittain järjestettävä Alihankinta tapahtuma on koontunut jo vuosien ajan Pirkkahalliin sekä kotimaiset että ulkomaiset alihankintateollisuuden keskeisimmät yritykset vuoden tärkeimpään tapahtumaan.

Lisätietoja: E-mail: info@tampereenmessut.fi Puh. 020 7701200, Fax: 020 7701201

Internet: www.alihankinta.fi

Lokakuu 2016

25.-29.10.

EURO-BLECH 2016, International Sheet Metal Working Technology Exhibition, Hannover, Saksa.

Lisätietoja: E-mail: info@blechevents.com Internet: www.euroblech.de

IDDRG – International Deep Drawing Research Group

- levynmuovauksen tutkimusta 1950-luvulta lähtien

Levynmuovaus kappaleiden valmistusmenetelmänä yleistyi 1950-luvulla auto- ja kodinkoneteollisuuden kasvun myötä. Tästä johtuen sekä teollisuus että tutkijat kaipasivat testausmenetelmiä toisaalta materiaalien muovausominaisuuksien arviointiin ja toisaalta muovausprosessien kehittämistä varten. Vaikka tuolloin jo ymmärrettiin hyvin kuinka materiaali käyttäytyy useimmissa muovausmenetelmissä, syvävedon osalta osaaminen ei kuitenkaan ollut vielä riittävää. Erityisesti eri materiaaliparametrien merkitystä vasta alettiin ymmärtää /1/. Esimerkiksi osa tutkijoista oli sitä mieltä että korvien muodostuminen oli haitallista ja osan mielestä myötörajavien ylläpito oli vältettävä, koska tiivistetty teräs toimi paremmin kuin tiivistämätön.

IDDRG:n alkuperäinen tavoite

Metallien muovattavuutta tutkittiin samanaikaisesti useassa

kansallisessa tutkimusryhmässä ja tarve muodostaa yhteistyöryhmä koordinoimaan tutkimustyötä sekä rakentamaan kansallisten ryhmien välisiä kansainvälisiä tutkimusprojekteja johti International Deep Drawing Research Group:n (IDDRG) perustamiseen maaliskuussa 1957. Ryhmän nimi tuli sen tavoitteesta selvittää teoreettisesti kuinka metallit käyttäytyvät syvävedossa ja mitkä ovat muovattavuuden kannalta kriittiset materiaaliparametrit /2/. Perustamiskokouksessa oli mukana seitsemän eri maata. Jäsenmaiden lukumäärä on sen jälkeen kasvanut vähitellen ja kansallisia ryhmiä on nykyisin 28 (taulukko 1) /3/.

Projektit käynnistyivät vauhdilla ja ensimmäisen kerran tuloksia esiteltiin jo vuonna 1960 Pariisissa järjestetyssä konferenssissa. Konferenssin yhteydessä pidetyssä kokouksessa todettiin, että osaaminen ei muillakaan muovausalueilla ollut vielä riittävän korkealla tasolla. Tästä johtuen alkuperäistä aihepiiriä laajennettiin ja IDDRG:n alle pe-



KUVA 2. Levynmuovauksen asiantuntijoita Otaniemessä vuonna 2001 järjestetyssä IDDRG:n työryhmäkokouksessa, Heikki Kleemola alarivissä keskellä.



KUVA 1. Arto Ranta-Eskola on Heikki Kleemolan lisäksi toinen pitkään IDDRG:n ExCo:ssa toiminut suomalainen muovausasiantuntija.

rustettiin kolme työryhmää: muovausprosessit, levy ja työkalumateriaalit sekä testausmenetelmät. Tutkimuskohteiksi muodostui täten koko levynmuovauksen alue aina muovaustapahtuman tutkimuksesta teollisiin käytäntöihin. Tarkoituksena oli alusta lähtien jättää perustutkimus muille ja perehtyä teollisuuden käytännön ongelmiin liittyviin aiheisiin. Siksi ensimmäiset tutkimusaiheet olivat selkeitä, kuten menetelmät muokkauslujittumiseksponentin n määrittämiseksi, anisotropian merkitys muovauksessa, testausmenetelmät metallien muovattavuuden määrittämiseksi ja hiukan myöhemmin myös rajamuovattavuuspiirrookset. Ensimmäisten vuosien jälkeen tutkimusaiheet luonnollisesti siirtyivät uusille alueille, kuten taulukosta 2 nähdään /1/. Projektien tulokset julkaistiin joka toinen vuosi järjestetyissä konferensseissa. Konferenssien väli vuosina järjestettiin lisäksi vain IDDRG:n kuuluville kansallisten tutkimusryhmien jäsenille tarkoitettu seminaari. Työryhmäkokouksiksi kutsuttujen seminaarien alkuperäinen tarkoitus oli keskustella meneillään olevista tutkimuksista ja niiden tuloksista kriittisesti /1,2/.

Toiminnan uudelleen suuntaaminen 2000-luvun alussa

Vuosien kuluessa useimmat alkuperäiset aiheet saatiin käsiteltyä, ja kansallisten tutkimusryhmien yhteistyö IDDRG:n kautta on vähentynyt muiden yhteistyömuotojen yleistyessä.

sä. Myös työryhmäkokouksiksi nimetyt suljetut seminaarit olivat alkaneet menettää merkitystään. Ne olivat muutuneet, vastoin alkuperäistä ideaa, pieniksi konferensseiksi, koska tutkijat tarvitsivat julkaisuja saadakseen osallistumisluvan työnantajiltaan. Tämän seurauksena IDDRG:n toimintatapoja oli muutettava. Vuodesta 2003 lähtien toiminta on keskittynyt joka vuosi järjestettävien konferenssien hallintoihin ja tarvittaessa kokoon kutsuttavien erillisten työryhmien ohjaamiseen /2/. Esimerkiksi standardointia varten tarvittavien tutkimustulosten tuottaminen on yksi mahdollinen aihealue näille työryhmille.

Tällä hetkellä ei IDDRG:n kautta juuri tehdä tutkimusyhteistyötä, koska kaikkia koskettavaa ajankohtaista aihetta ei ole. Siksi pääaktiviteetiksi onkin muodostunut joka vuosi touko-kesäkuussa järjestettävä konferenssi. Konferenssien tavoitteena on julkaista uutta tutkimustietoa sekä teollisuuden että yliopistojen tutkijoiden toimesta ja antaa mahdollisuus verkottumiseen. Koska pääosa jäsenistä on Euroopasta, konferenssi pyritään järjestämään joka toinen vuosi Euroopassa. Väli vuosina se kiertää Pohjois-Amerikan ja Aasian välillä. Kesällä 2016 konferenssi pidetään Itävallassa (Linz). Tämän jälkeen todennäköisesti 2017 Turkissa ja 2018 Kanadassa.

Tällä hetkellä konferenssien aihealueet ovat laajempia kuin ensimmäisissä konferensseissa. Tyypillisesti esityksiä on ollut mm. muovauslaitteista, uusista muovausprosesseista, materiaaleista, kokeellisista muovattavuuden määrittämis menetelmistä, muovaustyökaluista, takaisinjousta, konstitutiivisista yhtälöistä, plastisuudesta, voitelusta, kitkasta ja kulumisesta. Tavoitteena IDDRG:n konferensseissa on koko ajan ollut, että vaikka matemaattinen mallintaminen on tärkeä osa tutkittaessa levynmuovattavuutta, sen pitäisi kuitenkin olla vain työkalu eikä tutkimuskohde /2/.

Organisaatio

IDDRG:n johtoryhmässä (Executive Committee, ExCo) on tällä hetkellä 15 jäsentä. Hallituksen jäsenet valitaan sekä maantieteellisesti että osaamisalueittain. Tällä hetkellä puheenjohtajana (President) toimii Nico Langerak (Tata Steel) ja pääsihteerinä (Secretary General) prof. Chester Van Tyne (Colorado School of Mines). Muut johtoryhmän jäsenet on listattu taulukkoon 3.

Suomalaiset IDDRG:ssä

Suomi ei ollut mukana perustamiskokouksessa, joskin kokouksen sihteeriksi valittiin suomalainen Veijo Kokkonen. Hän työskenteli Volvon autotehtaalla Olofströmissä ja edusti sen vuoksi kokouksessa Ruotsia. Suomalaisista aktiivisin toimija IDDRG:ssä on ollut VTT:llä työskennellyt Heikki Kleemola. Ensimmäiseen konferenssin hän osallistui jo vuonna 1974 ja vuodesta 1986 hän toimi työryhmän vetäjänä että ExCo:n jäsenenä. Vuodesta 1996 lähtien aina vuoteen 2004 saakka hän vastasi ExCo:ssa Pohjois-Euroopan levynmuovaustutkimuksen seurannasta. Lisäksi hän toimi vuosina 2002 – 2004 puheenjohtajana ja vastasi tuona aikana IDDRG:n toiminnasta ja sen kehittämisestä. Tuolloin luotiin IDDRG:n nykyinen toimintatapa. Toinen IDDRG:n toiminnassa aktiivisesti mukana ollut suomalainen on Arto

Ranta-Eskola (Rautaruukki, nykyisin SSAB), joka toimi muovausprosessit-työryhmän vetäjänä 1995-2000 ja ExCo:n jäsenenä vuosien 2000-2011 välisen ajan. /4/ Vuodesta 2011 lähtien on aiemmin Rautaruukilla työskennellyt Pasi Peura (TTY, Materiaaliopin laitos) ollut ExCo:n suomalaisjäsenä.

LISÄTIETOJA:

www.iddrg.com tai pasi.peura@tut.fi.

LÄHTEET:

H. Kleemola, "Levynmuovauksen tutkimusyhteistyö – IDDRG 46 vuotta", LEVYTEKNIKAN TEEMAPÄIVÄ – Steel Forum 2004, Hanasaaren kulttuurikeskus 7.10.2004
 IDDRG booklet, lainattu 20.7.2015, http://www.iddrg.com/pub/iddrg/central/documents/iddrg_booklet/object/Booklet_2010.pdf
 IDDRG:n verkkosivut, lainattu 20.7.2015, <http://www.iddrg.com/>
 Arto Ranta-Eskolan ja Heikki Kleemolan haastattelut 30.7.2015.

TAULUKKO 1. IDDRG:n nykyiset jäsenmaat /3/

Australia	Japani	Slovakia
Belgia	Kanada	Slovenia
Brasilia	Kiina	Suomi
Espanja	Kuuba	Sveitsi
Etelä-Afrikka	Luxenburg	Tanska
Etelä-Korea	Norja	Tsekki
Hollanti	Portugali	Unkari
Italia	Ranska	USA
Intia	Ruotsi	
Itävalta	Saksa	

TAULUKKO 2. Esimerkkejä IDDRG:n tutkimusalueista eri vuosikymmeniltä /1/.

60 - luku
anisotropian vaikutus syvävedettävyyteen (rajavetosuhde, r-arvo)
anisotropian ja tekstuurin välinen yhteys (poolikuviot)
anisotropian sekä seostuksen ja lämpökäsittelyn välinen yhteys
anisotropian ottaminen mukaan myötöehtoihin
rajavenymien ja rajamuovattavuuspiirrosten (FLD) määrittäminen
FLD:n määrittäminen laboratoriokoemenetelmien avulla
70 - luku
rajamuovattavuuspiirrosten kehittäminen
muovausongelmien ratkaiseminen venymäanalyysin ja FLD:n avulla
lujien terästen rypytyminen (buckling, wrinkling), takaisinjousto (springback), työkalujen kuluminen ja tahmautuminen (galling, wear)
80 - luku
numeerinen mallintaminen ja simulointi
pinnoitettujen levyjen muovausmenetelmien kehittäminen
työkalujen ja aihoiden kehittäminen (pinnoitteet, aihion suunnittelu)
lyhyen sarjan työkalut (muovit, "pehmeät" metallit jne.)
uudet ja erityismuovausmenetelmät
90 - luku
uudet lujat levylaadut (myös alumiinit)
muovausprosessin kehittäminen (uudet menetelmät, levyn pidättimen kehittäminen, voitelu)
voitelun, pintojen ja voiteluaineiden testaus

TAULUKKO 3. IDDRG:n ExCo:n nykyiset jäsenet /3/

Tehtävä	Nimi	Maa
President	Nico Langerak	Netherlands
Past President	Alain Col	France
Secretary General	Chester Van Tyne	United States
Treasurer	Abel Santos	Portugal
Vice-Presidents	Iñigo Aranguren	Spain
	Nader Asnafi	Sweden
	Patrick Duroux	France
		Japan
	Pavel Hora	Switzerland
	Richard Kergen	Belgium
	Franz-Josef Lenze	Germany
	K Narasimhan	India
	Pasi Peura	Finland
	Edwin Till	Austria
	Miklós Tisza	Hungary

CEBORA JA TECNA® Ammattikoneet vaativaan käyttöön

CEBORA EVO SPEED STAR SYNERGIC / PULSE – DOUBLE PULSE

CEBORALTA UUTTA MIG/MAG-hitsaukseen

YKSI LAITE – KOLME VAIHTOEHTOA

CEBORAN uusi innovatiivinen MIG/MAG Synergic -tuotesarja joka on päivitettävissä lisämoduuleilla pulssi- tai kaksoispulssikoneiksi.

Hankkimalla **EvoSpeed Star Synergic**-laitteen saa samalla valmiudet, jolla synergiakoneen voi päivittää pulssi- tai kaksoispulssikoneeksi. Ominaisuus, jolla minimoidaan usean eri tyyppisen koneen hankintatarve.

Näillä laitteilla onnistuu myös puikko- sekä TIG-hitsaus kosketussytytyksellä.

Optiona myös TIG-pulssihitsaus.

Evo Speed Star Synergic MIG/MAG-tuotesarjan koneita on tarjolla kolmena eri versiona:

- Art. 318 Evo Speed Star TC 380 virta-alue 10-380A
- Art. 319 Evo Speed Star TS 380 virta-alue 10-380A
- Art. 320 Evo Speed Star TS 520 virta-alue 10-520A



Evo Speed Star Synergic-hitsauskoneet on varustettu digitaalisella ohjauksyksiköllä **SOUND DIGIBOX MIG P4**, joissa on **OLED** -näyttö ja valmiiksi tallennettuna yli 100 erilaista synergia-hitsausohjelmaa, joista löytyy varmasti jokaiseen tarpeeseen sopiva ratkaisu.

HD-synergia (High-Deposit = suuri lisäaineen tuotto) -toiminnon avulla voidaan langansyöttönopeutta muuttaa, vaikuttamatta synergiäkäyrän muihin parametreihin ja näin aikaansaada tehokas ja taloudellinen hitsausprosessi.

Evo Speed Star Synergic Taloudellinen ja järkevä ratkaisu MIG/MAG-hitsaukseen.

TECNA® KUN LAATU RATKAISEE

Pistehitsaukseen TECNAN koneet

TECNAN laajasta ja kattavasta tuotevalikoimasta löytyy helposti tehokas ja taloudellinen ratkaisu kaikkiin tilanteisiin, joissa edellytetään luotettavaa ja tehokasta pistehitsausta.

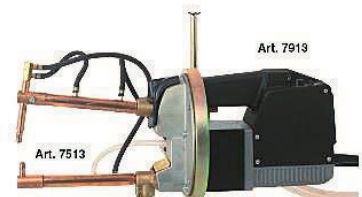
TECNAN valikoimiin kuuluu mm.

- Pistehitsauspihdit 2,5–38 kVA
- Kenuvipuvarsikoneet 16–50 kVA
- Lineaarikoneet 35–315 kVA
- Penkkikoneet 16–150 kVA
- Universaalikoneet
- Spotterit
- Autojen korikorjaukset

**Kaikki konetyypit
kokoluokissa 2,5–50kVA
suoraan varastostamme**

Lisäksi laaja valikoima erilaisia pistehitsauksen ohjauksyksiköitä, lisälaitteita ja varusteita.

*** TECNA – kaikki mitä tarvitset pistehitsauksessa ***



CEBOTEC OY Koskelanjokitie 60 64720 TEUVA FINLAND www.cebora.fi

Puh. +358-(0)6-266 9426 Fax +358-(0)6-266 9113 sähköposti: cebotec@tawi.fi

Uusi T-taivutusmenetelmä maalipinnoitettujen terästen muovattavuuden tutkimiseksi eri lämpötiloissa

■ MIKKO LÄNGVIK*, KAUKO JYRKÄS*, ANTTI MARKKULA**, MERI ROSENBERG**

*HÄMEEN AMMATTIKORKEAKOULU, OHUTLEVYKESKUS

** SSAB EUROPE OY

Tiivistelmä

Tässä artikkelissa esitellään menetelmä, joka kehitettiin maalipinnoitettujen teräsohutlevyjen muovattavuuden tutkimiseksi. Kyseessä oli muunnelma perinteisestä T-taivutuskokeesta, jossa ohutlevynäytteitä taivutetaan erikokoisiin taivutussäteisiin. Tavoitteena oli kehittää testausmenetelmä, jolla saadaan tehtyä tiukkoja OT-taivutuksia. Käytännössä käytetyllä koemenettelyllä päästiin 2T-taivutuksiin, mutta testausjärjestelmää hieman muuttamalla on mahdollista saada aikaiseksi OT-taivutuksia.

Koemateriaaleiksi valittiin sinkitty ja maalipinnoitettu teräsohutlevy kahdella eri maalipinnoitteella, jotka olivat polyesteri- ja polyuretaani. Taivutus tehtiin kahdessa osassa eri muovauslämpötiloissa vetokoneen ja lämpökaapin sekä Erichsenin iskumittauslaitteen malli 471 avulla. Esitaivutus tehtiin lämpökaapissa vetokoneen avulla, jonka jälkeen näyte otettiin kaapista ja siihen tehtiin haluttu T-taivutus iskumittauslaitteen avulla. Muovauslämpötilat olivat -20 °C , -10 °C , 0 °C , $+10\text{ °C}$, $+20\text{ °C}$, $+30\text{ °C}$, $+40\text{ °C}$ ja $+50\text{ °C}$. Valmiit näytteet tarkastettiin säröilyn havaitsemiseksi tämän jälkeen silmämääräisesti. Näytteet altistettiin lopulta 1000 h kondenssi-kosteuskokeeseen $+60\text{ °C}$.

Testausmenetelmä havaittiin sopivaksi eri maalipinnoitteiden muovattavuuden määrittelyyn. Sitä voidaan käyttää optimaalisen muovauslämpötilan hakemisessa maalipinnoitetuille teräsohutlevyille sekä haettaessa muovaamisen kannalta kriittisen alhaisia lämpötiloja. Tehdyissä kokeissa havaittiin, että muovaaminen lievästi korotetuissa lämpötiloissa $+40\text{ °C}$ ja $+50\text{ °C}$ käytännössä poisti riskin maalipinnoitteen säröilystä. Lisäksi havaittiin, että muovaaminen $+10\text{ °C}$ lämpötilassa ja sen alapuolella altisti molemmat testatut maalipinnoitteet säröilylle. Polyuretaaninen pinnoite havaittiin merkittävästi polyesteristä paremmaksi muovattavuudeltaan. Suurimmat erot pinnoitteiden muovattavuudessa oli välillä $+10\text{ °C}$ - $+30\text{ °C}$.

Tutkimustyö on tehty FIMECC HYBRIDS-projektissa ja erityisessä yhteistyössä SSAB Europe Oy:n Hämeenlinnan yksikön kanssa HAMK Ohutlevykeskuksessa

Johdanto

Maalipinnoitettu teräsohutlevy on rakenteeltaan monimutkainen yhdistelmä, joka sisältää teräksen, sinkki – ja yhden tai useita maalipinnoitteita. Koska läsnä on useita erilaisia materiaaleja, niin maalipinnoitetun teräsohutlevyn muovauksessa esiintyy useita erilaisia vaurioitumistyyppöjä. Tämä johtuu materiaalien ja niitä erottavien rajakerrosten erilaisista muovausominaisuuksista. Käytännössä muovattavuuden määrittää tällöin heikoin pinnoitemateriaali tai rajakerros. Yleensä maalipinnoitetusta teräsohutlevystä valmistettu tuote katsotaan muovauksessa murtuneeksi, jos siihen muodostuu silmin havaittavia säröjä. Säröt vaikuttavat tuotteen ulkonäköön ja sen korroosionkestävyyteen ja johtavat yleensä tuotteen hylkäämiseen. Muovaamisen näkökulmasta ajateltuna paras tilanne on, kun kaikilla teräksen päällä olevilla pinnoitteilla on vähintään yhtä hyvät muovausominaisuudet kuin teräksellä itsellään. Ikävä kyllä, tällainen tilanne tulee todellisuudessa vastaan vain erityistapauksissa. [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]

Maalipinnoitteet ovat polymeeripohjaisia materiaaleja. Polymeereihin liittyy kaksi maalikalvon joustavuuden kannalta tärkeää lämpötilasta riippuvaa ilmiötä. Tästä syystä polymeerien muovattavuusominaisuuksilla on selkeä yhteys muovauslämpötilaan. Polymeereillä voidaan usein löytää lasittumislämpötila tai lämpötila-alue (Tg). Monissa tapauksissa Tg korreloi materiaalien muovattavuusominaisuuksien kanssa. Toinen tärkeä lämpötila polymeereillä liittyy hauras-sitkeä-lämpötilaan (Tb), joka löytyy matalammista lämpötiloista kuin Tg. Kun lämpötila putoaa Tb:n alapuolelle, käyttäytyy polymeeri hauraasti, eikä sitä voi muovata. Lämpötilan Tb yläpuolella pinnoite on kova ja sitkeä, kun taas lämpötilan Tg yläpuolella pinnoitteesta tulee pehmeä. Voidaan siis ajatella, että polymeeripohjaisen pinnoitteen muovaukselle on olemassa optimaalinen lämpötila-alue. Lämpötilariippuvuus voi olla hyvin jyrkkä. Vain muutaman asteen heitto muovauslämpötilassa voi erottaa ehjän ja vaurioituneen tuotteen toisistaan. [1, 11, 12, 15]

Lasittumislämpötila on polymeerikohtainen ominaisuus. Maalipinnoitteet sisältävät yleensä useita polymeereja ja

niiden lasittumislämpötila (T_g) muodostuu osakomponenttien ominaisuuksien ja määräsuhteiden mukaan. Käytännössä sidosaineena käytettävä polymeeri hallitsee lasittumislämpötilan määräytymistä. [11, 15, 16]

Maalipinnoitettu teräsohutlevy on pääsääntöisesti myös sinkitty. Maali toimii korroosiosuojana ainoastaan ehjänä, mutta sen alla oleva sinkkikerros suojaa rakennetta myös naarmuilta ja muilta vaurioilta. Sinkki suojaa terästä tällöin sähkökemiallisesti, eli sinkkipinnoite syöpyy teräksen sijaan. Maalipinnoitettuun teräsohutlevyyn tulevat naarmut täyttyvät usein nopeasti sinkin korroosiotuotteilla eli ns. valkoruosteella, jonka jälkeen korroosionopeus putoaa jälleen huomattavasti. [1, 2, 3, 5, 9, 13, 14]

Sinkkipinnoitteen muovattavuuteen vaikuttaa sinkin raekoko, kideorientaatio, paksuus, faasikoostumus, rajakerros teräksen ja sinkin välillä sekä muovauslämpötila. Sinkkipinnoitteilla on havaittavissa selkeä lämpötilariippuvuus hauras-sitkeä-käyttäytymisessä. Puhdas sinkki tulee hauraaksi jo $+10\text{ °C}$ alapuolisissa lämpötiloissa. [1, 4, 5, 9, 10] Koska sinkkipinnoite on teräksen ja maalipinnoitteen välissä, vaikuttaa sinkkikerroksen muovattavuus maalipinnoitteen muovattavuuteen. Kun sinkkipinnoite murtuu, muodostuu maalipinnoitteen alle suuria paikallisia jännityksiä, jotka voivat rikkoa koko pinnoitesysteemin. Yleensä maalipinnoitetun teräsohutlevyn muovauksessa sinkki on ensimmäinen murtuva komponentti erityisesti tiukoissa taivutuksissa. Sinkin murtuminen ei välttämättä tule visuaalisesti näkyviin, mikäli maalipinnoitteen muovattavuus on niin hyvä, että se kestää muovauksen murtumatta. [1, 2, 4, 5, 7, 9, 10, 13, 14]

Maalipinnoitettu teräsohutlevy on pääasiassa lujuusluokaltaan matala ja hyvin muovattava. Sen paksuus on usein rajattu suhteellisen ohueksi niin teräksen kuin sinkkipinnoitteen osalta. Maalipinnoitetun teräsohutlevyn muovaavuuteen katsotaan usein vaikuttavan eniten taivutussäteen ankaruus sekä maali- ja sinkkipinnoitteiden sitkeys. Muut levyn taivutettavuuteen vaikuttavat tekijät ovat levyn ja pinnoitteiden paksuus sekä teräksen lujuus. Perinteisesti taivutuksessa syntyviä murtumia on pyritty ehkäisemään erityisesti huolellisella materiaalin valinnalla sekä teräksen että maalipinnoitteen suhteen. Normaalien taivutettavuuskriteerien lisäksi on viimeaikaisissa tutkimuksissa havaittu, että muovauslämpötilalla saattaa olla merkittävä vaikutus muovaustuloksiin. [1, 2, 3, 5, 9, 13]

Muutama yritys maailmalla on testannut maalipinnoitetun teräsohutlevyn esilämmitystä rullamuovauslinjoilla lämpötiloissa $+50\text{ °C}$ - $+75\text{ °C}$, jotta varmistetaan sinkki- ja maalipinnoitteiden säilymisestä ehjinä. Esilämmityksen hyödyllisyydestä on myös tehty muutamia tutkimuksia, joiden mukaan esilämmitys $+50\text{ °C}$:een yläpuolelle vähentää sinkki- ja maalipinnoitteen murtumista muovaamisen aikana parantamalla pinnoitteiden sitkeyttä. Ehyt pinnoite nostaa muovaattujen tuotteiden käyttöikä. Tällä hetkellä maalipinnoitettua teräsohutlevyä valmistavat yritykset ilmoittavat tuotteilleen alhaisimman mahdollisen muovauslämpötilan, mutta voidaan kysyä, että tulisiko heidän ilmoittaa asiakkailleen myös muovaamisen kannalta optimaalinen lämpötila. [1]

Tavoitteet

Tämän työn tarkoitus oli tutkia maalipinnoitetun teräsohutlevyn muovattavuutta eri lämpötiloissa. Muovattavuutta testattiin standardista poikkeavalla T-taivutusmenetelmällä. Tarkoitus oli tutkia kahden erilaisen maalipinnoitteen murtumisalttiutta eri muovauslämpötiloilla ja taivutussäteillä. Ajatuksena oli löytää muovauksen kannalta alhaisin mahdollinen sekä optimaalinen muovauslämpötila.

Materiaalit

Koemateriaalina toimi maalipinnoitettu teräsohutlevy DX53D+Z275, jonka nimellispaksuus oli $0,57\text{ mm}$. Maalipinnoitteet olivat polyesteri- ja polyuretaanipohjaisia. Pinnoitteiden valintakriteerinä pidettiin sitä, että maalipinnoitteet ovat yleisesti käytössä olevia ja valittujen pinnoitteiden välillä on selkeä muovattavuusero. Polyuretaanipohjaiset maalipinnoitteet ovat huomattavasti parempia muovaavuudeltaan. Molempia valittuja maalipinnoitteita käytetään mm . korroosiosuojaukseen ulkokäytössä. Polyuretaanipinnoitteen nimellisvahvuus pohjamaalin kanssa oli $40\text{ }\mu\text{m}$ ja polyesteripinnoitteen $25\text{ }\mu\text{m}$. Polyuretaanipinnoitteen pohjamaalikerros oli vahvuudeltaan $10\text{ }\mu\text{m}$ ja polyesteripinnoitteen $6\text{ }\mu\text{m}$.

Koejärjestelyt

Kokeet tehtiin Zwick Z050 vetokoneella. Testausjärjestelmä oli muunneltu versio T-taivutuksen standardista EN 13523-7. Käytetyssä testijärjestelyssä näytteet esimuovattiin vetokoneeseen liitetyn lämpökaapin sisällä löysään V-muotoon eri lämpötiloissa. Esimuovaustyökälyt olivat itse suunniteltu Ohutlevykeskuksessa ja teetetty koneistamossa. Esimuovaustyökälyt ja testausjärjestelmä on esitetty kuvassa 1. Esimuovauksen jälkeen näytteet poistettiin lämpökaapista ja ne muovattiin haluttuun T-taivutukseen Erichsen iskumittauslaitteen Malli 471 avulla. Iskumittauslaitteen iskevän pään massa oli $2300\pm 200\text{ g}$ ja pudotuskorkeus 650 mm . T-taivutuksen onnistumisen varmistamiseksi iskupää tiputettiin näytteen päälle viidesti mahdollisimman nopeasti. Erisuuruiset T-taivutukset tehtiin laittamalla haluttu määrä näytemateriaalista leikattuja levyjä iskujen ajaksi näytteen sisään. Nämä näytemateriaalin palaset säilytettiin lämpökaapin sisällä, jotta ne olisivat testauslämpötilassa eivätkä muuttaisi näytteen lämpötilaa. Testauslämpötilan varmistamiseksi käytettiin näytteen ylä- ja alapuolella lisäksi kahta 4 mm paksuista levynpalaa testauslämpötilaisena. Lämpökaapin lämpötila varmistettiin kahden termometrin avulla, joista toinen oli integroitu lämpökaappiin ja toinen oli ulkoinen.

Näytteet olivat teräslevystä leikattuja noin $40\text{ mm} \times 300\text{ mm}$ palasia. Testauslämpötilat olivat -20 °C , -10 °C , 0 °C , $+10\text{ °C}$, $+20\text{ °C}$, $+30\text{ °C}$, $+40\text{ °C}$ ja $+50\text{ °C}$. Polyesteri-pinnoitetuilla näytteillä tavoiteltiin 0T-, 0.5T-, 1T-, 2T- ja 3T-taivutuksia. Polyuretaani-pinnoitetuilla näytteillä tavoiteltiin 0T-, 0.5T-, 1T-, 1.5T- ja 2T-taivutuksia. Kokeita tehtäessä havaittiin, että näytteen päällä iskumuovaamisen aikana käytetty paksu teräslevy jakoi iskuenergiaa varsinaisen taivutuskohdan ulkopuolelle, jonka takia haluttuihin T-arvoihin ei päästy. Todelliset T-taivutukset olivat laskennallisen tar-

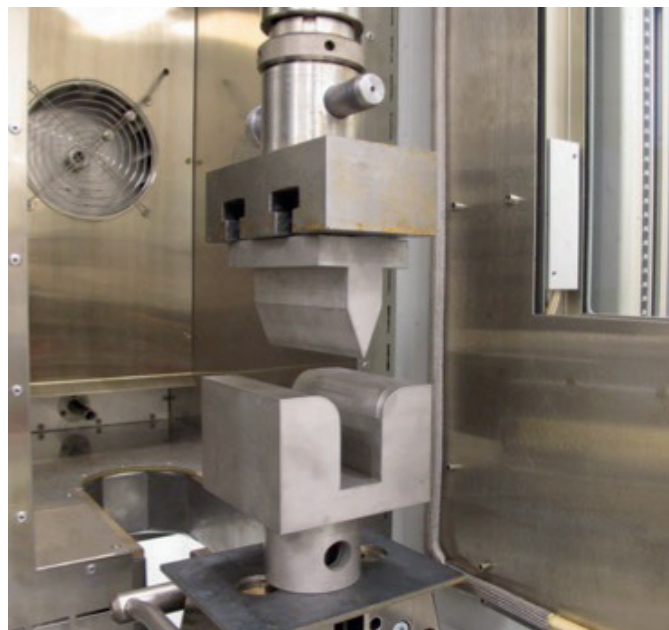
kastelun mukaan noin 2T suurempia kuin taivutukset, joita tavoiteltiin. Polyesteri-pinnoitteelle todelliset T-taivutukset olivat siten 2T, 2.5T, 3T, 4T ja 5T. Polyuretaanipinnoitteelle todelliset T-taivutukset olivat 2T, 2.5T, 3T, 3.5T ja 4T. Tämän artikkelin taulukoissa ja kuvissa on käytetty todellisia T-arvoja. Jokaisesta T-taivutuksesta tietyssä testilämpötilassa tehtiin kolme rinnakkaisnäytettä.

Taivutetut näytteet tarkastettiin murtumien varalta heti näytteen valmistamisen jälkeen. Tämän jälkeen näytteet altistettiin +60 °C kondenssi-kosteus-kokeeseen (QCT) 1000 h ajaksi. Käytetty laite oli itse tehty standardin SFS-EN ISO 6270-1 Maalit ja lakat. Kosteudenkestävyyden määrittäminen. Osa 1: Jatkuva kondensoituminen mukaisesti. Kaapin lämpötila pidettiin tasaisena kokeen ajan. Näytteet asetettiin kaappiin siten, että ne olivat laitteen keskellä taivutuskohtat osoittaen suoraan ylöspäin. Näytteet tarkastettiin ja valokuvattiin 24 h, 50 h, 100 h, 150 h, 250 h, 500 h, 750 h ja 1000 h jälkeen.

Näytteitä arvioitiin visuaalisesti niissä näkyvien murtumien perusteella asteikolla 0-3. 3 pistettä tarkastelussa tarkoitti täysin ehjää näytettä. Nolla pistettä näyte sai, kun murtumia esiintyi koko taivutetun osan matkalla. 1 pisteen näyte sai, kun siinä oli havaittavissa useampia säröjä ja kaksi pistettä, kun säröily oli vähäisempää. Tässä artikkelissa esitetyt tulokset säröilylle ovat kolmen näytteen keskiarvotuloksia.

Tulokset

Suurin osa näytteistä murtui heti iskutaivutuksessa, mikäli niillä oli taipumus murtua. Nämä murtumat olivat havaittavissa myös visuaalisessa tarkastelussa. Kosteus-kondenssaatio-testi sai näytteissä aikaan vain vähäisiä muutoksia säröilyn rajuudessa. Polyesteri-pinnoitetuilla näytteillä oli ha-



KUVA 1. Esimuovaustyökalujen kokoonpano ja lämpökaappi.

vaittavissa pientä, 1 pisteen luokkaa olevaa, kasvua säröilyn rajuudessa +20 °C ja +30 °C lämpötiloissa muovattuna 2T-, 2.5T- ja 3T-taivutuksissa. Kondenssi-kosteus-testi havaittiin silti hyödylliseksi apuvälineeksi säröityneiden näytteiden arvioinnissa, koska siinä koko maalikalvon asti ulottuviin säröihin muodostuu valkoruostetta sinkin reagoitessa kosteuden kanssa.

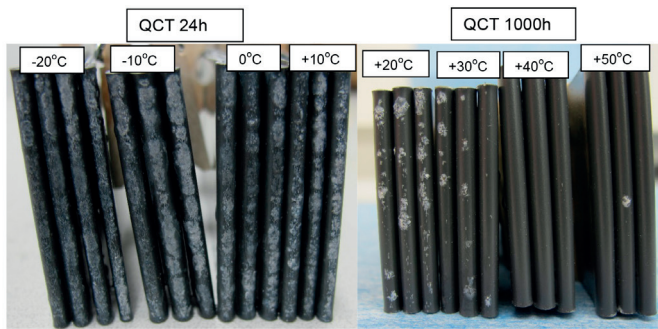
Polyesteri-pinnoitetut näytteet kärsivät säröilystä huomattavasti enemmän kuin polyuretaani-pinnoitetut. Pienimillä testatuilla taivutussäteillä säröily oli odotetusti suurempaa kuin suuremmilla. Polyesteri-pinnoitteet 2T-taivu-

PES	-20°C	-10°C	0°C	+10°C	+20°C	+30°C	+40°C	+50°C
2T	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/0	3/2	3/2
2,5T	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	1/0	3/3	3/3
3T	0/0	0/0	0/0	0/0	2/1	2/1	3/3	3/3
4T	0/0	0/0	1/0	1/0	3	3/3	3/3	3/3
5T	0/0	3/2	3/3	3/3	3	3/3	3/3	3/3

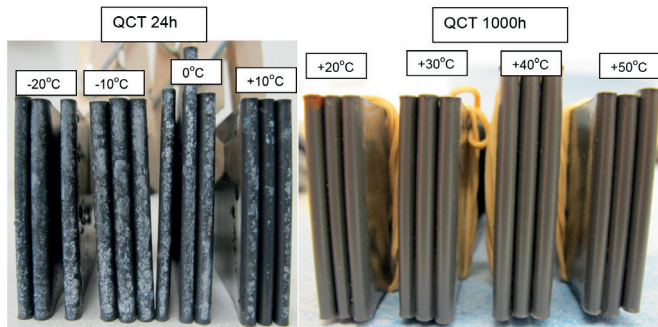
TAULUKKO 1. Polyesteri-pinnoitettujen näytteiden pisteytys säröytymisen perusteella eri lämpötiloissa muovattuna ennen ja jälkeen 1000 h kondenssi-kosteus-testin. Ensimmäinen arvo kuvaa rinnakkaisnäytteiden keskiarvoa ennen testiä ja jälkimmäinen testin jälkeen.

PUR	-20°C	-10°C	0°C	+10°C	+20°C	+30°C	+40°C	+50°C
2T	0/0	0/0	0/0	0/0	3/2	3/3	3/3	3/3
2,5T	0/0	0/0	0/0	0/0	3/3	3/3	3/3	3/3
3T	0/0	0/0	0/0	2/1	3/3	3/3	3/3	3/3
3,5T	0/0	0/0	0/0	2/1	3/3	3/3	3/3	3/3
4T	0/0	0/0	0/0	3/2	3/3	3/3	3/3	3/3

TAULUKKO 2. Polyuretaani-pinnoitettujen näytteiden pisteytys säröytymisen perusteella eri lämpötiloissa muovattuna ennen ja jälkeen 1000 h kondenssi-kosteus-testin. Ensimmäinen arvo kuvaa rinnakkaisnäytteiden keskiarvoa ennen testiä ja jälkimmäinen testin jälkeen.



KUVA 2. Polyesteri-pinnoitetut näytteet kondenssi-kosteus-testin jälkeen 2T-taivutuksilla.



KUVA 3. Polyuretaani-pinnoitetut näytteet kondenssi-kosteus-testin jälkeen 2T-taivutuksilla.

tuksella murtuivat ennen kondenssi-kosteus-testiä, mikäli ne oli muovattu +30 °C tai alemmissa lämpötiloissa. Muovauslämpötilalla oli tulosten perusteella selkeä yhteys näytteiden säröilytaipumukseen. Muovaaminen +20 °C tai +30 °C lämpötiloissa johti säröilyyn 2T-, 2.5T- ja 3T-taivutuksilla. Muovauslämpötilan nouseminen +40 °C ja +50 °C asteen lämpötilaan osoitti, että polyesteri-pinnoitetut näytteet kestivät säröilemättä tiukimmatkin tässä testisarjassa mukana olleet taivutukset. 4T- ja 5T-taivutetut näytteet eivät puolestaan säröilleet yhdessäkään muovauslämpötilassa +20 °C lämpötilassa tai sen yläpuolella muovattuna. 5T-taivutetut näytteet kestivät muovauksen ilman vaurioita vielä 0°C lämpötilassa täysin. On merkille pantavaa, että -20 °C muovatut näytteet murtuivat jopa 5T-taivutuksella. Tulokset eri näytteiden säröilystä on esitetty taulukoissa 1 ja 2. Esimerkkikuvat 2T-taivutetuista näytteistä on esitetty kuvissa 2 ja 3.

Polyuretaani-pinnoitetut näytteet kestivät taivuttamisen kaikilla taivutussäteillä +30 °C lämpötilassa ja sen yläpuolella. Lämpötilassa +20 °C polyuretaanipinnoitetut näytteet kestivät myös muuten hyvin, mutta 2T-taivutetuissa näytteissä oli havaittavissa pientä säröilyä 1000h kondenssi-kosteus-testin jälkeen. Lämpötilassa +10 °C ja sen alapuolella oli havaittavissa selkeä polyuretaanipinnoitteen muovattavuusominaisuuksien heikentyminen. Tämä muutos oli hyvin nopea ja selkeä, kun taas polyesteri-pinnoitteella muutokset muovattavuusominaisuuksien heikentymisessä näkyivät enemmän asteittaisena heikentymisenä muovauslämpötilan pudotessa. Muovauslämpötilan pudotessa +10 °C murtui polyuretaani-pinnoite 2T-, 2.5T- ja 3T-taivutuk-

silla jo ennen kondenssi-kosteus-testiä. Lämpötilassa 0 °C ja sen alapuolella jokainen näyte murtui taivutussäteestä riippumatta. Pahimmin murtuneet näytteet löytyivät matalimmissa lämpötiloissa muovattuna sekä polyesteri- että polyuretaani-pinnoitteella.

Johtopäätökset

Testausmenetelmä osoittautui toimivaksi tavaksi testata eri maalipinnoitteiden muovattavuutta. Menetelmää pitää vielä hienosäätää, jotta sillä saadaan valmistettua tiukempia kuin 2T-taivutuksia.

Muovauslämpötilalla on selkeä yhteys maalipinnoitetun teräsohutlevyn muovattavuuteen. Näytteet, jotka muovattiin +40 °C ja +50 °C lämpötiloissa kestivät molemmilla testatuilla maalipinnoitteilla säröilemättä ennen ja jälkeen 1000 h kondenssi-kosteus-testin +60 °C lämpötilassa.

Korkeampi muovauslämpötila on tärkeämpi muovattaessa maalipinnoitetta, jolla on huonommat muovattavuusominaisuudet ainakin verrattaessa polyesteri-pinnoitettuja näytteitä polyuretaani-pinnoitettuihin. Polyesteri-pinnoitettujen näytteiden muovattavuusominaisuudet kasvoivat selkeästi muovattaessa +40 °C lämpötilassa tai sen yläpuolella. Polyuretaani-pinnoitetut näytteet kestivät muovauksen hyvin vielä +20 °C lämpötilassa.

1000 h kondenssi-kosteus-testin aika havaittiin turhan pitkäksi. Näytteet murtuivat joko heti taivutuksen jälkeen tai viimeistään 24 h jälkeen kondenssi-kosteus-testissä. Tämän jälkeiset muutokset näytteissä olivat pääsääntöisesti pieniä.

Jatkotutkimukset

Näytteitä valmistettaessa iskumittauslaitteella lämpötilan säätöön käytetty 4 mm paksu teräslevy pitää tulevissa testisarjoissa poistaa. Tällä tavoin voidaan saavuttaa jopa 0T-taivutuksia, jolloin testimenetelmää voidaan käyttää todennukaisempaan maalipinnoitteiden muovattavuuden vertailuun standardin EN 13523-7 tapaan.

Tehtyä testisarjaa tulisi laajentaa koskemaan käytetyimpiä metalli- ja maalipinnoitteita. Tuloksia voitaisiin käyttää haettaessa optimaalista muovauslämpötilaa ja löytää muovauslämpötilalle alaraja.

Testatuille näytteille tulee tehdä metallografinen analyysi, jolla pyritään selvittämään säröilyn syytä. On myös hyvä päästä näkemään, miten säröilleiden ja säröilemättömien näytteiden poikkileikkäusnäytteet eroavat toisistaan. Tärkeää on tutkia, johtuiko säröily maalipinnoitteen ominaisuuksien muuttumisesta vai sinkin voimakkaammasta säröilystä maalipinnoitteen alla.

Metallographic analysis of cracked samples are needed to see what caused the cracking. Another interesting issue is to see how cross-sections of non-cracked, higher temperature formed specimens differ from cross-sections of cracked specimens. It should be also examined, that how zinc coating cracking has affected on paint coating.

Kiitokset

Kirjoittajat haluavat kiittää FIMECC HYBRIDS-projektia tämän työn rahoittamisesta ja SSAB Europe Oy:n Hämeen-

linnan tuotekehitysyksikköä avusta artikkelin kirjoittamisessa.

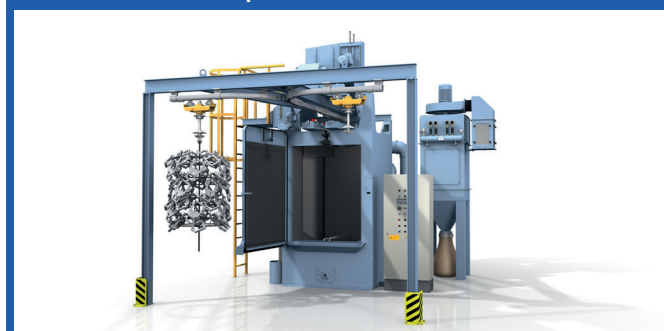
LÄHTEET

- [1] Warm Roll-Forming of Pre-Painted Sheet Steel, U. S. Steel Technical Bulletin-Construction, United States Steel Corporation, TBP 2005.12
- [2] Understanding Tension Bend Cracks, <http://www.colourroof.com/pdf/>, 2.6.2015
- [3] Roll-Forming Steel Strip, Technical Bulletin FTB-5, 3.10.2010, BlueScope Steel
- [4] Deformation and Damage Mechanisms of Zinc Coatings on Hot-Dip Galvanized Steel Sheets: Part II. Damage Modes, R. Parisot, S. Forest, A. Pineau, F.Nguyen, X. Demonet and J-M. Maigne, Metallurgical and Materials Transactions A, Volume 35A, March 2004—813
- [5] Deformation and Damage Mechanisms of Zinc Coatings on Hot-Dip Galvanized Steel Sheets: Part II. Deformation Modes, R. Parisot, S. Forest, A. Pineau, F.Nguyen, X. Demonet and J-M. Maigne, Metallurgical and Materials Transactions A, Volume 35A, March 2004—797
- [6] Self-Healing Effect by Zinc Phosphate and Calcium Silicate Included in Organic-Inorganic Composite Coating on 55%Al-Zn Coated Steel Sheet, A. Matsuzaki, M. Nagoshi, H.Noro, M. Yamashita; and N. Hara, Materials Transactions, Vol. 52, No. 6 (2011) pp. 1244 to 1251
- [7] Fracture mechanics analysis of coating/substrate systems Part II: Experiments in bending, Sung-Ryong Kim, John A. Nairn, Engineering Fracture Mechanics 00 (2000) 1-25
- [8] Fracture mechanics analysis of coating/substrate systems Part I: Analysis of Tensile and Bending Experiments, Sung-Ryong Kim, John A. Nairn, Engineering Fracture Mechanics, Volume 65, Issue 5, 1 March 2000, Pages 573-593
- [9] The Metallurgy of Zinc Coated Steel, A. R. Marder, Progress in Materials Science, Volume 45, Issue 3, June 2000, Pages 191-271
- [10] K.M. Goggins, A.R. Marder, Crack Initiation and Propagation in Hot-Dip Galvanized Steel Sheet During Bending, 3rd International Conference on Zinc Coated Steel, Barcelona, S4I (1991), pp. 1-11
- [11] Viscoelastic Properties of Paint Films and Formability in Deep Drawing of Pre-Painted Steel Sheets, K. Ueda, H. Kanai, T. Amari, Progress in Organic Coatings, Volume 45, Issue 1, September 2002, Pages 15-21
- [12] Effects of Mechanical Properties of Paint Film on The Forming of Pre-Painted Steel Sheets, K. Ueda, H. Kanai, T. Suzuki, T. Amari, Progress in Organic Coatings, Volume 43, Issue 4, December 2001, Pages 233-242
- [13] Corrosion Resistance of Painted Zinc Alloy Coated Steels, R. P. Edavan, R. Kopsinski, Corrosion Science, Volume 51, Issue 10, October 2009, Pages 2429-2442
- [14] Performance of Coated Steel Systems Exposed to Different Media: Part 1. Paint Coated Galvanized Steel, B. del Amo, L.Véleva, A. R. Di Sarli, C. I. Elsner, Progress in Organic Coatings, Volume 50, Issue 3, August 2004, Pages 179-192
- [15] Formability-Related Studies of Color Coated Steel, M. Lagus, Bachelor's Thesis, Åbo Akademi University, 2015
- [16] [The World of Surface Coatings Is Centered Around the Glass Transition Temperature, Part 1, G. Curtzwiler, D. Gottschalk, C. Konecki, R. Peterson, S. Wand, J. W. Rawlin-s, Coatingstech, August 2014, Pages 28-38

Palvelumme kattaa joustavasti metalliteollisuuden tarpeet yhdestä varaosasta koko tehtaan koneistukseen.



Uutta pintakäsittelyyn:
Wheelabrator Groupin
sinkopuhdistuskoneet



Maailman johtava valmistaja tekee paluun Suomen markkinoille. Laaja valikoima sinko- tai raepuhdistuskoneita sekä maalaushuoneita. Tarjoamme juuri tarpeesi mukaisen ratkaisun.

Wheelabrator Plus
kulutus- ja varaosat sekä palvelut



Esillä Teknologia'15/
Finntec osastollamme
7 K 39

TITAN sinkopyörät antaa parhaan tehokkuuden sekä pisimmän elinkaaren. Tarjoamme kaikki alkuperäisosat ja huollot sekä modernisoinnit, myös muiden valmistajien sinkopuhdistuskoneisiin ASTRAL Collectionista. Pyydä tarjous FredServe kuntotarkastukseen ja tehosta sinkopuhdistustasi.

TEKNOLOGIA'15
Messukeskus Helsinki 6.-8.10.2015

www.fredko.com

Fredko
40
1974 - 2014

Bystronic

BySprint Fiber 6kW

Enemmän tehoa Power Cut -optiolla
(teräs 25mm, RST 30mm, Al 30mm)

Merkittävää säästöä raaka-aineen käyttöön ByOptimizer-
ohjelmoinnilla.

Kuitulasereiden markkinajohtaja pohjoismaissa.



Best choice.

Bystronic Scandinavia
Petteri Perälä
Tel. 0400 887 558
petteri.perala@bystronic.com
www.bystronic.fi

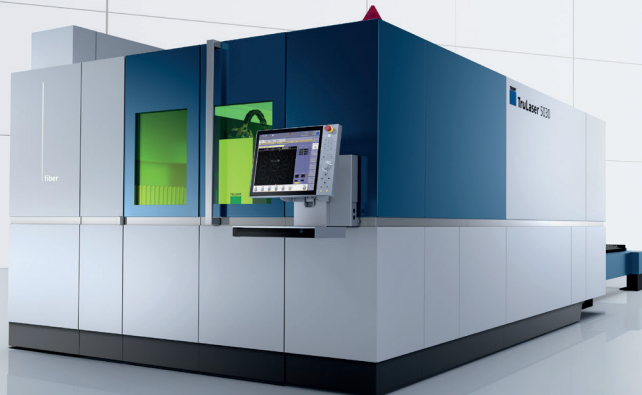
Oy Tammesvirta & Co



Eläntie 5 • FIN-01510 VANTAA • Tel. 020 728 9880 • Fax. 020 728 9881 • www.tammesvirta-co.fi • info@tammesvirta-co.fi

TRUMPF TruLaser 5030 Fiber

8 kW teho nähtävänä Teknologia 2015 messuilla Helsingissä.

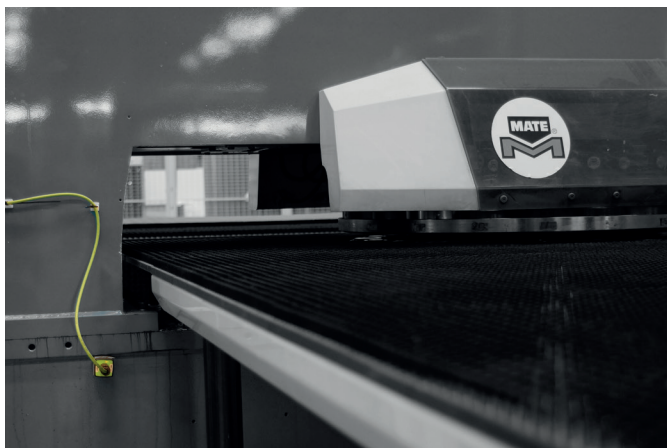


POWER TOOLS • LASERLEIKKAUS/HITSAUS • LEVYTYÖKESKUKSET • SÄRMÄYSPURISTIMET

Ohutlevytuotannon tehokkuuden mittaus ja kehittäminen

■ TEKSTI JA KUVAT: KIMMO JUUTI / CONTROL EXPRESS FINLAND OY

Ohutlevytuotannon tehokkuuden mittaaminen on melko uusi ilmiö, mutta tahti on kiihtyvää. Kilpailukyvyyn ylläpitämiseksi mittaaminen alkaa olla jo välttämättömyys. Vanha sanonta pätee tässäkin: mitä mittaat, sitä voit johtaa ja kehittää.



KUVA 1. WBS Productivityn anturi kiinnitettynä levytyökeskukseen.

Kansainvälinen kilpailu lisääntyy meistä riippumatta. Vaikka emme kaikki tähtäisikään kansainvälisille markkinoille, osa kilpailijoistamme kuitenkin tekee niin. Omaan suomalaiseen lintukotoomme ja markkinarakoomme voi ilmestyä ulkomaalainen hintahäirikkö, joka tarjoaa kilpailevia ohutlevytuotteita meitä edullisemmin. Viimeistään siinä vaiheessa oman kilpailukyvyyn ja tuotannon tehokkuuden kehittäminen nousee ajankohtaiseksi.

Isommassa mittakaavassa Suomen talouskasvu ja koko hyvinvointi ovat vahvasti riippuvaisia teollisuuden menestymisestä. Samaan aikaan kilpailun kasvu lisää vääjäämättä teollisuuden tehokkuusvaatimuksia. Tuotannon tehokkuuden kehittämisestä tulee silloin johdon tärkeimpiä kehittämiskohteita.

Teollisuuden digitalisaation ja uusien älykkäiden mittausjärjestelmien myötä on voitu luoda automatisoituja järjestelmiä tuotannon tehokkuuden seurantaan. Systemaattinen, yksiselitteinen ja läpinäkyvä seuranta antaa ensimmäiset eväät myös ohutlevytuotannon tehokkuuden parantamiseen. Vanha sanonta pätee tässäkin: mitä mittaat, sitä voit johtaa ja kehittää.

Mitä jos ei hankittaisikaan uutta tuotantokonetta?

Hyvin usein yritykset ovat saattaneet nähdä uuden tuotantokoneen hankinnan kapasiteetin pullonkaulan poistamiseksi. Joissakin tilanteissa tämä onkin täysin perusteltua. Erityisesti silloin, kun tuotannon kokonaistehokkuus on jo maailman huippuluokkaa eikä tuotannon suunnittelulla saada enempää tehoja irti.

Mitä jos aina ei tarvitsisikaan lisätä kustannuksia, vaan tuottavuutta voitaisiin nostaa kustannuksia pienentämällä?

Ideaalitilanteessa ideaalitehtaassa kaikki koneet tekevät virheetöntä työtä 24 tuntia vuorokaudessa täydellä nopeudella. Todellisuus on usein huomattavasti erilainen. Ero todellisuuden ja ideaalitilanteen suhteen näkyy erilaisissa koneiden käyttöasteeseen, nopeuteen tai laatuun liittyvissä häviöissä.

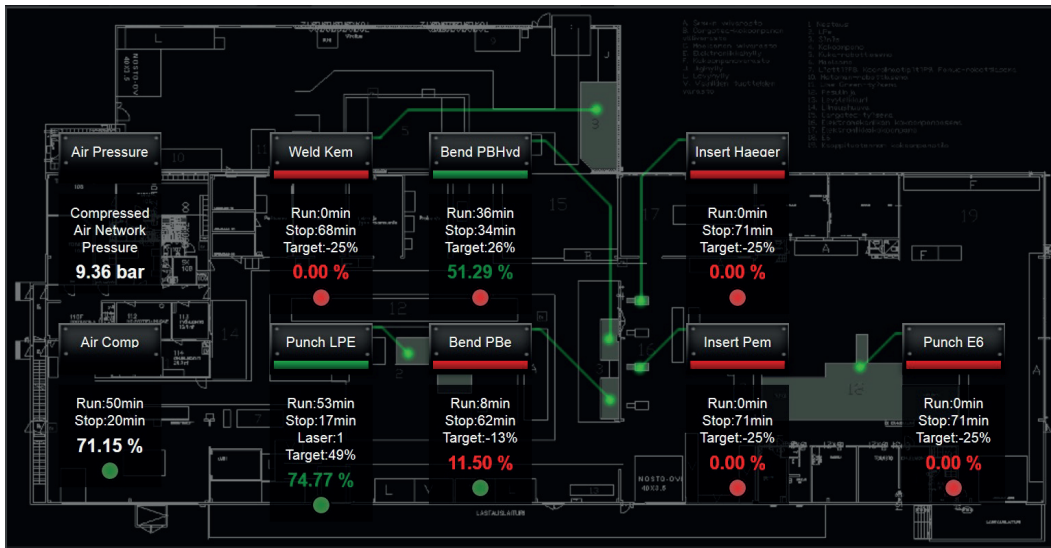
Tuotannon kokonaistehokkuuden kehittämisessä tavoitteena on vähentää ja elimoida tuotannon ns. hukatekijöitä, aina uudelleen ja uudelleen tapahtuvia helmasyntejä.

Näihin hukatekijöihin paneutumalla yrityksellä on mah-

Konetyön tehokkuuden 7 helmasyntiä

1. Suunnittelemattomat tuotannon seisokit
2. Työkalujen rikkoutumisesta aiheutuvat vaihdot
3. Asetus- ja säätötoimista aiheutuvat katkot
4. Lyhyet pysähdykset, ns. mikropysähdykset
5. Alentunut ajonopeus
6. Laatuvirheet, saantohäviöt
7. Ylösajovaiheen aikana syntyvä virheellinen tuotanto

Lähde: Tuotannon tehokkuuden mittaus ja kehittäminen (Juuti, 2015)



KUVA 2. Reaaliaikainen tilannekuva mahdollistaa jatkuvan kehittämisen. Kuvan ratkaisuna WBS Productivity.

dollisuus nostaa tuotannon tehokkuutta ja samalla omaa kilpailukykyään. Paneutuminen alkaa kyseisten hukkatekijöiden tunnistamisella omassa tuotannossaan. Mittaamalla oikeita avainlukuja kyseiset kokonaistehokkuutta nakertavat helmasynnit saadaan nostettua esille.

Tärkeimmät vinkit mittaamiseen ja kehittämiseen

Ohutlevytuotannon tehokkuuden mittaaminen voi tuntua aluksi haasteelliselle. Tuotannossa on monta liikkuvaa tekijää ja lukematon määrä mittaamismahdollisuuksia.

Aikaisempiin kokemuksiin pohjautuen ohessa tärkeimmät vinkit ohutlevytuotannon tehokkuuden mittaamiseen ja kehittämiseen:

Tuotannon tehokkuuden mittaaminen ja kehittäminen kannattaa aina

Ohutlevytuotannon tehokkuuden mittaaminen on Suomessa ottamassa pitkiä loikkia. Tuotantokoneiden tehokkuuden ja yrityksen kilpailukyky-yhteyden ymmärtäneet yritykset ovat jo ottaneet käyttöön automaattisia mittaajajärjestelmiä. Tahti kuitenkin kiristyy. Vielä tällä hetkellä usealle hieman etäisiltä tuntuvat mittaajajärjestelmät tulevat olemaan perusedellytys kilpailukykykehittämiseksi ja ylläpitämiseksi.

Tuotannon tehokkuuden mittaamista pidetään usein tärkeänä osana kaikkia nykyaikaisia tuotantokonsepteja. Kun otat ensimmäisiä askelia kohti tuotannon kilpailukykykehittämistä, kohtaat nopeasti monta outoa tuotantoparadigman lyhennettä.

Olipa toteuttamasi toimintastrategia sitten Toyotan kehittämä TPS, sen länsimainen johdannainen LEAN tai uudemman sukupolven Agile, tärkeintä on kuitenkin pitää asiat suoraviivaisina ja yksinkertaisina. Tuotannon tehokkuuden kannalta käyttösuhte on ehkäpä tärkein yksittäinen mittari. Tuotantokoneiden jatkuva käyttösuhteen mittaaminen ja seuranta ovatkin perusedellytyksiä kilpailukykykehittämiseksi. Se on erittäin hyvä investointipäätös, joka maksaa itsensä takaisin yllättävän nopeasti – parhaimmillaan välittömästi.

Kimmo Juuti uutuuskirja tuotantokoneiden tehokkuuden mittaamisesta ja kehittämisestä on nyt saatavilla!

Pyydä kirjaa itsellesi suoraan kirjoittajalta: kimmo.juuti@cef.fi

tuotannon TEHOKKUUDEN mittaaminen ja kehittäminen



Kirjoittajasta

Kimmo Juuti toimii liiketoiminnan kehitysjohtajana Control Express Finland Oy:ssä. Hän on teollisen internetin sovelukseen keskittynyt johtamisen ja kehittämisen asiantuntija. Kimmolla on erityisen laaja kokemus tuotantokoneiden tehokkuuden mittaamisesta ja kehittämisestä.

Kutsu Kimmo yritykseenne kertomaan asiasta enemmän: kimmo.juuti@cef.fi

Mikemet avaa uudenlaisia latuja

■ PROFESSORI VEIJO KAUPPINEN

Mikkeliläisen Mikemet Oy:n toimitusjohtaja Jukka Kokkonen kertoo yrityksensä toimintaperiaatteisiin kuuluvan kasvu. Mikemet on sikäli omanlaisensa yhtiö, että yhteiskuntavastuulla on merkittävä rooli tekniikan rinnalla. Teollisen tuotantotoiminnan ohella tarjotaan räätälöityjä ammatillisen kuntoutuksen palveluita eri toimialoille. Yritys esimerkiksi toimii henkilöstön vuokraajana välittämällä yritysten tilapäisiin tarpeisiin valmennettua työvoimaa.

Mikemetin tekninen osaaminen painottuu metalli- ja ohutlevyihin. Teräslevyn vuosikulutus on noin 350 000 kg, mikä alle millimetrin keskipaksuudella merkitsee melkoista neliömäärää. Tekniikkaan investoidaan esimerkkinä heinäkuussa 2015 ensimmäinen Suomessa käyttöön otettu Salvagninin P4lean taivutusautomaatti.

Taustalla pitkä kokemus

Nykyisen Mikemetin taustalla on Kokkosen parinkymmen vuoden kokemus Enston Mikkelin tehtaan palveluksessa. Sieltä hän siirtyi sikäläiseen kuntoutuspalveluja tarjo-

avaan työkeskukseen, missä tämä toiminta tuli tutuksi. Kovan tekniikan rinnalla oli perehdyttävä pehmeämpiin asioihin. Nykyinen Mikemet syntyi liiketoimintakaupalla vuoden 2011 lopulla. Lähes viisikymmentä henkilöä työllistävän mikkeliiläisen perheyriksen liikevaihto on 4,5 miljoonaa euroa.

Yritys suorittaa levyteknisten töiden ohella elektroniikka- ja sähköalan komponenttien kokoonpanoa sekä muita osakokoonpanotöitä. Kuntoutuspalvelujen ymppäminen tekniikan rinnalle on Suomessa uutta ja Kokkonen sanoo olevansa sen eräänlainen ladunaukaisija. Toimintatavan etu on yrityksen kilpailukykyä tukeva kevyt kustannusrakenne ja mahdollisuus käyttää joustavasti palkkatuettua työvoimaa.

Leania, kanbania ja modulointia soveltava Ensto on Mikemetin tärkeä asiakas, jonka kanssa toimintatapoja kehitetään yhdessä esimerkiksi toimittamalla tavaroita suoraan hyllyihin. Mikemet on omaksunut nämä tekniikat ja siellä tartutaan kaikkiin tulevaisuuden haasteisiin. Yrityksen kasvava tuotealue on asuntojen ilmanvaihtotekniikan rakenteet. Yrityksen laitekanta koostuu ohutlevytekniikan koneista, joiden tueksi tarvitaan hitsauslaitteistoja.

Modernia tekniikkaa

Italialainen Salvagnini etsii asiakkaita myös perinteisen taivutusautomaattien käyttäjäkunnan ulkopuolelta kehittämällä uusia konerakenteita. Viime syksyn Euro-Blechissä lanseeratun P2lean mallin rinnalle on tullut uusi P4lean-taivutusautomaatti, jonka ensimmäinen suomalainen käyttäjä Mikemet on.

Salvagninin aiempiin stand-alone -malleihin verrattuna uusia ominaisuuksia koneessa ovat materiaaliominaisuuksien vaihtelua taivutuksen aikana kompensoiva MAC2.0-tekniikka sekä CLA SIM-laite teräskomposition automaattisäätöön. Nämä laajennukset lisäävät tuotannon joustavuutta ja monipuolistavat koneen käyttömahdollisuuksia sekä mahdollistavat toisistaan poikkeavien, muodoiltaan vaativien kappaleiden käsittelyn samassa taivutussyklissä.

Koneen taivutusyksikössäkkin on uusia piirteitä. Esimerkiksi levyn painintyökalujen kiinnitysjärjestelmä on pneumaattinen, minkä myötä riski öljyvalumista levyn pinnalle poistuu. Käsiteltävät materiaali vahvuudet ovat teräksellä 3,2 mm, ruostumattomalla teräksellä 2,5 mm ja alumiinilla 4 mm saakka. Esimerkki käyttäjää hyödyttävistä uu-



KUVA 1. Esimerkkejä Mikemetin kokoonpanotuotteista on älykäs käsineautomaatti, joka huolehtii työkalujen jakelusta. Tunnistuksen perusteella saa oikean kokoiset ja omat käsineesi. Kuvassa myös näkyvä automaatin sisälle.



KUVA 2. Älykäs tallelokero, jossa luukut aukeavat valtuutuksien mukaisesti. Voi jättää vaikkapa porakoneen säilöön ja jos se on lainassa, tiedetään kenellä se on.

sista ominaisuuksista on yhteistyössä kääntö- ja syöttömanipulaattorin kanssa toimiva DPM -tartuntalaite, jota käyttämällä voidaan taivuttaa entistä pienempiä ja kapeampia kappaleita.

Muutkin koneet ominaisuudet, kuten automaattinen levynkeskitys ja käsittely, levynvahvuuden ja materiaalin jäykkyyden mukainen takaisinjoustop automaattinen kompensointi mahdollistavat osaltaan optimaaliset taivutusluokset heti ensimmäisestä työkappaleesta lähtien.

P4leanin kehitystyössä on kiinnitetty runsaasti huomiota energiataloudellisuuteen. Uusien moottori- ja rakenneratkaisujen myötä koneen energiankulutus on markkinoiden alhaisimpia. Dynaamisen voiman lähteenä pääsylinterissä on vain noin 20 litran vetoinen suljettu ja servoventtiiliohjattu hydraulijärjestelmä.

Lävistetyt ja leikatut levyaihiot taivutusautomaatille valmistuvat yritykseen jo aiemmin hankitulla, Finn-Powerin kulmaleikkurilla varustetulla Shear Geniuksella.

Toimitusjohtaja Kokkonen päätyi konehankintaan jopa yksittäiskappaleiden valmistamiseen soveltuvan, nopean asetustenvaihdon takia. Lisänä on käyttäjän matalaan osaamistasoon soveltuva viivakoodiohjauksen käytön mahdollisuus. Automaatin työajat ovat sille soveltuvissa töissä huo-

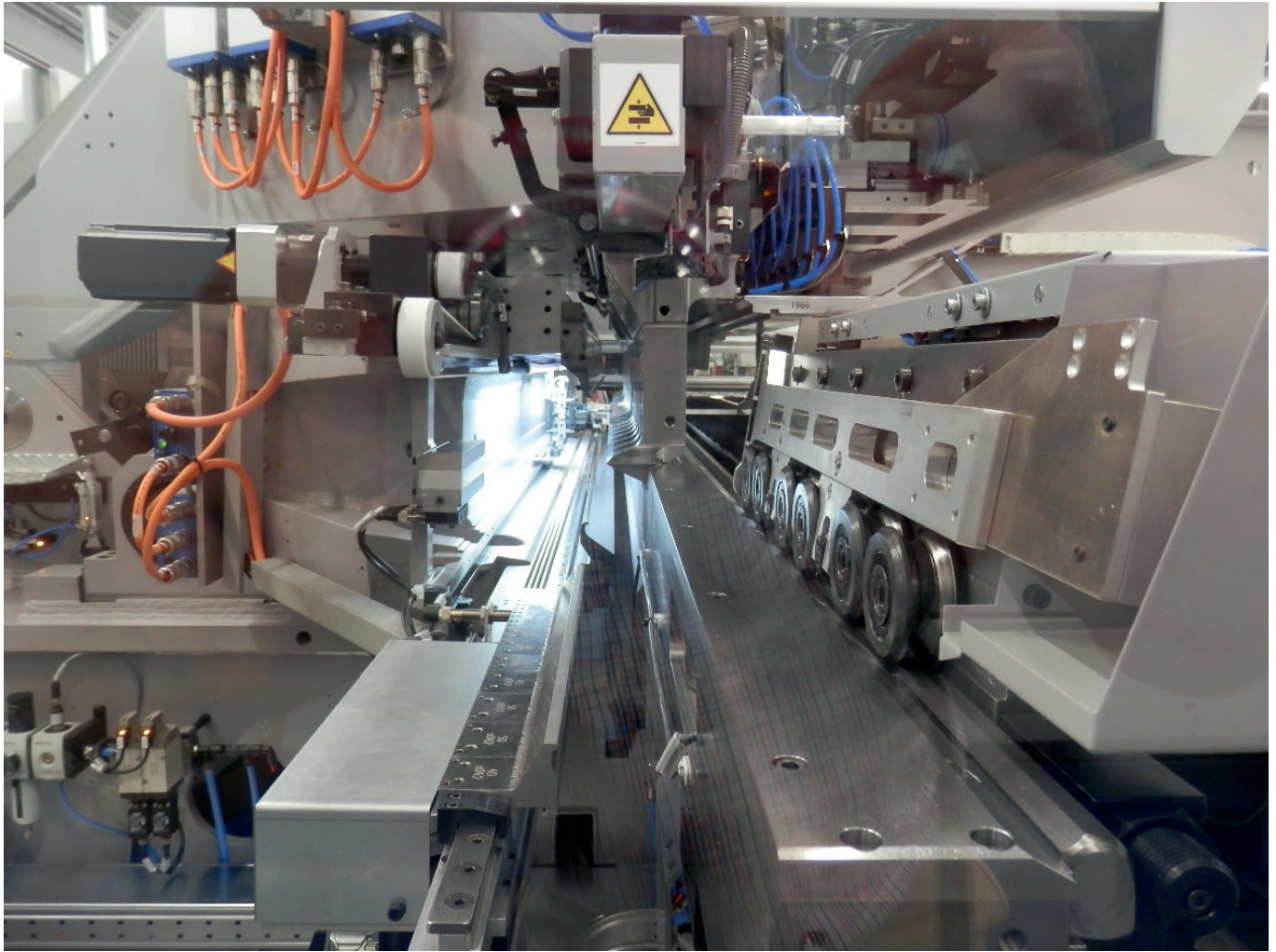
mattavasti särmäyspuristinta lyhempiä, esimerkiksi 4 minuuttia lyhenee 45 sekuntiin. Särmäyspuristimen asetusajat ovat myös huomattavasti pitemmät. Automaatissa kerran tehty ohjelma vain luetaan viivakoodilla.

Ammatillisen kuntoutuksen palveluita

Mikemet tuottaa eläkevakuutusyhtiöille ja Vakuutuskeskus ry:lle ammatillisen kuntoutuksen palveluita tavoitteena löytää sekä asiakkaalle että vaikkapa terveydellisten rajoitteiden kohtaamalle tai liikennetapaturman kärsineelle henkilölle työhönpaluusuunnitelma takaisin työelämään. Keinoja tähän ovat esimerkiksi työkokeilu, työhönvalmennus, oppisopimus ja uudelleen koulutus.

Henkilöstö- ja palvelupäällikkö Jenni Rytönen kertoo Mikemetin työllistävän vaikeassa työmarkkina-asemassa olevia henkilöitä. Kuntoutustoiminta valmentaa asiakkaita avoimille työmarkkinoille, mitä tukee oikean tuotannollisen työn kytkeminen kuntoutusprosessiin. Työkykyarvioinnin ja kuntoutuksen avainkysymys on oikeaan aikaan tapahtuva ja oikean tasoinen työ.

Työhönvalmennus on Kansaneläkelaitoksen mielenterveyskuntoutujille suunniteltua ammatillista kuntoutusta ja



KUVA 3. Näkymä taivutusautomaatin työkaluista.

työhön valmennusta tavoitteena parantaa henkilön suoriutumisedellytyksiä tukemalla häntä työ- ja ansiokyvyn saavuttamisessa.

TE-hallinnon työkokeilussa perehdytään työelämään tavoitteena parantaa työelämään siirtymisen mahdollisuuksia ja vahvistaa ammatillista osaamista. Työkokeilussa kokeillaan uudenlaisia työtehtäviä ja valmentaudutaan käytännön työelämään. Käytännön työtehtävät kokeilussa suoritetaan Mikemetin eri osastoilla. Kokeiluun sisältyy työelämän pelisääntöihin tutustumista, työelämätaitojen arviointia, sekä kuntoutusohjaajan haastatteluja.

Yritys on ollut yhteistyössä Sosiaali- ja terveysministeriön kanssa mukana kehittämässä suomalaista Työpankimallia. Se on joustava sekä riskitön ratkaisu yritysten tila-

päisiin henkilöstötarpeisiin. Henkilöstöä sekä vuokrataan asiakasyrityksiin että rekrytoidaan niiden tarpeisiin.

Menestystä kasvupolulla

Etelä-Savon Kasvupolku on osa valtakunnallista Kasvu Open -kilpailua. Polku ei ole vain suunnitelmien ja tavoitteiden vertailua, vaan ohjelma sisältää valmennusta ja keskinäistä sparrausta. Mikemet Oy on Etelä-Savon Kasvupolun tämän vuoden voittaja tähtäimessään 25 prosentin kasvu vuoteen 2018 mennessä. Yhtiö toteuttaa mittavaa investointiohjelmaa. Henkilöstö ja myös asiakkaat ovat mukana yrityksen kehitystyössä.

YKSINKERTAINEN TAPA SÄÄSTÄÄ RAHAA!

Teknoexpertit toimittaa alan tarvikkeet edullisesti ja joustavasti.

Ota yhteyttä monipuoliseen pistehitsaustarviketoimittajaan, kun olet tekemässä seuraavaa tilausta!

TOIMITAMME mm:

- kärjet
- kärjenpitimet
- varret
- tangot
- latat
- kiekot
- lamellipakat



Teknoexpertit Oy

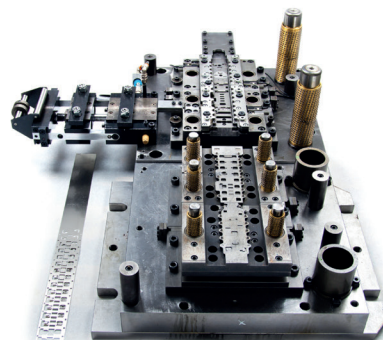


Joko teitä palvellaan?

Puh. 0207 597 999 Fax (02) 243 6004
www.teknoexpertit.fi

CNC-TEKNIikka

PROGRESSIVE STAMPING EXCELLENCE



Tuotekehitystuki
Työkaluvalmistus
Komponenttivalmistus
Kokoonpanoautomaatio

CNC-TEKNIikka OY
Rursorintie 16
65380 Vaasa

Miika Kosunen
Tel. + 358 (0)2 075 799 52
www.cnctekniikka.fi

Koneenpiirustuksen tärkeimmät SFS-käsikirjat

Toleranssit ja pinnankarheus SFS-käsikirja 20

Osa 1: Opastusta GPS-standardien käyttöön
1. painos, 2012. A5-koko. 153 sivua. Hinta 85 €

Osa 2: Perusteet, mittatoleranssit ja yleistoleranssit
2. painos, 2015. A4-koko. 461 sivua. Hinta 330 €

Osa 3: Geometriset toleranssit
2. painos, 2015. A4-koko. 522 sivua. Hinta 242 €

Osa 4: Pinnankarheus, työtapaohittaiset toleranssit ja kierteiden toleranssit
1. painos, 2015. A4-koko. 569 sivua. Hinta 326 €

Tekniset tuoteasiakirjat SFS-käsikirja 22

Osa 1: Yleiset esittämisperiaatteet
2. painos, 2015. A4-koko. 404 sivua. Hinta 422 €

Osa 2: Koneenpiirustus
2. painos, 2015. A4-koko. 321 sivua. Hinta 320 €

Osa 3: Kaaviot
2. painos, 2015. A4-koko. 390 sivua. Hinta 207 €

Hintoihin lisätään alv 10 % ja toimituskulut hinnastomme mukaisesti.

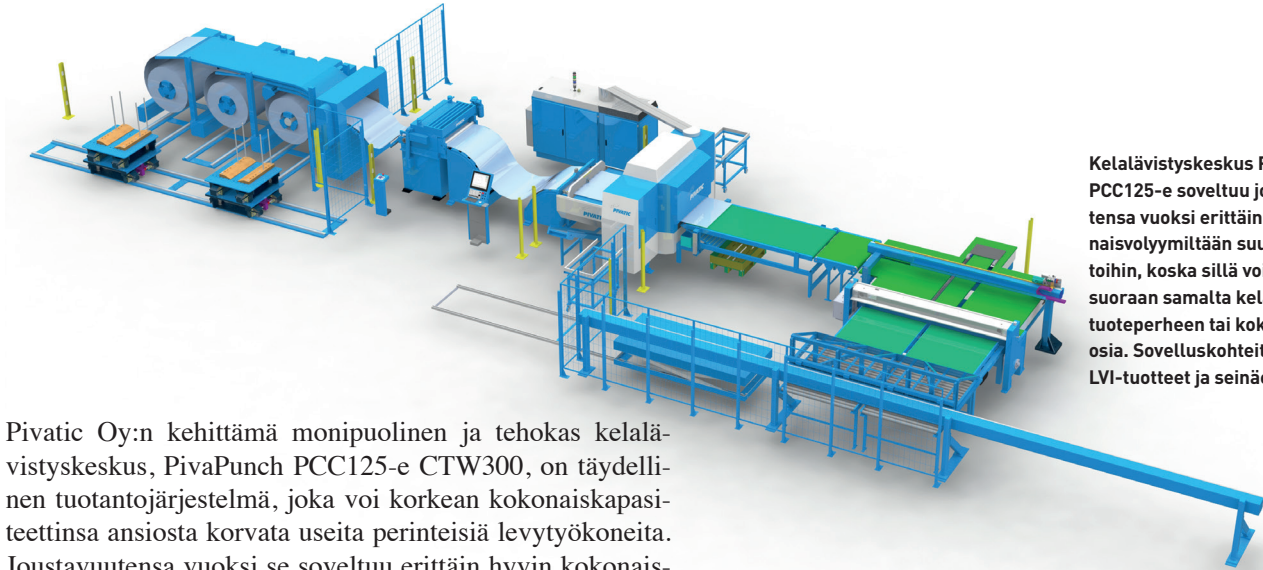


Suomen Standardisoimisliitto **SFS** ry
Malminkatu 34, PL 130, 00101 Helsinki
Puh. 09 1499 3353, www.sfs.fi, sales@sfs.fi

PivaPunch tuotantojärjestelmä

– monta konetta yhdessä keskuksessa

PivaPunch lävistys- ja paloittelukeskuksella valmistetaan suoraan kelalta pituus- ja leveysleikkauja arkkeja sekä lävistettyjä tuotteita. Tuotteet valmistetaan ERP-järjestelmän mukaisina tilauksina.



Kelälävistyskeskus PivaPunch PCC125-e soveltuu joustavuutensa vuoksi erittäin hyvin kokonaisvolyymiltään suuriin tuotantoihin, koska sillä voi valmistaa suoraan samalta kelalta kaikkia tuoteperheen tai kokoonpanon osia. Sovelluskohteita ovat mm. LVI-tuotteet ja seinäelementit

Pivatic Oy:n kehittämä monipuolinen ja tehokas kelälävistyskeskus, PivaPunch PCC125-e CTW300, on täydellinen tuotantojärjestelmä, joka voi korkean kokonaiskapasiteettinsa ansiosta korvata useita perinteisiä levytyökoneita. Joustavuutensa vuoksi se soveltuu erittäin hyvin kokonaisvolyymiltään suuriin tuotantoihin, koska sillä voi valmistaa suoraan samalta kelalta kaikkia tuoteperheen tai kokoonpanon osia.

Tuotannon virtaviivaistumisen lisäksi välivarastoinnin tarve vähenee. Säästöä syntyy myös työvoimakustannuksissa, koska tuotantojärjestelmä mahdollistaa miehittämättömän ajon.

Tehokkuutta tuotantoon lisää se, että käytettävissä on aina useita eri materiaalia olevia keloja. Näin asetusajat lyhenevät, koska lävistyskeskuksen toiminta keskeytyy nauhan vaihdon takia vain muutamaksi minuutiksi.

Myöskään työkalujen vaihtoon ei tuhlaudu aikaa, sillä lävistyskeskuksessa on yli 50 työkalupaikkaa ja osien CNC-lävistäminen tapahtuu ilman työkalujen vaihtoa.

Keskuksen kiinteät ja indeksoivat työkalut mahdollistavat lävistysten, nakerruksen muovauksen sekä kierteityksen eli kappaleiden valmiiksi saakka tekemisen ilman työkalujen vaihtoja tai kappaleiden siirtoja.

PivaPunchin kappaleajat ovat oleellisesti lyhyempiä kuin levytyökeskusten, koska lävistys ja katkaisu tapahtuu keskeytyksettä ilman työkalujen vaihtoa nauhan liikkussa suoraan eteenpäin.

Kappaleita lävistetään kahdella työkalulla samaan aikaan eli kappaleita ei lävistetä ”ympäri”. Lisäksi erityisten puristintyökalujen käyttö lisäpuristimessa lyhentää kappaleaika ja entisestään. Se myös täydentää lävistys- ja muovausominaisuuksia.

Tuotantojärjestelmässä on mahdollista sijoittaa samalle nauhalle useita kappaleita vierekkäin, mikä maksimoi materiaalin käytön ja minimoi jätteen. Kappaleiden katkaisu oikeaan pituuteen tehdään leikkurilla, joka takaa hyvän reunan laadun.

Kappaleiden erottaminen toisistaan tapahtuu joko lävistyskeskuksessa työkaluilla tai erillisessä asemassa CNC-

- Kelälävistys- ja paloittelukeskus Punching & Cutting Center PCC125-e CTW300:
- Kelälävistys PivaPunch PCC125-e, servolävistys, 300 kN materiaali-paksuudelle 0,5-2,0 mm ja kelaleveys 60 -1250 mm
- CTW300 paloittelukeskus tuotepituus 200- 3000 mm ja tuoteleveysleikkaus min. 50 mm, kavennus min. 5 mm lävistystyökaluja 2 x 18 kpl = 36 kpl, AutoIndex
- Tuotteet valmistetaan suoraan kelalta, lävistetään ja paloitellaan leikkureilla pituuteen ja leveyteen tilausohjautuvasti.
- Lävistys- ja paloittelukeskus on täysin automatisoitu ja vapaasti ohjelmoitavissa.
- Lisävarustuksena mm. kelavarastojärjestelmä, AutoIndex, ja pinonta- ja panostuslaite.

Piva CSS Coil Storage System kelavarastojärjestelmä

Pivaticin panostus tuotekehitykseen ja innovatiivinen toiminta yhdessä asiakkaiden kanssa on tuonut markkinoille uuden kelälävistysratkaisun, jossa on puoliautomaattinen kelavarastojärjestelmä kolmella varastopaikalla. Puoliautomaattinen kelanvaihto-ominaisuus mahdollistaa siirrot kelavarastoon kelavaunuilla ilman tuotanto-seisokkeja. Ensimmäiselle kelavaunulle voidaan tarvittaessa ottaa puoliksi ajettu kela, ja toisella kelavaunulla on valmiina kela siirrettäväksi kelavarastoon. Kelavarastossa olevat kelojen päät on valmiina syöttölaitteen edessä. Sen ansiosta kelan vaihto tapahtuu erittäin nopeasti.

syöttölaitteen paikoittaessa arkin leikkuriin halkaisemista varten. Tämä mahdollistaa eri levyisten kappaleiden valmistamisen samalta kelalta ohjelmoidusti. Leikkuria käytettäessä myös sivujen laatu on moitteeton. Lävistetyt arkit voidaan pinota lavoille tai syöttää suoraan taivutuskeskukseen.

Lisävarustuksena tuotantojärjestelmään on saatavissa mm. kelavarastojärjestelmä, AutoIndex, ja pinonta- ja ponnustuslaite.

LISÄTIETOJA:

Tehtaanjohtaja
Matti Lukkari
puh. 0400-312951
matti.lukkari@pivatic.com

Myyntipäällikkö
Jukka Heimonen
puh. 040-7010096
jukka.heimonen@pivatic.com
www.pivatic.com

CM Tools Oy

Automaatio - Muotit - Työvälineet - Koneistukset

CM Tools Oy automatisoi tuotannon, tekee ruiskuvalumuotit, ohutlevytyökalut sekä koneistuspalvelut yli 50 vuoden kokemuksella

Palveluja tehokkaaseen teollisuustuotantoon

Automaatoratkaisut

Tarjoamme asiakkaillemme erityisautomaatiota jossa painopiste on suunnittelussa ja valmistuksessa.

Muotit

Suunnittelemme, valmistamme ja koepuristamme muotit muovi- ja metalliteollisuuden osavalmistukseen.

Työvälineiden suunnittelu ja valmistus

Suunnittelemme ja valmistamme ohutlevytyövälineitä muovi- ja metalliteollisuuden osavalmistukseen.

Koneistukset ja alihankinta

Tarjoamme monipuolisia koneistuksia sekä hiontatöitä teollisuuden eri aloille.

Porvoo

Raudoittajantie 5 E
06450 Porvoo

Vaasa

Muottitie 1A
65320 Vaasa

CM Tools Oy
www.cmtools.fi

Puh: 020 7434 656

Fax: 020 7434 657

Email: cmtools@cmtools.fi

**Olemme mukana
Alihankintamessuilla
15.-17.9.2015
Osastolla A427**



FastMig X

Valmistaudu kohtaamaan elämäsi parhaat hitsit

FastMig X sopii kaikille metalleille ja hallitsee kaikki menetelmät. Nyt voit kopioida asetuksia sekä monitoroida, hallita ja säätää parametrejä ja asetuksia mobiilisti sillä Intelligent-paketissa on vakiona ARC Mobile control.

TEKNOLOGIA'15
Messukeskus Helsinki 6.-8.10.2015

Tervetuloa osastollemme **7a29**



Kemppi löydät myös sosiaalisesta mediasta:



www.kemppi.com

KEMPPI

Painomuovaustekniikka tuo ison säästön työkalukuluihin – Relicomp Oy

Painomuovaustekniikkaa käyttämällä ei tarvitse ostaa sikaa säkissä, vaan protot voidaan mallintaa ennen kalliiden työkalujen hankkimista. Esimerkiksi Ponsen työkaluhankinnoissa puhutaan jopa miljoonaluokan investoinnista, mutta menetelmästä hyötyvät myös pienemmät yritykset. Japanissa kehitettyä numeerista painomuovaustekniikkaa tarjoaa ainoana Pohjoismaissa Relicomp Oy.

Muotoilu mielletään helposti kalliiksi ja kuvitellaan, että se vie paljon aikaa. Suomalaisen Relicomp Oy:n käyttämän painomuovaustekniikan avulla yksittäisenkin tuotteen saa testattua nopeasti ja kustannustehokkaasti. Painomuovaamalla tehdään eniten protoja, mutta myös kokonaisia sarjoja, jos osa on iso tai kokonaismäärä ei ole kovin suuri tuotteen elinkaaren aikana. Tällaisia voivat olla esimerkiksi kallioporalaitteiden konepeitot.

– Jo iterointivaiheessa voidaan tehdä useita malleja ja vasta sitten asiakas tekee työkaluhankinnan. Muottikuluja ei tule ollenkaan. Aiemmin on jouduttu katsomaan muodot pelkästään tietokoneen ruudulta ja tekemään ostopäätös vaikkapa 100 000 euron prässityökalusta kuvan perusteel-

la, toimitusjohtaja **Marko Jyllilä** Relicomp Oy:stä sanoo.

Painomuovaus on pohjoismaisestikin vielä uutta tekniikkaa. Plootu Fennicalla palkittu menetelmä on ollut Relicompilla käytössä vuodesta 2005 lähtien ja se on avannut yhtiölle aivan uudet markkinat. Jo noin kolmannes 15 miljoonan euron liikevaihdosta tulee muotoilusta.

– Muotiton Amino-painomuovausmenetelmä löytyi Japanista Aalto-yliopiston ja Tekesin yhteishankkeen kautta – appiukko eli yrityksen perustaja toi sen tullessaan. Muotoilua käytetään osien jäykistämiseen, mikä vähentää hitsaus- tarvetta ja osat pysyvät pidempään hyväkuntoisina, Jyllilä kertoo.



Ponsse arvostaa suomalaisia osatoimittajia

Pörssiyhtiö Ponsse Oyj käynnisti koko mallistonsa uudistamisen vuoden 2011 syksyllä päästödirektiivimuutosten myötä. Viimeisetkin uuden malliston kone-mallit tulevat sarjatuotantoon tämän vuoden lopussa. Kaikki koneen ulkopuoliset muoto-osat, kuten konepeitot, puskurikotelot, valokotelot ja ohjaamon sivulaatikot on suunniteltu pitkäaikaisen kumppanin Relicompin ollessa tuotekehitysprosessissa tiiviisti mukana. Samoin syvävetekniikalla saatavia etuja kuten parempaa mittatarkkuutta ja jäykempiä rakenteita haluttiin hyödyntää mahdollisimman paljon.

– Tosi tärkeää lopullisen kumppanin valinnassa oli mahdollisuus tuottaa erilaisia prototyyppejä versioita ennen työkaluvaihtoja. Painomuovaustekniikka säästi lopullisten työkalujen muokkauksilta ja toi joustoa projektiin, kun pystyttiin testaamaan ja hakemaan muotoja ensin. Jos olisimme heti alkuun hankkineet lopulliset työkalut, samalla olisi tullut lukittua monta muutakin vaihetta kehitysprosessissa, hankintatoimen kehityspäällikkö **Tiina Haapalainen** Ponsse Oyj:stä sanoo.

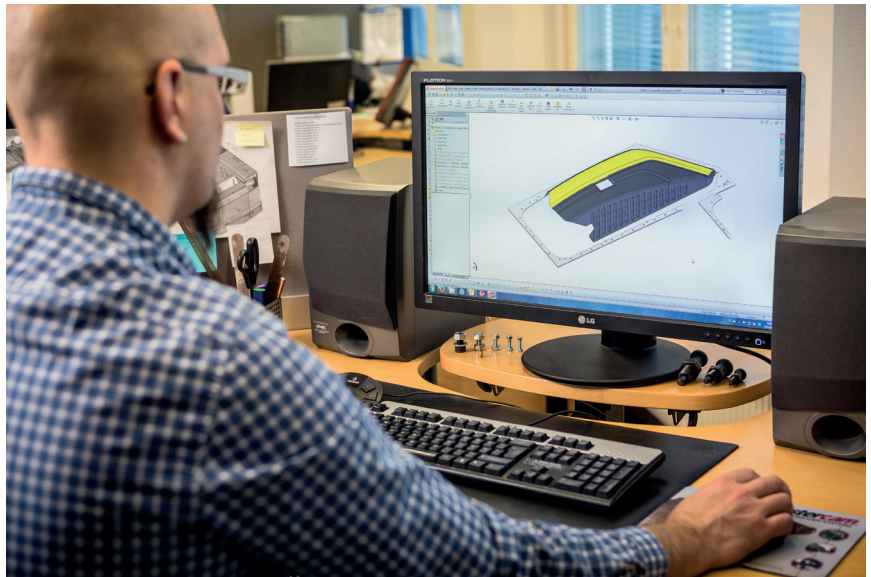
Ponssin ja Relicompin yhteistyö alkoi jo vuonna 1999, kun Ponsse lanseerasi 2000-mallistonsa.

– Tärkeimpien kumppaneiden kanssa haluamme päästä pitkäaikaiseen sopimukseen, koska työkaluhankinnoissa on aina kyse isoista investoinneista. Alihankkija on aina oman teknologiansa paras asiantuntija ja haluamme luottaa siihen, että tiivistä tuotekehitysyhteistyötä tekemällä saamme valmistettua tuotteet optimaalisesti ja kustannustehokkaasti. Yhteistyötämme Relicompin kanssa helpottaa sekin, että työkaluvalmistaja löytyy läheltä ja osapuolet tuntevat toisensa sekä ymmärtävät oman roolinsa tärkeyden, Haapalainen kertoo.

Valmistus omissa käsissä

Ihan helppoa pörssiyrityksen alihankkijana ei kuitenkaan ole. Kilpailun kiristyessä ja työ kustannusten noustessa alihankkijoiden on pystyttävä kehittämään toimintaansa ja prosessejaan.

– Meillä on oikeus käyttää avainlippumerkkiä tuotteissamme ja haluamme olla tukemassa suomalaisen kilpailukyvyä säilymistä. Se tarkoittaa sitä, että alihankkijan on oltava valmis investoimaan ja panostettava tuotekehitykseen. Sellaisia toimijoita ei niin hirveästi Suomessa ole. Meillä on kuitenkin tahtotila hankkia komponentteja kotuullisen läheltä. Jos hankkisimme vastaavia tuotteita esimerkiksi Aasiasta, läpimenoajat pitenisivät, Haapalainen perustelee.

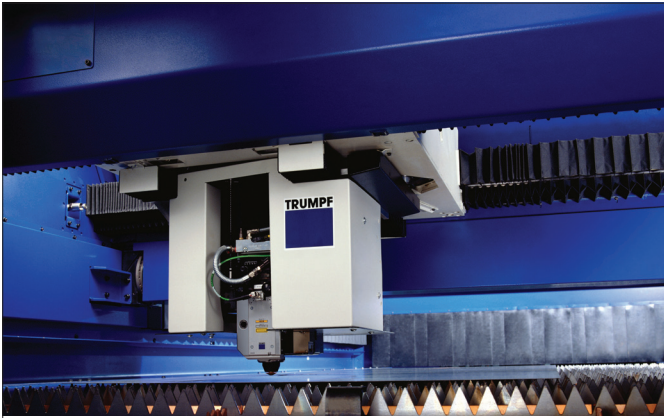


Hänen mukaansa Relicompin vahvuutena on se, että valmistusketju on lyhyt ja ohutlevyyn liittyvä valmistus on pitkälti omissa käsissä. Näin tuotemuutokset saadaan nopeasti läpi, mikä näkyy myös loppuasiakkaalle nopeina toimitusajoina.

– Meillä on nähty hyvänä asiana se, että toiminta on jatkunut Relicompilla perheyhtiönä. Tiina ja Marko Jyllilä on helposti lähestyttävä, reipas ja osaava yrittäjäpari. Heidän kanssaan on tosi helppo tehdä yhteistyötä. Arvostamme erityisesti sitä, että kun olemme itse avoimia, niin siellä toisessa suunnassa on samanhenkistä porukkaa, Tiina Haapalainen kehuu.

Yhteistyön avoimuutta kiittelee myös Relicompin yrittäjä, talousjohtaja **Tiina Jyllilä**.

– Sitoutumisen taso on Ponssella aivan toisenlaista kuin kenenkään muun asiakkaan kanssa. He huolehtivat toimittajaverkostostaan koko ajan. Esimerkiksi Ponssin toimittajapäivillä meiltä käy tiimejä tuotannosta asti. Ihmiset voivat olla ylpeitä tekemisestään, kun näkevät, miten heidän työnsä näkyy lopputuotteessa. Sekin pakottaa miettimään jatkuvaa parantamista ja kehittämistä, kun he kertovat avoimesti koko ajan kehityksestään. Se on mielestämme rento tapa toimia, Tiina Jyllilä sanoo.



Alihankintaa teollisuudelle - tarkasti

Laserleikkaus
Teräs 0.5-20mm
RST/HST 0.5-15mm
Alumiini 0.5-8mm

Levytyökeskustyöt
Särmäys
MIG-hitsaus
Kokoonpanotyöt



AIMO VIRTANEN OY

Nuolikatku 3, 20760 Piispanristi • Puhelin 02 2421 666
www.aimovirtanen.fi



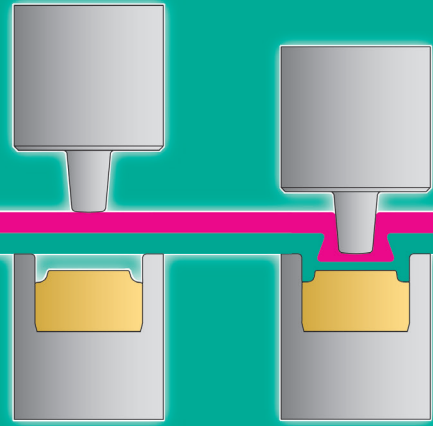
KORKEALUOKKAISET KOTIMAISET OHUTLEVYKONEET



KASSETTIKONEET
HASPELIT
RULLAPUKIT
KANTTIKONEET
OHUTLEVYLINJAT
KELATELINEET
HIRVITORNIT

LSK-Machine Oy
Pyhällöntie 6, 21430 Yliskulma
puh 02 48 99 700 fax 02 48 99 710
e-mail: lsk@lsk-machine.fi
www: lsk-machine.fi

TOX® PRESSOTECHNIK



TOX®-NIITTAUS ILMAN NIITTIÄ

TOX®-PYÖREÄ PISTE
Metallilevyjen liittämisen tekniikka

- soveltuu myös eri aineille ja paksuuksille samassa liittoksessä
- valmis liitos yhdellä työiskulla
- korvaa pistehitsauksen, ruuvauksen, niittauksen
- TOX®-käsikoneet-, puristimet-, robotti-, automatiikka

**TERVETULOA TEKNOLOGIA 15
MESSUILLE 6 - 8.10.2015
OSASTOLLEMME 6H138**

TOX® PRESSOTECHNIK OY
Notkotie 36 F 21
00700 Helsinki
puh. 050-5110203
ari.rauhala@elisinet.fi

www.tox-de.com

Mikrorakenteen vaikutus ultralujien terästen särmättävyyteen

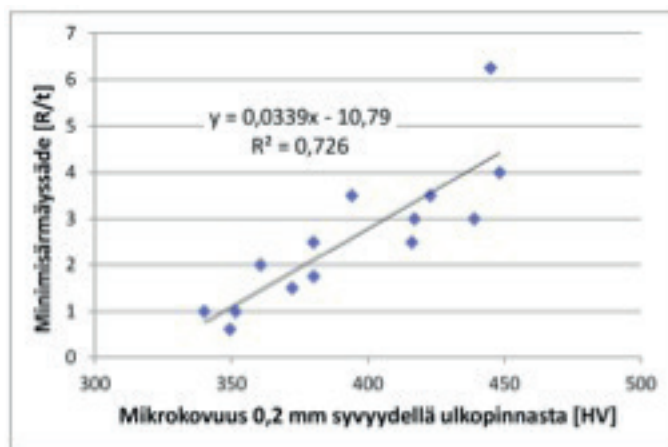
■ MIA LIIMATAINEN*, VILI KESTI**

* UNIVERSITY OF OULU, CENTRE FOR ADVANCED STEELS RESEARCH, P.O. BOX 4200, 90014 OULU, FINLAND

** SSAB EUROPE, P.O. BOX 93, 92101 RAAHE, FINLAND



KUVA 1. Esimerkkejä ultralujien terästen käyttökohteista kuljetus- ja nostovälineissä.



KUVA 2. Ulkopinnan kovuuden 0,2 mm syvyydellä ulkopinnasta ja minimisärmäyssäteen välinen korrelaatio.

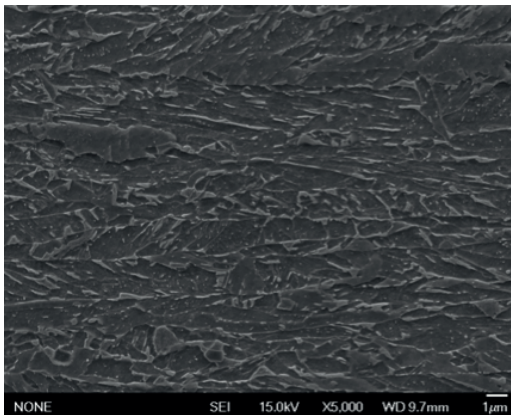
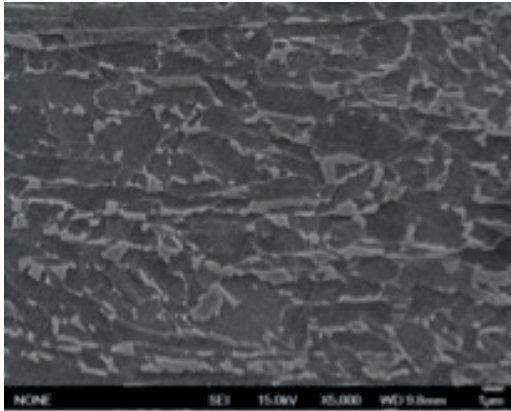
Johdanto

Mielenkiinto ultralujien terästen hyödyntämiseen eri teollisuuden aloilla, kuten kuljetus- ja nostoteollisuudessa, on viime vuosien aikana kasvanut. Tämä johtuu mahdollisuudesta suunnitella kevyempiä rakenteita ilman, että suorituskyvyssä tarvitsee tehdä myönnytyksiä. Kevyempiä rakenteita käyttämällä saavutetaan esimerkiksi kuljetusteollisuudessa pienempi polttoaineenkulutus sekä suuremmat hyötykuormat. Jotta teräksiä voidaan hyödyntää, niiden konepajainaisuuksien kuten särmättävyyden ja hitsattavuuden on oltava riittävän hyvällä tasolla. Ultralujien terästen käyttöä on kuitenkin tyypillisesti rajoittanut niiden rajalliset muovattavuusominaisuudet. Särmättävyyteen vaikuttavia tekijöitä on laajasti tutkittu, mutta perusteellinen ymmärrys mikrorakenteen vaikutuksesta ultralujien terästen särmättävyyteen puuttuu. Mia Liimataisen diplomityö tehtiin SSAB:n Raahan tehtaan tuotekehitysosastolla ja työn tavoitteena oli tutkia mikrorakenteellisten tekijöiden vaikutuksia ultralujien terästen särmättävyyteen.

Ultralujat teräkset ja niiden särmäys

Yli 700 MPa:n myötölujuuden teräksiä kutsutaan tyypillisesti ultralujiksi ja niitä voidaan valmistaa eri menetelmillä, kuten kylmä- tai kuumavalssaamalla. Niitä käytetään kohteissa, joissa vaaditaan rakenteellisesti suura lujuutta, kulumiskestävyyttä tai ballistista suojauskykyä.

Särmäys on yksi yleisimmistä konepajaprosesseista ja siinä materiaaliin aiheutetaan pysyvä muodonmuutos kolmi-pistetäivutuksella. Särmäyksessä materiaali ei muokkautu homogeenisesti, vaan ulkopintaan kohdistuu vetojännitys ja sisäpintaan puristusjännitys. Suurimmat muodonmuutokset tapahtuvat materiaalin pinnoilla. Vaurio syntyy tyypillisesti venyvään ulkopintaan joko muodonmuutoksen paikallistumisen (liuku/leikkausnauhojen) tai mikro-onkaloiden muodostumisen kautta. Täten, ulkopinnan muodonmuutuskvyyllä on merkittävä vaikutus särmättävyyteen, jota kuvataan minimisärmäyssäteen ja levyn paksuuden suhteella (R_{min}/t). Mitä pienempi käytettävä särmäyssäde on, sitä suuremmaksi muodostuvat paikalliset muodonmuutokset.



KUVA 3. Erittäin hyvin (vas.) ja huonosti (oik.) särmäytyvän ultralujan teräksen mikrorakenne 0,2 mm syvyydellä ulkopinnasta.

Ultralujien terästen särmättävyyteen vaikuttavat tekijät

Diplomityössä havaittiin, että myötymän paikallistuminen johtaa vaurioon ultralujien terästen särmäyksessä ja leikkausnauhat muodostuvat 0,1-0,5 mm syvyydelle (1,25-6,25 % ainepaksuudesta) yläpinnasta maksimileikkausjännitysten suuntaisesti. Tästä johtuen voidaan todeta, että kyseisen syvyyden mikrorakenne vaikuttaa merkittävimmin särmättävyyteen. Työssä havaittiin, että pinnan mikrokovuus korreloi erittäin vahvasti särmättävyyden kanssa. Mitä pienempi pinnan kovuus on, sitä paremmin teräs on särmättävissä. Kuvassa 2 on esitetty minimisärmäyssäteen ja mikrokovuuden 0,2 mm syvyydellä välinen korrelaatio.

Kuvasta 2 havaitaan, että yli 900 MPa:n teräksillä pinnan mikrokovuuden tulee olla edellä mainitulla syvyydellä alle 380 Vickersiä, jotta saavutetaan minimisärmäyssäde 2,5t. Pehmeä pinta johtaa suotuisiin materiaaliominaisuuksiin, kuten hyvään muokkauslujittumiskykyyn ja pieneen dislokaatiitiheyteen. Esimerkiksi muokkauslujittumiskyky vaikuttaa materiaaliin kykyyn jakaa muodonmuutosta viereisille alueille ja täten kykyyn estää muodonmuutoksen paikallistumista ja vaurioiden syntymistä. Kun tarkoituksena on valmistaa ultraluja teräs, pitää mikrokovuuden olla muualla materiaalissa suurempi kuin pinnassa, jotta lujuusvaatimukset täyttyvät. Kuvassa 3 on esitetty erittäin hyvin ja huonosti särmäytyvien ultralujien terästen mikrorakennetta 0,2mm syvyydellä pinnasta.

Kuvasta 3 havaitaan, että pinnan mikrorakenne, joka koostuu pääosin granulaarisesta bainiitista ja ferriitistä johtaa hyvään särmättävyyteen. Sen sijaan, pinnan mikrorakenne, joka koostuu pääasiassa sälemäisestä bainiitista joh-

taa huonoon särmättävyyteen.

Mikrorakenteen homogeenisuuden merkitystä lujien terästen muovattavuuteen on tutkittu useissa eri kirjallisuuslähteissä. Mikrorakenteen homogeenisuuteen vaikuttavat mm. faasit ja niiden väliset kovuuserot, suotaumat, sulkeumat ja tekstuuri. Diplomityössä havaittiin, että homogeeninen pinnan mikrorakenne johtaa parempaan särmättävyyteen, koska tällöin ei muodostu paikallisia muodonmuutoksen keskittymiä. Epähomogeenisessa mikrorakenteessa rakeet, jotka ovat orientoituneet edullisemmin muodonmuutokseen nähden sekä pehmeämmät faasit ovat alttiina myötymän paikallistumiselle.

Yhteenveto

Diplomityön tutkimuksissa havaittiin, että pehmeä ja homogeeninen pinta parantaa merkittävästi ultralujien terästen särmättävyyttä. Perusteellinen ymmärrys mikrorakenteellisten tekijöiden vaikutuksista särmättävyyteen mahdollistaa entistä paremmin muovattavien lujien terästen kehityksen ja valmistuksen SSAB:n tehtailla. Särmäysominaisuuksien kehittyminen mahdollistaa ultralujien terästen hyödyntämisen entistä haastavammassa asiakassovelluksissa ilman tuotannollisia ongelmia.

LÄHDEKIRJALLISUUTTA

- M. Liimatainen, The effect of microstructure on bendability of ultra-high strength steels, Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto, 2015
- K. Yamazaki, M. Oka, H. Yasuda, Y. Mizuyama, H. Tsuchiya, Recent Advances in Ultrahigh-Strength Sheet Steels for Automotive Structural Use, Nippon Steel Technical Report, No. 64, 1995, pp. 37-44.
- M. Oka, H. Takechi, The effect of metallurgical factors on the formability of steel sheets, Formability and Metallurgical Structure, 1986, pp. 83-99.
- M. Mohrbacher, Microstructural Optimization for Multiphase Steels with Improved Formability and Damage Resistance, NiobelCon, pp. 1-4.
- D. Rèche, T. Sturel, O. Bouaziz, A. Col, A.F. Gourgues-Lorenzon, Damage development in low alloy TRIP-aided steels during air-bending, Materials Science and Engineering: A, Vol. 528, Iss.15, pp. 5241-5250.
- S.K Paul, A Ray, Influence of inclusion characteristics on the formability and toughness properties of a hot-rolled deep-drawing quality steel, Journal of Materials Engineering and Performance, Vol. 6, Iss. 1, 1997, pp. 27-34.
- D. Reche, Relations between microstructure and bendability on TRIP-aided steels for automotive products, Engineering Sciences, Paris Institute of Technology, 2014, 205 p.
- A. J. Kajjalainen, P. Suikkanen, L. P. Karjalainen, J. J. Jonas, Effect of Austenite Pancking on the Microstructure, Texture, and Bendability of an Ultrahigh-Strength Strip Steel, Metallurgical and Materials Transactions A, Vol. 45, Iss. 3, 2013, p. 1.
- R. D. K. Misra, K. K. Tenneti, G. C. Weatherly, G. Tither, Microstructure and Texture of Hot-Rolled Cb-Ti and V-Cb Microalloyed Steels with Differences in Formability and Toughness, Metallurgical and Materials Transactions A, Vol. 34, Iss. 10, 2003, p. 2348.

Liimaliitokset tuovat mahdollisuuksia ohutlevysovelluksiin

■ TERO KARTTUNEN, KARI DUFVA MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU (MAMK), ÄLYKKÄÄT MATERIAALI- JA ENERGIARATKAISUT

Vaatumukset keveämmistä rakenteista ja monipuolistuneet materiaalitekniset ratkaisut teollisuuden eri sovelluksissa ovat kasvattaneet rakenteellisten liimaliitosten käyttöä. Samalla liimojen ja pintakäsittelymenetelmien monipuolistuminen on lisännyt liimauksen käyttömahdollisuuksia. Toisaalta liimaliitosten käyttöä eri sovelluksissa voi ehkä turhaan rajoittaa liimaliitoksiin liitettävä epävarmuus. Liimaliitoksen vaurioitussa tulisikin selvittää vaurioitumisen todellinen syy mahdollisimman tarkasti, ennen liitosmenetelmän muuttamista. Onko liimaliitoksen pettäessä siis kyse sopimattomasta liimasta vai jostakin muusta?

Liimaamalla voidaan liittää toisiinsa hyvin erilaisia materiaaleja ja joissakin tapauksissa liimaus voi olla ainoa varteenotettava liitostekninen vaihtoehto liitettävien materiaalien vuoksi. Kun liitos suunnitellaan tarkoituksenmukaisella tavalla, voivat liimaliitoksessa vaikuttavat jännitykset olla taiseemmin ja edullisemmin jakautuneena verrattuna esimerkiksi hitsaus- tai niittiliitokseen.

Liitosgeometrian ja liimattavien materiaalien lisäksi liitok-

sen kuormankantokykyyn vaikuttavat mm. pintojen esikäsitteilymenetelmät, liiman ominaisuudet sekä liimausprosessi. Jos liimattavassa kohteessa on hankalia tai monimutkaisia geometrioita, niin silloin liimauksella voi olla valmistusteknisiä etuja tai muut liitostekniikat eivät saata olla edes mahdollisia.

Lämpökovetteisilla liimoilla, tai haluttaessa kiihdyttää koettumisreaktiota, tarvitaan lämpökäsittelyjä joiden hallinta kokonaistuotteen kannalta voi valmistusteknisesti vaatia erityishuomiota. Esimerkiksi kuvan 1 mukaisen koeakselin materiaalien erilaiset lämpölaajenemiset on otettava liimausprosessissa huomioon käytettäessä lämpökovetteisia liimoja.

Kuvan 1 rasiustilanteessa akselia kuormitetaan painamalla sitä keskilinjalta kunnes akselin kuormankantokyky pettää ja rakenne murtuu. Testissä käytetään kuularuuvikäyttöistä kuormituskehää, joka soveltuu hyvin staattisten kuormitus-tilanteiden simulointiin ja testaukseen.

Suurien pinta-alojen liittämässä liimaus on varsin tehokas liitostapa, kuten esimerkiksi kerros- ja ydinrakenteisissa komposiiteissa, joissa ytimen päälle liitetään ohut pintamateriaali. Kerrosrakenteissa rakenteisiin on mahdollista yhdistellä haluttuja mm. lujuuteen, jäykkyyteen, olosuhdekestoon tai lämpötilakäyttöytymiseen liittyviä ominaisuuksia.

Liimaliitoksiin on mahdollisuus myös integroida ominaisuuksia ilman erillisiä komponentteja. Tällaisia ominaisuuksia voivat esimerkiksi olla lämmön- ja/tai sähkönjohtavuus, värähtelyn- ja melunvaimennus, korroosiosuojaus, tiivistys sekä optiset ominaisuudet. Kierrätettävyyden kannalta lisäarvoa voivat tuoda irrotettavat hotmelt-liimaliitokset.

Tuotteiden esteetiikkaa voidaan usein parantaa huomaamattomin liitoksin ja monimuotoisten geometrioiden avulla, tällöin liimaliitos voi olla huomaamaton tai muuten esteettisesti vaikuttava liitosmenetelmä.

Liittäminen osana tuotantoprosessia

Liimaliitoksen valmistamisessa on tyypillisesti useita työvaiheita. Luotettavan ja ympäröivät olosuhteet kestävän raken-



KUVA 1. Alumiini-hiilikuitu -akseli liimaliitoksin valmistettuna.

teellisen liimaliitoksen valmistaminen on prosessi joka asettaa vaatimuksensa liimaliitoksen koko suunnittelu- ja valmistusprosessin ajalle. Toisaalta suuri teknologioiden ja materiaalien valikoima tuo mahdollisuuksia ja joustavuutta hyvin erilaisiin tuotannon prosesseihin. Esimerkiksi kovettumisajalla on merkitystä tuotannon sujuvuudelle. Kovettumisajat riippuvat liimateknologioista ja ne vaihtelevat sekunneista vuorokausiin. Liimojen sallitut käyttölämpötilat voivat myös rajoittaa niiden käytettävyyttä joissakin korkean tai matalan lämpötilan sovelluksissa. Liimaliitoksen ympäröivät olosuhteet aiheuttavat liimoissa ja rajapinnoissa ikääntymismekanismia, jotka vaikuttavat liimaliitoksen suorituskykyyn ja visuaaliseen ilmeeseen.

Liimausta käytetään suuressa määrin myös hybridiliitoksissa, joissa on tarkoitus yhdistää samanaikaisesti kahden erillisen liitostavan hyviä puolia. Hybridiliitoksissa liimausta käytetään yhdessä pistehitsauksen, erilaisten niittiliitosten ja puristusliitosten kanssa. Hybridiliitoksissa pyritään pienentämään haitallisia repiviä voimakomponentteja ja muodostamaan liitokseen tasainen jännitys jakauma.

Hybridiliitoksia voidaan hyvien jäykkyysominaisuuksien, energia-absorptiokyvyn, väsymislujuuden, huippukuormien keston, värähtelyn- ja äänenvaimennusominaisuuksien vuoksi käyttää rakenteellisesti vaativissa kohteissa. Valmistuksen aikana ei myöskään tarvita ulkopuolisia kiinnityksiä, kuten yleensä liimaliitoksissa. Liima voi toimia liitoksessa myös suojaavana elementtinä (haitalliset nesteet ja kaasut, korrosio).

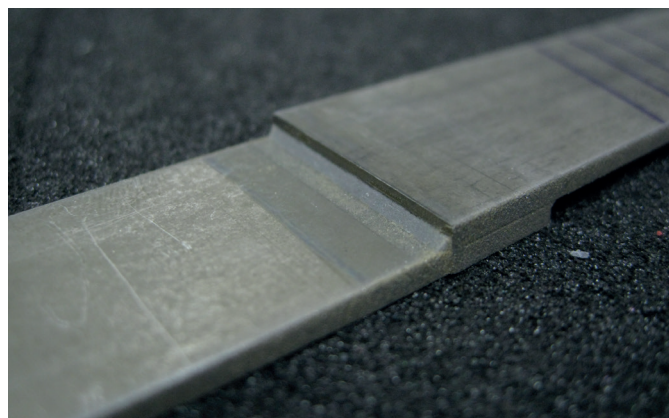
Liimauksen luotettavuusnäkökohtia

Miten saadaan luotettava liimaliitos erilaisiin käyttötarkoituksiin? Liitoksen luotettavuus syntyy oikealla suunnittelulla, sopivilla materiaali-, esikäsitely- ja liimavalinnoilla, hallitulla liimausprosessilla sekä laadunvarmistuksella. Näin liimaliitos voi olla hyvä, luotettava ja taloudellinen vaihtoehto.

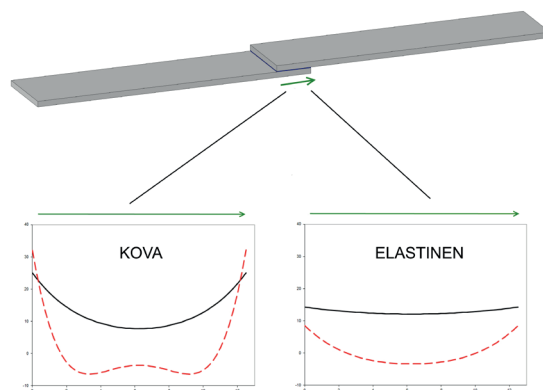
Liimaliitoksen suunnittelu alkaa kartoittamalla liitokselle asetettavat vaatimukset. Vaatimuslista laaditaan kuunnellen kaikkia liimaliitokseen liittyviä osapuolia, asiakkaan ja suunnittelijoiden lisäksi myös tuotantoa sekä talous- ja laatu päättäjiä. Suunnittelun edetessä suunnitellaan liitoksen alustava geometria liimauksen ehdoin ja tehdään liiman ja liitettävien materiaalien esivalinta. Tämän jälkeen lasketaan paikalliset kuormitukset tai venymätasot, joihin liiman elastisuudella on suuri merkitys. Suuren lujuuden omaava liima on yleensä myös kova ja tällöin syntyy myös epäedullisempia jännitysjakauksia verrattuna elastisempaan liimaan (Kuva 2 ja Kuva 3). Toisaalta elastisilla liimoilla lujuus on yleisesti ottaen taas alempi. Näin ollen liiman ominaisuudet valitaan kohteen mukaan. Laskettujen paikallisten kuormitusten tai venymien on oltava pienempiä kuin liitoksen suurin sallittu kuormitus tai venymä. Sallitun kuormituksen määrittämisessä joudutaan tekemään usein liimaliitostestausta. Liimaliitoksen ympäröivistä olosuhteista johtuen liitoksen kestävyys määrittämiseen ei usein riitä yksinkertaiset rikkovat kokeet ilman olosuhtealtistuksen huomioon ottamista. Tällöin sovelluksesta riippuen voidaan joutua ottamaan huomioon lämpötilan, kosteuden, säteilyn (mm. valo), altistavien aineiden, väsymiskuormitusten, virumisen jne. vaikutukset liimaliitoksen pitkäaikaiskestävyyteen.

Liimaliitoksen lujuuteen vaikuttaa liitettävien materiaalien

ja liitosgeometrian lisäksi liiman sisäinen lujuus (koheesio) ja liiman ja pinnan väliset vuorovaikutukset (adheesio). Liimaliitoksessa lähes aina adheesio pitää olla suurempi kuin koheesiolujuuden. Tällöin liitoksen vaurioituessa molempien liitospintojen pitää olla liiman peitossa. Rakenteellisissa liitoksissa hyvän adheesio- ja olosuhtekestävyyden saavuttamiseksi pinnat on esikäsiteltävä. Autoteollisuudessa liimaataan paljon suojaöljytyjä ohutlevyosia, mutta tällöin suojaöljyt ja niiden määrät on tarkoin määriteltyjä ja liitoksissa käytetään liimoja, jotka sallivat määritetyn määrän öljyä pinnoilla.



KUVA 2. Lap-shear -koekappaleen liimaliitos



KUVA 3. Vedonalaisen teräs-teräs -liimaliitoksen leikkausjännityksen (lyhtenäinen musta viiva) ja repivän jännityksen (punainen katkoviiva) jakautumat kovalla ja elastisemmalla liimalla -periaatepiirros.

Esikäsitely on merkittävä osa liimaliitosta

Ympäröivät olosuhteet heikentävät riittämättömästi käsitellyn pinnan valmistettua liimaliitosta ajan mittaan huomattavasti enemmän ja nopeammin kuin sopivilla esikäsitelymenetelmillä valmistettua liitosta. Esikäsitelyt voivat olla mekaanisia, kemiallisia tai fysikaalisia riippuen liimattavasta materiaalista. Liitoksen lujuutta, pitkäaikais- ja olosuhtekestävyyttä voidaan siis usein lisätä huomattavasti pintojen oikeanlaisella puhdistuksella ja esikäsitelyllä – materiaali- ja liimanvalinnan ohella. Pintojen puhdistaminen on rakenneliitoksissa välttämätöntä ja sillä poistetaan pinnoista sekä silmin havaittavaa että silmin havaitsematonta likaa. Esikäsitelyillä puolestaan muodostetaan määritelty pintarakente, jonka kastumis- ja liimausominaisuudet ovat riittävät.

Laadunvarmistus

Liimaliitoksen kestävyteen ja tasalaatuisuuteen vaikuttaa

koko suunnittelu- ja tuotantoprosessin ohella ratkaisevasti myös laadunvarmistus. Liimaus liitostekniikkana on erikoisprosessi. Se tarkoittaa yksinkertaistettuna sitä, että valmistetun liimaliitoksen laatua ja yhdenmukaisuutta ei voida määrittää tai mitata täydellä varmuudella ainetta rikkomattomilla menetelmillä. Valmistusvirheet ovat siksi mahdollisia ja laadunvarmistusta sekä eri vaiheiden dokumentointia tarvitaan. Laatu täytyy siis tehdä eikä se ole valittavissa pelkästään mitausten ja testauksen perusteella. Tällöin suunnittelu- ja liimausprosessiin vaikuttavilla henkilöillä täytyy olla kyky tehdä työnsä oikein ja kunnollisesti liimaliitosten suunnittelu- ja valmistusprosessien eri vaiheissa. Tämän saavuttamiseksi koulutus on avainasemassa.

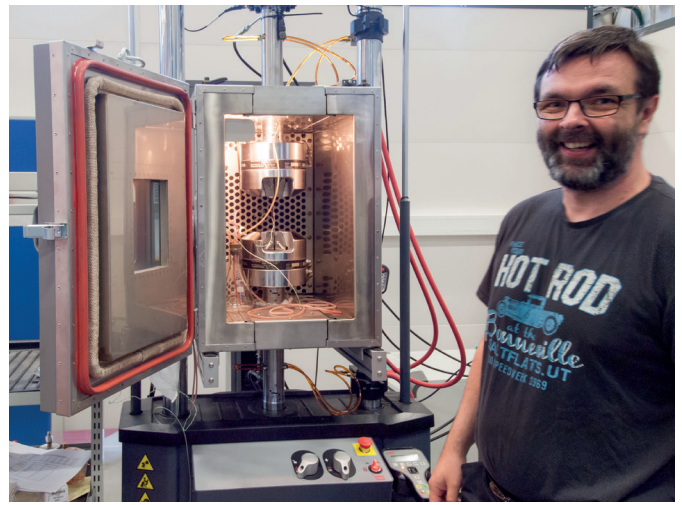
Raideajoneuvoteollisuudessa on ollut käytössä viime vuosikymmenen lopulta lähtien liimaliitoksia koskeva DIN 6701 standardi. Standardissa annetaan ohjeistusta liimaustöitä koskien henkilöstön pätevyysvaatimuksiin ja yritysten sertifiointeihin sekä liimaliitosten suunnitteluun, valmistukseen ja laadunvarmistukseen. Virallisesti DIN 6701-2 mukainen yritysää koskeva sertifiointivaatimus koskee ainakin Saksassa toimivia yrityksiä, mutta sertifiointia voidaan kysyä myös monessa muussa maassa isojen laitetoimittajien taholta alihankkijoihin kohdistuen. Standardista on tulossa myöhemmin EN-standardi.

Tutkimus ja testauspalvelua Mamkissa

Mikkelin ammattikorkeakoulussa on jo usean vuoden ajan tutkittu liimaliitosten hyödyntämistä monimateriaalisoveluksissa. Energia- ja ympäristötekniikan laitokseen kuuluvan materiaalitekniikan tutkimustoiminnan painopistealueina ovat komposiitti- ja metallimateriaalien lisäksi olleet rakenteellisten liimaliitosten väsymiskäyttäytymisen sekä pitkäaikaisominaisuuksien tutkimus.

Laboratorion tutkimusryhmä työskentelee yhdessä yritysten kanssa toteutettavissa julkisissa projekteissa jotka ovat luonteeltaan soveltavia ja asiakaslähtöisiä. Projektiluonteisen tutkimuksen lisäksi ammattikorkeakoulu palvelee teollisuutta suorittamalla testaus- ja analyysipalveluita suorien yritys-kohtaisten toimeksiantojen muodossa.

Rakenteellisten liimaliitosten tutkimuksessa tärkeän osan käytettävistä laitteistoista muodostavat kuormituskehät. Kuvassa 4 näkyvässä olosuhdekaapissa hyödynnetään hydraulisen kuormituskehän mahdollisuuksia väsyttävässä kuormituksessa. Ympäristössä voidaan liitosten käyttäytymistä tes-



KUVA 4. Olosuhdetestaukseen soveltuva hydraulinen kuormituskehä

tata laajalla lämpötila alueella sekä hallituissa kosteusolosuhteissa. Liitosta voidaan esimerkiksi pitää jatkuvassa vesialistuksessa ja väsyttävässä kuormituksessa pitkiäkin aikoja, tarkoituksena simuloida pitkäaikaisaltistusta vesiupotuksessa.

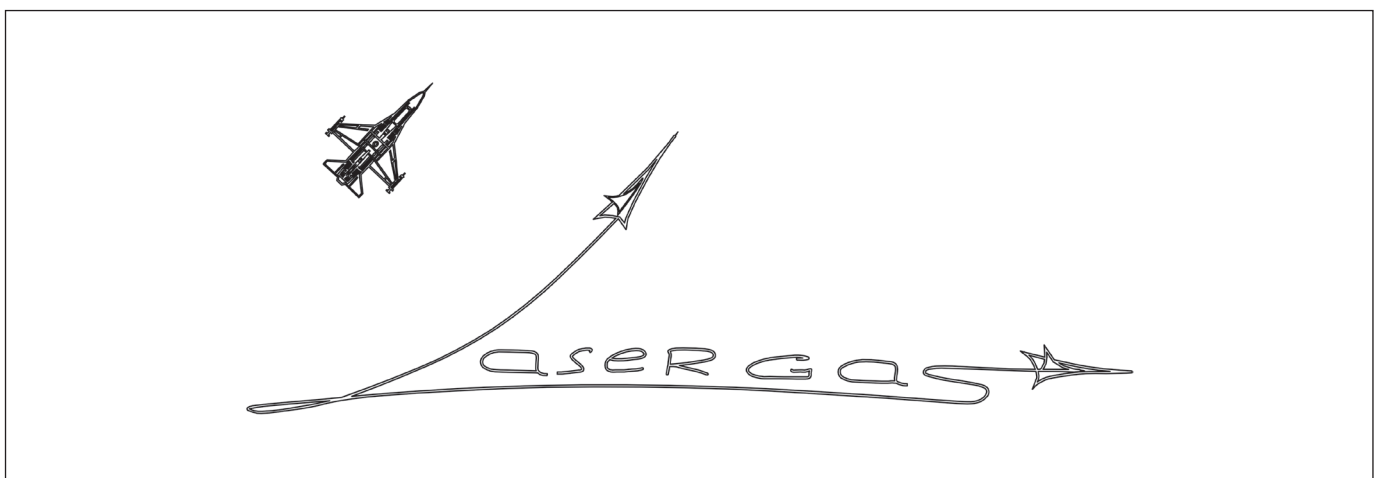
Materiaalitekniikan laboratoriossa on monipuolinen laitekanta materiaalitekniikan tutkimuksen avuksi. Laboratorioilla on käytettävissään neljä hydraulista sekä yksi kuularuuvikäyttöinen kuormituskehä. Nykyaikaisten ohjausten ja monitorointilaitteistojen avulla kuormituskehä voidaan hyödyntää erittäin monipuolisesti staattisissa ja väsyttävissä testeissä. Hydraulisten väsytykskehien lisäksi laboratoriossa on käytettävissä termiseen analyysiin, materiaali- ja pinnantutkimukseen sekä elektronimikroskopiaan liittyvää tutkimuslaitteistoa. Laboratorio tarjoaa monipuolisia tutkimus-, kehitys- ja testauspalveluita yrityksille.

Toiminnan kehittämiseksi ja teollisuuden tarpeisiin vastaamiseksi Mamkissa on laajennettu osaamista mm. pätevyitysmallilla DIN 6701-2 standardin vaatimukset täyttävään DVS®/ EWF European Adhesive Engineer -tutkintoon Fraunhoferin IFAM – instituutissa.

LISÄTIETOJA

Tero Karttunen 040 519 5419
tero.karttunen@mamk.fi

Kari Dufva 050 312 5122
kari.dufva@mamk.fi



Terästen muokkauslujittumisesta

■ TKL TIMO KAUPPI (YLIOPETTAJA, LAPIN AMK), VILI KESTI (SSAB), MIA LIIMATAINEN (OULUN YLIOPISTO), TIMO MANNINEN (OUTOKUMPU STAINLESS OY)

Muokkauslujittumisella ymmärretään metallin kykyä vastustaa pysyvää muokkautumista muodonmuutoksen kasvaessa. Miekk-ojan metalliopissa muokkauslujittuminen määritellään seuraavasti: ”Kun lämpötila on alhainen, metalli lujittuu plastisen muodonmuutoksen yhteydessä, mikä ilmenee muodonmuutosvastuksen kasvuna. Niin kauan kuin muokkauslujittuminen kompensoi sauvan ohenemisen vaikutuksen, venyy vetosauva pitkin pituuttaan, venymisen edellyttävän voiman kasvaessa”. (Miekk-Oja 1962)

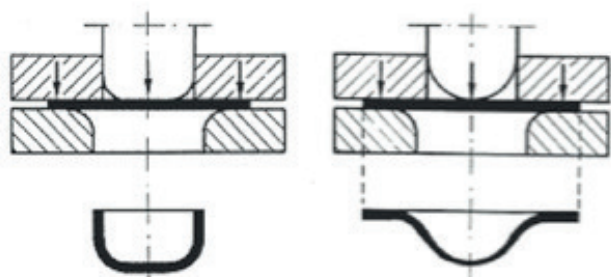
Muokkauslujittuminen johtuu dislokaatioista (eli hilavioista), materiaalin kyvystä vastustaa niiden liikkumista sekä estää uusien syntymistä. (Theis. 95) Plastinen eli pysyvä muodonmuutos on pohjimmiltaan dislokaatioiden liikettä, jolloin ne reagoivat keskenään ja niiden määrä kasvaa. Eli toisin sanoen dislokaatioitiheys kasvaa, kun materiaalia muokataan. Koska dislokaatiot ovat hilarakenteen vääristymiä, ne aiheuttavat ympärilleen elastisen jännityskentän, jonka suuruus kasvaa dislokaatioitiheyden kasvaessa. Jännityskentästä johtuen uusien dislokaatioiden syntyminen ja liikkuminen vaikeutuvat, jolloin materiaali muokkauslujittuu. (Tisza. 59) Dislokaatioiden liikkumiseen ja syntymiseen eli muokkauslujittumiskäyttäytymiseen vaikuttaa usei-

ta tekijöitä, joista tärkeimpiä ovat:

- metalli ja kide/faasirakenne
- kiteiden suuntautuneisuus l. orientaatio
- epäpuhtaudet, karbidirakenne
- raekoko ja rakeiden muoto
- muokkauslämpötila
- pinnan ominaisuudet (esim. oksidikalvo)

Näin ollen eri materiaalien muokkauslujittumiskäyttäytyminen voi poiketa merkittävästi toisistaan.

Muokkauslujittumiskyvyllä on suuri merkitys mm. materiaalin kykyyn vastustaa muodonmuutoksen paikallistumisen alkamista ja etenemistä, mikä on edellytys virheettömään muovauksen lopputulokseen. Toisin sanoen hyvän muokkauslujittumiskyvyn omaavaa materiaali kestää suuria muodonmuutoksia repeämättä. Tämä on edellytyksenä esimerkiksi venytysmuovauksessa, jossa materiaalin virtaus on estetty ja aihion seinämä ohenee muovattaessa (ks. kuva 1 oikealla). Ulkoista jännitystä on siis jatkuvasti lisättävä, jotta muokkausaste jatkuvasti kasvaisi. Muokkauslujittuminen on materiaaliominaisuus, joka voidaan määrittää esimerkiksi vetokokeella.



KUVA 1. Syvävedon (vasemmalla) ja venytysmuovauksen (oikealla) periaate. (Kivivuori 2011)

Jännitys – venymäkäyttäytymisen mallintaminen

Metallien jännitys – venymäkäyrän kuvaamiseen matemaattisesti on kehitetty lukuisia eri malleja. Taulukossa 1 on annettu yhteenveto yleisimmin sovelletuista.

Ensimmäinen yleisesti käytetty malli oli Ludwigin vuonna 1909 julkaisema empiirinen malli, jossa jännityksen ja venymän välinen riippuvuus oli siis muotoa $\sigma = \sigma_0 + K_L \varepsilon^{n_L}$, missä σ on todellinen jännitys, ε todellinen (logaritminen) venymä ja σ_0 , K_L ja n_L ovat mallin parametrejä. Crussad ja Jaoul ovat esittäneet tavan ratkaista kyseiset muokkauslujittumisen parametrit K_L ja n_L kaksoislogaritmikuvajalla, jossa esitetään muokkauslujittumisnopeuden ($d\sigma/dt$) riippuvuus venymästä (nk. diffe-

TAULUKKO 1. Jännitys – venymämalleja. (Hertelä ym. 2011, 520)

Ludwik (1909)	$\sigma = \sigma_0 + K_L \varepsilon^{n_L}$
Ramberg-Osgood (1943)	$e = \frac{s}{E} + p \left(\frac{s}{s_p} \right)^{n_{Ro}}$
Hollomon (1945)	$\sigma = K_H \varepsilon^{n_H}$
Voce (1948)	$\sigma = \sigma_\infty - (\sigma_\infty - \sigma_0) \exp(-K_v \varepsilon)$
Swift (1952)	$\sigma = K_s (\varepsilon + \varepsilon_0)^{n_s}$
Ludwigson (1971)	$\sigma = K_1 \varepsilon_{pl}^{n_1} + \exp(K_2 + n_2 \varepsilon_{pl})$

rentiaalinen C – J analyysi). Metalleilla, joiden kokeellinen jännitys – venymäkäyrä noudattaa Ludwigin mallia, on C – J analyysin tuloksena suora, joka noudattaa seuraavaa kaavaa:

$$\log\left(\frac{d\sigma}{d\varepsilon}\right) = \log(K_L n_L) + (n_L - 1)\log(\varepsilon)$$

Vuonna 1945 Hollomon yksinkertaisti Ludwigin esittämää mallia poistamalla termin σ_0 kaavasta, jolloin jännityksen ja venymän yhteys on muotoa $\sigma = K_H \varepsilon^{n_H}$. Mallin soveltuvuutta kokeellisesti määritettyyn jännitys – venymäkäyrään voidaan arvioida C – J analyysin tavoin konstruoidulla datasta $\log(\sigma) - \log(\varepsilon) - \text{kuvaaja}$ (Hollomon analyysi). Jos todellisen jännityksen logaritmi riippuu lineaarisesti todellisen venymän logaritmistä, niin metallin jännitys – venymäkäyttäytyminen noudattaa Hollomonin mallia. (Hertelä ym. 2011, 520)

Käytännössä kahden parametrin malli on monessa tapauksessa liian yksinkertainen metallin jännitys – venymäkäyttäytymisen mallintamiseen koko venymäalueella. Tämä todettiin jo Hollomonin alkuperäisessä julkaisussa. Swift tarkensi Hollomonin mallia ja julkaisi oman esityksensä vuonna 1952. Kaava $\sigma = K_S (\varepsilon + \varepsilon_0)^{n_S}$ ottaa huomioon mahdollisen esiveiytymän. (Hertelä ym. 2011, 521)

Näiden kolmen mallin heikkoutena on niiden soveltumattomuus lineaaris – elastisuuden huomioimiseen, mikä on tärkeää mm. silloin, kun halutaan huomioida takaisinjousto muokkauksen yhteydessä. Tällaisessa tapauksessa todellinen venymä e tulee korvata todellisella plastisella venymällä e_{pl} . Tämän lisäksi elastinen alue tulee huomioida Hooke'n lain $e = s/E$ mukaisesti. Näin on tehty mm. Rambergin ja Osgoodin mallissa, joka julkaistiin vuonna 1943. Malli kehitettiin alumiinin, ruostumattoman teräksen ja hiiliterästen pienten venymien alueelle ja pian sen julkaisun jälkeen Hill tarkensi sen taulukossa 1 esitettyyn muotoon:

$$e = \frac{s}{E} + p \left(\frac{s}{s_p}\right)^{n_{Rp}}$$

missä s ja e ovat insinööri jännitys ja venymä (engl. engineering stress, engineering strain) ja s_p on materiaalin myötölujuus. (Hertelä ym. 2011, 521)

Kaikki esitetyt mallit ovat potenssifunktio -muotoa. Ensimmäisen eksponenttifunktioon perustuvan sovituksen julkaisi Voce 1948. Esitetty malli oli muotoa $\sigma = \sigma_\infty - (\sigma_\infty - \sigma_0) \exp(-K_v \varepsilon)$ ja se pätee materiaaleille, joiden muokkauslujittumisnopeus ds/de on lineaarisesti riippuvainen todellisesta jännityksestä s . Ludwigson havaitsi, että pkk – materiaaleilla $\log(ds/de)$ ei ole lineaarisesti riippuvainen varsinkaan pienillä venymän arvoilla. Hän esitti 1971 uuden mallin, jossa Hollomonin yhtälöön oli lisätty eksponentiaalinen korjaustermi, yhtälö oli muotoa $\sigma = K_1 \varepsilon_{pl}^{n_1} + \exp(K_2 + n_2 \varepsilon_{pl})$. (Hertelä ym. 2011, 521)

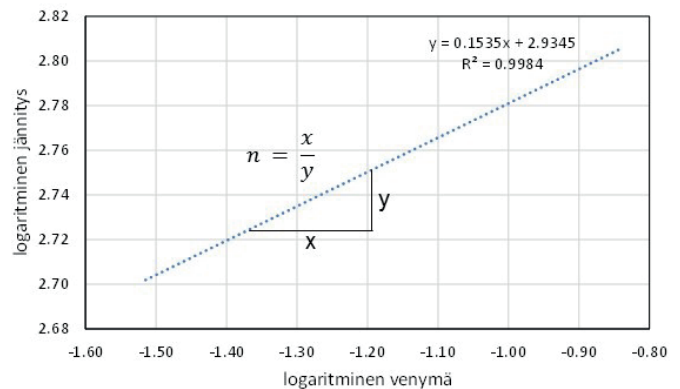
Muokkauslujittuminen standardissa SFS-EN ISO 10275

Kansallisessa standardissa SFS-EN ISO 10275:2014 on määritelty muokkauslujittumis-eksponentin (engl. strain hardening exponent) määrittäminen levy- ja nauhamateriaaleille. Muokkauslujittumiseksponentti n (engl. tensile strain hardening exponent) määritellään todellisen plastisen venymän (ε) eksponentiksi Hollomonin esittämässä matemaattisessa mallissa. Kun molemmilta puolilta otetaan logaritmi, saadaan esitys (Hollomonin analyysi):

$$\log \sigma = \log k + n \log \varepsilon$$

Tällöin muokkauslujittumiseksponentti on logaritmisessa koordinaatistossa esitetyn todellisen jännitys-venymäkäyrän kulmakerroin. Tämä edellyttää, että jännitys-venymäkäyrä on $\log \varepsilon - \log \sigma$ -koordinaatistossa lineaarinen, eli noudattaa Hollomonin yhtälöä. (Total Materia 2015)

Kuvassa 2 on esitetty $\log \varepsilon - \log \sigma$ -piirros S420 – lujuusluokan rakenneteräkselle, jonka jännitys – venymäkäyttäytyminen noudattaa Hollomonin yhtälöä. Kuvaaja on konstruoitu Zwick Allround Floor 250kN yleisvetokoneella tehdyn vetokokeen jännitys-venymädatasta, jossa venymä on mitattu GOM Aramis optisella mittaustaitteistolla. Siitä nähdään selvästi, että logaritmisessa koordinaatistossa jännityksen riippuvuus venymästä on lineaarinen regressiosuoran selitysasteen ollessa lähes 1.



KUVA 2. Logaritminen jännitys – venymäpiirros (Hollomonin analyysi) S420 lujuusluokan rakenneteräkselle. (Lapin ammattikorkeakoulu 2015)

Muokkauslujittumiseksponentin arvo on kuvaajan kulmakertoimen arvo, eli se voidaan laskea kuvan merkinnöin kaavalla:

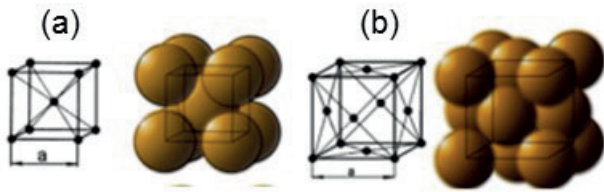
$$n = \frac{x}{y}$$

ja on siis sama kuin regressiosuoran yhtälössä $y = 0.1535x + 2.9345$ termin x kerroin (0.1535).

Kiderakenteen vaikutus muokkauslujittumiseen

Metallit ovat kiteisiä aineita eli niiden atomit ovat järjestyneet tietyllä säännöllisellä tavalla nk. hilaan. Teräksillä esiintyy huoneenlämpötilassa käytännössä kolmentyyppistä kiderakennetta: tilakeskinen (tkk) tai pintakeskinen (pkk) kuutiollinen (ks. kuva 3) sekä tilakeskinen tetragoninen (tkt). Hiiliteräksen ja ferriittisen ruostumattoman teräksen kiderakenne on tkk ja austeniittisen ruostumattoman teräksen taasen pkk. Tetragoninen rakenne syntyy, kun jäähty-

misnopeus on riittävän suuri aiheuttamaan martensiittimuutoksen ja tällöin hila vääristyy ideaalista kuutiollisesta muodosta siten, että yksikkökopin toinen vaaka-akseli lyhenee ja pysty akseli venyy.



KUVA 3. Periaatekuva, (a) tilakeskisen kuutiollisen rakenteen yksikkökoppi, (b) pintakeskisen kuutiollisen rakenteen yksikkökoppi.

Kiderakenteeseen liittyy tiettyjä terästen perusominaisuuksia, joita on annettu alla olevassa taulukossa. Magneetti ei tartu austeniittiseen ruostumattomaan teräkseen, koska sen kiderakenne on pintakeskinen kuutiollinen.

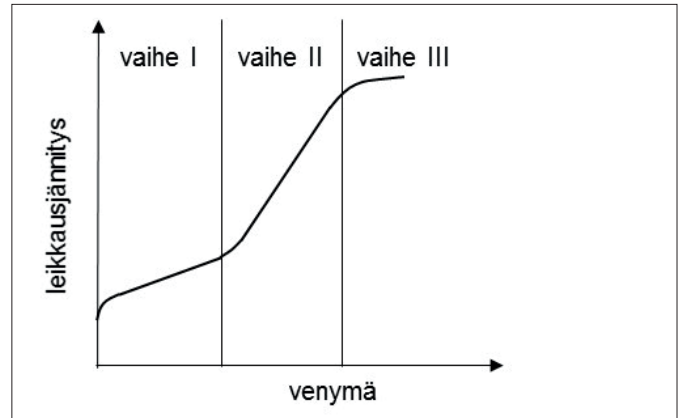
Pintakeskisen kuutiollisen kiderakenteen omaava materiaali on siis voimakkaasti muokkauslujittuva.

Austeniittinen ruostumaton teräs

Puhtaan pintakeskisen kuutiollisen metallikiteen leikkausjännitys-venymäkäyttäytyminen on kuvassa 4 esitetyn kaltaista. Siinä voidaan erottaa kolme toisistaan selvästi poikkeavaa vaihetta I, II ja III. Ensimmäisessä vaiheessa eli nk. helpon liukumisen alueella lujittuminen on vähäistä ja venymään vaadittavan jännityksen kasvu on lineaarista. Sen sijaan vaiheessa II lujittuminen on huomattavasti voimakkaampaa ollen kuitenkin edelleen lineaarista. Kolmannessa vaiheessa lujittuminen pienenee voimakkaasti, kuten kuvasta havaitaan. (Honeycombe 1984, 30 - 31)

Kaikkia kolmea vaihetta ei esiinny kaikilla pkk – metalleilla ja esimerkiksi lämpötilaa nostettaessa vaihe 3 on hallitseva eikä muita vaihteita käytännössä edes havaita.

Vaihetta 1, jossa lujittuminen on vähäistä ja lineaarista, on tutkittu ensin kullan ja hopean erilliskiteillä (Andrade ja Henderson 1951, 177) ja se voi esiintyessään jatkua aina 40 % muokkausasteisiin saakka. Se kuinka suuriin venymiin saakka helpon liukumisen (engl. easy glide) vaihe esiintyessään ulottuu, riippuu voimakkaasti metallista. Alumiinilla vaihe 1 esiintyy vain n. 4-5 % venymiin saakka, kun taas kuparilla se ulottuu aina 20 %:iin asti. Vaiheessa 2 lujittuminen on suunnilleen kymmenkertainen vaiheeseen 1 ver-



KUVA 4. Tyypillinen jännitys-venymäkäyrä puhtaalle pkk – kiteelle. (Honeycombe 1984, 31)

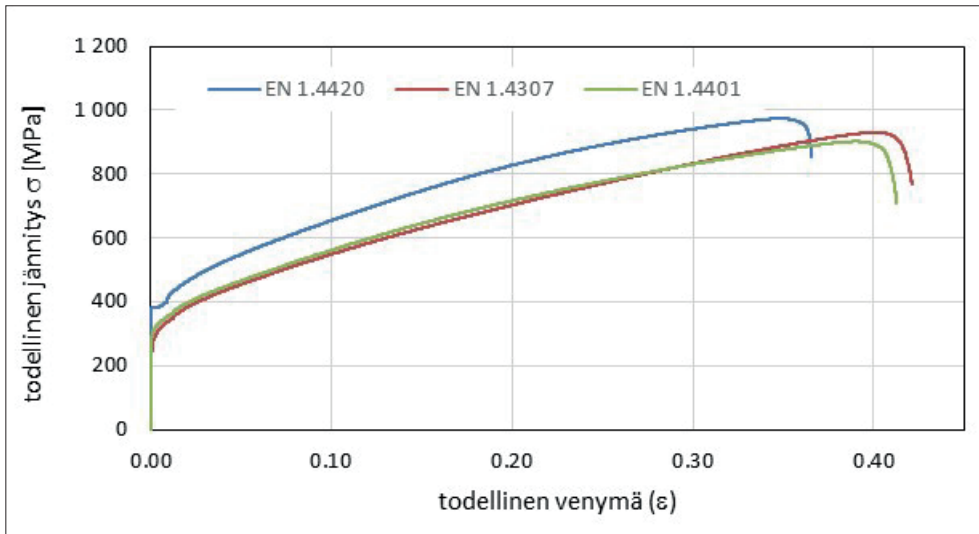
rattuna. Tämä vaihe on hallitseva matalissa lämpötiloissa ja sen vaikutuksesta pkk – metallien muokkauslujittuminen on selvästi tkk – ja htp – metalleja voimakkaampaa. (Honeycombe 1984, 92)

Vaiheessa 3 lujittuminen heikkenee nopeasti ja on lämpötilaa lukuunottamatta vain vähän riippuvainen ylempänä olevassa luettelossa esitetyistä tekijöistä. Lämpötilaa nostettaessa useilla pkk – metalleilla vaihe 3 hallitsee muokkauslujittumista. (Honeycombe 1984, 100)

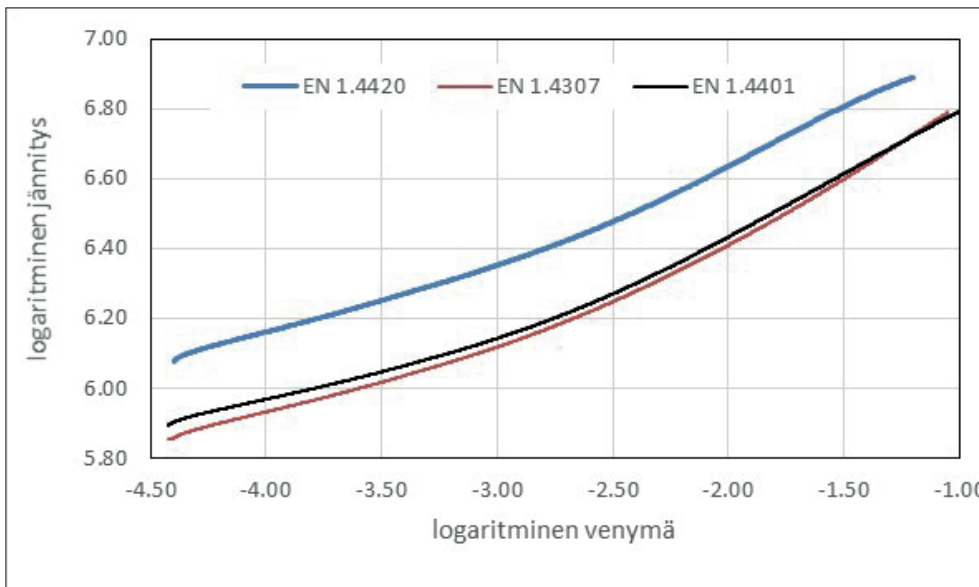
Kuvassa 5 on esitetty kolmen austeniittisen ruostumattoman teräksen (EN 1.4420, EN 1.4401 ja EN 1.4307) jännitys – venymä piirroset. Venymäarvot on määritetty GOM Aramis mittauslaitteistolla, jolla saadaan määritettyä todellinen venymä myös levysauvasta. Teräksistä EN 1.4307 on AISI 304L tyyppinen 18/8 teräs, EN 1.4401 Molybdeeniseosteinen 1. haponkestävä teräslaatu ja EN 1.4420 uudentyyppinen 20 % Cr, molybdeenillä ja typellä seostettu austeniittinen ruostumaton teräs (Outokumpu 2015). Kuva havainnollistaa hyvin korkeamman kromipitoisuuden ja typiseostuksen vaikutuksen teräksen lujuuteen sen ollessa korkein EN 1.4420 teräksessä.

Kuvassa 6 on esitetty kuvan 2 mukainen logaritminen jännitys – venymäpiirros (Hollomonin analyysi). Kuvasta nähdään, että riippuvuus ei ole lineaarinen. Tämä merkitsee sitä, että aiemmin esitettyä Hollomonin yhtälöä ei voida käyttää tämän kaltaisen materiaalin muokkauslujittumiskäyttäytymisen analysointiin. Käytännössä tämä tarkoittaa myös sitä, että austeniittiselle ruostumattomalle teräkselle

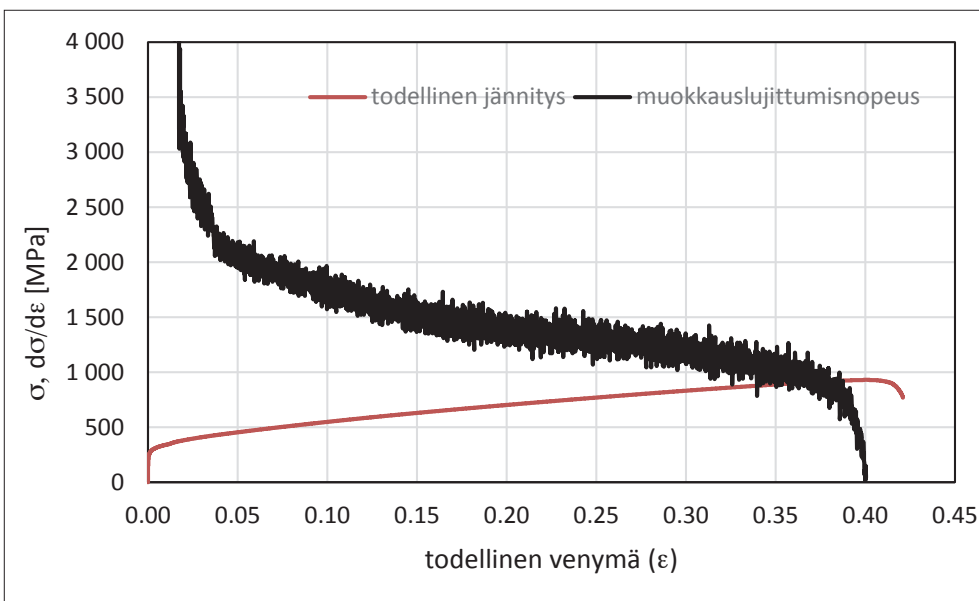
tilakeskinen kuutiollinen	pintakeskinen kuutiollinen
magneettinen	ei-magneettinen
kohtalainen muovattavuus	erinomainen kylmämuovattavuus
muokkauslujittuminen vähäistä	voimakkaasti muokkauslujittuva
suurin tyhjä kolo 29 % hilan atomin halkaisijasta	suurin tyhjä kolo 41,4 % hilan atomin halkaisijasta
hauras matalissa lämpötiloissa	sitkeä myös matalissa lämpötiloissa
matalissa lämpötiloissa stabiili ferriitti (α -Fe)	korkeissa lämpötiloissa stabiili austeniitti (γ -Fe)



KUVA 5. Austeniittisten ruostumattomien EN 1.4420, EN 1.4307 ja EN 1.4401 jännitys – venymäkäyrät. (Lapin ammattikorkeakoulu 2015)



KUVA 6. Austeniittisten ruostumattomien EN 1.4420, EN 1.4401 ja EN 1.4307 terästen $\log \varepsilon - \log \sigma$ – käyrät (Hollomon analyysi).

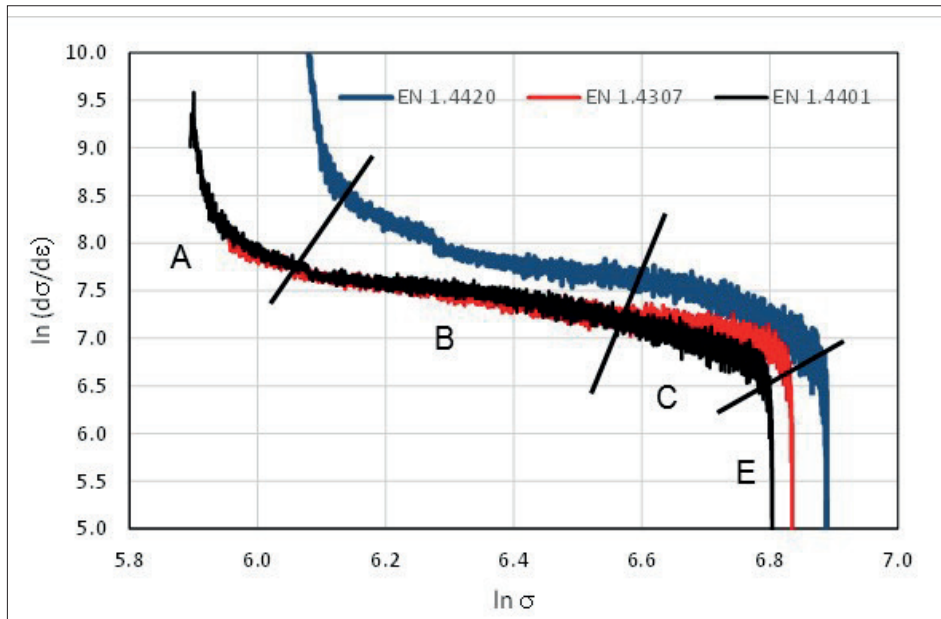


KUVA 6. Todellisen venymän ja muokauslujittumisnopeuden (ds/de) riippuvuus todellisesta venymästä ε EN 1.4307 teräkselle.

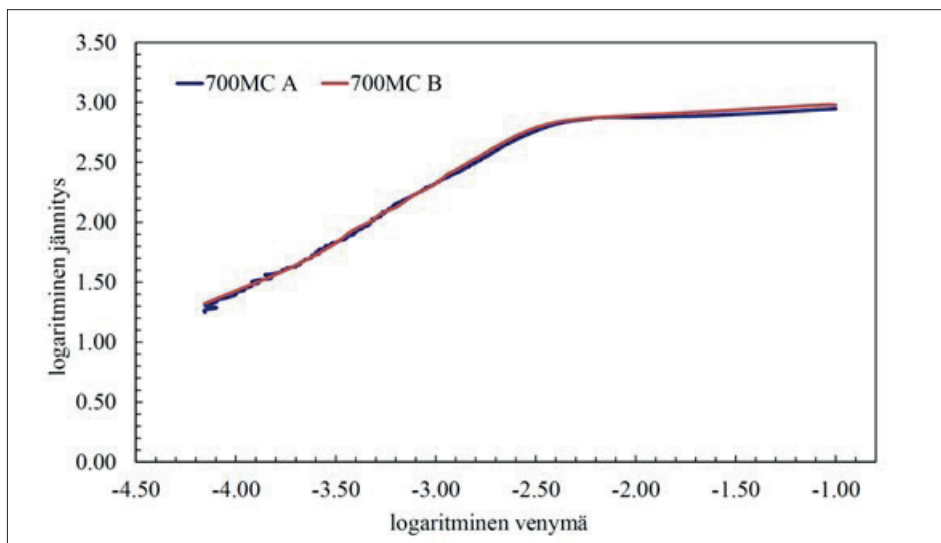
ei voida määrittää muokauslujittumisekspONENTILLE vakio arvoa, vaan se vaihtelee eri venymäarvoilla.

Austeniittisten ruostumattomien terästen muokauslujittumiskäyttäytymistä on selvitetty useissa tutkimuksis-

sa. Byun et. al. tutkimuksessa sitä on tarkasteltu $ds/de - \varepsilon$ riippuvuuden avulla. Kuvassa 6 on esitetty kuvan 5 datasta EN 1.4307 teräkselle laskettu $\varepsilon - d\sigma/d\varepsilon$ -kuvaaja. Käyrän sijainti ja muoto vastaa hyvin kirjallisuudessa esitetty-



KUVA 7. Austeniittisten ruostumattomien terästen EN 1.4420, EN 1.4307 ja EN 1.4401 muokkauslujittumisen modifioitu C-J analyysi ($\ln(d\sigma/de)$ vs. $\ln \sigma$ - kuvaaja).



KUVA 8. Kahden ultralujan hiiliteräksen logaritminen tosijännitys- venymäkäyrä.

jä (Byun ym. 2004, 3892 – 3893; Ji ym. 2014, 209). Käyrä on kolmiosainen ja ensin $d\sigma/de$ pienenee jyrkästi ja parabolisesti, sitten pieneminen hidastuu lähes lineaarisesti kunnes kuroutumisen alkaessa sen pieneminen kasvaa jyrkästi. Byun et. al. mukaan materiaalin kuroutuminen alkaa kohdassa, jossa kuvaajat leikkaavat toisiaan eli kuvassa todellisen venymän ollessa luokkaa 0.375.

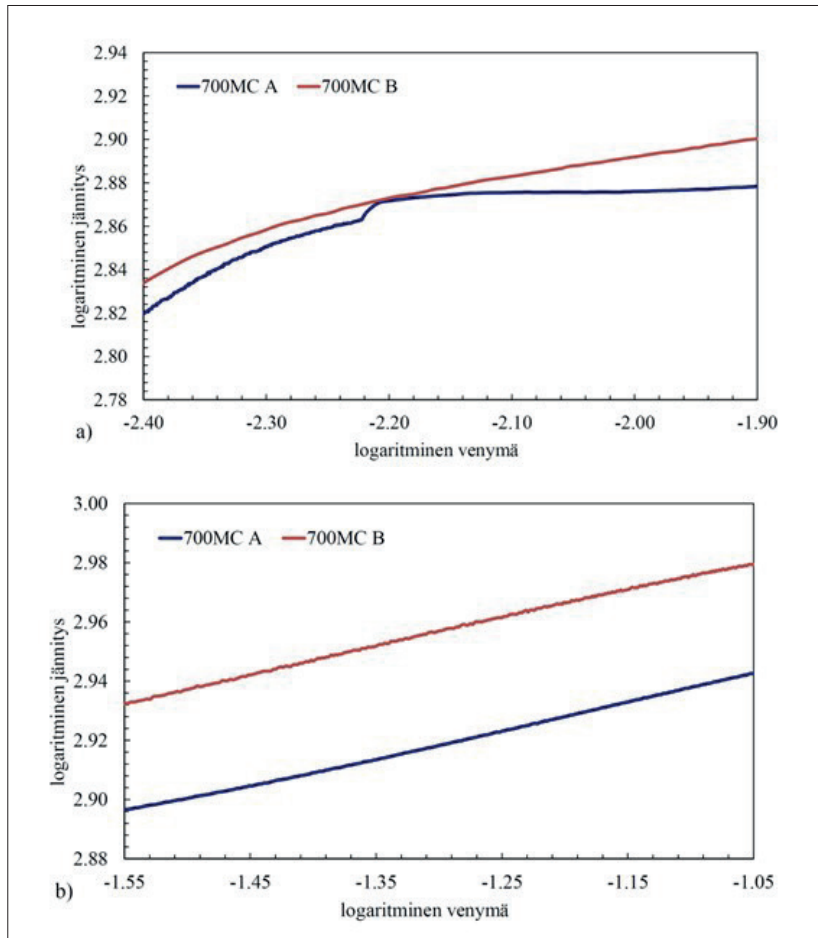
Useissa tutkimuksissa on käytetty aiemmin mainittua ja kuvassa 7 esitettyä Crussad – Jaoul (C – J) analyysia eli $\ln(d\sigma/de)$ vs. $\ln(\epsilon)$ kuvaajaa austeniittisten ruostumattomien terästen muokkauslujittumisen karakterisointiin. Kirjallisuuden mukaan kuvaajan alussa (A) esiintyvä muokkauslujittumisnopeuden $d\sigma/de$ nopea lasku johtuu dislokaatioiden dynaamisesta toipumisesta. Tämän jälkeen seuraavassa maltillisen laskun vaiheessa (B) tapahtuu mekaanista kaksostumista. Kun kaksostuminen vähenee, alkaa muokkauslujittumisnopeus heikentyä taas voimakkaammin (C), kunnes saavutetaan viimeinen vaihe (E), jossa materiaali alkaa kuroutua. (Hyunju ym. §2014, 209)

Kuumavalssatut hiiliteräkset

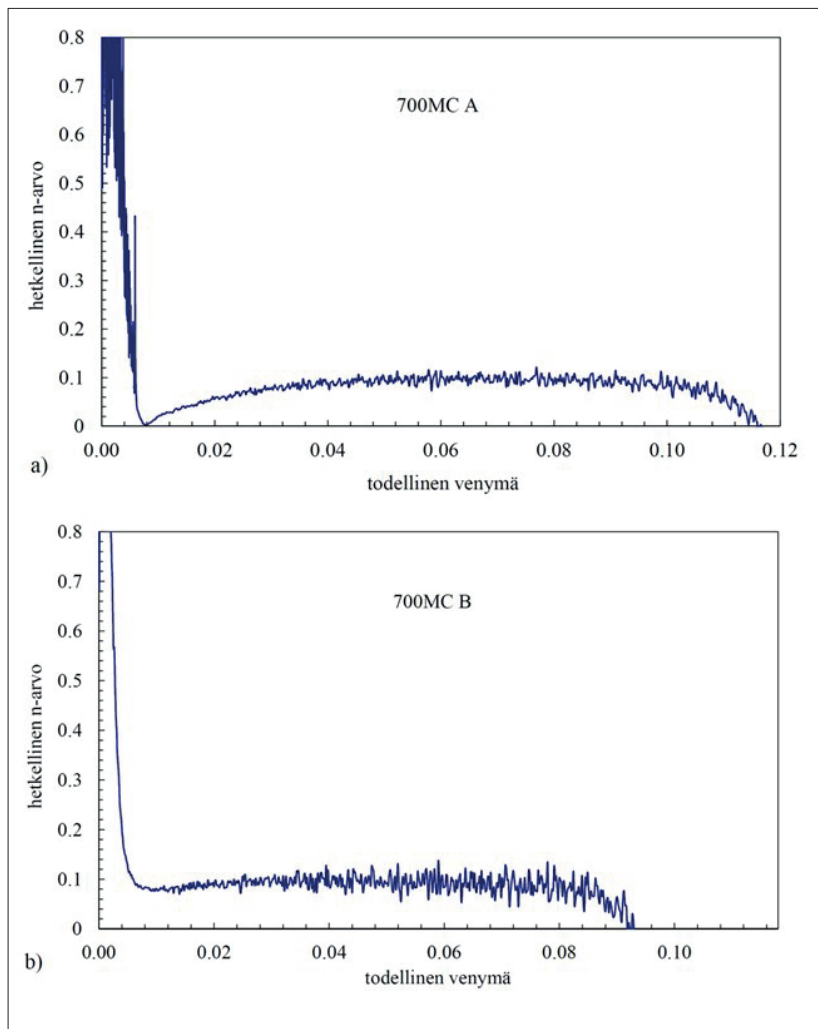
Kuumavalssattujen hiiliterästen eli ns. mustien terästen kohdalla puhutaan yleensä yli 2mm ainevahvuuksista ja tällöin ylivoimaisesti yleisin muovausmetodi on särmäys. Särmäyksessä muodonmuutos keskittyy kapealle alueelle ja paikallisesti venymät voivat kasvaa suuriksi. Vauriot syntyvät, kun muodonmuutos paikallistuu voimakkaasti liuku/leikkausnauhoihin, jolloin kriittiset paikalliset venymät ylittyvät ja vauriot syntyvät. Särmättävyyden kannalta onkin tärkeää materiaalin kyky jakaa muodonmuutosta mahdollisimman laajalle alueelle eli vastustaa sen paikallistumista.

Hyvän muokkauslujittumiskyvyn omaavilla materiaaleilla plastisesti muovautuva alue lujittuu tehokkaasti ja täten siirtää muodonmuutosta viereisille alueille. Niillä on siis enemmän kapasiteettia jakaa muodonmuutosta laajalle alueelle ja näin ollen viivästyttää plastista epästabiiliisuutta ja venymän paikallistumista.

Ultralujilla teräksillä muokkauslujittumisnopeus vaihtelee venymän edetessä ja näin ollen niiden muokkauslujit-



KUVA 9. Kahden ultralujan hiiliteräksen logaritminen tensi-jännitys-venymäkäyrä eri venymäalueilla.



KUVA 10. Kahden ultralujan hiiliteräksen hetkellinen muokkauslujittumisekspONENTTI (a ja b) ja muokkauslujittumisnopeus (c ja d).

tuminen ei noudata em. Hollomonin yhtälöä kuten kuvasta 8 nähdään. Kun kuvaajaa tarkastellaan tarkemmin eri venymäalueilla, havaitaan, että tietyillä alueilla kulmakerto on vakio (Hollomon pätee) ja tietyillä alueilla kyseessä on käyrä, jolloin Hollomon ei päde (kuvat 9a ja 9b). Hyvän muodonmuutoskyvyn kannalta on tärkeää, että muokkauslujittumisnopeus olisi hyvä myös pienillä venymillä.

Perinteisesti nimellinen n-arvo ilmoitetaan vain yhtenä vetokokeesta saatavana arvona, mutta ultralujilla teräksillä se ei ole vakio. Näin ollen saman lujuusluokan ja nimellisen n-arvon materiaalien muokkauslujittumiskäyttäytymistä on hyvä tarkastella ns. hetkellisen n-arvon avulla. Se voidaan laskea seuraavalla kaavalla (Creyns, Paepe):

Kuvissa 10 a-d on esitetty kuumavalssattujen ultralujien 700MPa lujuusluokan terästen hetkellistä n-arvoa ja muokkauslujittumisnopeutta vetokokeen edetessä.

Kuten kuvista nähdään, toinen 700MPa

luja teräs muokkauslujittuu heikosti plastisen muodonmuutoksen alkuvaiheessa ja toinen lujittuu tasaisemmin koko vetokokeen ajan. Tasaisesti muokkauslujittuvan 700MPa teräksen on havaittu soveltuvan paremmin kohteisiin, jotka vaativat erityisen hyviä särmäysominaisuuksia.

Yhteenveto

Muokkauslujittuminen on tärkeä ilmiö, joka vaikuttaa voimakkaasti materiaalin muovattavuuteen. Tässä artikkelissa on tarkasteltu muokkauslujittumisen perusteita ja metallien jännitys – venymäkäyttäytymistä. Yhteenvetona voidaan todeta:

Jännitys – venymäkäyttäytymisen mallinnusta on tehty jo pitkään ja varhaisimmat mallit on julkaistu 1900 – luvun alussa.

Hyvän muokkauslujittumiskyvyn omaavilla materiaaleilla plastisesti muovautuva alue lujittuu tehokkaasti ja täten siirtää muodonmuutosta viereisille alueille - näin materiaali kestää hyvin muovausta.

Austeniittiselle ruostumattomalle teräkselle ei voida määrittää muokkauslujittumisekspONENTILLE vakio arvoa, vaan se vaihtelee eri venymäarvoilla.

Ultralujilla hiiliteräksillä muokkauslujittumisnopeus vaihtelee myös venymän edetessä ja näin ollen niiden jännitys - venymäkäyttäytyminen ei noudata Hollomonin yhtälöä.

LÄHTEET

- Akbarpour M. R., Ekrami A.2008. "Effect of ferrite volume fraction on work hardening behavior of high bainite dual phase (DP) steels". Materials Science and Engineering: A. Vol. 477. Iss. 1–2, pp. 306–310.
- Andrade E. N. Da C., Henderson C. 1951. Phil. Trans. R. Soc. A244. 177.
- Byun T.S., Hashimoto N., Farrell K. 2004. Acta Materialia 52. Elsevier. Pp. 3889 – 3899.
- Challa V.S.A, Wan X.L., Somani M.C., Karjalainen L.P., Misra R.D.K. 2014. Materials Science & Engineering A 613. Elsevier. Pp. 60 – 70.
- Creyns A., De Paepe A.2003. "Development of a new deep drawing quality grade combining low ageing sensitivity, bake hardening and high n-value". Appendix 1, Literature study. Final report. European commission.
- Hertelé S., De Waele W., Denys R. 2011. International Journal of Non-Linear Mechanics. 46. Pp. 519 – 531.
- Honeycombe R.W.K. 1984. "The Plastic Deformation of Metals". 2nd Edition. London. 483 p.
- Ji H., Park I.-J., Lee S.-M., Lee Y.-K. 2014. Journal of Alloys and Compounds 598. Elsevier. Pp. 205 – 212.
- Kesti V., Kaijalainen A., Väisänen A., Järvenpää A., Määttä A., Arola A.M., Mäntyjärvi K., Ruoppa R. 2014. "Bendability and Microstructure of Direct Quenched Optim® 960QC". Materials Science Forum. Vols. 783-786, p. 1.
- Lie M., Dao M., 2000. A micromechanics study on strain-localization fracture initiation in bending using crystal plasticity models". Philosophical Magazine A. Vol.81, No. 8. Pp. 1997-2020.
- Tisza M. 2001. Physical Metallurgy for Engineers, ASM International. 401 p.
- Theis H.E. 1999. "Handbook of Metalforming Processes". CRC Press. 672 p.
- Xu T.,Feng Y., Jin Z., Song S., Wang D.2012. "Determination of the maximum strain-hardening exponent". Materials Science and Engineering. A. Vol. 550, pp. 80–86.
- Zuoa X., Chen Y., Wang M.2012. "Study on microstructures and work hardening behavior of ferrite-martensite dual-phase steels with high-content martensite". Materials Research, Vol. 15. No. 6.

Yhteystiedot:

Timo Kauppi

Lapin ammattikorkeakoulu, teollisuuden ja luonnonvarojen osaamisala, Arctic Steel and Mining TKI - ryhmä.

puh. 050 438 1287

e-mail: timo.kauppi@lapinamk.fi

AIRWELL



MITSUBISHI ELECTRIC

Cutting the edge

Changes for the Better

Trust the Japanese technology

Mitsubishi Electric Laser Processing Machines



Lisätietoja:
AirWell Oy
(03) 5175 250

Kuumavalssattujen ruostumattomien terästen muovattavuus

■ TIMO KAUPPI, JOONAS LESKINEN LAPIN AMK

Tässä artikkelissa referoidaan Joonas Leskisen toukokuussa 2015 julkaisemaa insinööriytötä, jossa tutkittiin kahden kuumavalssatun austeniittisen ruostumattoman teräksen (EN 1.4307 ja EN 1.4404) muovattavuutta. Työn tavoitteena oli tutkia ko. terästen muovattavuutta ja verrata tuloksia vastaaviin kylmävalssattuihin ruostumattomiin teräksiin sekä selvittää tutkittujen terästen muovattavuusparametrien hajontaa. Kuumavalssattujen ruostumattomien terästen muovattavuutta on tutkittu maailmalla vain vähän, joten tavoitteena oli myös tuottaa tietoa terästen valmistajien ja jatkojalostajien käyttöön.

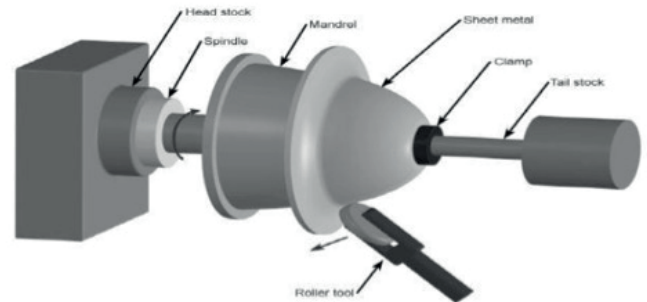
Työ tehtiin Outokummun Tornion tutkimuskeskuksessa työskentelevän tutkimusinsinöörin Timo Mannisen toimeksiantona Lapin ammattikorkeakoulussa (ennen vuotta 2014 Kemi-Tornion ammattikorkeakoulussa) toimivassa Arctic Steel and Mining tutkimusryhmässä, jossa on tutkittu aiemmin kuumavalssattujen hiiliterästen muovattavuutta (Vieriala 2012; Linke 2014). Tarve selvittää myös kuumavalssattujen ruostumattomien terästen muovattavuutta tuli Outokummun asiakkaiden kyselyistä aiheeseen liittyen. Kuumavalssattuja ruostumattomia teräksiä muovataan mm. painosorvaamalla.

Painosorvaus

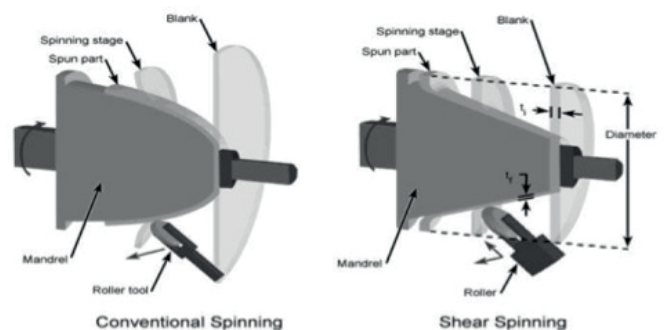
Painosorvaus on metallien muovausmenetelmä, jossa valmistetaan ohutlevystä onttoja pyörähdyskappaleita. Painosorvatut metallikappaleet omaavat pyörähdysymmetriset muodot, esimerkkinä sylinteri, kartio tai pallonpuolisko. Tällä menetelmällä valmistetaan mm. keittiövälineitä, pölykapseleita, satelliittilautasia sekä rakettien kärkikartioita. (Kumar 2013, 173.)

Painosorvaus (ks. kuva 1) suoritetaan manuaali- tai CNC-sorvilla ja se vaatii pyöreän ohutlevyaihion, muotin ja muovaintyökalun. Muotti on valmistettavan kappaleen sisäpuolen muotoinen, jonka päälle ohutlevy puristetaan. Suurissa tuotannoissa käytetään yleensä teräksestä sorvattuja muotteja. Muotin ja levyaihion pyöriessä sorvissa, painetaan aihiolevyä muovaintyökalulla sen pakottaessa metallin taipumaan muotin ympärille. Tämä voi vaatia useampia painalluksia. Painosorvaus on syvävedon kaltainen muovausprosessi, jossa levynpaksuus pysyy muuttumattomana. (Kumar 2013, 173.)

Painosorvaukselle on olemassa kaksi erilaista menetelmää, perinteinen painosorvaus ja leikkaussorvaus (ks. kuva 2). Perinteisessä painosorvauksessa muovaintyökalu painaa



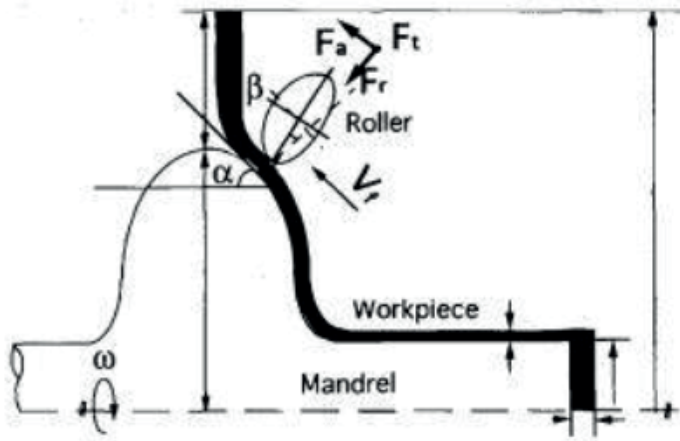
KUVA 1. Painosorvausprosessi (Kumar 2013, 172)



KUVA 2. Tavanomaisen painosorvauksen ja leikkaussorvauksen (engl. shear spinning) eroavaisuus (Kumar 2013, 173)

aihiota, kunnes se mukautuu muotin pinnalle. Tuloksena aihion halkaisija pienenee, mutta sen paksuus pysyy muuttumattomana. Leikkaussorvauksessa muovaintyökalu tuottaa painalluksen lisäksi alaspäin suuntautuvaa voimaa samalla venyttäen aihiota muotin ympärille.

Muovaintyökalun geometrialla on vaikutusta levyaihioon syntyviin voimiin. Työkalun vaikuttamat voimat voidaan jakaa kolmeen komponenttiin: aksiaalinen voima F_a , sädemäinen voima F_r , tangentin suuntainen voima F_t (ks. kuva 3). Muodonmuutosvyöhykkeellä aihiota kuormittaa sädemäinen voima F_r ja tangentialinen puristusvoima. Aihion seinämälle syntyy aksiaalisia vetojännityksiä. Suhdetta alkuperäisen ja lopullisen halkaisijan välillä kutsutaan muovaussuhteeksi. (Palmieri ym. 1995, 571.)



KUVA 3. Levyyhioon vaikuttavat voimat painosorvauksessa (Palmieri ym. 1995, 571)

Plastinen venymäsuhde r

Plastinen venymäsuhde r määritetään vetokokeessa tapahtuvan poikittais- ja paksuussuuntaisen venymän suhteeksi. Arvon ollessa 1, venyy materiaali joka suuntaan saman verran ja sitä kutsutaan isotrooppiseksi. Levyn muokkauksen kannalta edullisin-ta kuitenkin on anisotrooppinen materiaali, jolla r-arvo on 1.6–1.9. Tällöin levyn paksuus voi muuttua veto- ja pidätinrenkaan välissä kupin seinämää liiaksi rasittamatta. Anisotrooppisesta materiaalista voidaan vetää syvempiä tuotteita. (Kivivuori 2011, 26.)

Valssattu teräslevy on yleensä anisotrooppista tason suunnassa. Siksi sen syvävedettävyyttä kuvaavaa keskimääräistä r-arvoa määritettäessä käytetään valssaussuuntaan nähden pitkittäin (engl. RD), poikittain (engl. TD) ja 45°:n kulmassa leikattuja vetokoesauvoja. Näistä erisuuntaisista vetokoesauvoista määritellään jokaisesta erikseen plastisen venymäsuhteen arvo r, joka merkitään alaindeksillä asteiden mukaan valssaussuuntaan nähden. Alaindeksiin merkitään standardin ISO 10113:n mukaan myös plastisen venymän prosentuaalinen kohta, jolta mittaus on suoritettu, esim. r45/20, kun se tehdään 20 % pysyvän muodonmuutoksen jälkeen. Plastisen venymäsuhteen keskiarvo lasketaan saatujen r-arvojen avulla alla olevan kaavan mukaisesti:

$$r = \frac{r_{0/20} + r_{45/20} + r_{90/20}}{4}$$

missä alaindeksi viittaa vetosauvan suuntaan valssaussuuntaan nähden ja siihen pysyvään venymään, johon veto on pysäytetty.

Levyn anisotrooppisuutta tason suunnassa kuvaa Dr – arvo, joka saadaan käyttämällä samoja mitattuja r-arvoja, kuin plastisen venymäsuhteen keskiarvon laskemisessakin. Sen arvon ollessa nolla ovat syvävedettävyysominaisuudet parhaat mahdolliset, koska levy on tällöin isotrooppista tason suunnassa. Tasoanisotropian laskennassa käytetään alla esitettyä kaavaa:

$$r = \frac{r_{0/20} + r_{90/20} + 2r_{45/20}}{2}$$

(Kleemola ym. 1976, 60)

Kuumavalssatut ruostumattomat teräkset

Kuumavalssatut ruostumattomat teräkset eroavat kylmävalssatuista laaduista mm. pinnanlaadultaan. Kuumavalssattujen laatuojen suurempi pinnankarheus ja pienempi heijastavuus rajoittavat niiden käyttöä kohteisiin, joissa pinnanlaadulla ei ole suurta merkitystä. Kylmävalssaamalla saadaan tehtyä myös ohuempia materiaaleja. (Kauppi 2015.)

Sulattoprosessissa jatkuvavalussa teräkselle syntyy karkea jäähdytysrakente ja siinä tapahtuu seosaineiden suotautumista. Ennen kuumavalssausta teräsaihiolle tehdään nk. taseushehkutus, jossa suotaumisesta johtuvat seosainepitoisuuserot saadaan tasoittumaan mahdollisimman hyvin. Hehkutus tehdään askelpalkkiuunissa, jossa aihion lämpötila nostetaan mahdollisimman korkealle seosaineiden diffuusion varmistamiseksi, mikä puolestaan aikaansaa paikallisten pitoisuuserojen tasoittumisen. Hehkutuslämpötila austeniittisilla ruostumattomilla teräksillä on luokkaa 1250 °C. (Kauppi 2015)

Aihion paksuus on n. 175–185 mm ja kuumavalssatun nauhan loppupaksuus vaihtelee 2.4–12.7 mm välillä, mikä tarkoittaa, että kokonaisreduktio kuumavalssauksessa voi olla yli 98 %. Näin suuren reduktion aikaansaamiseksi tarvitaan kolme valssausvaihetta: 1. esivalssaus, 2. Steckel - valssaus ja 3. tandem - valssaus.

Rekristallisaatio aikaansaa sen, että pysyvään muodonmuutokseen vaadittava valssausvoima ei kasva olennaisesti valssauksen edetessä, eli muokkauslujittuminen on huomattavasti lievempää, kuin tehtäessä muokkausta rekristallisaatiolämpötilan Tnr alapuolella. Näin päästään suuriin mitareduktioihin ja samalla tapahtuu teräksen raerakenteessa edullisia muutoksia. Kuumamuokkaukseen soveltuvan lämpötila-alueen ylärajan muodostaa soliduslämpötila Ts ja alarajan rekristallisaatiolämpötila Tnr. Hyvin korkea lämpötila johtaa kuitenkin karkearakenteeseen rakenteeseen liiallisen rakenekasvun johdosta. (Kauppi 2015.)

Valssauksen jälkeen kuumanauha jäädytetään mahdollisimman nopeasti n.600–650 °C:een. Jäähtyminen ei vaikuta teräksen ominaisuuksiin juurikaan, koska sen aikana ei tapahdu faasimuutoksia hiiliterästen tapaan. Monilla teräksillä lopputuotteen mekaanisiin ominaisuuksiin ja erityisesti muovattavuuteen vaikuttaa kuumavalssauksessa syntynyt suuntautuneisuus eli tekstuuri. Austeniittisten ja täysin ferriittisten teräslaatuojen kohdalla valssaus ei vaikuta nauhaan syntyvään tekstuuriin kovinkaan paljon. Sen sijaan sellaisiin ferriittisiin laatuoihin, joiden rakenteessa on korkeissa lämpötiloissa austeniittia (esim. EN 1.4016 ja EN 1.4003) ferriittiin ja austeniittiin syntyy erilainen tekstuuri kuuma-valssauksessa. Kun austeniitti hajaantuu lämpötilan laskiessa, syntyvään ferriittiin muodostuu erilainen tekstuuri ja näihin alueisiin erkautuu myös paljon kromikarbideja. Varsinkin EN 1.4016 teräksessä tällainen valssaussuunnassa esiintyvä voimakas tekstuuri aiheuttaa muovauksessa 10–25 % reduktiolla pintavikaa, jota kutsutaan ropingiksi. (Kauppi 2015.)

Koemateriaalit ja menetelmät

Koemateriaalien EN 1.4307 (Teräs A) ja EN 1.4404 (Teräs B) muovattavuusominaisuuksia tutkittiin Lapin Ammatikorkeakoulun Kemian yksikön rikkovan aineen koetuksen

laboratoriossa. Muovattavuuden kannalta olennaisia mekaanisia ominaisuuksia (lujuus, venymät ja tasoanisotropia) selvitetiin vetokokeen avulla. Teräksen A tapauksessa koeteräksiä oli 11 kpl ja teräksen B tapauksessa 18 kpl.

Mittaustuloksien muista selvästi poikkeavat arvot (harha-arvot, engl. outlier) pyrittiin havaitsemaan ja poistamaan, koska ne eivät kuulu mittaustulosten muodostamaan jakumaan. Jos nämä arvot otetaan datan tilastollisessa analysoinnissa huomioon, lasketut tulokset (keskiarvo, hajonta, jne.) vääristyvät. Liikaa normaalijakaumasta poikkeavat arvot on helppo määrittää Grubbsin testillä. Tässä tutkimuksessa Grubbsin testit ja muu tilastollinen käsittely tehtiin Minitab – tilastomatematiikkaohjelmistolla.

Vetokoetulokset

Tulosten perusteella teräksen A myötölujuus vaihteli keskimäärin välillä 260 – 288MPa, murtolujuus välillä 600 – 618MPa, murtovenymä välillä 51.7 – 57.4 %, r-arvo välillä 0.89 – 1.08, Dr-arvo välillä -0.28 – 0.11 ja muokkauslujittumiseksponentin n arvo välillä 0.22 – 0.36.

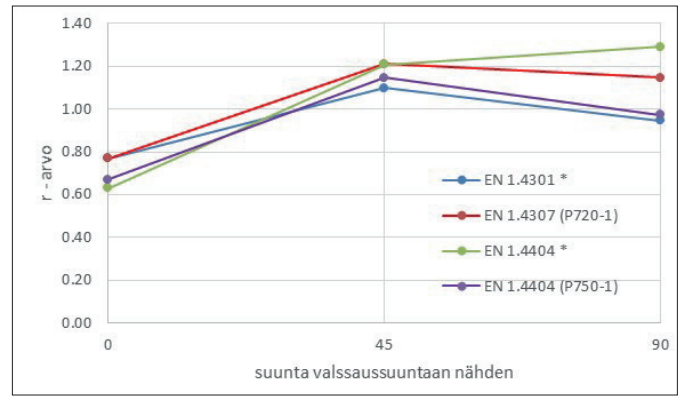
Teräksen B keskimääräinen myötölujuus vaihteli välillä 258 – 306MPa, murtolujuus välillä 555 – 620MPa, murtovenymä välillä 49.1 – 57.5 %, r-arvo välillä 0.85 – 1.02, Dr-arvo välillä -0.45 – -0.16 ja muokkauslujittumiseksponentin n arvo välillä 0.21 – 0.36.

Tulosten perusteella koeterästen myötö- ja murtolujuudet olivat standardien vaatimissa arvoissa. Molempien koeterästen myötölujuudet ylittivät reilusti niille vaadittavat minimiarvot. Standardin mukaan minimiarvot A ja B -terästen myötölujuudelle ovat 200MPa ja 220MPa ja koetuloksista saadut keskiarvot olivat 277MPa ja 283MPa. Standardin sallimat murtolujuudet A ja B -teräksille ovat 520 – 700MPa ja 530 – 680MPa. Koetuloksien keskiarvot olivat 609MPa ja 584MPa. Muokkauslujittumista on tarkasteltu toisaalla tässä lehdessä.

Plastinen anisotropia

Vetokokeiden tuloksista määritetyt keskimääräiset r-arvot olivat teräkselle A 0.95 ja teräkselle B 0.94. Pkk-hilaisten, eli austeniittisten materiaalien, keskimääräiset r-arvot ovat yleensä pienempiä kuin 1, joten testien tulokset vastaavat tätä väittämää (Kleemola, ym. 1976, 4).

Kuvassa 4 on esitetty kylmävalssattujen EN 1.4301- ja EN 1.4404-terästen terästen r-arvoja verrokkina tässä työssä tutkituille teräksille. Verrokkimateriaalit on merkitty taulu-



KUVA 4. Terästen r-arvot valssaussuuntaan nähden (Outokumpu Oyj 2014, 7)

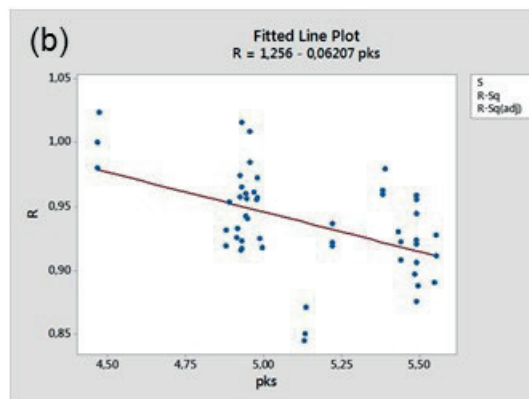
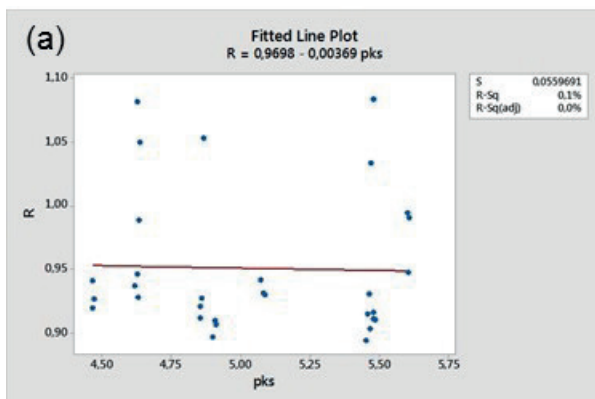
kossa tähdellä. R-arvot ovat kaikilla teräksillä pitkäikäisesti valssaussuuntaan (0°) nähden pienimmät ja suurimmat 45° valssaussuuntaan nähden lukuun ottamatta kylmävalssattua ”haponkestävää” EN 1.4404-terästä, jonka r-arvot ovat suurimmat 90° valssaussuuntaan.

Taulukossa 8 on esitetty tyypillisiä r-arvoja kylmävalssatuille ruostumattomalle teräkselle 1.4307 ja 1.4404. Kyseessä ovat koeterästen kanssa täysin samaa laatua olevia teräksiä, joten tuloksia voidaan verrata suoraan keskenään. 1.4307-teräksellä ja A-teräksellä pitkäikäin (0°) ja poikittain (90°) valssaussuuntaan nähden olevat arvot ovat samansuuruisia, mutta 45° suuntaan kylmävalssatulla laadulla arvot ovat huomattavasti korkeammat. Tämä johtaa suurempaan r-arvoon kylmävalssatussa teräksessä. Kokonaisuudessaan r-arvot ovat jonkin verran korkeampia kylmävalssatuissa laaduissa, mikä tarkoittaa parempia syvävedettävyysominaisuuksia.

TAULUKKO 1. Anisotropiaa kuvaavia r-arvoja kylmävalssatulle ruostumattomalle teräkselle. (Manninen 11.5.2015)

Teräs	0°	45°	90°	r	Δr
1.4307	0.8	1.19	0.95	1.03	-0.32
1.4404	0.61	1.13	1.33	1.05	-0.16

Kuvissa 5 a ja b on esitetty terästen anisotropiaa kuvaavat r-arvot paksuuden funktiona. Kuvista nähdään, että r-arvot pysyvät suunnilleen samoina materiaalin paksuudesta riippumatta. Regressiosuoran korrelaatiokertoimien R² perusteella paksuudella ei ole tilastollisesti tarkasteltuna vaikutusta r-arvoon (R² << 0,85).



KUVA 5. Koeterästen r-arvojen riippuvuus kuumanauhan paksuudesta: a) teräs A ja b) teräs B.

Selkeät säästöt Kempin FastMig X hitsauslaitteella ja WiseRoot+ -prosessilla

Kempin FastMig X -tuotteen avulla katat helposti kaikki konepajojen ja työmaiden vaativat hitsaustarpeet ja laadunhallinnan vaatimukset. Valikoima sisältää kolme eri tarkoitukseen valmiiksi räätälöityä kokoonpanoa: FastMig X Regular -paketin tehokkaaseen eri materiaalien MIG/MAG-pulssihitsaukseen, FastMig X Pipe -paketit, jotka on optimoitu erityisesti putkien ja pohjapalkojen hitsaukseen sekä monipuolisen FastMig X Intelligent -paketin, joka sisältää laajan valikoiman tuottavuutta ja laatua parantavia erikoisprosesseja ja -toimintoja. Tai vaihtoehtoisesti voit räätälöidä oman laitekokonaisuuden juuri omien tarpeidesi mukaan.

WiseRoot+ – maailman edistyksellisin pohjapalon hitsausprosessi

FastMig X Pipe -paketit teräkselle ja ruostumattomalle teräkselle on suunniteltu erityisesti putkien hitsaukseen. Paketit sisältävät WiseRoot+ -prosessin, jolla pohjapalkojen hitsaus ilman juuritukea on ennennäkemättömän helppoa ja tehokasta – se on jopa 5 kertaa nopeampi kuin TIG-hitsaus. Järjestelmä on myös erittäin monipuolinen. Siihen voidaan esimerkiksi liittää kaksi langansyöttölaitetta, minkä ansiosta prosessia, poltinta ja lisäainelankaa ei tarvitse vaihtaa, kun siirrytään pohjapalon hitsauksesta täyttöpalkojen hitsaukseen.

Oheinen laskelma osoittaa miten voit hitsata 80 % enemmän päivän aikana ja säästää 50 % työkustannuksissa WiseRoot+ -prosessin avulla.

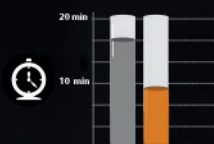
LISÄTIETOJA

Petteri Jernström, Director, Product Management and Technology Services p. +358 44 2899548
petteri.jernstrom@kempin.com

Kempin Oy on johtavia kaarihitsauslaitteiden valmistajia ja tuottavien hitsausratkaisujen tarjoajia maailmassa. Kempin on 65-vuotisen historiansa aikana tuonut markkinoille monia uusia innovaatioita ja toiminut suunnannäyttäjänä sekä hitsauslaiteteknologiassa että tuottavien hitsausratkaisujen kehittäjänä. Vuonna 2013 yhtiön globaali liikevaihto oli 111 miljoonaa euroa. Kempin tuotantolaitokset sijaitsevat Suomessa ja Intiassa. Yhtiöllä on yli 620 työntekijää. Kempin on ensimmäinen ISO 3834-2 -sertifioitu hitsausratkaisujen valmistaja maailmassa. Lisätietoja osoitteesta www.kempin.com.

Hitsaa yli **80 %** enemmän päivässä ja säästä **50 %** työ- ja lisäainekuluissa **WiseRoot+**:n ansiosta

Putkihitsaustesti WiseRoot+-prosessilla
MIG/MAG vs. **WiseRoot+**



Kuljetusnopeus = 16,8 min/m
Kuljetusnopeus = 8,8 min/m



Aika yhtä putkea kohti = 28 minuuttia
Aika yhtä putkea kohti = 14,6 minuuttia



Aiheuttaa kuonaa ja roiskeita Paljon jälkityöstökustannuksia



Ei kuonaa, vähän roiskeita Vähemmän jälkityöstökustannuksia



Putkien määrä 8 tunnin työpäivän aikana = 3,5
Putkien määrä 8 tunnin työpäivän aikana = 6,6

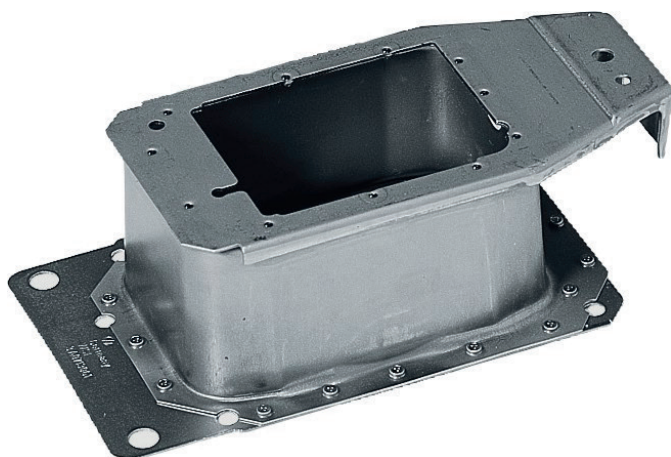
Vertailutaulukko pohjapalon hitsauksesta 530 mm:n putkeen
Kaariaika = 20 % ja työkustannukset = 30 €/h
Katso laskelma.

Toxilta saa pisteitä

■ VEIJO KAUPPINEN

Eteläsaksalainen perheyrittäjä TOX kuuluu puristusliittämisen ja menetelmän laitteistojen johtaviin kehittäjiin ja valmistajiin. Yrityksen tuotepaletti perustuu reilun kolmenkymmenen vuoden takaiseen innovatiiviseen keksintöön, hydraulivoiman edut pelkällä paineilimaliittännällä tuottavaan pneumohydrauliseen ”voimapakettiin”, joka toki on sittemmin saanut rinnalleen hydrauliset ja sähköiset voimantuottajat.

Autoissa riittää liitoksia, joilta edellytetään paitsi lujuutta myös suurta muodonmuutoksiin mukautumiskykyä. Hitsattujen liitosten sekä ruuvien ja niittien rinnalle on tullut rinnakkaisia vaihtoehtoja toisaalta liitoksen kustannusten alentamiseksi ja toisaalta siksi, että materiaalitekniikan kehittymisen seurauksena on tarpeen liittää toisiinsa materiaaleja, jotka eivät ole hitsattavissa. Niittitön niittaus eli puristusliittäminen toki sopii muuhunkin kuin suursarjatuotantoon.



KUVA 1. Esimerkki puristusliitoksesta

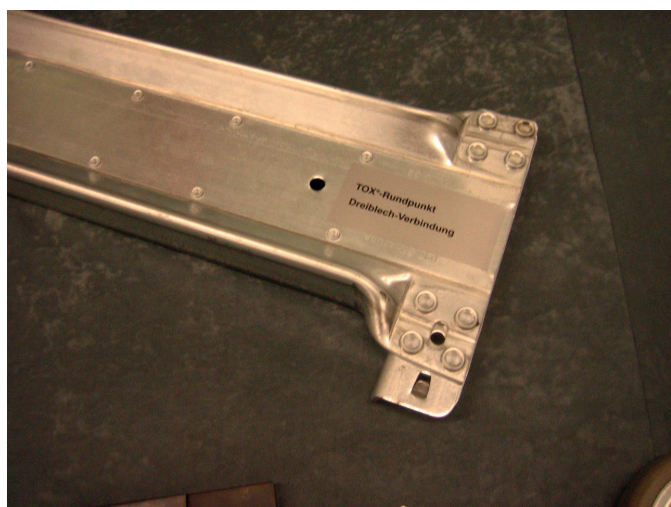
TOX:in alkuperäinen liitos on ollut edelleen käytössä oleva pyöreä piste, joka on saanut rinnalleen lukuisia erilaisiin käyttötarkoituksiin soveltuvia, täydentäviä variaatioita.

Niittitön niittaus on ohut- ja nykyään myös paksumpien levyjen liittämismenetelmä. Liitos syntyy kylmämuovamalla kohde tarkoitukseen suunnitelluin työkaluin. Tuloksena on tiivis, nepparia muistuttava, mutta purkamaton liitos, joka toki tarvittaessa aukeaa poraamalla liitoskohta pois. Puristusliittämällä voidaan yhdistää toisiinsa eri paksuisia ja eri aineisia metalleja ja muitakin materiaaleja mahdollisine pinnoituksineen ja välikalvoineen. Puristusliittäminen ja liimaus on mahdollista haluttaessa yhdistää. Erilisiä liitososia ei yleensä tarvita lainkaan, vaan liitos muovautuu perusaineesta. Puristusniittaus ei näinollen lisää rakenneseosien painoa. Hitsauksen edellyttämää energiankäyttöä tai kaasuja ei niitäkään tarvita. Menetelmä on pistehitsauksen tavoin robotisoitavissa.

Nykyautoissa ja muuallakin koneenrakennuksessa suositetaan korkealujuuksisia teräksiä sekä alumiinisia ja kuitumateriaalisia hybridirakenteita, joiden liittäminen hitsaamalla on vaikeaa tai mahdotonta. Puristusliitos ei hitsauksen tavoin synnytä liitokseen vetelyjä ja aineen rakenteen muutoksia aineuttavaa lämpöä. Ruuvaus ja niittaus ovat tarvittavien erillisosien takia sitä kalliimpia menetelmiä.

TOX:in tekniikka ja laitteet tuottavat paljon halutunlaisia pisteitä. Yrityksen tuotesuunnittelun tavoite on yksinkertaisuus ja toimintavarmuus. Rakennesarjoitus mahdollistaa laitteiston kokoamisen asiakaskohtaisiin tarpeisiin. Pääasiakas on autoteollisuus, jolle toimitetaan noin puolet tuotteista. Kärjessä ovat Audi, Daimler ja VW. Kotitalouskoneiden valmistus on toinen merkittävä käyttäjä. Tekniikka soveltuu myös pienempien sarjojen valmistukseen ja muuhunkin puristamiseen ja liittämiseen - kuriositeettina yrityksen Kiinan tehtaan valmistamat Pekingin olympialaisten mitalien meistauskoneet.

Puristinten ja niiden ympärille rakentuvien työkalujen perusrakenteet ovat edelleen alkuperäisten patenttien mukaiset. Prosessin valvontaan tarjolla olevia ratkaisuja on otettu käyttöön - nekin yksinkertaisia, mutta silti tarkkoja ja helpokäyttöisiä. Puristusliikettä ja -voimaa valvomalla syntyy optimaalinen työtulos, joka on laadunvarmistusta varten dokumentoitavissa. Tarjolla on myös itse kehitetty työkalun kulumista seuraava järjestelmä, jota käyttämällä työkalun jäljestä on varmuudella todettavissa, onko liitostekniikassa käytetty TOX:in työkalua vai ei.



KUVA 2. Esimerkki kolmen levyn liitoksesta TOX-menetelmällä.

Puristimiin on liitettävissä myös työkalualetta asemoivat ja paikoillaan pitävät kiinnittimet.

TOX valmistaa itse laitteidensa koneistettavia osia. Weingartenin kantatehtaan moderniin konekantaan kuuluu Fas-temsint toimittama joustava automaattinen valmistusjärjestelmä, FMS, jonka korkeavarastohyllyjen liitokset on tilaajan vaatimuksesta valmistettu puristusliittäen. Menetelmää kerrotaan harkitun - ehkä käytetynkin - kulkuneuvojen re-

kisterikilpien kiinnitykseen. Tällöin niitä ei voi vaurioittaa irrottaa.

TOX on levittänyt aktiivisesti maailmalle autojen valmistuksen vaatimin tavoin. Suurin ulkomainen tehdas on Kiinassa. Merkittävää valmistusta on myös Brasiliassa ja Intiassa. Yhtiön toimituskykyä lisätään entisestään Weingartenin kantatehtaalla juuri käynnistetyllä 12 miljoonan euron laajennusinvestoinnilla.

Tuoreita tutkimustuloksia jauhemaalattujen ohutlevyjen kemiallisista esikäsittelyistä

Kasvat laatuvaatimukset, vaativammat käyttöolosuhteet ja pidemmät takuuajat edellyttävät testattua tietoa maalauksen kestävydestä. Teknos testasi uusien kemiallisten esikäsittelyjen toimivuutta korroosionestoon tarkoitettujen jauhemaalien kanssa.

Ohutlevytuotteiden korroosionestomaalaus on yhdistelmä rasitusluokkaan soveltuvasta kemiallisesta esikäsittelystä ja jauhemaalista. Teknos on jo vuosien ajan testannut korroosionestoa varten kehitetyt INFRALIT -jauhemaalinsa SFS-EN ISO 12944 standardin mukaisin menetelmin, vaikka jauhemaalit eivät sisällykään kyseiseen standardiin. Teknosin kotisivuilta löytyvä esite ”Jauhemaalauksen korroosionestomenetelmä” esittelee jauhemaalauksen järjestelmät puhalletulle tai singotulle teräkselle.

Jauhemaalauksen tavanomaisesti ohutlevytuotteiden maalausta ja näiden tyypillinen esikäsittely on kemiallinen esikäsittely. Kansainvälistymisen myötä jauhemaalattujen pintojen laatuvaatimukset ovat kasvaneet, käyttöolosuhteet muuttuneet vaativammiksi ja takuuajat pidentyneet. Korroosionestomaalauksen standardi on kansainvälisesti tunnettu, joten sen mukaisesti testattua ja luokiteltua tietoa jauhemaalattujen kappaleiden korroosionkestävyydestä tarvitaan.

Kemialliset esikäsittelyt

Teknosin tuotekehitys on seurannut tiiviisti uusien kemioiden myötä tapahtuvia muutoksia korroosionkestävyyksissä ja testannut kemiallisten esikäsittelyjen toimivuutta INFRALIT -jauhemaalien kanssa. Testitulokset perustuvat SFS-EN ISO 12944-5 standardin mukaisesti tehtyyn koestussarjaan.*

Jauhemaalattujen ohutlevytuotteiden tavanomaisin esikäsittely on rauta- tai sinkkifosfointi. Fosfointinissa muo-

dostetaan maalattavalle metallipinnalle kiinteästi tarttuva, ohut, hienokiteinen fosfaattikerros. Puhdistetut metallikappaleet käsitellään fosfointiliuoksella joko upottamalla, suihkuttamalla tai sivelemällä.

Testitulosten mukaan rautafosfointi soveltuu esikäsittelyksi kylmävalssatulle teräkselle ilmastorasitusluokkaan C3 saakka, mutta sitä ei tulisi käyttää erittäin vaativissa olosuhteissa, jotka edellyttävät korkeampaa korroosiosuojaa ja pidempää käyttöikää, kertoo Teknosin jauhemaalien tutkimuspäällikkö Mark Artala.

Sinkkifosfointi edustaa rautafosfointia kestävämpää esikäsittelyteknologiaa. Sinkkifosfointin testitulokset olivat verrattavissa mekaaniseen esikäsittelyasteeseen Sa 2½, jolla saavutetaan C4 ilmastorasitusluokan vaatimukset, Artala jatkaa.

Alumiinikappaleiden fosfointi ei juurikaan ole lisännyt niiden korroosiosuojaa. Sama pätee erilaisiin sinkittyihin kappaleisiin, joilla rautafosfointi ei ole merkittävästi lisännyt niiden korroosiokestävyyttä, mutta sinkkifosfointi puolestaan on. Näille alustoille soveltuvampi korroosiosuoja saadaan aikaan kromatoinnilla, kun puhutaan perinteistä esikäsittelystä.

Ohutkalvoteknologia - ympäristöystävällinen vaihtoehto

Kiristyvät ympäristövaatimukset ja lainsäädäntö ovat edistäneet siirtymistä perinteisistä esikäsittelykemikaaleista uusiin ympäristöystävällisempiin fosfaatti- ja kromivapaisiin vaihtoehtoihin. Uusien kemioiden soveltuvuus niin teräkselle, alumiinille kuin sinkityille alustoille on edesauttanut kemikaalien muutosta maalauslinjoilla.



Kromi- ja fosfaattivapaiden esikäsitteilymenetelmien, kuten silaani- tai zirkoniumkäsittelyjen testitulokset vaihtelivat jonkin verran kemian toimittajista ja alustamateriaaleista riippuen. Vaikka koestuksissa saataisiinkin hyviä testituloksia, on suositeltavaa, että jokainen linja testataan erikseen, Mark Artala tähdentää.

Kromi- ja fosfaattivapaiden esikäsitteilymenetelmien, kuten silaani- tai zirkoniumkäsittelyjen testitulokset vaihtelivat jonkin verran kemian toimittajista ja alustamateriaaleista riippuen. Vaikka koestuksissa saataisiinkin hyviä testituloksia, on suositeltavaa, että jokainen linja testataan erikseen, Artala tähdentää.

Uusien kemioiden myötä kemikaalien kerrosvahvuudet ovat pienentyneet ja yleisesti puhutaankin ohutkalvoteknologiasta (Thin Film Technology). Testitulosten perusteella uusien esikäsitteilykemikaalien antamalla korroosiosuojalla ja yhdenkerran jauhemaalauksella saavutetaan helposti rasisitusluokka C4 ja joissakin tapauksissa päästään jopa luokkaan C5.

Yksi- vai kaksikerrosmaalaus?

Vaikka yksikerrosjauhemaalauksella on saavutettu C5/M ja jopa sitäkin korkeampia rasisitusluokkia, niin korkeampaa korroosiosuojaa edellyttävissä, vaativammassa ilmasto-

olosuhteissa on suositeltavaa käyttää kaksikerrosmaalauksia. Sama koskee kohteita, joiden takuuajat ja käyttöikäodotukset ovat pitkät. Erityisen tärkeää on varmistaa, että maalikalvonpaksuus on riittävä terävissä kulmissa ja vaikeasti ruiskutettavissa kohdissa, joiden osalta maalaus kahdella erillisellä kerralla varmistaa minimikalvonvahvuuksien saavuttamisen.

Esimerkiksi INFRALIT PE 8640 matalapolttajauheen kanssa on suositeltavaa käyttää mekaanista esikäsitteilyä tai yhdistetelmänä mekaanista ja kemiallista esikäsitteilyä tai soveltuvaa pohjamaalia. Polyesteri- ja sinkkiepoksijauhemalit soveltuvat erinomaisesti kemiallisesti esikäsitellyille kylmävalssatulle teräkselle ja ne parantavat merkittävästi maalattujen kohteiden korroosiosuojaa, Teknoksen myyntipäällikkö Harry Kouri ohjeistaa.

LISÄTIETOJA

Teknoksen jauhemaalimyynnistä: www.teknos.fi

	Paint System	Iron phos.	Zinc phos.	Thin film technology
C3-M	INFRALIT PE 8350 80/1	✓	✓	✓
C4-M	INFRALIT PE 8350 100/1		✓	✓
C4-H	INFRALIT PE 8350 80/1		✓	✓
C5-M/H	INFRALIT EP 8026-05 60/1 INFRALIT PE 8350 100/1		✓	✓

INFRALIT jauhemaalauksjärjestelmässä käytetyt esikäsitteilyt.

Tampereen uudet konemessut kiinnostavat alan yrityksiä

Metalliteollisuuden messumekassa Tampereella järjestetään Konepaja 2016 -messut 15.–17.3.2016. Konepajan yhteydessä pidetään myös Ohutlevypäivät ja jaetaan Plootu Fennica -ohutlevytuotekilpailun palkinnot. Samaan aikaan toteutetaan Pohjoismaiden merkittävimmät hitsausalan ammattimessut Nordic Welding Expo 2016.

Uudet metalliteollisuuden kone- ja laitemessut ovat herättäneet suurta kiinnostusta alan yritysten keskuudessa ja näyttelypaikat käyvät kaupaksi vauhdilla.

– Konepaja 2016 esittelee metalliteollisuuden uusimmat koneet ja laitteet alan yritysten kilpailukyvyyn ja tehokkuuden parantamiseen. Sisältö on suunnattu etenkin kone- ja laiteinvestoinneista päättävälle henkilölle. Uusi tapahtuma on saanut konepajateollisuuden toimijoiden keskuudessa innokkaan vastaanoton. Yhdessä hitsausalan NWE-messujen kanssa Konepaja muodostaa tapahtumakokonaisuuden, jonka alan toimijat kokevat vastaavan alan nykyisiä tarpeita, kertoo sanoo projektipäällikkö Mikael Wänskä Tampereen Messut Oy:stä.

Hallit täynnä koneita ja laitteita

– Pirkanmaa on konepajojen kehto, joten samalla myös luonteva paikka alan messuille. Alihankinta-messuilla metalliteollisuuden yritykset myyvät vuosittain omaa osaamistaan ja kapasiteettia, mutta uusille Konepaja-messuille nämä toimijat tulevat kävijöinä katsomaan uusia koneita ja laitteita. Suomessa on noin 10 000 konepajaa, joten kävijäpotentiaalia riittää, toteaa tuoteryhmäpäällikkö Jani Maja Tampereen Messut Oy:stä.

Konepaja-messuilla asiakkaat pääsevät tutustumaan kone- ja laiteuutuuksiin, työkaluihin sekä viimeisimpiin ratkaisuihin liittyen automaatioon, robotiikkaan, kunnossapitoon ja teollisuuden palveluihin. Hallit ovat siis täynnä koneita ja laitteita, joten tämän messuvierailun anti ei pohjaudu vain videoiden ja esitteiden kautta saatuun tapahtumakokemukseen.

Ohutlevypäivät ja Plootu Fennica -kilpailu Konepaja 2016 -messujen yhteyteen

Ohutlevypäivät toteutetaan ensi keväänä Konepaja-messujen yhteydessä. Uudet metalliteollisuuden kone- ja laitemessut sekä samanaikaisesti pidettävät hitsausmessut tarjoavat kiinnostavaa sisältöä ja nähtävää Ohutlevypäivien vieraille.



KUVA 1. Pirkanmaa on konepajojen kehto ja samalla myös luonteva paikka alan messuille.

– Luvassa on varmasti antoisa tapahtumakokonaisuus, josta jäsenemme saavat uusia ajatuksia ja kontakteja. Tampereen seudulta löytyy myös hyviä kohteita yritysvierailuille, jotka ovat perinteisesti osa Ohutlevypäivien ohjelmaa, kertoo Ohutlevytuotteet-toimialaryhmän puheenjohtaja, Technical Development Manager Juha Tuomisto SSAB Europe Oy:stä.

Nyt jo kahdeksannen kerran järjestettävän Plootu Fennica -ohutlevytuotekilpailun voittajat palkitaan maaliskuussa Konepaja 2016 -messuilla.

– Plootu Fennica -ohutlevytuotekilpailun tavoitteena on löytää uudenlaisia tuotteita, joissa ohutlevyllä on olennainen osa muotoilussa, valmistustekniikassa, rakenteessa tai innovatiivisuudessa. Kilpailussa on kolme tasavertaista sarjaa: teollisuus, muotoilu ja oppilaitokset. Jokaisen sarjan voittaja palkitaan rahapalkinnolla ja lisäksi tarjolla on kunniamainintoja sekä julkisuutta. Koko kilpailun paras tuote valitaan vuoden ohutlevytuotteeksi ja pääpalkinto on 5000 euroa, sanoo Ohutlevytuotteet-toimialaryhmän asiamies Arto Kivirinta Teknologiateollisuus ry:stä.

Nosto ja/tai lisätiedot -laatikko

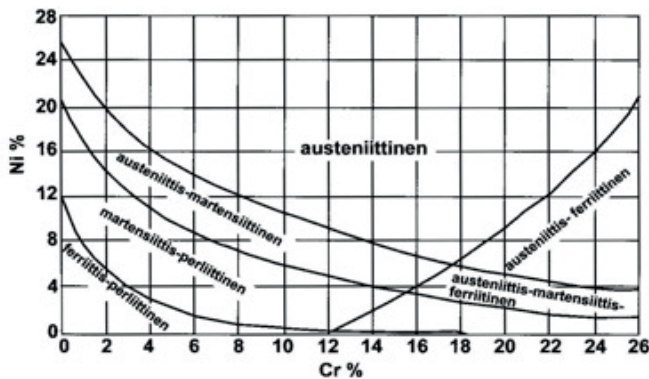
Konepaja -messut ja Nordic Welding Expo -messut 15.–17.3.2016 Tampereen Messu- ja Urheilukeskuksessa. Tampereen Messut Oy järjestää Konepajan yhteistyössä metalliteollisuuden kone- ja laite-toimijoiden, Teknisen Kaupan ja Palveluiden yhdistyksen Metallintyöstökonejaoston sekä Teknologiateollisuus ry:n Ohutlevytuotteet-toimialaryhmän kanssa. NWE-messut järjestetään yhteistyössä Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys SHY:n kanssa.



 **Aurubis**
Our Copper for your Life

Työstökarkenemisen vaikutus muovattavuuteen

■ SEPPO KIVIVUORI, PROF. EMERITUS, AALTO-YLIOPISTO

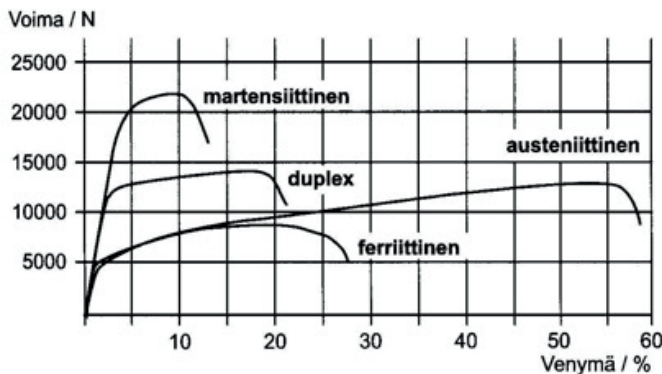


KUVA 1. Kromi- ja nikkelseosteisten terästen mikrorakenteet huoneenlämpötilassa.

1. Ruostumattomat teräkset

Ruostumattomat teräkset ovat vähintään 10,5% kromia sisältäviä seosteräksiä. Kromiseostus parantaa teräksen korroosionkestävyyttä. Useat ruostumattomat teräkset kestävät esimerkiksi ilmastollista korroosiorasitusta ja soveltuvat käytettäviksi useissa prosessiteollisuuden laitteistoissa. Ruostumaton teräs on pintaan muodostuvan kromioksidi-rikkaan passiivikalvonsa ansiosta ekologinen valinta, jonka elinkaari- ja huoltokustannukset ovat alhaiset sekä kierrätettävyys erinomainen.

Ruostumattomien terästen mikrorakenteita voidaan muunnella seostuksen avulla. Karkean arvion kromi- ja nikkelseostettujen terästen kiderakenteesta antaa kuva 1. Ruostumattomat teräkset ryhmitellään yleisesti neljään pääryhmään muodostuvien kiderakenteiden perusteella.



KUVA 2. Tyypillisiä ruostumattomien terästen jännitys-venymäkäyriä.

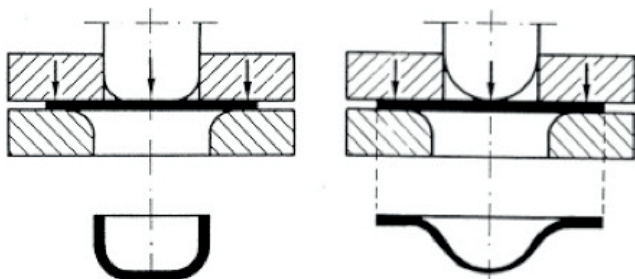
2. Ruostumattomien terästen pääryhmät

Yleisimmin käytetty ryhmä on austeniittiset ruostumattomat teräkset, joiden kiderakenne on nikkelseostuksella saatu austeniittiseksi. Nikkelin ohella austeniittista rakennetta suosivat muun muassa mangaani ja hiili. Tavanomainen ”ruostumaton teräs” 1.4301 ja molybdeeniseosteiset ”haponkestävät teräkset” ovat tunnetuimmat ruostumattomat teräslajit.

Austeniittisillä ruostumattomilla teräksillä on hyvä iskusitkeys matalissa lämpötiloissa, jopa vielä lämpötilassa -270 °C. Tämä koskee myös hitsattuja austeniittisistä teräksistä valmistettuja rakenteita. Lujuusominaisuudet säilyvät hyvinä myös korotetuissa lämpötiloissa.

Ferriittiset ruostumattomat teräkset ovat fysikaalisilta ja osin mekaanisiltakin ominaisuuksiltaan verrattavissa tavanomaisimpiin hiiliteräksiin. Yleisimmin käytetyt ferriittiset teräkset ovat kromilevyksikin kutsutut seokset. Alhaisemman kromipitoisuuden omaava teräs on yleistynyt kantavissa rakenteissa. Ferriittisten ruostumattomien terästen käyttölämpötila-alue on melko rajallinen ja varsinkin matalissa lämpötiloissa käytettävien hitsattujen rakenteiden iskusitkeydet tulee varmistaa.

Austeniittis-ferriittiset eli duplex-teräkset valmistetaan sopivalla kromin ja nikkelin seostuksella, jolloin mikrorakenne koostuu kahdesta eri kiderakenteesta. Duplex-terästen käyttö on yleistynyt muun muassa pumppujen pesämateriaalina sekä prosessiteollisuuden säiliöissä. Duplex-teräksillä on hyvä lujuuden ja sitkeyden suhde vaativiin rakenteisiin.



KUVA 3. Levynmuovauksen menetelmiä. SYVÄVETO VENYTYSVETO

Martensiittiset ruostumattomat teräkset ovat karkaistavia ja lujia teräksiä, joita käytetään muun muassa veitsien terämateriaaleina ja turpiinien siipinä. Martensiittiset ruostumattomat teräkset soveltuvat useimmiten käytettäväksi karkaisuina, mutta korkeamman hiilipitoisuuden omaavat teräkset tulee päästöhehkuttaa ennen käyttöä.

Kuvassa 2 on esitetty tyypillisiä jännitys-venymäkäyriä ruostumattomille teräksille. Erot lujuuden ja murtositkeyden yhdistelmissä ovat selkeät.

3. Muovausmenetelmät

Levynmuovaus jaetaan levyn kohdistuvien muovaavien jännitysten mukaan kahteen eri menetelmään, venytysvetoon ja syvävetoon. Venytysvedossa levymateriaalia joudutaan venyttämään voimakkaasti levyn tason suunnassa. Tuloksena onkin levyn voimakas oheneminen, joka voi johtaa lopulta aihion murtumiseen.

Syvävedossa muovattava levyaiho tyssäntyy hallitusti vedon aikana (kuva 3a), eikä levyn ohenemista tapahdu samalla tavoin kuin venytysvedossa. Vedetyn tuotteen seinämän paksuus pysyy alkuperäisenä tai saattaa jopa kasvaa hiukan. Käytännön levynmuovausprosesseissa näitä molempia muovaustyyppäjä saattaa esiintyä saman aikaisesti.

Venytysmuovauksessa aihion reunojen luistaminen on esitetty vetorenkaan ja levynpidättimen avulla (kuva 3b). Koska materiaali ei pääse liukumaan vetorenkaan yli, aihio venyy sekä säteen että tangentin suunnassa. Tällöin levy ohenee sen pinta-alan vastaavasti kasvaessa. Puhdas venytysmuovaus ei käytännössä ole yleinen valmistusmenetelmä, mutta syvävetoon yhdistettynä se on yleinen esim. kupera-pohjaisten astioiden valmistuksessa.

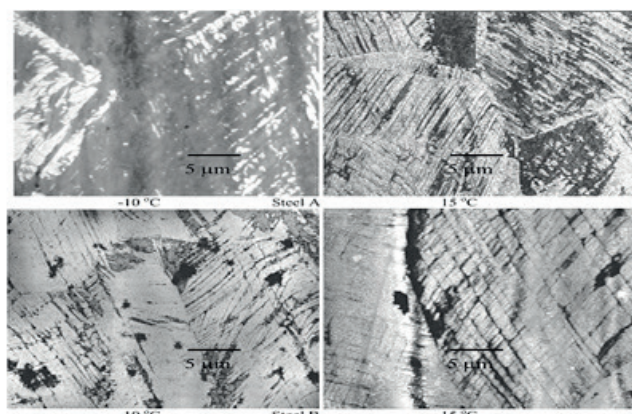
Muovattavan materiaalin kyky kestää murtumatta venytysmuovausta riippuu sen muokkauslujittumiskyvystä. Venytysmuovattavuuden mittana käytetäänkin muokkauslujittumiseksponentin arvoa n . Mitä suurempi arvo n -eksponentilla on, sitä ohuemmaksi levyn voi venyttää sen murtumatta.

Syvävedossa levyaiho muovataan yleensä astiamaiseksi tai kuppimaiseksi tuotteeksi, jonka seinämänpaksuutta ei tarkoituksellisesti muuteta (kuva 3b). Vedon aikana aihio liukuu pidätinlevyn ja vetorenkaan välistä painimen pakotamana ja muovautuu vetorenkaan pyöristyksen yli virratessaan kuppimaiseksi tuotteeksi.

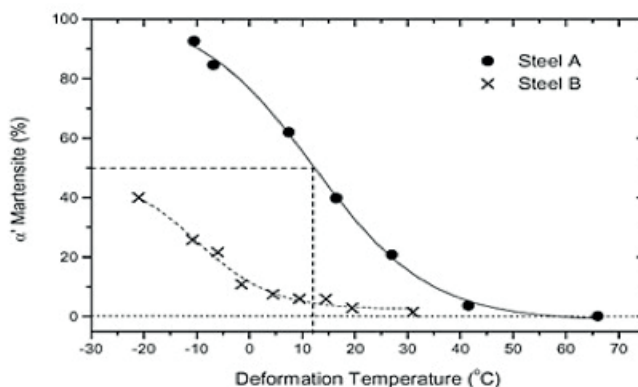
4. Muokkausmartensiitti

Austeniittisissa ruostumattomissa teräksissä austeniitti on huoneenlämpötilassa metastabiili, sillä kineettiset edellytykset spontaanille martensiittitransformaatiolle ovat hyvin vähäiset. Sen sijaan ulkoisen muodonmuutoksen vaikutuksesta voidaan martensiittireaktio käynnistää. Austeniitin stabiilisuus ymmärretään käsitteeksi, joka vastustaa austeniitin hajaantumista. Tästä on seurannut, että stabiilisuuskäsite on usein yhdistetty austeniitin hajaantumiseen vain muokkauksen vaikutuksesta. Perusteena tälle on ollut austeniitin epästabiilisuuden korostunut merkitys ruostumattoman teräksen muokkauslujittumisessa.

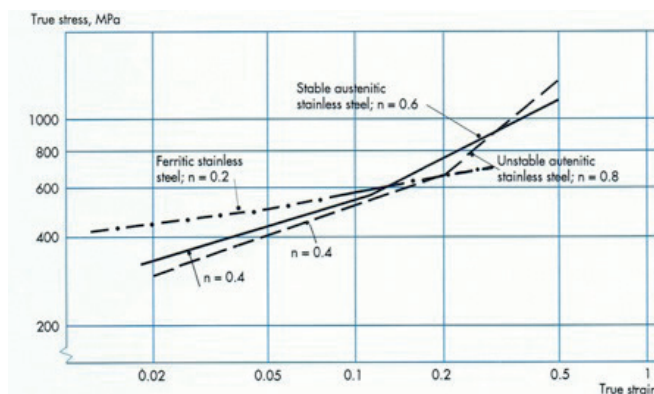
Monissa austeniittisissa ruostumattomissa teräksissä austeniitti hajaantuu osittain tiivispakkaukselliseksi heksagoniseksi (ϵ) ja tilakeskeiseksi kuutiolliseksi martensiitiksi (α') sammutuksen tai deformaation seurauksena (kuva 4). Mu-



KUVA 4. Kahden eri teräksen raenteeseen syntyneitä muokkausmartensiittejä.



KUVA 5. Kahden teräksen rakenteeseen syntyvän martensiitin määrät ja Md30 -lämpötilat.



KUVA 6. Muokkauslujittumiseksponentin arvoja.

dostuneen martensiitin synty tapa ja rakenne riippuvat transformaation termodynaamisista ja kineettisistä edellytyksistä, joita teräksellä on rakenteen ja toisaalta ulkoisten tekijöiden vuoksi.

Nopean jäähtymisen tuloksena alkaa austeniitti hajaantua martensiitiksi M_s -lämpötilan alapuolella. Tämän M_s -lämpötilan yläpuolella martensiitin muodostuminen alkaa ulkoisen jännityksen tai plastisen muokkauksen vaikutuksesta. Tätä lämpötilaa puolestaan kutsutaan M_d -lämpötilaksi. Koska M_d -lämpötila on jokseenkin epätarkka suure ilmaisemaan martensiitin muodostumiseen vaikuttavia teki-

jöitä (suurilla venymillä faasitransformaation alku on jyrkkä ja pienillä venymillä vaikeasti havaittavissa), on otettu käyttöön Md30 –lämpötila. Tämä austeniitin stabiilisuutta kuvaava Md30 –lämpötila ilmaisee lämpötilan, jossa todellisen venymän arvo 0,30 saa aikaiseksi teräkseen 50% muokkausmartensiittia (kuva 5).

Kylmämuovauksen aikana syntyy liukutasoille martensiittia. Tämän johdosta teräksen sanotaan työstökarkenevan. Erityisen selvästi tulee työstökarkeneminen näkyviin lastuavassa työstössä. Kun terä tunkeutuu metallin pintaan, se aiheuttaa tässä plastista muodonmuutosta, joka etenee terän kosketuspisteen edellä. Plastisen muodonmuutoksen yhteydessä syntyvä martensiitti kovettaa tällöin metallin pinnan niin, että jatkuva työstö voi muodostua hyvin vaikeaksi. Näin tapahtuu nimenomaan silloin, jos terä pääsee laahaamaan ja hankaamaan lastuttavaa pintaa. Pahimmassa tapauksessa on teräs austenitoitava uudelleen lastuamisen jatkamista varten. Niinpä austeniittiset ruostumattomat teräkset onkin koneistettava erityisesti laahaamista varoen hitaasti ja suurella syötöllä.

Martensiitin muodostuminen muokkauksen yhteydessä lisää materiaalin kovuutta ja lujuutta. Ruostumattomien te-

rästen muovattavuus riippuu pitkälti muokkauslujittumisesta (kuva 6). Martensiitin muodostuminen lisää muokkauslujittumista, mikä vastustaa kurouman syntymistä. Myös martensiittireaktion aiheuttama tilavuuden kasvu vastustaa kuroutumista.

Austeniittisten ruostumattomien terästen Md30-lämpötiloja ovat: AISI 304 -42...+11 oC, AISI301LN +20 oC ja AISI 316 alle -100 oC. Niinpä niiden vaikutus eri teräslajien muovattavuuteen onkin erittäin suuri.

5. Mekaaniset ominaisuudet

Ruostumattomien terästen ominaisuudet vaihtelevat hyvin suuresti. Perinteiset austeniittiset laadut ovat lujuudeltaan suurempia verrattaessa ferriittisiin laatuihin. Muovattavuudessa on myös eroja. Austeniittiset laadut omaavat paremmat ominaisuudet venytysvedossa, kun taas ferriittiset laadut ovat paremmat syvävedossa.

Taulukkoon 1 on koottu ruostumattomien terästen tyyppisiä mekaanisia ominaisuuksia ja muovattavuutta kuvaavia arvoja.

TAULUKKO 1. Ruostumattomien teräslajien tyyppisiä mekaanisia ominaisuuksia.

	Myötölujuus, MPa	Murtolujuus, MPa	Murtovenymä, %	LDR	Erichsen luku
Austeniittinen	210 - 350	620 - 640	65	2,10	12
Duplex	320 - 650	630 - 700	35	2,06	10
Ferriittinen	220 - 400	520 - 540	30	2,15	10
Hiiliteräs	180 - 220	270 - 300	35	2,20	10



LOGATE
Lean Supply Chain Partner

C-nimikkeiden hallintaan tehokas

Palveluvarastojen hallintapalvelu

- ✓ Toimitusten ohjaus etähallittuna palveluna, täydennykset kulutuksen mukaan
- ✓ Ajantasainen saldo- ja kulutushistoria toimittajille
- ✓ Nopeat toimitukset asiakkaan tiloihin hyllytettyinä
- ✓ Vastaanottotarkastus, laaduntarkastus ja esivalmistus soveltavissa
- ✓ Nopea käyttöönotto palveluna

Kysy tarjousta teidän tarpeisiin. Olemme mukana Tampereen Alihankintamessuilla osastolla A916. Tervetuloa!

LOGATE | puhelin 020 765 9990 | sales@logate.fi | www.logate.fi

Messukeskus Helsinki 6.-8.10.2015



TEKNOLOGIA'15

AUTOMAATIO • ELKOM • HYDRAULIIKKA & PNEUMATIikka • MECATEC • FINNTEC • TOOLTEC • JOINTEC

MITÄ TEKNOLOGIA TEKEE SINULLE?

Teemat 2015:

Teollinen internet
Robotiikka

**Me uskomme
teknologiaan, sen voimaan
edistää bisnestä.**

Luvassa huippukattaus
ohjelmaa, messuosastoja
ja tunnelmaa.

Tervetuloa!

Kohtaa

alan ihmiset,
uutuudet ja
innovaatiot

Esillä

teollisuuden
menestystarinoita
kilpailukykyisestä
Suomesta

Teknologia15 party ke 7.10.

Virve Rosti ja
Jean S.

**Rekisteröidy nyt
ja merkitse messut kalenteriisi**

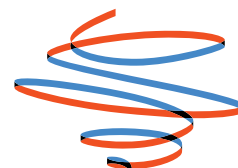
Tapahtuma avoinna: ti 6.10. klo 9-17, ke 7.10. klo 9-19 ja to 8.10. klo 9-16



Lataa mobiiliapplikaatio. Tutustu kätevästi messuihin ja tee oma muistilistasi.

teknologia15.fi

#teknologia15



Messukeskus

Sampo-Rosenlew Oy:lle uutta tekniikkaa

– Bystronic 6kW -kuitulaser täysin automatisoituna

Sampo-Rosenlew Oy:lle hankittiin tuotantoa tehostamaan BySprint Fiber 3015 6kW -kuitulaser jossa on automaattinen lastaus- ja purku sekä tornivarasto. Samassa yhteydessä hankittiin myös demokäytössä ollut 4,4kW CO₂ -laser korvaamaan vanhempaa tekniikkaa. Menetelmäsuunnittelija Vesa Teinonen kuvailee kuituun siirtymistä ”kulttuurishokiksi”, sillä perinteiseen CO₂-laseriin verrattuna koneen nopeus ja työn jälki olivat kuin eri planeetalta. Tämä kävi selväksi jo testausvaiheessa.



KUVA 1. 6kW Kuitulaser automaattisella lastauksella, purulla ja varastolla.



KUVA 2. BySpeed 4,4kW laser.

BySprint Fiber tuli taloon ja löysi heti paikkansa ohutlevyosien valmistuksessa. Koko kuluvan vuoden ajan jatkunut yhteiselo ei ole tuottanut pettymyksiä:

-Ajoimme Ruotsissa showroomissa muutamia omia ohjelmiamme, kelloitimme ja vertailimme omia tuloksia. Ero vanhaan tekniikkaan oli todella suuri. Leikkuunopeus oli sitä luokkaa, että päätös oli helppo tehdä, muistelee Sampo Rosenlew Oy:n leikkuupuimuritehtaan palveluksessa Porissa työskentelevä Teinonen.

-Tämä on juuri passeli meille, sillä teemme pääasiassa ohutta. Saamme tästä kaiken sen vauhdin, mikä otettavissa on, toteavat Teinonen sekä verastaspäällikkö Toni Sairanen.

-Periaatteessa tämä tekee kahden koneen työt. Pystymme tekemään itse sen, minkä joutuisimme muuten ostamaan ulkopuolelta.

Heidän mukaansa kuitulaserin käyttöönotto tiesi täysin uudenlaisen ajattelutavan omaksumista automatiikan käytössä.

-Tässä on kyse kokonaisvaltaisesta oppimisprosessista, ei pelkästään uudesta tekniikasta. On pitänyt miettiä purkamista ja nestausta uudella tavalla.

Supernoepa ja taloudellinen BySprint Fiber ei ole yhtiön ensimmäinen eikä varmasti viimeinenkään Bystronic. Sampo-Rosenlewin ja Bystronicin yhteistyö alkoi jo 1990-luvun puolivälissä, ja vuodenvaihteessa 2014-2015 asennettu

ja käyttöönotettu kuitulaser oli jo tehtaan kahdeksas Bystronic. Saman laiteperheen yhdeksäs edustaja BySpeed otettiin käyttöön maaliskuussa 2015.

-Ohutlevyssä ei kauheasti ole investoitu, joten uusimisen tarve oli selkeä. 1,5-2 vuoden aikana onkin leikkuupäässä melkein kaikki pistetty uusiksi. Myös särmäreitä on tullut uusia, eli koko kalusto on meillä päivitetty, Sairanen ja Teinonen kertovat.

BySprint Fiberillä on jo ehditty valmistaa puimurin osia 1-2 ja 6 mm välillä. Automaattisen lastauksen ja purun sekä tornin avulla pystytään ajamaan 3-vuorotyötä: öisin kone on miehittämättömällä ajolla.

Bystronicin jälkimarkkinointi saa Sairaselta ja Teinoselta täydet pisteet. Apua on ollut tarjolla joustavasti joka tilanteessa. -Kun tilanne on ollut päällä, ratkaisu löytyy nopeasti, sanoo Sairanen. -Huoltomiehet ja muu Bystronicin väki ovat entuudestaan tuttuja, mikä myös auttaa paljon. Asiat luonnaavat hyvin, jatkaa Teinonen.

Bystronic on noin 20 vuotta jatkuneen yhteistyön aikana osoittautunut laadukkaaksi ja kestäväksi merkiksi: Sairasen mukaan vanhoilla koneilla on ajettu jopa yli 80.000 tuntia. -Hienoa on myös se, että työntekijät pystyvät joustavasti siirtymään koneelta toiselle. Kovin montaa päivää ei tarvitse opetella uusia ohjausjärjestelmiä, kun kaikissa koneissa ohjaus on samanlainen.



KUVA 3. Saamme tästä kaiken sen vauhdin, mikä otettavissa on, toteavat Vesa Teinonen sekä verstaapäällikkö Toni Sairanen.

Sampo-Rosenlewin leikkuupuimureista yli 80 prosenttia menee vientiin, ja puimureilla puidaan niin riisiä kuin vehnääkin eri puolilla maailmaa. Yksi tärkeimmistä vientimaista on Algeria, josta löytyy nykyään myös paikallinen kokoonpanotehdas CMA Sampo. -Pikku hiljaa tehdas on laajentanut kokoonpanosta hitsaukseen ja levyleikkaamiseen. Myös CMA Sampo käyttää Bystroniceja.

Sampo-puimureilla on pitkä historia: ensimmäiset puimakoneet näkivät päivänvalon Porissa jo 1920-luvulla. Vuosi 1957 oli käännekohta, sillä silloin Suomessa alkoi itse kulkevien leikkuupuimureiden valmistus. Sampo-Rosenlewin Comia-sarjaan kuuluu kaikkiaan 4-5 puimurimallia. Yksi puimuri kätkee oranssin kuoriensa sisään lähes 10.000 osaa. -Mallien sisällä on monia eri variaatioita, mikä tarkoittaa sitä, että osien valmistuksen pitää olla todella joustavaa, sanoo Sairanen.

Toimialaryhmän uutisia

Toiminta-ajatus

Ohutlevy tuotteet-toimialaryhmä (OLATAR) on vuonna 1989 perustettu Teknologiateollisuus ry:n ohutlevyjen ja/tai ohutlevy tuotteiden valmistusta harjoittavien jäsenyritysten yhteenliittymä, jonka tarkoituksena on edistää jäsentensä toimintaa sekä vahvistaa alan kilpailukykyä metalliteollisuudessa.

Jäsenet

Ryhmän jäseneksi voi liittyä jokainen ohutlevyjen ja/tai ohutlevy tuotteiden valmistusta harjoittava Teknologiateollisuus ry:n jäsenyritys sekä ohutlevy alan opetusta antava oppilaitos.

Mikäli olet kiinnostunut jäsenyydestä, pyydä säännöt ja liittymislomake toimialaryhmän asiamieheltä, puh. (09) 1923 280, telekopio (09) 624 462 tai sähköposti: arto.kivirinta@teknologiateollisuus.fi.

Toimialaryhmän jäsenluettelo esitetään tässä lehdessä sekä toimialaryhmän kotisivuilla osoitteessa:

<http://teknologiateollisuus.fi/fi/jasenet/toimialaryhmat/ohutlevy tuotteet>.

Ohutlevypäivät 2016

Vuoden 2016 Ohutlevypäivät pidetään 15.-16.3.2016 Tampereen Messu- ja Urheilukeskuksessa. Luvassa on taas mielenkiintoisia luentoja ja kiinnostavia yritysvierailuja, joista tällä hetkellä varmistettuja ovat jo Puristeteos Oy ja Aurajoki Oy. Varaa aika kalenteristasi jo nyt!

Plootu Fennica 2016

Plootu Fennica 2016 -ohutlevy tuotekilpailu on käynnissä. Teknologiateollisuus ry:n Ohutlevy tuotteet-toimialaryhmän järjestämässä kilpailussa etsitään jälleen uudenlaisia tuotteita, joissa ohutlevyllä on olennainen osa muotoilussa, valmistustekniikassa, rakenteessa tai innovatiivisuudessa. Viimeinen töiden jättöpäivä on 8.1.2016.

Plootu Fennica -ohutlevy tuotekilpailuun voi osallistua

kuka tahansa ohutlevystä tehdyllä tuotteella tai osalla. Kilpailussa on kolme tasavertaista sarjaa: teollisuus, muotoilu ja oppilaitokset. Jokaisen sarjan voittaja palkitaan rahapalkinnolla. Koko kilpailun voittaja valitaan Vuoden ohutlevy tuotteeksi. Lisäksi tarjolla on kunniamainintoja sekä näkyvyyttä ja julkisuutta messuilla ja tiedotusvälineissä. Kilpailun palkinnot jaetaan Konepaja 2016 -messuilla Tampereen Messu- ja Urheilukeskuksessa maaliskuussa 2016. Pääpalkinto on 5000 €.

Osallistu ja haasta yhteistyökumppanisi sekä kilpailijasi! Osallistumislomake löytyy kilpailun kotisivulta osoitteesta: <http://www.plootufennica.com>

Hallitsevat Plootu Fennica -voittajat ovat:

- Vuoden ohutlevy tuote ja muotoilusarjan voittaja, Footbalance Systems Oy:n jalkapohjan mittaukseen käytettävä analysointikioski, jonka on suunnitellut Pentagon Design.

- Teollisuussarjan voittaja, Rowaspro-kiinnitysmekanismi, joka on auton vetokoukkuun asennettava patentoitu pikakiinnitysmekanismi, Rowaspro Oy.

- Oppilaitossarjan voittaja, ohutlevy tekniikalla toteutettu polkupyörän runko Indie, Aalto-yliopisto.

Lisätietoja kilpailusta antaa Arto Kivirinta, mailto: arto.kivirinta@teknologiateollisuus.fi, toimialaryhmän ja tuomariston sihteeri.

Palautekysely

Ohutlevy-lehden tilaajille lähetetään syksyllä 2015 kysely, jossa kartoitetaan lukijoidemme toiveita lehden sisällön osalta sekä mahdollista halukkuutta osallistua lehden sisällön tuottamiseen artikkeleita kirjoittamalla. Samalla tiedustellaan myös ehdotuksia muiden Teknologiateollisuus ry:n Ohutlevy tuotteet-toimialaryhmän järjestämien tapahtumien kuten Ohutlevypäivien ja Plootu Fennica -ohutlevy tuote-kilpailun tunnettavuuden ja sisällön parantamiseksi.

Urjalan Painopojat generoivat lasertyyppensä itse

Urjalassa toimiva, tänä vuonna 30-vuotista olemassaoloaan juhliava Painosorvaamo Painopojat Oy muovaa ohutlevyä monella eri tavalla. Menetelminä on esimerkiksi painosorvaaminen, syvävetäminen, särmääminen ja mankelointi. Lisäksi Painopojilta hoituu myös laser- ja levytyökeskustyöt. Yritys palvelee pääasiassa teollisuuden alihankkijana.

Vaivattomuutta ja säästöä omavalmisteisella tyypellä

Laserleikkauksessa merkittävän kuluerän muodostaa tyyppikaasu, jota käytetään puhaltamaan leikkausrailosta pois lasersäteen sulattama materiaali. Lisäksi tyyppiä käytetään lasersäteiden sädekanavassa suojaakaasuna. Vuoden 2015 alussa Laser Gas Oy asensi Painopojille paikan päällä tyyppiä tuottavan, PSA-tekniikkaan perustuvan generaattorin. Generaattorin käyttöönoton myötä yritys pääsi eroon pullokaasutoimituksista, eikä sen enää tarvitse huolehtia jäljellä olevan kaasumäärän seuraamisesta, uusien pattereiden tilaamisesta tai niiden vaihdoista. Lisäksi typpiomavaraisuus tuo myös merkittävää kustannussäästöä, sillä vajaalla kilowattitunnilla sähköä saadaan generoitua yksi kilo tyyppikaasua.

Yksinkertaista teknologiaa

PSA-generaattorit ovat olleet teollisuuden käytössä jo 1960-luvulta lähtien. PSA on lyhenne sanoista pressure swing adsorption, ja suomeksi sitä voisi nimittää paineenvaihtelumenetelmäksi. Typpioperaattorin ytimen muodostaa kaksi aktiivihiihellä täytettyä rosterisäiliötä, jotka ottavat niiden sisään johdetusta paineilmasta talteen typen ja antavat muiden kaasujen kulkea läpi.

Aktiivihiihlipeidiltä tuleva tyyppikaasu soveltuu sellaiseen laserleikkureiden työkaasuksi. Leikkurin ja generaattorin väliin tarvitaan ainoastaan korkeapaine-kompressori ja varastosäiliö. Korkeapaine-kompressorilla typpi paineistetaan leikkurin vaatimalle tasolle ja ajetaan varastosäiliöön, josta se sitten virtautetaan leikkurille.

Käyttäjälleen generaattori on huomaamaton, sillä se ei vaadi toimenpiteitä. Se tuottaa tyyppiä automaattisesti ohjainlogiikan ohjaamana sitä mukaa kun tyyppiä leikkausprosessissa kuluu. Laitteisto huolletaan kerran vuodessa, ja käytännössä huolto käsittää suodattimien vaihdot.

”Käytämme tuotannossamme paljon sinkittyä- ja ruostumattomia levyjä. Näin olemme pääasiassa käyttäneet tyyppiä leikkuukaasuna. Laser Gasin järjestelmä, jossa typpi ajetaan generaattorilta korkeapaineiseen säiliöön takaa tasaisen typpentuoton leikkuu tapahtumaan.” Kertoo Hermani Hynninen Painosorvaamo Painopojat Oy:stä.

Laser Gas tekee paluuta juurilleen

Laser Gas perustettiin vuonna 1999 kehittämään Lillbacka Oy:n valmistamiin levytyökeskuksiin soveltuvaa typpioperaattoria. Generaattorin piti tuottaa kaupallista tyyppiä



Laser Gas on keskittynyt ultrapuhtaan typen tuottamiseen eri maiden armeijoille.

puhtaampaa kaasua hyvän leikkausjäljen saamiseksi. Hyvin nopeasti nuoren yrityksen resurssit kuitenkin suuntautuivat toisaalle, sillä Suomen ilmavoimat esitti pyynnön alkaa kehittää Hornet-hävittäjien ohjusjärjestelmän tyypilähteeksi soveltuvaa laitteistoa. Ohjuksissa tyyppiä tarvitaan jäähdyttämään infrapunahakupäätä, ja siinä kaasun puhtaus on ykköskriteeri. Kehityshanke onnistui, ja sen myötä Laser Gas sai asiakkaakseen ilmavoimat, joka yhä edelleen käyttää Laser Gasin generaattoreita ohjusten jäähdytyskaasujen tuottamiseen.

Ilmavoimien jälkeen asiakkaiksi tulivat myös maa- ja merivoimat. Vahvojen kotimaisten referenssien avulla aukesi lopulta myös kansainvälinen militaarimarkkina. Kaukaisin asiakas on tällä hetkellä Malesian ilmavoimat, joka tuottaa Laser Gasin typpioperaattoreilla ohjusten jäähdytystyyppiä ja happigeneraattoreilla lentäjien happea. Militaarisektorin asiakkuuksien hoitaminen satoi kankaanpääläisen perheyrittäjän resurssit pitkäksi aikaa.

”Olemme toimittaneet generaattoreita teollisuuteen Suomessa, Ruotsissa ja Virossa tasaiseen tahtiin. Esimerkiksi elektroniikkateollisuus on meille tärkeä asiakas, mutta laserkäyttäjien suuntaan markkinointimme on ollut resurssipulasta johtuen vaatimatonta. Nyt olemme kuitenkin aktiivisissa osittain sektorilla. Viidentoista vuoden yhteistyö eri maiden puolustusvoimien kanssa antaa hyvät edellytykset lähteä hoitamaan myös laserikäyttäjien typpituotantoa.” Rauno Hakala Laser Gasista toteaa.

Painosorvaamo Painopojat Oy on mukana Alihankintamessuilla osastolla A803, ja heitä voi käydä haastattelemassa typpioperaattorin käyttökokemuksista.

Teknologia teollisuus

AALTO-YLIOPISTON TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Kemian tekniikan korkeakoulu, Materiaalitekniikan laitos

PL 16200 (Vuorimiehentie 2)

00076 AALTO

Puhelin: (09) 47001

Telefax: (09) 4702 2659

Internet: <http://materials.tkk.fi/fi/>

Yhteyshenkilö: Seppo Kivivuori, sähköposti: etunimi.sukunimi@aalto.fi

Tuotteet: Opetusala: metallien muovaus ja lämpökäsittely. Tutkimusala: muovaavien valmistusmenetelmien tutkimuspalvelut.

ABB Oy, Drives

PL 184 (Hiomotie 13)

00381 HELSINKI

Puhelin: 010 22 2000

Telefax: 010 22 23764

Internet: www.abb.fi

Yhteyshenkilö: Mikko Lasanen, sähköposti: etunimi.sukunimi@fi.abb.com

Tuotteet: Taajuusmuuttajat

ABLOY Oy, Björkboda tehdas

25860 BJÖRKBODA

Puhelin: 020 599 4402

Telefax: 020 599 4249

Yhteyshenkilö: Jouni Haapaniemi, sähköposti: etunimi.sukunimi@abloy.com

Tuotteet: Lukkoringot, väliovenlukot, varmuuslukot

Air Spiralo Oy

Palokankaantie 2

80710 LEHMO

Puhelin: 050 402 3204

Internet: <http://www.airspiralo.com>

Yhteyshenkilö: Aapo Söder, sähköposti: a.soder@airspiralo.fi

Tuotteet: Ilmastointikanavat ja -osat

AIMO VIRTANEN Oy

Nuolikatku 3

20760 PIISPANRISTI

Puhelin: (02) 2421 666

Telefax: (02) 2421 949

Internet: www.aimovirtanen.fi

Yhteyshenkilö: Pekka Virtanen, sähköposti: etunimi.sukunimi@aimovirtanen.fi

Tuotteet: Ohutlevystä valmistetut osat ja osakokoonpanot alihankintana

ALFA LAVAL VANTAA Oy

Ansatie 3

01740 VANTAA

Puhelin: (09) 89441

Telefax: (09) 8944318

Internet: www.fincoil.fi

Yhteyshenkilö: Jyrki Lindholm, sähköposti: etunimi.sukunimi@alfalaval.com

Tuotteet: Al/Cu- ja St-rakenteiset lamellilämmönsiirtimet ja niihin perustuvat tuotteet kylmäteknikkaan ja ilmastointiin

ANTTI-TEOLLISUUS Oy

Koskentie 89

25340 KANUNKI

Puhelin: (02) 774 4700

Telefax: (02) 774 4777

Internet: www.anti-teollisuus.fi

Yhteyshenkilö: Antto Ilmanen, sähköposti: etunimi.sukunimi@anti-teollisuus.fi

Tuotteet: Viljankäsittely- ja kuivauslaitteet maataloudelle, rae- ja jauhemaisten materiaalien käsittely- ja varastointijärjestelmät teollisuudelle, hytti-, kylpyhuone-, huolto- ja muut sisustusovet sekä seinäpaneelit laivateollisuudelle.

ARITERM Oy

PL 59 (Uuraistentie 1)

43101 SAARIJÄRVI

Puhelin: (014) 426 300

Telefax: (014) 422 203

Internet: www.ariterm.fi

Yhteyshenkilö: Henry Lahtinen, sähköposti: etunimi.sukunimi@ariterm.fi

Tuotteet: Keskuslämmityskattilat

AURUBIS FINLAND Oy

PL 60 (Kuparitie)

28101 PORI

Puhelin: (02) 626 6615

Telefax: (02) 626 5309

Yhteyshenkilö: Elina Kuusisto, sähköposti:

e.sukunimi@aurubis.com

Tuotteet: Kuparilevyt ja -nauhat teollisuuteen ja rakentamiseen

BE GROUP Oy Ab

PL 54 (Helsingintie 50)

15101 LAHTI

Puhelin: (03) 825 200

Telefax: (03) 825 2512

Internet: www.begroup.fi

Yhteyshenkilö: Ilpo Valtonen, sähköposti: etunimi.sukunimi@begroup.fi

Tuotteet: Ohutlevyjen (kylmävalssatut, pinnoitetut, alumiinit, ruostumattomat) esikäsittely ja varastopalvelut. Raina-, arkki-, laser- ja mekaaninen leikkaus ja kanttaus

BODYCOTE LÄMPÖKÄSITTELY Oy

PL 41 (Kisällintie 7)

01731 VANTAA

Puhelin: (09) 2766 510

Telefax: (09) 2766 5151

Internet: <http://www.bodycote.fi/>

Yhteyshenkilö: Erik Saviranta, sähköposti: etunimi.sukunimi@bodycote.fi

Tuotteet: Metallien lämpökäsittely.

CELERMEC Oy

Eletie 7

85410 SIEVI

Puhelin: (08) 4815 700

Telefax: (08) 4815 754

Internet: www.celermec.fi

Yhteyshenkilö: Mari Puhto, sähköposti: etunimi.sukunimi@celermec.fi

Tuotteet: Ohutlevymekaniikan ja koneistuksen valmistuspalvelut, kokoonpano, maalaus, järjestelmätoimitukset

CONSTRUCTOR FINLAND Oy

PL 100 (Kasteninkatu 1)

08150 LOHJA

Puhelin: 019 3625 1

Telefax: 019 3625 445

Internet: www.kasten.fi

Yhteyshenkilö: Jari Hartikainen, sähköposti: etunimi.sukunimi@kasten.fi

Tuotteet: Varastointi-, arkistointi- ja logistiikkaratkaisut

CONTROL EXPRESS FINLAND Oy

PL 4 (Tekniikkatie 2)

57230 SAVONLINNA

Puhelin: 010 424 4800

Telefax: 010 424 5880

Internet: www.cef.fi

Yhteyshenkilö: Sakari Niemelä, sähköposti: etunimi.sukunimi@cef.fi

Tuotteet: Elektroniikan mekaniikka, kone- ja laitesuojat, kennorakenteet ja laserhitsaus

ENSTO FINLAND Oy

Insinöörinkatu 1

50100 MIKKELI

Puhelin: 0204 7621

Telefax: 0204 76 2750

Internet: www.ensto.com

Yhteyshenkilö: Mikko Haataja, sähköposti: etunimi.sukunimi@ensto.com

Tuotteet: Sähkönjakokeskukset

FLÄKT WOODS Oy, Toijala

PL 6 (Hämeentie 23)

37801 AKAA

Puhelin: 020 442 3000

Telefax: 020 442 3502

Internet: www.flaktwoods.com

Yhteyshenkilö: Seppo Virtanen, sähköposti: etunimi.sukunimi@flaktwoods.com

Tuotteet: Ilmastoinnin päätelaitteet ja kanavatuoitteet

FLÄKT WOODS Oy, Turku

Kalevantie 39

20520 TURKU

Puhelin: 020 442 3000

Telefax: 020 442 3010

Yhteyshenkilö: Rainer Knuts, sähköposti: etunimi.sukunimi@flaktwoods.com

Tuotteet: Teollisuus- ja ilmastointipuhaltimet

HAKANIEMEN METALLI Oy

Linjatie 3

01260 VANTAA

Puhelin: 044 360 0030

Internet: www.hakmet.fi

Yhteyshenkilö: Tero Niemelä, sähköposti: etunimi.niemela@hakmet.fi

Tuotteet: Suunnittelemme ja valmistamme vaativia ohutlevytuotteita ruostumattomasta ja haponkestävästä teräksestä. Valmistusohjelmaamme kuuluvat erikoiskuljettimet, säiliöt, vaunut, lämpökaapit, pesukoneet, kuivaustunnelit, levy- ja putkirakenteet

HALTON Oy

Haltonintie 1-3

47400 KAUSALA

Puhelin: 020 792 200

Telefax: 020 792 2080

Internet: www.halton.com

Yhteyshenkilö: Kari Virkki, sähköposti: etunimi.sukunimi@halton.com

Tuotteet: Ilmanjakolaitteet, ilmanvirtauksen säätö- ja mittauslaitteet

HALTON Oy, Halton Marine

Pulttikatu 2

15700 LAHTI

Puhelin: 020 792 200

Telefax: 020 792 2060

Internet: www.haltonmarine.com

Yhteyshenkilö: Pekka Kyllönen, sähköposti: etunimi.kyllonen@halton.com

Tuotteet: Ilmanjakolaitteet

HAMK Ohutlevykeskus

Laajamäentie 1

13430 HÄMEENLINNA

Puhelin: 040 822 1734

Telefax: (03) 646 7609

Internet: www.hamk.fi/ohutlevykeskus

Yhteyshenkilö: Lassi Martikainen, sähköposti: etunimi.sukunimi@hamk.fi

Tuotteet: Ohutlevytuotteiden ja -rakenteiden tutkimus ja tuotekehitys sekä koulutus yhteistyössä yritysten ja muiden tutkimuslaitosten kanssa seuraavilla tutkimusalueilla: ohutlevyjen muovaus ja liittäminen, pinnoitteen kehitystyö sekä ohutlevytuotteiden ja rakenteiden olosuhdetestaukset ja koekuormitukset

HANZA Finland, Vaasa Oy

Runsorintie 10-12

65380 VAASA

Puhelin: 020 700 1262

Telefax: 06 356 0001

Internet: www.hanza.com

Yhteyshenkilö: Camilla Toivio, sähköposti: etunimi.sukunimi@hanza.com

Tuotteet: Erilaiset ohutlevyn alihankintapalvelut, erityisesti elektroniikkateollisuudelle. Leikkaus, särmäys, hitsaus, pintakäsittely ja pulverimaalaus.

HANZA Finland, Kokkola Oy

Kasikulmantie 2 Halli C

68300 KÄLVÄ

Puhelin: 020 700 1215

Internet: www.hanza.com

Yhteyshenkilö: Janne Vähätiitto, sähköposti: etunimi.sukunimi@hanza.com

Tuotteet: Erilaiset ohutlevyn alihankintapalvelut, erityisesti elektroniikkateollisuudelle sekä laserleikkauspalvelut kone- ja laitevalmistajille. Leikkaus, särmäys, hitsaus, pintakäsittely ja pulverimaalaus.

HTM Yhtiöt Oy

Tiilitehtaantie 23

12310 RYTYLÄ

Puhelin: 019 774 8900

Telefax: 019 757 016

Internet: www.heltuk.fi/

Yhteyshenkilö: Soili Poutakivi, sähköposti: etunimi.sukunimi@htmyhtiot.fi

Tuotteet: Arkki- ja nauhaleikkaus, nauhat, arkit ja keulat sekä ruostumattomasta ja haponkestävästä teräksestä valmistetut tuotteet.

JANAVALO Oy

Patteritie 1

14200 TURENKI

Puhelin: 020 740 5900

Telefax: 020 740 5901

Internet: www.janavallo.fi

Yhteyshenkilö: Riikka Huopainen, sähköposti: etunimi.sukunimi@janavallo.fi

Tuotteet: Ohutlevyketotelot, kaapit, osat alihankijana

JL LEVYTEKNIikka Oy

Vahdantie 52

20320 TURKU

Puhelin: (02) 433 9821

Telefax: (02) 433 9810

Internet: www.jl-levytekniikka.fi

Yhteyshenkilö: Jussi Luotero, sähköposti: etunimi.su-

kunimi@jl-levytekniikka.fi
Tuotteet: Kotelot, kaapit, metalliosat

JUHA PUNTA Oy

Teollisuustie 2
25460 KISKO
Puhelin: (02) 722 1321
Telefax: (02) 722 1320
Internet: www.punta.fi
Yhteyshenkilö: Riku Luomaniemi, sähköposti: etunimi.sukunimi@punta.fi
Tuotteet: Vaatekaapit, lokerokaapit, pyykki- ja siivouskaapit, kenkälokerikot ja -hyllyt, penkit ja penkinaulakot, teräshyllyt ja hyllykaapit, pientavarahyllyt, arkisto- ja siirtohyllyt, säätöhylyjärjestelmät, myymäläkalusteet

JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU

PL 207 (Rajakatu 35)
40200 JYVÄSKYLÄ
Puhelin: 040 746 9263
Telefax: 014 449 9700
Internet: www.jamk.fi
Yhteyshenkilö: Jorma Matilainen, sähköposti: etunimi.sukunimi@jamk.fi
Tuotteet: Ohutlevyalaan liittyvät koulutuspalvelut ja T&K-toiminta

KASO Oy

PL 27 (Lyhtytie 2)
00751 HELSINKI
Puhelin: (09) 34681
Telefax: (09) 360021
Internet: www.kaso.fi
Yhteyshenkilö: Jari Bachmann, sähköposti: etunimi.sukunimi@kaso.fi
Tuotteet: Kassakaapit, data-kaapit, elementtiholvit, holvin ovet, tallelokerot, yösäilöt, sosiaalitulojen vaatekaapit, kassalippaat, pankkiautomaattikassakaapit ym.

KAVIKA Oy

Tempo 4
04430 JÄRVENPÄÄ
Puhelin: (09) 8362 000
Telefax: (09) 8362 0050
Internet: www.kavika.fi
Yhteyshenkilö: Jouni Lievonen, sähköposti: etunimi.sukunimi@kavika.fi
Tuotteet: Rst-ohutlevytuotteet

LAPIN AMK

Tietokatu 1
94600 KEMI
Puhelin: 050 310 9542
Telefax: 016 251 123
Internet: www.lapinamk.fi
Yhteyshenkilö: Rauno Toppila, sähköposti: etunimi.sukunimi@lapinamk.fi
Tuotteet: Materiaalioppi, ruostumattomien terästen käytettävyyden ja ominaisuudet

KOJA Oy

PL 351
33101 TAMPERE
Puhelin: (03) 2825 111
Telefax: (03) 2825 403
Internet: www.koja.fi
Yhteyshenkilö: Juha Niskanen, sähköposti: etunimi.sukunimi@koja.fi
Tuotteet: Ilmastointikoneet, teollisuuspuhaltimet

KONE Oyj

PL 677
05801 HYVINKÄÄ
Puhelin: +86 1386 2609 831
Internet: www.kone.com
Yhteyshenkilö: Simo Mäkimattila, sähköposti: etunimi.makimattila@kone.com
Tuotteet: Hissit, hissijärjestelmät, hissien huolto, hissien modernisointi

PELTISEPÄNLIIKE KOSKINEN Oy

Työmiehentie 3
18200 HEINOLA
Puhelin: 0400 494 003
Telefax: (03) 714 3446
Internet: www.peltikoskinen.fi
Yhteyshenkilö: Henri Koskinen, sähköposti: etunimi.sukunimi@peltikoskinen.fi
Tuotteet: Peltiistat ja peltituotteet

Oy LAI-MU Ab

Niittajantie 9
26820 RAUMA
Puhelin: (02) 8387 2400
Telefax: (02) 8387 2444
Internet: www.laimu.fi
Yhteyshenkilö: Hannu Laine, sähköposti: etunimi.sukunimi@laimu.fi
Tuotteet: Työkoneiden ja metsätraktoreiden ohjaamot sekä kiinteistötraktori (LM Trac)

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO LUT

PL 20 (Skinnarilankatu 34)
53851 LAPPEENRANTA
Puhelin: 0294 462 111
Telefax: (05) 411 7201
Internet: www.lut.fi
Yhteyshenkilö: Juha Varis, sähköposti: etunimi.sukunimi@lut.fi
Tuotteet: Tutkimus ja opetus

LASERLE Oy

Valuraudantie 25
00700 HELSINKI
Puhelin: (09) 350 93 80
Telefax: (09) 350 93 850
Internet: www.laserle.fi
Yhteyshenkilö: Kimmo Forsman, sähköposti: etunimi.sukunimi@laserle.fi
Tuotteet: Laser- ja vesileikkauspalvelut

LAUKAMO-YHTIÖT

Teollisuustie 1
31400 SOMERO
Puhelin: (02) 77900
Internet: www.laukamo.fi
Yhteyshenkilö: Jani Hyytiäinen, sähköposti: etunimi.hyytiainen@laukamo.fi
Tuotteet: Ohutlevytuotteiden valmistus. Ainevahvuus 0,5-3mm. Oma pulverimaalaamo. Muut toimialat: elektroniikka ja muovin ruiskupuristus

LAUTEX Oy Ab

PL 58 (Ojakkalantie 13)
03101 NUMMELA
Puhelin: (09) 224 8810
Telefax: (09) 222 5447
Internet: www.lautex.com
Yhteyshenkilö: Jari Haapala, sähköposti: etunimi.sukunimi@lautex.com
Tuotteet: Ohutlevytuotteiden valmistus mm. rulla-muovaamalla, särmämällä, hitsaamalla, muotoon taivutamalla ja maalaamalla

LEIMEC Oy

Tapionkatu 7
65230 VAASA
Puhelin: 010 289 6800
Telefax: 010 289 6801
Internet: www.leinolatgroup.fi
Yhteyshenkilö: Jarkko Jämsä, sähköposti: etunimi.jamsa@leimec.fi
Tuotteet: Ohutlevytuotteet

Oy LEINOLAT Ab

Tapionkatu 7
65230 VAASA
Puhelin: 010 289 6800
Telefax: 010 289 6801
Internet: www.leinolat.com
Yhteyshenkilö: Raimo Leinola, sähköposti: etunimi.sukunimi@leinolat.com
Tuotteet: Postilaatikot, ilmanvaihtotuotteet, eriste-elementit, kaupunkikalusteet

MECANOVA Oy

Pajatie 13
85500 NIVALA
Puhelin: (08) 443 9800
Telefax: (08) 443 9820
Internet: www.mecanova.com
Yhteyshenkilö: Veli-Matti Nopanen, sähköposti: etunimi.sukunimi@mecanova.com
Tuotteet: Yritys suunnittelee ja valmistaa tietoliikennealan ja muun teollisuuden asiakkailleen asiakaskohdattaisiin sopimusvalmistuspalveluja, kuten mekaniikkaa ja elektroniikkaa sisältäviä tuotekokonaisuuksia sekä pak-sukalvohybridejä

MECONET Oy, Vantaa

Honkanummentie 8
01260 VANTAA
Puhelin: 020 7699 300
Telefax: 020 7699 332
Internet: www.meconet.net
Yhteyshenkilö: Tomi Parmasuo, sähköposti: etunimi.sukunimi@meconet.net
Tuotteet: Ohutlevytuotteet valmistettuna puristin-, syväveto- ja moniliusiteknikaalla

MECONET Oy, Äänekoski

PL 76 (Yrittäjänkatu 3)
44101 ÄÄNEKOSKI
Puhelin: 020 7699 300
Telefax: 020 7699 394
Internet: www.meconet.net
Yhteyshenkilö: Jyrki Hirvonen, sähköposti: etunimi.sukunimi@meconet.net
Tuotteet: Ohutlevytuotteet valmistettuna syvävetotekniikalla, pulverimaalaus ja kokoonpano

METALLISET Oy

Ahjtie 3
79700 HEINÄVESI
Puhelin: (017) 555 8111
Telefax: (017) 555 8121
Internet: www.metalliset.fi
Yhteyshenkilö: Jesse Hirvonen, sähköposti: etunimi.sukunimi@metallisetgroup.fi
Tuotteet: Ohutlevyistä valmistetut osat ja osakokoonpanot

METROPOLIA AMMATTIKORKEAKOULU OY

Kalevankatu 43
00180 HELSINKI
Puhelin: (040) 1791394
Internet: www.metropolia.fi
Yhteyshenkilö: Joel Kontturi, sähköposti: etunimi.sukunimi@metropolia.fi
Tuotteet: Valmistuvat insinöörit, tutkimus- ja kehitystoiminta

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

PL 181 (Patteristonkatu 3)
50101 MIKKELI
Puhelin: 050 312 5150
Telefax: 153 557 005
Internet: www.mamk.fi
Yhteyshenkilö: Tapio Lepistö, sähköposti: etunimi.lepisto@mamk.fi
Tuotteet: Materiaalitekniikan koulutusohjelma: materiaalit, muovaus- ja liittämismenetelmät, pintakäsittely. Tulevaisuudessa liimaustekniikka.

NORELCO Oy

PL 28
57201 SAVONLINNA
Puhelin: (015) 576 770
Telefax: (015) 576 7710
Internet: www.norelco.fi
Yhteyshenkilö: Erkki O. Hämäläinen, sähköposti: E.O.H@norelco.fi
Tuotteet: Sähkökojeistot

NORPE Oy

PL 24 (Teollisuustie 7)
06151 PORVOO
Puhelin: (019) 54701
Telefax: (019) 5470270
Internet: www.norpe.fi
Yhteyshenkilö: Lauri Hindström, sähköposti: etunimi.hindstrom@huurre.com
Tuotteet: Myymälöiden kylmäkalusteet, kylmä- ja pakastevarastot, kylmäkoneistot

OLP-Tuotanto Oy

Tiilenlyöjänkuja 5
01720 VANTAA
Puhelin: (09) 8494 240
Telefax: (09) 8494 2444
Internet: www.olp.fi
Yhteyshenkilö: Susanna Sillanpää, sähköposti: etunimi.sillanpaa@olp.fi
Tuotteet: Syvävetotuotteet, meistotuotteet ja levytuotteet. Valmistamme myös tuotannossa tarvittavat työkalut. Meiltä saa myös 2D- ja 3D-laserpalvelut.

OPA MUURIKKA Oy

Teollisuuskatu 8
50130 MIKKELI
Puhelin: 0207 229 850
Telefax: 0207 229 851
Internet: www.opamuurikka.fi
Yhteyshenkilö: Tapani Räsänen, sähköposti: etunimi.rasanen@opamuurikka.fi
Tuotteet: OPA talousasiat, vapaa-ajan tuotteet, lahjatarvareita ja alihankintatuotteet. Päämateriaali ruostumaton teräs.

ORFER Oy

Vaakatie 9
16300 ORIMATTILA
Puhelin: (03) 88 411
Telefax: (03) 883 1320
Internet: www.orfer.fi
Yhteyshenkilö: Sakari Kokkonen, sähköposti: etunimi.sukunimi@orfer.fi
Tuotteet: Asiakaslähtöiset ohutlevytuotteet, epäkeskoja syväveto-osat, hitsatut tuotteet

OUTOKUMPU STAINLESS Oy

95400 TORNIO
Puhelin: (016) 4521
Telefax: (016) 452350
Internet: www.outokumpu.com
Yhteyshenkilö: Jouni Kujansuu, sähköposti: etunimi.sukunimi@outokumpu.com
Tuotteet: Ruostumattomat ohutlevyt, karkealevyt (max. 8 mm) ja nauhat

PATRICOMP Oy

Lentokonetehdantie 3
35600 HALLI
Puhelin: 0207 641 270

Telefax: 0207 641 271
Internet: www.patricomp.fi
Yhteyshenkilö: Pekka Kääräinen, sähköposti: etunimi.kaarainen@patricomp.fi
Tuotteet: Ohutlevyosien muotoilu, alumiiniosien pintakäsittely ja kemiallinen työstö

PIVATIC Oy
Varastokatu 8
05800 HYVINKÄÄ
Puhelin: (019) 427 4000
Telefax: (019) 427 4099
Internet: www.pivatic.com
Yhteyshenkilö: Jukka Heimonen, sähköposti: etunimi.sukunimi@pivatic.com
Tuotteet: Ohutlevyn työstöön soveltuvia nauhanlävistys- ja taivutusautomaatteja

PLANNJA Oy Ab
Terästie 8
54100 JOUTSENO
Puhelin: (05) 610 5500
Telefax: (05) 610 5600
Internet: www.plannja.fi
Yhteyshenkilö: Jerkko Mäkelä, sähköposti etunimi.makela@plannja.fi
Tuotteet: Pinnoitetut teräsohutlevyt, esikäsitellyt palvelut, profiilikatteet, julkisivuprofiilit, sandwich-paneelit, reikälevyt, listat, kattoturvallisuustuotteet ja sadevesijärjestelmät

PORKKA FINLAND Oy, Hollola
Soisalmentie 3
15860 HOLLOLA
Puhelin: 020 555 512
Telefax: 020 555 5497
Internet: www.porkka.fi
Yhteyshenkilö: Lauri Hindström, sähköposti: etunimi.hindstrom@huurre.com
Tuotteet: Kylmälaitteet

PORKKA FINLAND Oy, Ylöjärvi
PL 127
33101 TAMPERE
Puhelin: 020 555 511
Telefax: 020 555 5360
Internet: www.porkka.fi
Yhteyshenkilö: Lauri Hindström, sähköposti: etunimi.hindstrom@huurre.com
Tuotteet: Kylmälaitteet

REIKÄLEVY Oy
Yrittäjätie 22
62375 YLIHÄRMÄ
Puhelin: 010 4258 000
Telefax: (06) 484 6251
Internet: www.reikalevy.fi
Yhteyshenkilö: Marko Mäki-Haapoja, sähköposti: etunimi.sukunimi@reikalevy.fi
Tuotteet: Sopimusvalmistus, reikälevyt, SAMI-maalouskoneet

RELICOMP Oy, Kauhajoki
Vihtämäentie 2
61850 KAUAJOKI
Puhelin: 0207 404 480
Telefax: 0207 404 498
Internet: www.relicomp.fi
Yhteyshenkilö: Marko Jyllilä, sähköposti: etunimi.jyllila@relicomp.fi
Tuotteet: Sopimusvalmistus, ohutlevytuotteiden alihankinta, suunnittelu ja tuotekehitys

RELICOMP Oy, Suolahti
Sepänkatu 1
44200 SUOLAHTI
Puhelin: 0207 404 400
Telefax: 0207 404 437
Internet: www.relicomp.fi
Yhteyshenkilö: Marko Jyllilä, sähköposti: etunimi.jyllila@relicomp.fi
Tuotteet: Sopimusvalmistus, ohutlevytuotteiden alihankinta, suunnittelu ja tuotekehitys

RELOX Oy, Tekniikka
Mikkolantie 16
28130 PORI
Puhelin: (02) 630 2350
Telefax: (02) 630 2360
Internet: www.relox.fi
Yhteyshenkilö: Reino Elo, sähköposti: etunimi.sukunimi@relox.fi
Tuotteet: Ohutlevyosat alihankintana. Teräs, Rst, alumiini, kupari, muovi yms. 0...3 mm asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Mahdollisuus osallistua osien suunnitteluun ja tuotekehitykseen sekä tuotteiden osa- ja loppukokoonpanoon. Valmistamme mm. sähkökeskusten, menumaatin, polttoainejakajan, myymäläkalusteiden, sähkökiukaiden, höyrystimien, pistorasiapilarien, kalanperkauskoneiden yms. tuotteiden osia.

SAAJOS Oy
Puistokatu 21
08150 LOHJA
Puhelin: (019) 357 911
Telefax: (019) 322 906
Internet: www.saajos.fi
Yhteyshenkilö: Ari Einistö, sähköposti: etunimi.einisto@saajos.fi
Tuotteet: Rakennus- ja telakkateollisuuden palo- ja turvaovet

SCANFIL EMS Oy, Sievi
Yritystie 6
85410 SIEVI
Puhelin: (08) 4882 111
Telefax: (08) 4882 260
Internet: www.scanfil.fi
Yhteyshenkilö: Erkki Pöyhönen, sähköposti: etunimi.poyhonen@scanfil.com
Tuotteet: Ohutlevymekaniikkavalmistus ja integrointi

SOVELLA OY
Sohlberginkatu 10
40351 JYVÄSKYLÄ
Puhelin: 010 4469 11
Telefax: 010 4469 290
Internet: www.sovella.fi
Yhteyshenkilö: Mikko Ahonen, sähköposti: etunimi.sukunimi@sovella.com
Tuotteet: Työpöydät, työtasot, hyllyt, kaapit ja muut säilytysratkaisut ohutlevyistä

SSAB EUROPE Oy
Harvialantie 420
13300 HÄMEENLINNA
Puhelin: 020 5911
Telefax: 020 592 5355
Internet: www.ssab.com
Yhteyshenkilö: Juha Tuomisto, sähköposti: etunimi.sukunimi@ssab.com
Tuotteet: Kylmävalssatut, kuumasinkityt ja maalipinnoitetut ohutlevyt

STALA Oy
Taivalkatu 7
15170 LAHTI
Puhelin: (03) 882 110
Telefax: (03) 882 1130
Internet: www.stala.com
Yhteyshenkilö: Tuija Rajamäki, sähköposti: etunimi.sukunimi@stala.com
Tuotteet: Ruostumattomat pesupöydät

STATATUBE Oy
Taivalkatu 7
15170 LAHTI
Puhelin: (03) 882 110
Telefax: (03) 882 1914
Internet: www.statatube.com
Yhteyshenkilö: Kenneth Söderberg, sähköposti: etunimi.soderberg@statatube.com
Tuotteet: Ruostumattomat putkipalkit

STEN & CO Oy Ab
PL 124 (Sulantie 16-18)
04300 TUUSULA
Puhelin: (09) 274 6030
Telefax: (09) 275 9086
Internet: www.sten.fi
Yhteyshenkilö: Antti Piensoho, sähköposti: etunimi.sukunimi@sten.fi
Tuotteet: Työkäluoteräksket, erikoisteräksket, työkalualue- ja -prossiit, terästäkeet, erikoisprofiilit, lämpökäsittely, sahaus

STERA TECHNOLOGIES Oy
Tierankatu 5
20520 TURKU
Puhelin: 020 788 5200
Telefax: 020 788 5205
Internet: www.stera.fi
Yhteyshenkilö: Jarkko Vähä-Tahlo, sähköposti: jarkko.vaha-tahlo@stera.com
Tuotteet: Metallituotteiden osahankinta

STERA TECHNOLOGIES Oy, Kaavi
PL 32 (Varikkotie 2)
73601 KAAVI
Puhelin: (017) 2642 000
Telefax: (017) 2642 020
Internet: www.stera.fi
Yhteyshenkilö: Jari Laakso, sähköposti: etunimi.sukunimi@stera.com
Tuotteet: Teräslevyistä valmistetut osat ja osakokoonpanot sähkölaite- ja ajoneuvoteollisuudelle

STERA TECHNOLOGIES Oy, Tammela
Valtamenkuja 80
30100 FORSSA
Puhelin: (03) 4242 000
Telefax: (03) 4242 0220
Internet: www.stera.fi

Yhteyshenkilö: Jussi Ohlsson, sähköposti: etunimi.sukunimi@stera.com
Tuotteet: Levytyökeskusleikkaus, laserleikkaus, taivutus, kokoonpanot ja pintakäsittelyt

STERIS Finn-Aqua
Teollisuustie 2
04300 TUUSULA
Puhelin: (09) 25 851
Telefax: (09) 275 6022
Internet: www.steris.com
Yhteyshenkilö: Petri Huhti, sähköposti: etunimi.sukunimi@steris.com
Tuotteet: Lääketeollisuuden ja terveydenhuollon laitteet ja tarvikkeet

SUOMEN LEVYPROFIILI Oy
Kuurnankatu 43
80130 JOENSUU
Puhelin: (013) 220 050
Telefax: (013) 220 054
Internet: www.suomenlevyprofiili.fi
Yhteyshenkilö: Jarmo Perälä, sähköposti: etunimi.perala@suomenlevyprofiili.fi
Tuotteet: Pintakäsiteltävien ohutlevyrakenteiden valmistaminen ja kokoonpano sekä valmistustekninen suunnittelu

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
Materiaaliteknikan laitos
PL 589 (Korkeakoulunkatu 6)
33101 TAMPERE
Puhelin: (050) 301 3884
Telefax: (050) 3115 2330
Internet: http://www.tut.fi/
Yhteyshenkilö: Pasi Peura, sähköposti: etunimi.sukunimi@tut.fi

Tuotteet: Ohutlevytuotteiden materiaalin valinta, valmistus, ja liittämismenetelmät, kuluminen ja siihen liittyvät ilmiöt, materiaalien vaurioanalyysit, pinnoitteet ja pinnoitusmenetelmät, materiaalien karakterisointi

VAKIOMETALLI Oy
Yrittäjätie 4
52700 MÄNTYHARJU
Puhelin: (015) 756 630
Telefax: (015) 756 6333
Internet: www.vakiometalli.fi
Yhteyshenkilö: Pekka Karhula, sähköposti: etunimi.sukunimi@polaria.fi
Tuotteet: Kylpyhuone- ja ensiapukalusteet, loistevalaisimet, osahankintoina kaapit ja kotelot

VALLOX Oy
Myllykyläntie 9-11
32200 LOIMAA
Puhelin: 010 773 2240
Telefax: 010 773 2201
Internet: www.vallox.com
Yhteyshenkilö: Rauno Mäkelä, sähköposti: etunimi.sukunimi@vallox.com
Tuotteet: Ilmanvaihtokoneet, liesikuvut ja -tuuletin, huippumurit

VALMET AUTOMOTIVE
PL 4 (Autotehtaankatu 14)
23501 UUSIKAUPUNKI
Puhelin: 020 484 180
Telefax: 020 484 181
Internet: www.valmet-automotive.com
Yhteyshenkilö: Juha T. Ojala, sähköposti: etunimi.T.sukunimi@valmet-automotive.com
Tuotteet: Erikoisautojen valmistus

VEME Oy
Papinsaarentie 1
23800 LAITILA
Puhelin: (02) 859 21
Telefax: (02) 856 384
Internet: www.veme.fi
Yhteyshenkilö: Lasse Aaltonen, sähköposti: etunimi.sukunimi@veme.fi
Tuotteet: Ohutlevykomponentit suursarjatuotantona (puristimet, mekanis. hitsaus, pintakäsittely) sekä näistä kootut komponentit ja/tai valmiit tuotteet.

VM-GROUP, METALBROS Oy
PL 227 (Dynamotie 4 S)
65101 VAASA
Puhelin: (06) 2109 500
Telefax: (06) 2109 550
Internet: www.vmggroup.fi
Yhteyshenkilö: Erkki Korvenkangas, sähköposti: etunimi.sukunimi@vmgroup.fi
Tuotteet: Alihankintana ohutlevytuotteet, levykeskustyöt, kojeistokaapit ja teräsrakenteet

YLEISET TOIMINTAPERIAATTEET

Toiminta-ajatus

Ohutlevytuotteet-toimialaryhmä (OLATAR) on vuonna 1989 perustettu Teknologiateollisuus ry:n ohutlevyjen ja/tai ohutlevytuotteiden valmistusta harjoittavien jäsenyritysten yhteenliittymä, jonka tarkoituksena on edistää jäsentensä toimintaa sekä vahvistaa alan kilpailukykyä metalliteollisuudessa.

Jäsenet

Ryhmän jäseneksi voi liittyä jokainen ohutlevyjen ja/tai ohutlevytuotteiden valmistusta harjoittava Teknologiateollisuus ry:n jäsenyritys sekä ohutlevyalan opetusta antava oppilaitos.

Mikäli olet kiinnostunut jäsenyydestä, pyydä säännöt ja liittymislomake asiantuntijalta, puh. (09) 1923 280, telekopio (09) 624 462 tai sähköposti Arto.Kivirinta@teknologiateollisuus.fi.

Toimialaryhmän jäsenluettelo esitetään tässä lehdessä tuonnempana.

Tilaa lahjaksi OHUTLEVY

Ohutlevy antaa lukijalleen uusinta tietoa käytännön sovelluksista ja tutkimustuloksista sekä toimii alan alihankkijoiden, kone- ja laitevalmistajien sekä myyjien tiedonvälitys- ja markkinointikanavana.

Varmista, että sekä oman että asiakasyrityksesi avainhenkilöt saavat heti käyttöönsä tiedon alan uusista teknisistä ja tuotannollisista innovaatioista ja sovelluksista. Tilaa Ohutlevy heille lahjaksi. Vuosikerta (2 numeroa) maksaa 25 €, jatkuvana tilauksena vain 20 € vuodessa (sis. alv).

Lisätietoja lahjatilauksesta saat Teknologiateollisuus ry:stä, puh. (09) 1923 280, Arto Kivirinta

Soita ja kysy lisätietoja ja tilaa OHUTLEVY. Lähetämme lehden lahjatilauksena saavalle lahjakortin, jossa kerromme tilauksestasi.

Leikkaa irti tai ota kopio kortista, lähetä telefaxilla numeroon (09) 624 462 tai osoitteella Teknologiateollisuus ry, PL 10, 00131 HELSINKI tai vastaavilla tiedoilla sähköpostilla osoitteeseen Arto.Kivirinta@teknologiateollisuus.fi.

Tilaa OHUTLEVY-lehden

Jatkuvana tilauksena, 20 e/vuosi, (sis. alv)

Vuoden 20.... numerot, 25 e (sis. alv)

Yritys
Tehtävä yrityksessä
Nimi
Lähiosoite
Postinumero ja -toimipaikka

Teknologiainfo
Teknova Oy
maksaa
posti-
maksun

Teknologiainfo Teknova Oy

VASTAUSLÄHETYS
Tunnus 5001406

00003 HELSINKI



Suomen Levynmuovauksen Yhteistyöryhmä

FinDDRg r.y.

LEVYTEKNIIKAN TEEMAPÄIVÄ – Steel Forum 2015

Lahti 8.10.2015

Fellmannia,
Kirkkokatu 27, 15140 Lahti

OHJELMA		
8:15	Ilmoittautuminen ja aamukahvi	
8:45	Alkutervehdys	
9:00	Metallien muovauksen kehittyminen	<i>Jari Larkiola, Oulun yliopisto</i>
9:45	Mikrorakenteen vaikutus ultralujien terästen särmättävyyteen	<i>Mia Liimatainen, TTY</i>
10:05	Outokummun uusien ruostumattomien terästen ominaisuudet ja muovattavuus	<i>Timo Manninen, Outokumpu OYJ</i>
10:35	Tauko	
10:45	Ruostumattoman teräksen painosorvaus ja kuumavalssattujen muovattavien terästen muovaus	<i>Timo Kauppi, Lapin ammattikorkeakoulu</i>
11:15	Simuloinnin käyttö muovauksessa	
11:45	Lounas	
12:30	Muovaussimulointihanke	<i>Mikko Långvik, HAMK Ohutlevykeskus</i>
YRITYSVIERAILUT		
	Levypyörä Oy	www.levypyora.fi
	Kemppi Oy	www.kemppi.com

Lisätietoja ja ilmoittautumiset: www.finddrg.fi > teemapäivä tai sähköpostilla kauko.jyrkas@hamk.fi.



FinDDRg-apurahat

Opinnäyte-apuraha ammattikorkeakoulun ja yliopistotutkinnon opinnäytetyöhön sekä matka-apuraha ohutlevyalan konferenssin osallistumismaksuja ja matkakuluja varten.

Lisätietoja käytännöstä antaa Kauko Jyrkäs (kauko.jyrkas@hamk.fi), puh. 040-763 1323.



PIVATIC A LEAP AHEAD.

Suoraan kelalta

- joustavasti, tehokkaasti ja luotettavasti

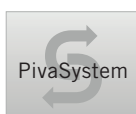
Tutustu ratkaisuihimme
uusituilta kotisivuiltamme
www.pivatic.com



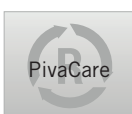
PivaPunch



PivaBend



PivaSystem



PivaCare

Täysin automatisoidut ohutlevyn työstämiseen suunnitellut lävistys- ja taivutuslinjamme soveltuvat joustavuutensa ansiosta niin OEM-valmistajille kuin sopimusvalmistajille. Suoraan kelalta ajaminen mahdollistaa sekä lyhyiden että pitkien sarjojen kannattavan valmistamisen.

Kelalta ajaessa tuotannon tehokkuuden kasvu on merkittävä. Kappaleajoissa voidaan päästä moninkertaisiin tuotantomääriin muihin menetelmiin verrattuna. Tuotannon tehokkuutta lisää myös vähäinen energiankulutus sekä minimaalinen materiaalihukka.

Luotettavuus on kolmas etu, jonka saatte kun valitsette ratkaisumme. Tuotanto pysyy käynnissä keskeytyksettä, ja toimitusajat pitävät joka tilanteessa.

Monipuolisia sovelluskohteita

Linjojamme käytetään mm. myymälä- ja toimistokalusteiden osien, hyllyjen, valaisimien runkojen, LVI-tuotteiden, ovien, seinäelementtien ja hissien osien valmistukseen.

ILMOITTAJAT

Aimo Virtanen	30
Air Well Oy	42
Aurubis Finland Oy	52
Bystronic Oy	19
Cebotec Oy	13
CM Tools Oy	27
CNC – Tekniikka Oy	25
Suomen Messut	56
Fredko	18
Kemppi Oy	27
LaserGas Oy	35
Logate Oy	55
LSK-Machine Oy	30
Meconet Oy	5
Nivalan Teollisuuskylä Oy	46
Pivatic Oy	65
Relicomp Oy	III kansi
Suomen Standardisoimisliitto ry	25
Suomen Vesileikkaus Oy	66
SuomenEDM Oy	kansi
Tammesvirta Oy	19
Tampereen Messut Oy	II kansi
Teknoexpertit Oy	24
Teknos Oy	68
TOX Oy	30
Vossi Group Oy	3

UUTTA!
Tehokas
kuitulaser
käytössä

Laserleikkausta

6 työasemaa, ainevahvuudet 0-25 mm
työalueet 1500 x 3000 mm,
2000 x 6000 mm ja 2500 x 8000 mm

Vesileikkausta

3 työasemaa, ainevahvuudet 0-200 mm,
työalue 4100 x 9100 mm

Putkien leikkausta

D_{max} 400 mm

Särmäystä

5 särmäyspuristinta
max särmäyspituus 6000 mm



Suomen Vesileikkaus Oy

Yritystie 1, 42700 Keuruu

puh. 0207 870 050, fax. 0207 870 051

myynti@suomenvesileikkaus.fi

www.suomenvesileikkaus.fi



TAITAEN TERÄSTÄ

Muistatko vielä mäkiautomme?

Esittelemme jälleen
komia osaamistamme
Alihankintamessuilla
15.-17.9.2015.

Tervetuloa
osastolle C222!

relicomp.fi

“MAHAROTOONTA EI OOKKAA!”

RELICOMP OY

Sepänkatu 1
44200 SUOLAHTI
020 740 4400

Teollisuuskatu 8
61300 KURIKKA
020 740 4480



Perhaps our most powerful tool.

Utilizing our extensive knowledge and state-of-the-art tools we develop paint systems and coating solutions that can meet even the most demanding requirements.