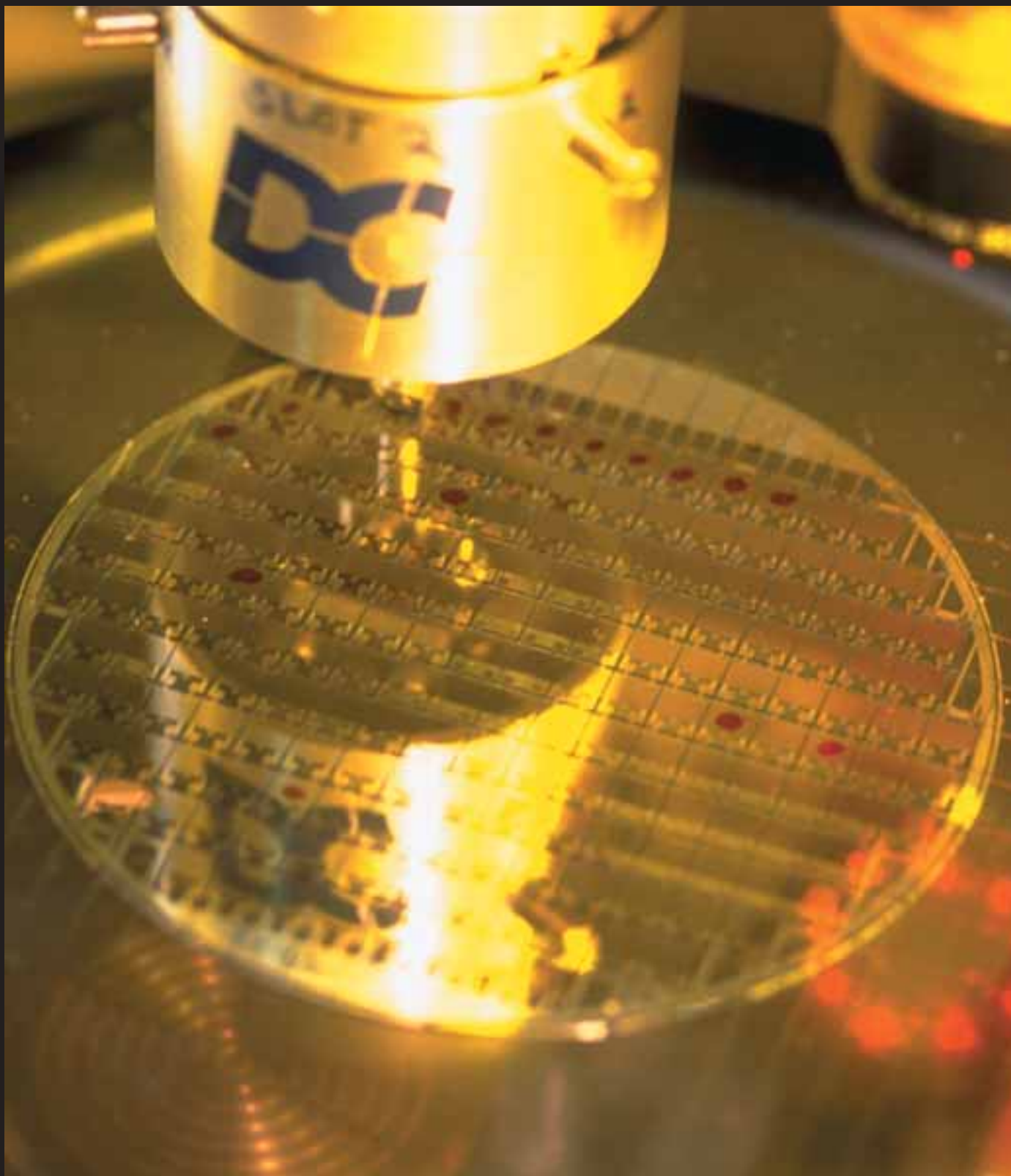


VUORITEOLLISUUS

 Bergshanterringen

4/2001



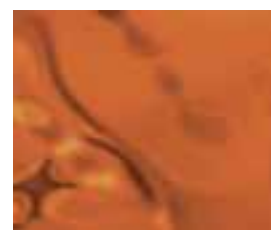
Vaisala on markkinajohtaja ympäristömittauksen alalla. Yhtiön high-tech tuotteille löytyy jatkuvasti uusia käyttöalueita. Sivut 13-15.



**Tiesitkö
että...**

**Metallit
tuovat laatua elämään**

metallit ovat turvallisia ja pitkäikäisiä – jopa ikuisia. Metallien valmistuksessa, kuten kaikessa liiketoiminnassa, on huomioitava niin ympäristö kuin käyttäjäkin. Näin me teemme.



VUORITEOLLISUUS

4/2001

Julkaisija **VUORIMIESYHDISTYS - BERGSMANNAFÖRENINGEN** r.y. 59. vuosikerta ISSN 0042-9317

PÄÄTOIMITTAJA

Editor in chief

Prof. Jouko Härkki

Oulun Yliopisto

Prosessimetallurgian laboratorio

PL 4300

90014 OULUNYLIOPISTO

08-553 2424

fax 08-553 2339

040-521 5655

jouko.harkki@oulu.fi

TOIMITTAJA, T&K

Editor, R & D

Ma. prof. Harri Lehto

TKK, Mekaaninen prosessi- ja

kierrätystekniikka

PL 6200, 02015 TKK

09-451 2786

fax 09-451 2795

050-555 2786

harri.lehto@hut.fi

TOIMITTAJA, T&K

Editor, R & D

Arni Kujala

Nokia Mobile Phones

Itämerenkatu 11-13

00180 HELSINKI

07180-36279

fax 07180-37290

TOIMITUSNEUVOSTO

Editorial Board

DI Pekka Purra, pj/chairman

OMG Finland Oy

Ahventie 4B

PL 46, 02171 ESPOO

09-4393 3752

fax 09-4393 3720

050-1477

pekka.purra@omgi.com

DI Pirjo Kuula-Väisänen

Tampereen teknillinen

korkeakoulu

PL 600, 33101 TAMPERE

03-365 3783

fax 03-365 2884

pirjo.kuula-vaيسانen@tut.fi

DI Matti Palperi

Ulvilantie 11 b D 108

00350 Helsinki

09-565 1221

FL Mikko Tontti

Geologian tutkimuskeskus

Betonimiehenkuja 4

02150 Espoo

020 550 11

fax 020 550 12

mikko.tontti@gsf.fi

DI Erja Kilpinen

Partek Nordkalk Oyj Abp

Tytyri, 08100 LOHJA

0204 55 3993

fax 0204 55 3901

0400-814 156

erja.kilpinen@nordkalk.com

TOIMITUS Editorial staff

L & B Forstén Öb Ay

PL 45, 10601 Tammisaari

019-2415604 fax 019-2415453

l-b.forsten@co.inet.fi

LEHDEN ULKOASU

Layout Leena Forstén

SISÄLTÖ/Contents

5

Veikko Lindroos: Materiaaliosaaminen kehityksen veturina kivikaudesta piikautteen

7

Bo-Eric Forstén: Okmeticin kiekkoissa on nostetta

8

Okmetic on materiaalitekniikkaa, fysiikkaa ja kemiaa

10

Näin syntyy piikiekko

11

Eirilainen mutta vaikuttava tehdaskierros

13

Bo-Eric Forstén: Vaisala yläilmoissa jalat maassa

15

Ulkoilmasta tehdashalleihin

17

Bo-Eric Forstén: Metallurgialle rohkaiseva välitodistus

21

Prosessiteollisuuden uusajattelua

22

Internetin villi nuoruus

24

Eetu-Pekka Heikkinen, Timo Fabritius, Jouko Härkki: 10 vuotta prosessimetallurgiaa Oulun yliopistossa

27

Harri Lehto: Höstmötet, Trondheim

T & K

29

Jussi Sipilä: Ketä koskee automaation kehittäminen?

35

Pauli Syrjänen, Jouko Tenhunen: Tietokoneet ja ruiskubetonointi

41

Arni Kujala, Kauppi Kujala, Ari Oikarinen:

Kannettavien elektroniikkalaitteiden materiaalit ja niiden prosessointi

49

Risto Karppi, Martti Vilpas: Hitsaus- ja liittämistutkimus Suomessa

54

Juho Hukka: Kyaniitti ja muut alumiinisiliikaatit

56

Näin vuorimiehet ennen

58

Joukko Tosikkoja

59

Markku Mäkelä: Pääsihteerin palsta

60

Anja Korhonen: Vuorinaiset, keitä me olemme?

61

Ulla-Riitta Lahtinen: jäsen uutisia

62

Geologijaosto

Jaana Lohva: Geologit laineilla

63

Metallurgijaosto

Jyrki Makkonen: Kurssitarjontaa metallurgille

63

Maaailman paras ammatti

63

Icomat'02

64

Kaivosjaosto

Toivo Wanne, Jon Willberg:

Kaivosjaoston sysyretki

66

Rikastus- ja prosessijaosto

Harri Lehto, Heikki Pekkarinen:

Jaoston excursio Ruotsiin

67

Ohjeita kirjoittajille; Ilmoittajat

68

Palveluhakemisto

KANSIKUVA/Cover Vaisalan kosteusanturit poimitaan sahatusta anturiekokosta imutehdon perustavalla poimintakoneella. Kuva: Vaisala Oyj

Vuoriteollisuus-Bergshanteringen -lehti kattaa teknologian alueet geofysiikasta ja geologiasta lähtien ml. kaivos- ja prosessitekniikka ja metallurgia sekä materiaalin valmistus ja materiaaliteknikan erilaiset sovellutukset. Lehden alkuosa painottuu alan ja yritysten ajankohtaisiin asioihin. T&K-osa keskittyy tutkimuksen ja kehitystyön tuloksiin. Lehti tarjoaa myös forumin jäsenistön keskustelulle ajankohtaisista aiheista.

Vuoriteollisuus - Bergshanteringen magazine covers all areas of technology in the mining and metallurgical field, from geology and geophysics to mining, process technology, metallurgy, manufacturing and various materials technology applications. The first part of the magazine focuses on what's happening in the field and the companies involved while the R&D section concentrates on the results of research and development.

ILMOITUSPÄÄLLIKKÖ

Advertising Manager

Veikko Appelberg

Vuorimiesyhdistys r.y.

Vehkaniityntie 15, 02180 ESPOO

09-5021482, 040-521 2761

veikko.appelberg@kolumbus.fi

TILAUSHINNAT (EUR)

Vuosikerta 42,- Ulkomaille 51,-

Irtonumero 13,- Ulkomaille 15,-

PAINOSMÄÄRÄ 2900 kpl

Vuoriteollisuus-Bergshanteringen n:o 1/2002 ilmestyy 12.2. Siihen tarkoitettun aineiston tulee olla toimituksella viimeistään 7.1. T&K-aineisto Harri Lehdolle. The next issue of Vuoriteollisuus-Bergshanteringen will come out on the 12 February 2002. All material to the editors, please, by 7 January.

Kirjapaino: Tammisaaren Kirjapaino Oy, Tammisaari

Vuorimiesyhdistyksen toimihenkilöt 2001

HALLITUS 30.3.2001

TKT Juho Mäkinen, puheenjohtaja

Outokumpu Oy
PL 140

02201 ESPOO

09-421 2144

fax 09-421 3890

juho.makinen@outokumpu.com

Prof. Kari Heiskanen,

varapuheenjohtaja

Teknillinen korkeakoulu

Materiaali- ja kalliotekniikan osasto

PL 6200

02015 TKK

09-451 2789

fax 09-451 2795

kari.heiskanen@hut.fi

TKL Anne Ahkola-Lehtinen

Rautaruukki Oyj

Fredrikinkatu 51-53

PL 860

00101 Helsinki

09-4177 6119

fax 09-603 634

anne.ahkola-lehtinen@rautaruukki.fi

Prof. Tero Hakkarainen

VTT Valmistustekniikka

PL 1704

02044 VTT

09-456 5410

fax 09-456 7002

tero.hakkarainen@vtt.fi

DI, KTM Jukka Järvinen

Outokumpu Harjavalta Metals Oy

29200 HARJAVALTA

02-535 8201

fax 02-535 8239

040-517 1001

jukka.jarvinen@outokumpu.com

DI Pekka Mikkola

Suomen Malmi Oy

PL 10

02921 Espoo

09-8524 0111

fax 09-8524 0123

040-543 7171

pekka.mikkola@smoy.fi

DI Erkki Pisilä

Rautaruukki Steel

Terästuotantoyksikkö/260

PL 93

92101 RAAHE

08-849 2404

fax 08-849 3407

040-557 8608

erkki.pisila@rautaruukki.fi

DI Eero Rättyä

AvestaPolarit Stainless Oy

FIN-95400 Tornio

016-452 345

fax 016-452 619

eero.rattya@avestapolarit.com

DI Hannu Savisalo

Savcor Group Ltd Oy

Insinöörintie 7

50100 MIKKELI

015-760 4261

fax 015-760 0411

050-2688

hannu.savisalo@savcor.com

Teoll.neuvos Reijo Vauhkonen

Tulikivi Oyj

83900 JUUKA

013-68 1111

fax 013-681 1130

reijo.vauhkonen@tulikivi.fi

TkL Martti Veistaro

Imatra Steel Oy Ab

Terästehtaantie 1

55100 IMATRA

05-6802 534

fax 05-6802 511

martti.veistaro@imatrateel.com

fax 020 544 4601

0400-418 017

jari.honkanen@sandvik.com

RIKASTUS- JA PROSESSIJAOSTO

DI **Heikki Pekkarinen**, puheenjohtaja

AvestaPolarit Chrome Oy

Kemin kaivos

PL 172

FIN-94101 KEMI

016-453 590

fax 016-453 566

heikki.pekkarinen@avestapolarit.com

Ma. prof. **Harri Lehto**, sihteeri

Teknillinen korkeakoulu

Mekaanisen prosessi- ja

kierrätystekniikan laboratorio

PL 6200

FIN-02015 TKK

09-451 2786

fax 09-451 2795

harri.lehto@hut.fi

METALLURGIJAOSTO

DI **Pekka Tuokkola**, puheenjohtaja

Outokumpu Harjavalta Metals Oy

29200 HARJAVALTA

02-535 8502

fax 02-5358 539

040-543 4253

pekka.tuokkola@outokumpu.com

DI **Jyrki Makkonen**, sihteeri

Outokumpu Harjavalta Metals Oy

Kuparielektrolyysi

PL 60

28101 PORI

02-626 5230

fax 02-626 5338

0400-598 514

jyrki.makkonen@outokumpu.com

JAOSTOJEN PUHEENJOHTAJAT JA SIHTEERIT

GEOLOGIJAOSTO

FM **Risto Pietilä**, puheenjohtaja

Outokumpu Mining Oy

Tehtaankatu 2

83500 OUTOKUMPU

013-556 307

fax 013-556 263

050-66 678

risto.pietila@outokumpu.com

DI **Jaana Lohva**, sihteeri

Geologian tutkimuskeskus

PL 96

02151 ESPOO

020 550 2309

fax 020 550 12

jaana.lohva@gsf.fi

KAIVOSJAOSTO

DI **Olavi Suomalainen**, puheenjohtaja

AvestaPolarit Chrome Oy

Kemin Kaivos

PL 172

94101 KEMI

016-453 544

fax 016-453 566

olavi.suomalainen@avestapolarit.com

DI **Jari Honkanen**, sihteeri

Sandvik Tamrock Oy

PL 100

33311 TAMPERE

020 544 4087

YHDISTYKSEN PÄÄSIHTEERI

Prof. Markku Mäkelä

GTK

PL 96

02151 ESPOO

020 550 2223

fax 020 550 15

040-504 5226

markku.makela@gsf.fi

YHDISTYKSEN RAHASTONHOITAJA

TkL Ulla-Riitta Lahtinen

Kaskilaaksontie 3 D 108

02360 ESPOO

09-813 4758

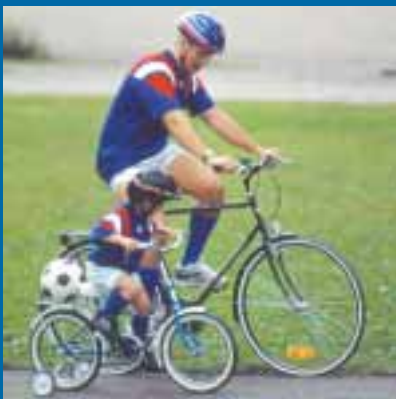
fax 09-813 4758

0400-456 195

u-r.lahtinen@pp.inet.fi

Yhdistyksen internet-
sivun osoite:
www.vuorimiesyhdistys.fi

Valssilankaa tarvitaan joka päivä



fundia

RAUTARUUKKI GROUP

Fundia Wire Oy Ab, 25900 Taalintehdas, puh. (02) 4288, faksi (02) 428 5149

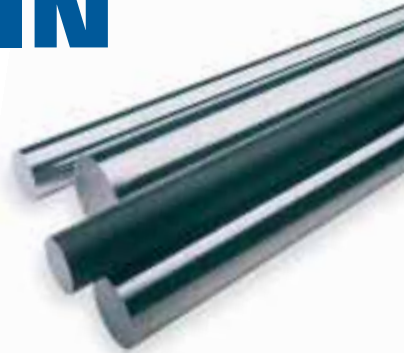
ENEMMÄN KUIN TERÄSTÄ



Joustavaa teräspalvelua

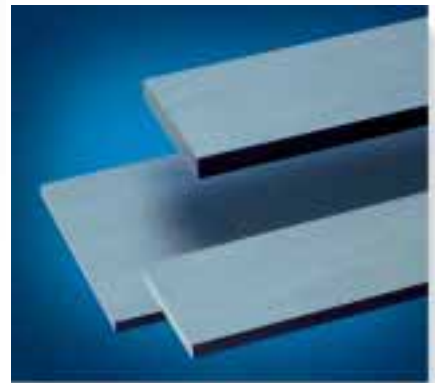
Teknistä asiakaspalvelua

Tuotekehitystä



**M-TERÄS
IMATRA 520
IMATRA 550
HYDAX**

**IMACRO®
IMACRONIT®
IMANITE®**



**SUOMALAISTA TERÄSTÄ
IMATRA STEEL**

TERÄSPALVELUKESKUS **IMATRAN TERÄSTEHDAS**
Teollisuuskuja 1 Terästehtaantie 1
14200 TURENKI 55100 IMATRA
Puh. 03-570 2600 Puh. 05-680 21
Fax 03-570 2602 Fax 05-680 2211
sähköposti:
info.fi@imatrasteel.com
tekninen.asiakaspalvelu@imatrasteel.com
www.imatrasteel.com

Materiaaliosaaminen kehityksen veturina kivikaudesta piikauteen

IHMISEN KÄSITYS MATERIAALEISTA

lähti asteittain muodostumaan sen jälkeen, kun ihminen laskeutui puusta maahan n. 4 milj. vuotta sitten. Ihmiskunnan kirjoitettu historia on n. 15 000 vuoden takaa ja ensimmäinen kaupunki rakennettiin Jerikoon n. 10 000 vuotta sitten. Aineen ensimmäinen jaottelu on peräisin n. 350 eKr., jolloin kreikkalainen filosofi Empedokles esitti, että aine esiintyy neljässä pääolomuodossa: (1) maa, (2) tuli, (3) vesi ja (4) ilma. Pienimmän mahdollisen partikkelin konseptin esitti puolestaan n. 400 eKr. kreikkalainen filosofi Leukippos ja hänen oppilaansa Demokritos, ja myöhemmin Demokritos antoi pienimmälle mahdolliselle partikkelille nimen "atomos" (= jakamaton) eli atomi. Tällä tiedolla pärjättiin n. 2 300 vuotta, jolloin Ernst Rutherford osoitti v. 1911, että atomin sisäinen rakenne koostuu protoneista, neutroneista ja elektroneista, muista pienemmistä hiukkasista puhumattakaan.

**IHMISKUNNAN HISTORIA MUODOSTUU MATERIAALIAIKAKAUSIS-
TA**, joita ovat: kivikaudet n. 600 000 – 3 000 eKr. (eoliittinen, paleoliittinen, mesoliittinen ja neoliittinen), pronssikausi n. 2 000 eKr., rautakausi n. 1 400 eKr., teollinen vallankumous 1700- ja 1800-lukujen vaihteessa sekä sen jälkeen piikausi n. 1950, jonka aloitti transistorin keksintö, josta William Shockley, Walter Brattain ja John Bardeen saivat Nobel-palkinnon 1950-luvun alussa.

NYKYINEN KÄSITYS MATERIAALEISTA jaoittelee ne kolmeen pääryhmään: (1) konstruktiiviset materiaalit (kuten paineastiateräkset), (2) funktionaaliset materiaalit (kuten puolijohdemateriaalit) ja (3) aktiiviset materiaalit (kuten magneettisesti ohjattavat muistimetallit), joiden kehitys- ja käyttöönottovaiheet ovat myös kronologisesti yllä mainitussa järjestyksessä. Kaikissa mainituissa materiaaliyryhmissä niiden valmistusta ja ominaisuuksia hallitsevat samat materiaalitieteelliset ilmiöt, kuten kemialliset reaktiot, jäähmettyminen, faasitransformaatiot, elastinen ja plastinen käyttäytyminen, erkautuminen, lämmön- ja sähkönjohtavuus, optiset, magneettiset ja puolijohdeominaisuudet jne.



Kuva: LF

NÄIDEN ILMIOIDEN TUNTEMISEEN JA OSAAMISEEN PERUSTUVA MATERIAALITEKNIikka

on luonteeltaan mahdollistavaa eli se asettaa rajat sille, mitä ratkaisuja voidaan eri tekniikoilla ja prosesseilla valmistetuissa teollisissa tuotteissa käyttää. Yhteiskuntien teknologinen taso määräytyykin pitkälti sen mukaan, kuinka hyvin ne pystyvät eri materiaalien ominaisuuksia hyödyntämään. Niinpä materiaalitekniset parannukset voivat aiheuttaa parhaimmillaan teknologiahyppäyksiä ja teollisia läpimurtoja, joiden kerrannaisvaikutukset ovat monin verroin suuremmat kuin materiaalien tuotantomäärät antaisivat aihetta olettaa. Uusi materiaalitekniinen ratkaisu voi synnyttää kokonaan uuden teollisuudenalan, esimerkkinä piin puolijohdeominaisuuksien hyödyntäminen elektroniikka- ja tietotekniikkateollisuudessa. Materiaalitekniikan tarjoamat mahdollisuudet on pitkään tiedostettu ja lähes poikkeuksetta teollistuneet maat ovat nostaneet sen yhdeksi tutkimuksen tärkeimmistä painoalueista.

TEOLLISUUDEN TARVE UUSILLE MATERIAALITEKNISILLE RATKAISUILLE on kiihdyttänyt niiden tutkimusta viime vuosina maailmanlaajuisesti. Hyödynnettäväksi onkin tulossa runsaasti uusia kehittyneitä materiaaleja ja prosesseja. Konstruktio materiaalien li-

säksi käyttöön otetaan funktionaalisia materiaaleja, joilla on esimerkiksi erinomaisia magneettisia, optisia tai sähköisiä ominaisuuksia. Aktiivisia materiaaleja jotka kykenevät reagoimaan ympäristönsä muutoksiin esimerkiksi muotoaan muuttamalla kehitetään voimakkaasti. Elektronisiin laitteisiin integroidaan yhä pienempään tilaan myös antureita, moottoreita ja aktuaattoreita mikrosysteemeiksi, joiden kehityksen arvioidaan seuraavina vuosikymmeninä voivan mullistaa teollisuuden rakenteen kuten puolijohdeet tekivät aikanaan.

MYÖS SUOMALAISEN TEOLLISUUDEN RAKENNE on monipuolistumassa. Metallien ja muiden materiaalien valmistusmäärät ovat paitsi volyymiltaan kasvaneet niin erityisesti niiden jalostusasteen nostoon on voimakkaasti ja tuloksellisesti panostettu. Tämän rinnalle maahan on lisäksi syntynyt ja tulee jatkossakin syntymään lisää teknologiayrityksiä, joiden tuotteiden koko ja rakenteet pyritään pienentämään aina mikro- ja nanometriluokkaan asti, jolloin materiaali-ilmiöt tulevat korostuneina esiin, ja materiaalitekniikan osaamisen merkitys tuotteen tietosisällön osana on kasvanut voimakkaasti. Lisäksi maailmanlaajuisen teollisen muutoksen seuraaminen vaatii entistä suurempia panostuksia kehittyneiden materiaalien opetukseen, tutkimukseen ja tuotekehitykseen. Menestyneimmät yritykset pyrkivät lisäksi kehittymään lisenssillä hankittuja prosesseja käyttävistä seuraajista teknologiajohtajiksi, jolloin niiden materiaalitekniikan osaamisen on edustettava maailman huipputasoa.

TÄMÄN VISION TOTEUTTAMISEKSI Teknillisessä korkeakoulussa on usean valmisteluvuoden jälkeen päätetty perustaa vuoden 2002 alusta lukien Uusien materiaalien keskus, jonka tehtävänä on myötävaikuttaa Suomen teollisuuden kilpailukykyyn luomalla materiaalitekniikan maailmanluokan osaamiskeskittymä ja sen avulla teollisuuden tarvitsemia uusia materiaaliratkaisuja, uutta liiketoimintaa sekä huippuosaajia. Tällä panostuksella, jossa Teknillisen korkeakoulun materiaalian vahvuustekijät Materiaali- ja kallioteknikan, Kemian tekniikan, Konetekniikan, Sähkö- ja tietoliikennetekniikan ja Teknillisen fysiikan osastoilla kerätään tällaiseksi maailmanluokan osaamiskeskittymäksi, pyritään edelleen kehittämään huippuluokan materiaalitieteellistä tutkimusta ja opetusta sekä sen kautta uusiin materiaaleihin perustuvia tuotteita ja prosesseja, jotka toteutuessaan synnyttävät Suomeen uutta työtä ja hyvinvointia. □

Luotettavaa Suorituskykyä



Axera D07 on erittäin suorituskykyinen peränajojumbo 12-60 m² tunneliin, joka soveltuu kaikkein vaativimpiinkin kaivosrakentamisen ja -tuotannon kohteisiin. Luotettava ja taloudellinen Axera D07 kattaa erilaiset sovellukset peränajosta

poikkiperän aloitukseen ja pultinreikien poraukseen.

Uusi HLX5-porakone ja Tamrockin ohjausjärjestelmä varmistavat parhaan mahdollisen poraustehon ja luotettavuuden - edullisin käyttökustannuksin.

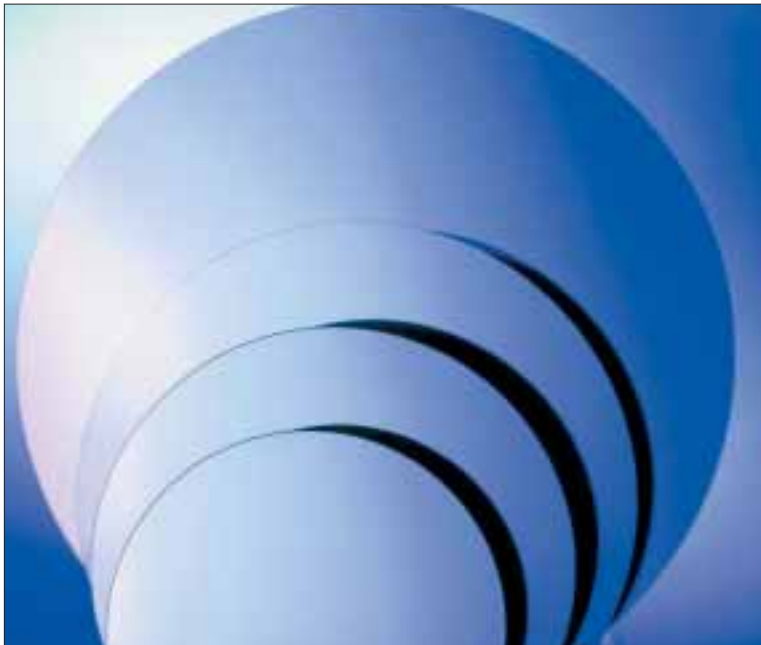
TAMROCK

SANDVIK

Myynti ja huolto: Sandvik Tamrock Oy PL 100 33311 Tampere
Puh. 0205 44 4600 Fax myyntiin 0205 44 4601 Fax huoltoon 0205 44 4608 www.sandviktamrock.com

Okmeticin kiekkoissa on nostetta

TEKSTI: BO-ERIC FORSTÉN



Kuva: Okmetic Oyj

Suomalaiselle yritykselle harvinaista lajivalintaa, piikiekkujen valmistusta pohjustettiin jo 1970-luvulla Otaniemen kampuksella sinnikkään kykyjenetsintätiimin toimesta (kts. Vuoriteollisuus-lehti 3/2001, Lindroos-Heiskanen). Apuun tulivat nimekkäät sponsorit, Outokumpu ja Nokia, joiden valmennusneuvojen turvin tekniikka hiottiin markkinakuntoon. Itsenäinen ura aukeni vuonna 1985, ja siitä lähtien Okmetic on kasvanut tasatahtia puolijohdeteollisuuden vallankumouksen kanssa. Itse asiassa Okmeticin keskimääräinen kasvuvauhti on ollut kaksinkertainen puolijohdeteollisuuden keskikasvuun verrattuna.

Piikiekkoja valmistetaan elektroniikka-teollisuudelle mikropiirien rakennusalus-taksi. Mikropiirejä tuottavat tehtaat valmistavat piirit piikiekkon pinnalle ja myyvät ne puolivalmisteina tai valmiina tuotteina eteenpäin. Mikropiirejä tarvitaan lähes jokaisen modernin elektronisen laitteen valmistamiseen.

Maailmassa on noin 20 piikiekkota valmistavaa yritystä. Liikevaihdolla mitattuna Okmetic löytyy listan keskivaiheen yläpuolelta, ja kokoero listan kärjessä olevaan kahteen japanilaiseen on kaksikymmenkertainen. Okmetic ei olekaan lähtenyt mukaan isojen poikien leikkiin. Okmetic ei kilpaile massatuotemarkkinoilla, vaan on pyrkinyt löytämään tuotealueita, joilla suuri ei automaattisesti ole kaunista.

Suomalaisyritys on onnistunut hyvin valinnoissaan. Okmeticin osuus maailman piikiekkomarkkinoista on vain runsaan prosentin luokkaa, mutta MEMS-anturivalmistajien piimateriaalin toimittajana yritys on markkinajohtaja. MEMS-käyttökohteet (MEMS = MicroElectro-Mechanical System) lisääntyvät koko ajan. Tavallisimmat sovellutukset löytyvät auto-, ilmailu- ja lääketeollisuudesta. Fysikaalisten muutosten mittaamisessa MEMS-anturit tulevat ehkäpä parhaiten oikeuksiinsa. Anturitekniikka on nopeassa kehitysvaiheessa ja leviää uusille alueille kuten optiseen tietoliikenteeseen, matkapuhelinellektroniikkaan, lääketieteen instrumentteihin ja prosessi-automaatioon. Okmeticin vakaa aikomus on säilyttää markkinajohtajan asemansa.

Uusien anturisuokupolvien kehitystyössä Okmetic panostaa voimakkaasti SOI-kiekkujen (Silicon On Insulator) valmistukseen. MEMS-kiekkujen tuotelinjaa uudistetaan ja täydennetään. Espoon tehtaaseen on valmistumassa laajennus, joka kasvattaa MEMS-kiekkujen tuotantoa ja mahdollistaa SOI-kiekkujen volyymituotannon.

Toinen tärkeä tuotekehitysalue on runsaasti seostettujen, sähköä hyvin johtavien piikiekkujen valmistus. Teho- ja puolijohdeteollisuus käyttää tällaisia kiekkoja mm. sähkökoneissa, elektroniikkalaitteissa ja autoissa sähkövir-

Okmetic Oyj on piinkovassa kilpailussa luonut itselleen nimen luotettavana ja innovatiivisena kiekkoheittäjänä. Teimme tutustumiskäynnin tämän kansainvälistä arvostusta nauttivan puolijohde-teollisuuden ja anturivalmistajien raaka-aine-toimittajan pääkallonpaikalle Vantaan Piitiellä.



Pörssiyritys vuodesta
2000 lähtien.

Tuotantolaitoksia

Espoossa, Vantaalla ja
Allenissa (USA).

Ruotsissa piikarbidiekkojen
kehittämiseen keskittyvä
tytäryhtiö Okmetic AB.

Liikevaihto vuonna 2000:

68,6 meuroa (407,6 mmk).

Henkilöstö: 534 henkeä,
joista 448 Suomessa.

ran ohjaamiseen. Kasvattamalla kiekon päälle eri tavalla seostettu epitaksiaalinen kalvo pystytään kiekolle luomaan erikoisominaisuuksia. Tärkein ominaisuus on, että kiekkojen avulla päästään alhaisiin tehohäviöihin. Okmeticin Vantaan tehtaalla on investoitu korkean joutuuden piikiekkujen valmistukseen. Myös Allenin tehtaalla USA:ssa, joka on edelläkävijä epikiekkujen valmistuksessa, on keskeinen rooli tämän sovellutusalueen kehittämisessä.

Anturisuokellutukset (MEMS- ja SOI-kiekot) ja tehosovellutukset (johtavat kiekot) vastaavat kumpikin tällä hetkellä noin neljänneksestä Okmeticin myynnistä.

Perusuormituksen, noin puolet myynnistä, antavat niin sanotut IC-kiekot, eli asiakasräättälöidyt piikiekot, joita asiakkaat käyttävät integroitujen piirien valmistukseen. Okmeticin IC-kiekot löytävät tiensä lähinnä kulutuselektroniikan ja telekommunikaation sovellutuksiin. □

**Oppaina
ensivierailullamme
piikiekkujen
salaperäiseen
maailmaan toimi-
vat Okmeticin
tutkimusjohtaja
Markku Tilli ja
kehitysjohtaja
Jukka Lahtinen,
molemmat alansa
huippunimiä.**



Tutkimusjohtaja Markku Tilli (vas) ja kehitysjohtaja Jukka Lahtinen taustanaan Suomen puhtain työttilä.

TEKSTI JA KUVAT:
BO-ERIC FORSTÉN

Okmetic on materiaalitekniologiaa, fysiikkaa ja kemiaa

DI Markku Tilli, Otaniemen materiaali-
tekniikan miehiä, on alusta lähtien ollut
mukana luomassa Okmeticii aseman
IT-teollisuuden arvostettuna yhteistyö-
partnerina. Hän oli jäsenenä tiimissä,
joka pohjusti piikiekkotuotannon aloitta-
mista Suomessa. TkT Jukka Lahtinen
on puolestaan fyysikko, jonka meriittis-
talla on Suomen ensimmäisen puolijoh-
delaserin rakentaminen. Tämä tapahtui
vuonna 1986. Näin asiantuntijat vastaili-
vat maallikon kysymyksiin.

Minkälaista teollisuutta Okmetic on?

MT: Toiminnassamme on paljon poikki-
tieteellisiä piirteitä. Materiaalitekniologia,
fysiikka ja kemia ovat meille ehkä keskei-
simmät osaamisalueet. Piikiekkujen so-
vellusmahdollisuudet laajenevat jatku-
vasti uusille alueille, joten toimintaympä-
ristömme kehittyä koko ajan. Jos taas
tarkastelee Okmeticiiä tuotantolaitoksena
voidaan puhua prosessiteollisuudesta.
Piin jalostaminen kiekkoiksi tapahtuu vai-
heittain toisiaan seuraavissa osaproses-

seissa. Tuotanto pyörii yötä päivää.

Muodostaako piikiekkujen valmistus lai- tetoimittajien markkinat?

JL: Piitekniologian alkuaikoina markki-
noilla operoi laitetoimittaja, joka myös
osasi valmistaa kiekkoja. Ala lähti kui-
tenkin välittömästi niin voimakkaaseen
kasvuun, että tällaisen konseptin ylläpi-
täminen kävi mahdottomaksi. Yleispäte-
viä laitetoimittajia ei löydy. Jokainen
osaprosessi on kokonaisuus, jolla on
omat laitetoimittajansa. Jokaisella kie-
konvalmistajalla on omat niksinsä, joi-
den avulla hän pitää itsensä kilpailuky-
kyisenä. Olemme itse suunnitelleet ja
kehittäneet tuotantokoneistomme. Lai-
tetoimittaja rakentaa kuoren ja me vas-
taamme sisälmyksistä. Kilpailu on ko-
vaa ja jokainen varjelee omia salaisuuk-
siaan. Eikä uusien yrittäjien ilmaantumi-
nen markkinoille ole kovin todennäköis-
tä. Pääsylipun hinta on sen verran kor-
kea. Arvioidaan, että suuren piikiekkö-
tehtaan rakentaminen tänään maksaa

satoja miljoonia dollareita. (Puolijohde-
tehtaan rakentaminen maksaa miljarde-
ja dollareita.)

Mikä on Okmeticin niksi pitää valmis- tuksensa kilpailukykyisenä?

MT: Kiteen kasvattaminen on meidän
ydinosaamisemme. Tapahtumat uunin
kuumavyöhykkeessä ovat avainase-
massa. Ajamalla uuneja oikealla tavalla
pystymme optimoimaan materiaalisaa-
tomme ja prosessin kustannustehokkuu-
den.

Uunistako kaikki on kiinni?

MT: Uuneista. Meillä on kymmeniä uu-
neja, jotka kaikki muodostavat oman
erillisen prosessinsa. Metallurgisin ter-
mein puhuttaessa "tap to tap"-aika on
2-3 vuorokautta. Tuotantokustannukset
ovat melkoiset. Pii ja argon ovat kalliita
aineita. Käytämme valmistuksessa suu-
ria määriä sähköä ja vettä, eikä se ole il-
maista. Kun "laskussa" saadaan parin

metrin kide tanko, josta ainoastaan osa on mahdollista käyttää asiakkaalle niin on itsestään selvää, että jokaisen uunin tehokkuus vaikuttaa suoraan kannattavuuteen.

Miten paljon priimaa tavaraa saatte läpi prosessin?

MT: Omasta mielestämme olemme onnistuneet hyvin uunien kehittämisessä ja niitä kehitetään edelleen jatkuvasti. Tarkkoja tuotantolukuja emme kerro, mutta todettakoon, että meillä on kymmeniä kiteenkasvatustuoneja, jotka kukin tuottavat toista sataa kideä vuodessa. Niistä syntyy valmiita kiekkoja muutama satatuhatta per uuni.

Kiekkoja on eri kokoisia, mikä määrää halkaisijan?

JL: Kiekoita on mitoitettu käyttäjien tarpeiden mukaan. Puolijohdeolosuhteiden alkuajoina pienet kiekoit riittivät periaatteessa joka lähtöön. Isommalle kiekolle mahtuu enemmän ja kehitys kulkee koko ajan kohti yhä suurempia kiekkoja. Me olemme tänään kokoalueella 100-200 mm.

Kiekkojen ominaisuudet on kuitenkin standardoitu 300 mm saakka ja on odotettavissa, että jo lähiaikoina valmistetaan kiekkoja, joiden halkaisija on 450 mm. Siirtyminen isompaan kokoluokkaan ei käy käden käänteessä ja se on erittäin kallista. Siihen ei riitä uusi isompi uuni, sillä kysymys on kokonaan uudesta valmistuslinjasta, joka on suunniteltava alusta lähtien.

Mihin Okmeticin kasvu perustuu tulevaisuudessa?

MT: Puolijohdeolosuhteisuus on ollut rajassa kasvussa 20-30 vuotta ja se on turvannut meidänkin leipämme. Kilpailu on



Okmetic käyttää monikiteiseksi polypiksi jalostettua piitä raaka-aineena.

sillä alalla kiristynyt koko ajan. Mikropiiriä valmistavalle teollisuudelle on tyyppilistä, että tuotteen myyntivolyymien kasvussa sen yksikköhinta laskee. Sama

ei päde meidän toiminnassamme. Tuotannon lisäys vaatii investointeja. Näin ollen mielenkiintomme siirtyy yhä enemmän toisille sovellutusalueille. Anturiteollisuuden puolella, esimerkiksi autoteollisuuden, lääketieteellisuuden ja vapaa-ajatoiminnan sovellutuksissa, on tapahtunut paljon viime vuosina ja on oletettavaa, että kasvu jatkuu. Toinen mielenkiintoinen kasvualaue on optinen tiedon siirto.

Miten Okmetic on valmistautunut näiden alojen esiinmarssiin?

JL: Espoon tehtaallamme meillä on valmistumassa laajennus anturiekko tuotantoa varten. Aloitamme SOI-kiekkojen valmistuksen uudella linjalla vuonna 2002. Vantaan tehtaamme tuotantokapasiteetti kaksinkertaistuu vuonna 2003. Espoon ja Allenin tehtaalla tehonpuolijohdesovellukset ovat keskeisiä kehityskohteita. Vantaalla meillä on tilaa laajentua, rakentamatonta maata riittää, mutta EPI-kiekkojen valmistukseen erikoistunut Allenin tehdas on varteenotettava vaihtoehto jatkojalostusta suunniteltaessa. USA:ssa esimerkiksi vedyn ja erikoiskaasujen saanti on paljon helpompaa ja halvempaa kuin Suomessa.

Näiden lisäksi meillä on Ruotsissa viireillä mielenkiintoinen kehitysprojekti. Ruotsalainen tytäryhtiömme Okmetic AB kehittää yhdessä Linköpingin yliopiston kanssa piikarbidiekkojen tuotantoprosessia mm. tehonpuolijohdesovelluksiin.

Miten yhteistyö asiakkaiden kanssa sujuu?

MT: Meillä on muutamia asiakkaita, joille valmistamme piiekkoja tarkan spesifikaation mukaan tuntematta lopullista käyttökohdetta, mutta suuri osa toimituksistamme täyttää ns. partnershipin tuntomerkit. Olemme aktiivisesti mukana asiakkaiden tuotekehitystyössä kehittämällä heidän prosessiinsa räätälöityjä kiekkoja. Yhteistyö perustuu täydelliseen keskinäiseen luottamukseen, johon oleellisenä osana kuuluu vaitiolovelvollisuus. Asiakkaiden kautta tiedämme tarkoin missä alalla liikutaan.

Okmetic on 25 vuoden aikana kasvanut tyhjästä varteenotettavaksi tekijäksi Suomen talouselämässä ja tavoitteena on jatkaa vauhdikasta kasvua. Onko tavoite realistinen?

MT: Näin uskomme. Tosin puolijohdeolosuhteisuus kokee parhaillaan historiansa syvintä lamaa ja se näkyy meidänkin toiminnassamme hiljaisempana hetkenä. Notkahdus on kuitenkin tilapäinen. Uusia sovellutusalueita ilmenee koko ajan eikä piille löydy korvaavia materiaaleja. Jatkamme kasvumistamme. □

Okmetic on mukana myös näissä

Anturitekniikka on kehittynyt valtavasti viimeisten kymmenen vuoden aikana. Markku Tillillä on ranteessaan Suannon valmistama kello, joka on oikeastaan rannetietokone. Sillä voi lämpötilan, kosteuden, ilmapaineen ja paljon muun lisäksi myös seurata pulssin toimintaa. On-line ei riitä, vaan kellolla saa esille jälkikäteen senkin miten pulssi on eri tilanteissa reagoitunut.

"Toimii vähän niin kuin ajopiirturi rekoissa", hymähtää Markku Tilli.

Toinen mieleenpainuva sovellutus koskee sydäntahdistajia. Markkinoilla on kiihtyvyyssanturilla varustettu sydäntahdistaja, joka säätelee verenpumpusta rasiituksen mukaan. Levossa tahti hiljenee ja kun toiminta lähtee taas liikkeelle anturi pistää vauhtia masiinaan.



Timo Liuhanen kiillottamassa piikiekköjä. Kuva: Okmetic Oyj



Näin syntyy piikiekkö

Puhdasta piitä

Pii on maaperän tavallisin alkuaine ja erittäin monikäyttöinen materiaali. Okmeticin käyttämä pii on hyvin erilaista kuin se mitä esimerkiksi terästeollisuus käyttää seosaineena.

"Mistään bulkkitarvasta ei ole kysymys. Lopputuotteen ominaisuudet määräytyvät pitkälti piin puhtausasteen mukaan. Meidän käyttämämme on puhtaammasta päästä. Se on arvokasta materiaalia, kilohinta on noin 50 \$/kg. Prosessissamme materiaalihävikki on väistämättä huomattava, mm. sahauksessa, mutta ainoastaan osa jätteistä pystytään ohjaamaan kierrätykseen. Esimerkiksi aurinkokennon valmistajat, joilla ei ole yhtä tiukkoja laatuvaatimuksia, voivat käyttää meidän jätteitämme", sanoo Markku Tilli.

Okmetic ostaa piinsä monikiteiseksi polypiksi (kappalemuotoon) jalostettuna. Johtavat valmistajat löytyvät Japanista, USA:sta ja Euroopasta.

Kiteenkasvatus

Kiteenkasvatus tapahtuu kiteenkasvatusuuneissa, jotka muodostavat koko valmistuslinjan sydämen. Prosessi alkaa polypiin sulattamisella ja mahdollisten seosaineiden kuten boorin, fosforin, antimoinin tai arseenin lisäämisellä. Uunissa sulasta massasta kasvatetaan halutun kokoista erilliskiteistä tankoa erittäin vaativassa prosessissa, jossa lämpötilan hallinta ja jäähdytysnopeus ovat oleellisia elementtejä. Okmetic yhteistyökumppaneineen on kehittänyt hyvin monipuolisen ja monimutkaisen super-

tietokonetta vaativan matemaattisen mallin uunien lämpövyöhykkeiden toiminnan ohjaamista varten. Kideuunon kasvattaminen uunissa kestää 1-2 vuorokautena.

Kiteenkattaus

Uunissa syntyy parimetrinen pyöreä tanko, joka on halkaisijaltaan 10-20 cm.



Eri osissa tankoa on erilaiset fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet, joten tankosta leikataan edelleen jalostettavaksi se osa, joka analyysiltään vastaa asiakkaan spesifikaatioita. Katkaisun jälkeen tanko pyöröhiotaan oikeaan halkaisijaan.

Kiekköjen sahaus ja jatkokäsittely

Timanttisahan avulla leikataan ohuita kiekkoja, joiden paksuus on tavallisesti 0,5-1,0 millimetriä. Automaattisen reunapyörityksen jälkeen kiekkoja hiotaan kemiallis-mekaanisessa prosessissa yhtenäisen paksuuden saavuttamiseksi. Vaihtelut yhden piilevyn paksuudessa saavat olla keskimäärin korkeintaan 0,001 millimetriä. Mahdolliset pintaviat poistetaan happo- tai emässiövytyksen avulla.

Kiillotus

Välitarkastuksessa valitaan kiillotukseen hyväksyttävät kiekot. Kiillotus tapahtuu koneellisesti puhdashuoneessa. Eri kiillotusvaiheissa käytetään erilaisia kankaita ja kemiallisia nesteitä. Kiekoista kiillotetaan joko ainoastaan toinen puoli tai molemmat puolet.

Viimeistely

Puhdistuksen, lajittelun ja tarkastuksen jälkeen kiekot pakataan inertillä suojaasulla (argon) täytettyihin kasetteihin asiakkaalle toimitettaviksi.

Epi-käsittely

Osa kiekkoista jatkojalostetaan epikiekoiksi lisäämällä ohut piikerros kiekon pintaan. Epikerroksen avulla vaikutetaan kiekon sähköisiin ominaisuuksiin. □



Erilainen mutta vaikuttava tehdaskierros

Lähinnä terästeollisuuden ja raskaan konepajateollisuuden piirissä ympäristöarvionsa tehneelle kierros Okmeticin tehtaalla on erilainen kokemus. Ei ole kypäräpakkoa ja suojatakin tarkoituksena ei ole säästää vieraan vaatteita likaantumiselta, vaan tuotantotilat ulkopuolisilta saasteilta.

Oikeampi termi on ehkä näyttelytilat, sillä varsinaisiin tuotantotiloihin pääsee kurkistamaan vain lasiseinän läpi. Kaikkein pyhimpään, saliin missä kiteenkasvatusuunit sijaitsevat, näköesteenä on kuitenkin betoniseinä.

Okmeticilla isännät eivät suolla tuotantolukuja ja teknillisiä tietoja korvaan. Sellaisia ei turhaan jaeta. Oppaat huomauttavat kohteliaasti, että ne kuuluvat liikesalaisuuksien piiriin ja että useimpien asiakkaiden kanssa on tehty sopimus tietojen salassa pitämisestä.

Kierros on silti vaikuttava ja antoisa. Käyttäksemme nuorisotermiä voidaan

Maan puhtain työhuone. Kiekkojen viimeistelyosasto.



Markku Tilli (vas) ja Jukka Lahtinen vedenpuhdistamossa. Täällä vesi puhdistetaan niin puhtaaksi, että se on terveydelle vaarallista.

syystä sanoa, että Okmeticin toiminta on siistiä.

Kukaan ei koske tuotteisiin paljain käsin missään vaiheessa prosessia. Käsi- neitä kuluu paljon, jokainen työntekijä käyttää useampaa paria päivässä. Työhaalaritkin pestään jokaisen työvuoron jälkeen.

Osa tuotannosta on puhtausyistä kokonaan eristetty ulkomaailmalta. Sinne 'sottapytyillä' ei ole asiaa. Sinne kuljetaan ilmasulun kautta, jossa kaikki mahdollinen pöly poistetaan puhaltimien avulla jo "puhtaista" vaatteista. Henkilöstön työasut ovatkin jostain leikkaussalin ja avaruusaseman välimaastosta.

"Kiekkojemme viimeistelyosasto työskentelee Suomen puhtaimmassa huoneessa. Siinä ilma on tuhat kertaa puhtaampaa kuin sairaaloissa ja miljoona kertaa puhtaampaa kuin tavallisessa konttori- tai asuinhuoneessa. Puhdas huoneen ilmassa sallitaan korkeintaan yksi mikrohiukkanen per kuutiojalka", kertoo Markku Tilli.

Henkilöstön ei siten tarvitse mennä pihalle haukkaamaan raitista ilmaa. Kaikki puhdas ei kuitenkaan ole yhtä terveellistä.

Oktimec käyttää tuotantoprosessissaan suuria määriä vettä eikä tavallinen vesijohtovesi kelpaa.

"Käytämme tuotantoprosessissamme melkoisia määriä vettä eikä vesijohtovesi sellaisenaan täytä meidän laatuvaatimuksiamme. Meillä on erittäin tehokas vedenpuhdistamo, jossa kaikki vieraat aineet poistetaan vedestä ja tuloksena on puhdas H₂O. Tällaisen veden juominen ei kuitenkaan ole terveydeksi. Siitä on poistettu kaikki bakteerit ja mineraalit. Jos sellainen joutuu ihmisen vatsalaukuun se imee ympäristöstään puuttuvat mineraalit ja tällainen saattaa aiheuttaa epämiellyttävän olotilan vatsalaukun kantajalle", toteaa vuorostaan Jukka Lahtinen. □



TERÄKSEN MITTA ON PALVELU

Toimitamme vaativia teräslaatuja ja asennusvalmiita komponentteja Euroopan parhaimmalla toimitusvarmuudella ja tarvittaessa erittäin nopeilla toimitusajoilla. Joustokykymme on erittäin hyvä. Olemme valmiita myös pieniin eräkokoihin, ja teräksemme asiakaskohtainen

räätälöinti on meille jokapäiväistä. Tunnetusti hyvä palvelumme ja tekninen tukemme maksimoivat teräksen ostamisen kustannustehokkuuden ja helppouden.

Ota yhteyttä, niin pääsemme tutkimaan käytännössä, miten saat meistä eniten irti.



Rautaruukki Steel Levytuotteet Myynti ja asiakaspalvelu PL 93, 92101 Raahе, puh. (08) 849 11, fax (08) 849 2491

www.rautaruukki.com/steel

Vaisala yläilmoissa jalat maassa

Kuvat: Vaisala Oyj

Vaisala nousi yläilmoihin jo 1930-luvulla ja on siitä lähtien hallinnut maailman säätieteilijöiden ilmatilaa. Maan kamarallakin yhtiö on pukeutunut keltaiseen johtajanpaitaan ympäristömittauksen eri alueilla. Tänäpäin Vaisala on markkinajohtaja yläilma-havainnoissa, lento- ja tiesääjärjestelmissä sekä ammattikäyttöön tarkoitetuissa suhteellisen kosteuden ja barometrisen paineen mittauslaitteissa.

TEKSTI: BO-ERIC FORSTÉN

”Olimme ajoissa liikkeellä emmekä ole koskaan jääneet lepäämään, vaan tuotekehityksemme on ollut aggressiivinen professori Vilho Väisälän päivästä lähtien”, on Vaisalan toimitusjohtaja Pekka Ketosen selitys yhtiönsä menestykselle.

Leija vaihtui vetypalloon

Vilho Väisälä loi perustan yhtiön loistavalle tulevaisuudelle lähettäessään ensimmäisen suomalaisen radiosondin ilmoille joulukuussa 1931. Tiiviin kehitystyön tuloksena radiosondin valmistus päästiin aloittamaan 1936, ja kun professori Väisälä 1944 perusti Vaisalan edeltäjän Mittari Oy:n, tie maailman huipulle aukeni.

”Professori Väisälä kehitti yksinkertaisesti helppokäyttöisen ja edullisen menetelmän säähavaintojen tekemiseksi. Aikaisemmin käytettiin leijoja, joihin mittarit ja piirturi kiinnitettiin. Menetelmä oli epävarma ja vaivalloinen. Parhaimmillaan näillä laitteilla päästiin 3000 metrin korkeuteen. Ongelma riittävän havainto-

korkeuden saavuttamiseksi poistui kun Ranskassa keksittiin käyttää vetypalloa mittariston nostamiseen ja radiolähetintä tietojen välittämiseen. Kun Väisälä kehitti edullisesti valmistettavat ja kalibroittavat elektroniset anturit mittaamiseen, menestys oli taattu”, kertoo Pekka Ketonen.

Sondi pitää pintansa

Radiosondisondi on edelleen Vaisalan tähtituote. Sondit eli luotausjärjestelmät vastaavat tänään 40 prosentista konsernin liikevaihdosta. Pintasäähavainnointilaitteiden osuus on 35 % ja anturijärjestelmien 25 %. Konsernin liikevaihto oli viime vuonna 179,5 miljoonaa euroa.

Tämän päivän sondi on huomattavasti pienempi ja kevyempi ja ennen kaikkea monikäyttöisempi kuin silloin ennen.

”Uudet teknologiat ovat astuneet kuvaan. Mittaukset tapahtuvat mikropiiriteknologian avulla ja havaintopaikan paikallistaminen GPS:n avulla. Perusratkaisultaan tuote on kuitenkin pysynyt

samana läpi vuosien”, toteaa Pekka Ketonen.

Piitä ja polymeerejä

Puolijohde- ja anturiteknologia muodostavat tänään pohjan Vaisalan toiminnalle.

”Pii on meille tärkeä raaka-aine. Voidaan sanoa, että me aloitamme siitä mihin Okmetic päättää prosessinsa. Toinen tärkeä materiaali on polymeerit, jotka menevät jo kemian puolella. Polymeerikalvon avulla pystyy varustamaan anturit monenlaisilla ominaisuuksilla. Piikiekot ostetaan valmiina kun taas polymeeriteknologian kehittämisessä ja polymeerien valmistuksessa olemme omavaraisia. Teemme myös yhteistyötä yliopistojen kanssa”, kertoo Pekka Ketonen.

Tuotekehitys turvaa etumatkan

Vaisalan asema ympäristömittausbisneksessä on vankka. Esimerkiksi luotausjärjestelmissä yhtiön markkinaosuus on yli 60 %.



Pekka Ketonen



Radiosondi Pekka Ketosen (vas) kädessä on vienyt Vaisalan maailmanmaineeseen. Anturit Kenneth Forsin korurastassa takaavat menestyksen jatkumisen. Kuva: BEF

"Kilpailijamme ovat kauttaaltaan meitä hyvin paljon pienempiä. Vaarallisia he kuitenkin ovat. Suurin osa on yhden teknologian yrityksiä, jotka aina ovat valmiita iskuun, jos löytyy vähänkin tilaa heidän omalla erikoisalallaan. Viisikymmentä vuotta olemme kaatuneet eteenpäin ja sen on jatkuttava. Pystymme säilyttämään etumatkamme ainoastaan tuloksellisen kehitystoiminnan turvin."

Insinöörivetoinen talo

Yhtiön panostus tekniseen osaamiseen näkyy hyvin henkilöstön koulutusohjelmassa. Korkeakoulututkinnon on suorittanut 41 % yhtiön runsaasta tuhannesta työntekijästä. Yli puolella henkilöstöstä on tekninen koulutus.

"Työskentelemme high-tech'in parissa ja silloin insinööritieto kyllä hakkaa talousopit. Käsitykseni mukaan DI ymmärtää enemmän liiketoiminnasta kuin ekonomi tekniikasta", heittää Pekka Ketonen.

Eikä talossa ole insinööreistä puutetta.

"Meillä on suuri joukko fyysikoita ja elektroniikkainsinöörejä. Käytämme paljon tietotekniikkaa. Järjestelmämme muokataan joko Windows- tai Linux-pohjaisiksi ohjelmiksi ja tähän tarvitaan asiantuntijoita. Palveluksessamme on yhä enemmän softareita. Muutkin alat ovat edustettuina. Löytyy meiltä jokunen säätieteilijäkin", luettelee toimitusjohtaja Pekka Ketonen, itse DI.

T&K arvossa

T&K-toiminnalla on keskeinen asema yhtiön toiminnassa. Tuotekehitys tapahtuu läheisessä yhteistyössä asiakkaiden kanssa. VTT:n ja korkeakoulujen kanssa Vaisalalla on vireillä monta tutkimusprojektia, joista tänään on päällimmäisenä anturiteknologiaa koskeva yhteistyöprojekti.

Vaisalan kehitystoiminnassa on kol-

me avainryhmää:

"Tuotepäälliköt peilaavat jatkuvasti markkinoita tuoteparannuksia ja uusia tuotteita silmälläpitäen. Tuotekehittäjät vertailevat yhdessä asiakkaiden kanssa sovellutuksia löytääkseen optimaalisia ratkaisuja. Näiden lisäksi meillä on erillinen tutkijatiimi, jolla on melko vapaat kädet keksiä uusia, rohkeita ideoita ja testata ajatuksiaan käytännössä", kertoo Pekka Ketonen.

Hänen mukaansa Vaisalan osaamisessa on pääasiallisesti kysymys suomalaisesta insinööritaidosta, joskin yhtiöllä on vahvoja tuotekehitystiimejä myös Ranskassa, Saksassa, Iso-Britanniassa ja USA:ssa.

Lupaavia hankkeita käynnissä

Pekka Ketonen huomauttaa, että kilpailijatkin ovat aktiivisia. Aina on olemassa riski, että joku keksii jotain hyvin mullistavaa, joka saattaa muuttaa markkina-asetelmat.

"Mutta voimmehan mekin tehdä sen. Tälläkin hetkelläkin meillä on kolme, neljä lupaavaa hanketta työn alla".

Joka sään tuotteita

Vaisalan toimintaympäristö tuotekehitystoiminnassa poikkeaa siitä mihin muu teollisuus on tottunut.

"Ala on erikoinen siinä mielessä, että painiskelemme globaalisten ilmiöiden kimpussa. Tuuli, lämpö, kosteus ja paine ilmenevät samalla tavalla joka puolella maapalloa. Tuotekehityksessämme meidän ei tarvitse huomioida paikallisia tapoja ja kulttuureja. Kun tuote on kehitetty se kelpaa kaikkialla", toteaa Pekka Ketonen.

Sen sijaan luonnonilmiöt, joihin mittauslaitteet on suunniteltu, saattavat esiintyä hyvin paikallisesti.

Esimerkiksi Suomessa ei laitteisto, jolla pystytään seuraamaan ja ennustamaan hurrikaanien liikkeitä ja mitata niiden voimakkuutta, ole mikään kysytty artikkeli. Sen sijaan Karibialla sellaiset laitteistot ovat kovassa kurssissa.

"Olemme kehittäneet sondin, joka antaa monipuolista tietoa hurrikaanin aikomuksista. Se pudotetaan lentokoneesta hurrikaaniin sen yläpuolelta", kertoo toimitusjohtaja Ketonen.

Vaisala toimii avaruudessakin

On vaikeaa täsmälleen arvioida miten korkealle tai miten etäälle Vantaan pääkallopaikalta Vaisala on parhaimmillaan pystynyt tuotteensa sijoittamaan.

"Suomen ilmatieteen laitos on ollut hyvin aktiivinen eri avaruusprojekteissa ja osallistunut niihin omilla laitteillaan. Niissä he ovat käyttäneet mm. meidän valmistamaamme puolijohdeanturia. Ilmatieteen laitoksen siivellä olemme siten päässeet avaruuteen ja keränneet paljon julkisuutta. Ensimmäinen luotain taisi törmentä Marsiin ja toinen livahti ohi, joten kaukoviennistä on kysymys", hymähtää Pekka Ketonen ja kertoo, että Vaisalan kehittämä hiilidioksidimittari on vuorostaan käynyt avaruussukkulalennolla.

Ilmaston muutos ei mikään markkinarako

Kysymykseemme ovatko puheet ilmaston muutoksesta näkyneet Vaisalan liiketoiminnassa toimitusjohtaja Ketonen toteaa, ettei mikään taho sen kummemmin ole innostunut asiasta.

"Rahahanat ovat pysyneet kiinni sillä tutkimuskentällä. Mittausmenetelmät ovat pysyneet entisellään ja tutkijat ovat yhä enemmän sitä mieltä, että säässä voi esiintyä vaihteluja, joiden esiintymistiheys on erilainen kuin mihin on totuttu".

Säätieteilijät piiskureina

Meteorologian ammattilaiset ovat Vaisalan markkinoinnissa tärkeä kohderyhmä. Heidän mielipiteillään ja toivomuksillaan on painoa.

"Säätieteilijät on vaativa porukka. He ovat pitkälti toimineet kehitystoimintamme vauhdittajina. Tulostakin on syntynyt. Vaisalan laitteita käytetään yli sadassa maassa sään seurannassa ja ennustamisessa."

Lentokentät ja ilmailuliikenne eivät myöskään halua olla sään armoilla ilman tarkkaa ennakkotietoa. Sää on myös tärkeä tekijä puolustusvoimille. Monessa maassa sotilasviranomaisen huolehtii myös siviilisääpalvelusta.

von Münchhausen'illekin apua?

"Eivätkä toimitukset puolustusvoimille rajoitu säähavainnointivarustukseen.

Me voimme esimerkiksi auttaa tykistöä osumaan maaliin. Kun ammutaan järeällä tykillä ammuksen kantomatka saattaa olla 40 kilometriä. Kova sivutuuli voi sillä matkalla viedä ammuksen puolikin kilometriä sivuun kohteesta. Meidän väliaineen tiheyttä mittaavan mittarimme avulla virhe saadaan korjatuksi”, kertoo Pekka Ketonen.

Suolaa, suolaa, vähemmän suolaa

Säästä ovat myös tiemestarit kiinnostuneita. Erityisen huolestuneita he ovat talvikeleistä. Vaisalalla on tarjota heille varata vasten liikennesään seurantaan ja enustamiseen kehitettyjä tuotteita. Esimerkiksi Vaisalalan Road/Runway Sensorin keräämien tietojen perusteella tiemestari tai lentokentän kiitoradoista vastaava pystyy päättämään milloin tien tai radan suolaamiseen on ryhdyttävä. Yhtiöllä on tähän tarkoitukseen tarjolla myös kokonaisiasia sääasemia.

Anturiteknologia nousussa

Vaisala on puolivuosisataa elänyt hyvin sondinsa varassa. Nyt nopeasti kasvavaan anturiteknologiaan kiinnitetään yhä enemmän huomiota.

Toimitusjohtaja Ketonen toteaa, että ylälmoissa radiosondit säilyttävät asemansa ylivertaisena säähavainnointivälineenä, mutta että niiden suhteellinen osuus on laskemassa. Kehityksen painopiste siirtyy yhä enemmän anturiteknologiaan, jolle yhteistyössä asiakkaiden kanssa löytyy uusia sovellutuksia koko ajan.

”Tänä päivänä ydinosaisemme kulmakivet ovat anturiteknologia ja sen sovellutukset sekä järjestelmäintegraatio, toisin sanoen tieto miten eri laitteet ja menetelmät voidaan yhdistää kokonaisuuksiksi, joiden avulla asiat pidetään hallinnassa”, toteaa Pekka Ketonen.

Tahti jatkuu

Vaisalalan strategiassa yhtiön kasvutavoitteeksi on kirjattu keskimäärin 15 % vuodessa.

”Paperi kirjoitettiin vuonna 1996 ja siinä vauhdissa olemme. Toimintamme on hyvin globaalia. Tämä tarkoittaa, että taantumamme jollakin markkina-alueella kompensoituu kasvulla jossakin muualla. Harvoin tilanne on sellainen kuin tänään, jolloin on hiljaisempaa kaikilla päämarkkinoilla; Pohjois-Amerikassa, Euroopassa ja Japanissa. Mitään jyrkkiä heittoja myynnissä tämä ei kuitenkaan aiheuta. Suuri osa meidän toimituksistamme menee julkisille sektoreille ja siellä suhdanteiden vaikutukset tulevat viiveellä, jos ovat tullakseen. Pysymme tulevaisuudessakin kasvutavoitteessamme”, vakuuttaa toimitusjohtaja Pekka Ketonen. □

Ulkoilmasta tehdashalleihin

Vaisalalan tuotteiden juuret ovat meteorologiassa. Säähavainnointiin ja eri luonnonilmiöiden mittaamiseen kehitetty teknologia on vuosien aikana osoittanut käyttökelpoisuutensa myös muihin käyttötarkoituksiin. Yhtiön kehittämät ohutkalvo-polymeriteknikkaan pohjautuvat anturit ovat avanneet Vaisalalle uusia ovia.

”Olemme kehittäneet puolijohdeteollisuudelle, lääketehdaille kuten paperiteollisuudellekin ratkaisuja, joita hyvällä syyllä voidaan pitää high-tech tuotteina. Esimerkiksi 80 % meidän kosteusmittareistamme menevät tänään teolliseen käyttöön”, sanoo johtaja *Kenneth Forss*, joka vastaa liiketoiminta-alueesta Anturijärjestelmät.

Vaisala on satsannut vahvasti ohutkalvo-polymeriteknikan kehittämiseen.

Yhtiö toi jo vuonna 1973 markkinoille maailman ensimmäisen kapasitiivisen ohutkalvo-polymeriteknikkaan perustuvan kosteusanturin. Siitä lähtien kehitystyö on jatkunut intensiivisenä.

”Olemme tämän teknologian kehityksen kärjessä. Yhtiön strategiassa meidän business-alueemme on melko tarkkaan määritelty ja niihin keskitämme myös tutkimus- ja kehitystoimintamme. Näin ollen jotkut matkan varrella syntyneet mielenkiintoiset sivutuotteet ovat jääneet meiltä kaupallisesti hyödyntämättä. Autoissa käytettävä piimikromekaniikkaan perustuva kiihtyvyyssanturi on sellainen. Se kehitettiin, mutta todettiin liiketoiminnan olevan niin kaukana meidän toiminnastamme, että myimme sen amerikkalaiselle firmalle, joka toimii nyt markkinajohtajana täällä naapurissa Vantaalla. VTI Hamlin on esimerkiksi abs-jarruissa ja turvatyynyteknikassa kova nimi. Alkukirjaimet tarkoittavat Vaisala Technologies Inc”, toteaa Kenneth Forss. □

Vaisalalan anturijärjestelmät

Järjestelmät koostuvat lähettimistä, kannettavista mittareista ja kalibrointilaitteista.

Suhteellinen kosteus

Teollisuuden kiinnostukselle Vaisalalan kosteusmittaria kohtaan löytyy monta syytä. Monelle teollisuustuotteelle säilytys- tai varastointitilan oikea kosteusaste on ratkaiseva tuotteen laadulle. Jos ilman kosteus on liian alhainen syntyy staattista sähköä. Ilmiö, joka esimerkiksi kemian teollisuudessa saattaa aiheuttaa vaaratilanteita. Kosteusmittaus kehitettiin alunperin säähavaintoja varten. Nykyään kuitenkin 80% laitteista menee teollisiin sovelluksiin.

Kastepiste

Kastepisteanturi ilmoittaa missä lämpötilassa ilman sisältämä vesihöyry alkaa tiivistyä pisaroiksi. Vaisalalan polymeeri-anturilla voidaan kastepiste määritellä myös hyvin kuivissa ja kuumissa oloissa, jopa 350°C:n lämpötilassa. Anturia käytetään mm. metalliteollisuudessa ja muoviteollisuudessa.

Barometrinen paine

Barometrinen paine

Barometrinen paine on yksi säähavainnointin tärkeimpiä parametreja. Barometrinen paine vaikuttaa kuitenkin myös moneen teolliseen prosessiin. Esimerkiksi laservalon aallonpituus interferometrijärjestelmissä vaihtelee ilmapaineen mukaan.

Hiilidioksidi

Hiilidioksiditaso hallinta erilaisissa ilmastointiratkaisuissa on energiankulutuksen kannalta tärkeä. Monessa teollisessa prosessissa luotettavat häkämittarit ovat niinkään turvallisuuden takuuna.

Ammoniakki

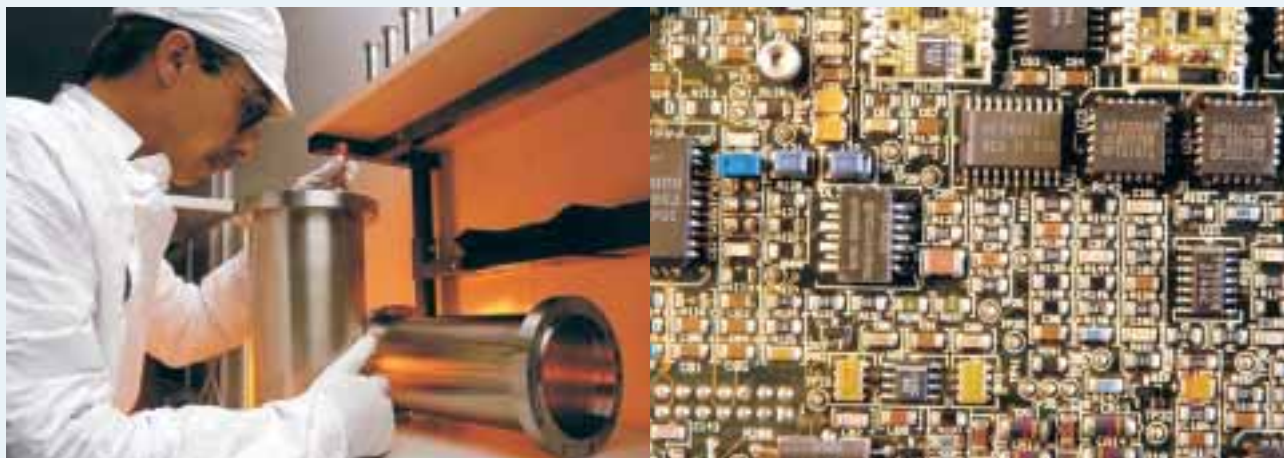
Uusin tulokas anturiperheessä on ammoniakki-ilmaisimien, jonka yhtiö on tänä syksynä tuonut markkinoille. Ohutkalvopolymeeriteknologiaan perustuva laite on tarkoitettu parantamaan ihmisten ja varastojen turvallisuutta ammoniakkiuutujen varalta. □

Anturivalmistusta. Kuva: Vaisala Oyj

Vaisalalan tuotteilla mitataan:

Ammoniakkia
Barometrinen paine
Hiilidioksidiä
Pilviä
Kastepistettä
Hurrikaaneja
Jäätä
Salamoita ja ukkosta
Otsonia
Sateen eri olomuotoja
Radioaktiivisuutta
Suhteellista kosteutta
Auringon säteilyä
Ilman lämpötilaa
Ilmakehän vertikaalista profiilia
Näkyvyyttä
Tuulta

**TEKNOLOGIA ON INSINÖÖRIEN
MIELIAIHE, TULOS SAATTAJ JOSKUS
UNOHTUA JA AIKATAULUT VENYVÄT..**



**YRITYSTOIMINNASSA
TALOUDELLISEN AJATTELUN
OSAAMINEN JA
TULOKSENTEKOTAITO
OVAT VÄLTTÄMÄTTÖMIÄ TYÖKALUJA**

**ONKO YRITYKSENNE
TUOTEKEHITYKSEN, MARKKINOINNIN,
VALMISTUKSEN JA LOGISTIIKAN
TEKNIKKATAITUREIDEN
TALOUDELLINEN OSAAMINEN
AJAN TASALLA ?**

Avainlaskemat Oy:n taloudellisen ajattelun koulutus on käytännönläheistä, asiakkaan liiketoiminnan lukuihin ja prosesseihin rakentuvaa. Olemme palvelleet erityisesti metalliteollisuutta, metsäteollisuutta, elektroniikkateollisuutta sekä suuria maahantuonti- ja tukkuorganisaatioita jo yli 20 vuotta !

AVAINLASKELMAT OY

Kuriiritie 14 01510 VANTAA

puh. 09-2705 311

<http://www.avainlaskemat.fi>

Rohkaiseva välitodistus



Tekes järjesti lokakuun puolivälissä metallinjalostajille ja korkeakoulujen edustajille jo toisen herätysjuhlan ”Metallurgian mahdollisuudet” -teknologiaohjelman puitteissa. Tämä vuonna 1999 käynnistynyt valtiovalan, teollisuuden ja korkeakoulujen yhteinen toiminnan laadun parantamiseen tähtäävä kehitysohjelma on ohittanut puolivälin. Seminaarissa Tekes, johtaja Hannu Järvisen suulla, antoi yhteistyölle korkean arvosanan.

TEKSTI: BO-ERIC FORSTÉN KUVAT: LEENA FORSTÉN

Ohjelman tähänastisista tuloksista on olemassa myös sisäinen arviointi. Arvovaltainen raati, jonka muodostavat 110 hankkeiden johtoryhmissä työskentelevää teollisuuden edustajaa, professoria ja tutkijaa, on kannanotoissaan todennut, että keskeneräisten hankkeiden etenemistä on pidettävä joko suunnitelman mukaisina tai jonkin verran viivästyneinä. Raadin mukaan hankkeiden riskit ovat konkretisoituneet ja niihin on tartuttu määrätietoisesti. Arvioinnissa todetaan, että panostusta tarvitaan lujasti sekä toteuttajilta että yritysjohtoilta. Osaamisresurssit ovat erittäin tärkeä ja niukka voimavara.

Arvioidun 16 hankkeen yhteispanostus on 105 mmk. Arvio hankkeiden vaikutusalueille kohdistuvista investoinneista metallinjalostusyhteisöissä on suuruusluokkaa 650 mmk. Niiden odotetaan antavan säästöinä/tuottoina noin 315 mmk/vuosi.

Tekes on tärkeä tekijä ja vaikuttaja maan teollisessa ja tieteellisessä elämässä, joten suomalaisen metallurgian lähipiiri oli tunnollisesti noudattanut kutsua tulla Dipoliin kuuntelemaan missä ohjelmassa mennään.

Kolme loppuraporttia

Kuten edellisenäkin vuonna seminaarin rungon muodostivat joidenkin keskeisten tutkimushankkeiden tilanneraportit. Päivän tyytyväisimmät puhujat taisivat olla Outokummun Panu Routila, sekä Rautaruukin Erkki Pisilä ja Veli-Matti Nopanen, jotka saattoivat kertoa projekteistaan imperfekti-muodossa.

Metallurgien itsetutkistelun sekaan oli virikkeiden antamiseksi ympätty pari ajatusta herättävää puheenvuoroa ul-

kopuolisesta maailmasta.

M-real Corporationin futuristi professori Jyrki Kettusen näkemykset prosessiteollisuuden tulevaisuuden haasteista saivat metallurgien välittömän hiljaisen hyväksynnän. Kysymyksiä ei tohdittu esittää.

Sonera Juxto Ltd:n opastetulta Inter-net-kierrokselta taisi parhaiten jäädä



Imatra Steel Oy Ab:n toimitusjohtaja Kari Tähtinen toimi seminaarin puheenjohtajana.

Vuorineuvos Jyrki Juusela, Outokumpu Oyj, painotti ohjelman puitteissa tapahtuvan kolmikantayhteistyön merkitystä.

mieleen loppukuva, jossa metallurgihenkinen PC-käyttäjä parhaansa mukaan yrittää päästä automaation herraksi.

Kuulijajoukon reaktioista päätellen uusia ajatuksia synnytti myös VTT:n tutkimusprofessori Liisa Viikarin esitys bioprosessien käytöstä joidenkin metallurgisten prosessien sijasta. Tämä vaikkakin bioprosessit vähintään on laskettava kuuluviksi metallurgian harmaisiin alueisiin.

Tärkeä yhteistyö

Seminaarin avauspuheenvuorossa vuorineuvos Jyrki Juusela toi esille teollisuuden tyytyväisyyden siihen, että tällainen pitkäjänteinen yhteistyö valtiovalan, korkeakoulujen ja metallinjalostajien välillä on saatu aikaan. Hän totesi, että läpimenoaikojen lyhentämisen käyttö projektien onnistumisen mittarina takaa sen, että kehitystyö on laajasti ankkuroitu yritysten toimintaan.



Raju alku

Päivän vierailevista taitelijoista toisena oli professori *Jyrki Kettunen*, joka aloitti esitelmäsarjan. Jo matkalla puhujapöytäön hän ilmoitti, ettei hän yritäkään olla metallurgi, vaan puhuu prosessiteollisuudesta puunjalostusmiehen näkökulmasta.

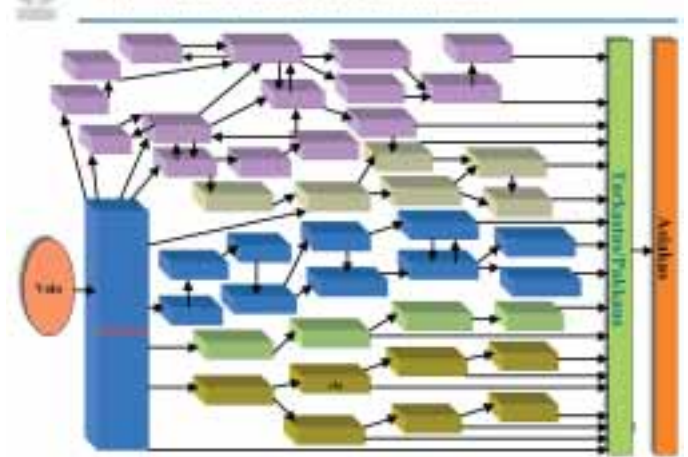
Kuulijansa hän sai valpastumaan vertailemalla suomalainen prosessiteollisuuden tapaa huolehtia kunnostaan kuubalaisten tapaan viljellä sokeriruokoa. Ensin kaikki ruoko kumoon ja sitten vasta kerätään. Professori Kettusen mukaan moniottelu ei ole suomalaisen prosessiteollisuuden laji. Yleensä nähdään vain yksi asia kerrallaan ja vasta sen jälkeen katsotaan mitä lopulle pitäisi tehdä. Kahdessakymmenessä minuutissa hän ehti tehokkaan tarkastelumallin avuin kyseenalaistaa monta kohtaa prosessiteollisuusyritysten tavassa toimia ja ajatella.

Miten hyödyntää uutta teknologiaa?

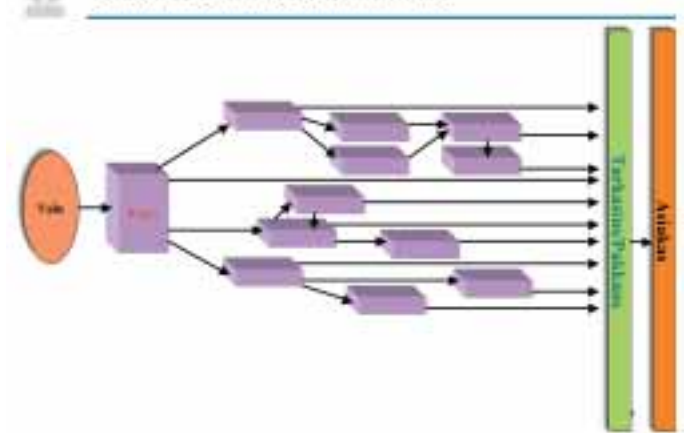
Johtaja *Panu Routilalle*, Outokumpu Copper, suotiin talousmiehenä kunnia esittää metallurgeille minkälainen vaikutus tuotteiden läpimenoaikojen lyhenemisellä on. Jo päätökseen viety hanke koski uuden teknologian, jatkuvapurustus-prosessin (Rodex) hyödyntämistä Outokumpu Copper, Electrical Power and Components'in tuotannossa. Loppukalvo, jossa tehokkuuskäyrä laskettuna kilo per konetunti, törröttää pontevasti ylöspäin, oli vaikuttava. Kuulijoille tuli kuitenkin selväksi, että tuotteen läpimenoajan pudottaminen yli 40 päivästä 23 päivään ei toteudu sillä, että valmistusketjun alkupäässä otetaan käyttöön uusi teknologia, vaan läpi linjan on tehtävä rutkasti työtä. Tarvitaan paljon muutakin kuin teknologiaosaamista, jotta tehokkuus pääsisi kukoistukseen.

Hyvän käsityksen suoritetun urakan laajuudesta antoivat Panu Routilan tuotantoreittikaavion yksinkertaistamista esittämät kalvot.

Vanha tuotantoreittikaavio



Uusi tuotantoreittikaavio



Jouko Härkki



Iron & Steel MMX

Rautaruukki työllistää ohjelman puitteissa projektiryhmän, jonka tehtävänä on luoda systemaattinen tarkastelutapa teräksen eri tuotantoteknologioiden vertailemiseen ja sen pohjalta rakentaa mallinusuohjelmiston apuvälineeksi uusinvestointien suunnitteluun.

Oulun Yliopiston prosessimetallurgian professori *Jouko Härkki* totesi tarkastelussaan, että vastaavia hankkeita ei juuri löydy maailmalta ja että projekti on herättänyt laajaa kansainvälistä kiinnostusta. Hän uskoo projektin aikataulun pitävän, joskin siirtyminen tiedon hankinnasta metodin luomiseen ja työkalun rakentamiseen on vienyt arvioitua enemmän aikaa. Tavoitteena on, että Rautaruukilla on järjestelmä käytössään vuonna 2003. "Sen jälkeen arvioidaan onko siitä väline yleiseen käyttöön", aprikoi Jouko Härkki.

Köyhän malmin metallurgi

VTT:n tutkimusprofessori *Liisa Viikari* tartutti käden käännteessä bakteerinsa kuulijakuntaan. Hän tiesi kertoa, että ahkerat pienet työntekijät *Thiobacillus*, *Acidiphilium* ja *Sulfolobus* sukulaisineen vastaavat 15-30% maailman tuotetusta kuparista. Vastaavasti bioprosessien osuus kul-



MMX kokemuksia



- **Tiedon keruu ei riitä, se pitää myös opettaa.**
- **Laaja taustaryhmä tuo asiantuntemusta, mutta myös monia erilaisia näkemyksiä suoritustavasta. Pitää varata aikaa ja työpanosta yhteensovittamiseen.**
- **Huolelliset sopimuskäytännöt ja niihin aloitettaessa käytetty aika säästetään moninkertaisena myöhemmin.**

lanvalmistuksesta on 20%. Prosesseja on myös kehitetty esimerkiksi sulfidisten nikkeli-, koboltti- ja sinkkimalmien/konsentraattien bioliuotusta varten.

Eriyksen tehokkaita bakteerit ovat köyhien malmien ja kaivosjätteiden hyödyntämisessä.

Professori Viikari on luvannut näillä palstoilla seuraavassa numerossa selvittää missä kaikessa hänen "suojattinsa" pystyvät metallurjeja auttamaan.



Liisa Viikari

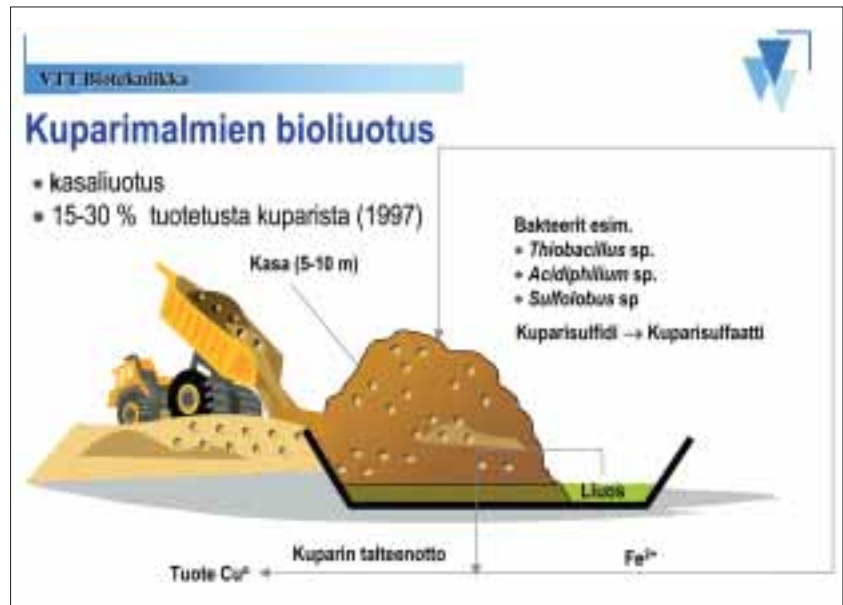


Hannu Järvinen

Ohjelma hyvässä mallissa

Seminaarin isännän puheenvuorossa johtaja Hannu Järvinen esitti Tekesin strategiset painopisteet ja antoi sen ohella Tekesin Metallurgiaohjelman yhteistyökumppaneille mairittelevan palautteen, joskin hän pahoitteli, etteivät pienet ja keskisuuret yritykset ole päässeet odotetulla tavalla esille.

Hän painotti voimakkaasti Tekesin roolia kansallisen osaamisen edistäjänä, todeten Tekesillä olevan vahva usko siihen, että "Teknologian ja osaamisen monipuolinen hyödyntäminen on Suomen korkean hyvinvoinnin perusta". Tekesin visiossa Metallilla on oma paikkansa yhtenä elinkeinoelämän kantavista voimista.



kommentit  - ohjelman toimijoille

METALLURGIA

- Ohjelma on nyt ansiokkaasti ylittänyt puolenvälin virstanpylvään keskimäärin hyvällä arvosanalla.
- Yhteistyö ohjelmassa sekä metallinvalmistajien että tutkimusryhmien kesken toimii hyvin ja avoimesti.
- Pienten ja keskisuurten yritysten osuus ohjelmassa ei ole vielä noussut niin korkeaksi kuin alunperin tavoiteltiin.
- Tälle ohjelmalle on asetettu haasteellinen tavoite lyhentää läpimenoaikoja vuoteen 2005 mennessä.
- Koska alan aikavakiot ovat pitkiä, on tullut aika miettiä mitä tehdään ohjelman jälkeen.
- Tekes haluaa, että kehitystyö metallinjalostusteollisuudessa jatkuu korkeatasoisena ja haasteellisenä niin, että metallinjalostusteollisuus Suomessa myös vuosina 2010 ja 2020 olisi kilpailukyvyiltään ja teknologialtaan kansainvälistä huipputasoa.

 TEKES



Vision neljä eri näkökulmaa

Yhteiskunta ja ympäristö

Suomi on edelläkävijä tiedon ja osaamisen luoja sekä monipuolisuutta soveltajana.

Suomessa yhdistyvät hyvinvointi, kestävä kehitys ja kyky uudistua jatkuvasti.

Suomi on kansainvälisesti houkutteleva innovaatio- ja liiketoimintaympäristö.

Elinkeinoelämä

Suomen elinkeinoelämää kantavat vahvat klusterit:

- tieto ja viestintä
- metsä
- metalli

Kantaviksi aloiksi ovat nousemassa:

- bioteollisuus
- osaamisintensiiviset palvelut

Kaikilla aloilla ja alueilla on kansainvälisesti kilpailukykyisiä yrityksiä.

Asiakkaat

Tekesin asiakkaat eri puolilla Suomea menestyvät kansainvälisesti.

Asiakkaiden kilpailukyky perustuu tietoon ja osaamiseen sekä eri teknologioiden monipuoliseen soveltamiseen liiketoiminnassa.

Tutkimus- ja tuotekehitystyö on tuloksellisinta maailmassa.

Tekes

Tekes tuottaa yhteistyökumppaneidensa kanssa lisäarvoa asiakkaille koko innovaatioketjussa ideasta liiketoimintaan.

Tekesin teknologia-asiantuntemus ja onnistuneet panostukset teknologiaan ovat yhteiskunnan, asiakkaiden ja muiden sidosryhmien luottamuksen perusta.

Tekes on oppiva organisaatio, joka tarjoaa henkilöstölle hyvän ja haasteellisen työympäristön.



Panu Routila, Erkki Pislä ja Veli-Matti Nopanen. Takana Matti Palperi ja Lauri Holappa.

miljoonaksi euroksi vuodessa.

Sähköinen liiketoiminta vaatii paneutumista

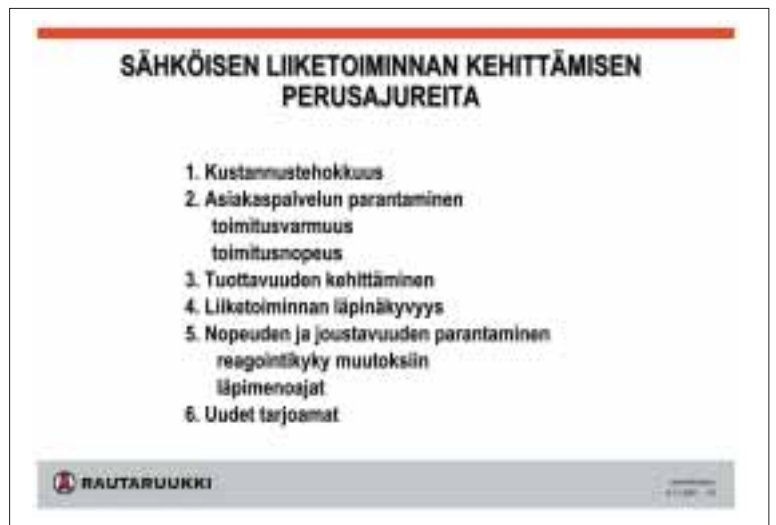
Rautaruukki on metallurgiaohjelman puitteissa hionut valmiuksiaan muilla alueilla kuin tekniikassa ja tuotannossa. Johtaja *Veli-Matti Nopanen*, joka vastaa konsernin sähköisestä kaupasta, osoitti käytännön esimerkein miten moninaisia liiketoiminnan ohjaustoimenpiteitä sähköinen kauppa vaatii sen harjoittajalta. Sähköiseen liiketoimintaan ei kannata lähteä suin päin, vaan perusteet tulee laskea samoilla periaatteilla kuin perinteisissäkin investoinneissa. Kilpailukykyä ajatellen löytyy kuitenkin puhujan

Mitä Internetin jälkeen!

Sonera Juxto Oy:n toimitusjohtaja *Antti Halila* paljasti metallurgeille sen mikä yleisesti on huomattu. Internetistä ei koskaan tullut sitä mitä piti. Perusteellinen Internet-protokolla vuodelta 1971 oli liian raskassoutuinen ja kallis toteuttaa. Mopo karkasi suoraan tallista ja taivaalle syntyi trafiikki, jolle kyllä löytyy liikennesääntöjä, mutta jossa kuljetettavan tavaran suhteen ei ole mitään rajoituksia.

Tuottoisa ajoitus

Rautaruukki Steelin terästuoteyksikön johtaja *Erkki Pislän* mieluisana tehtävänä oli kertoa miten toiminnan oikealla ajoituksella lyödään rahoiksi. Terässulattolle rakennetun ajoitusmallin avulla on pystytty parantamaan nykyistä ajotapaa. Konverttereiden tuotantokapasiteettia on pystytty nostamaan. Romun käyttöä on lisätty panostuksessa ja valukoneen käyttöaste on parantanut. Kaiken tämän ansiosta tuotantomäärä on kasvanut.



Prosessivaiheiden ajoitukselle on rakennettu vastaavanlainen optimointimalli. Mallien ansiosta tehtaan tuotannosuunnittelu on astunut aivan uuteen aikakauteen ja on saatu ihmeitä aikaan.

Hankkeen kustannukset ovat 630 000 euroa, mutta projektin kautta saavutetut hyödyt arvioidaan jo tässä vaiheessa 2,5

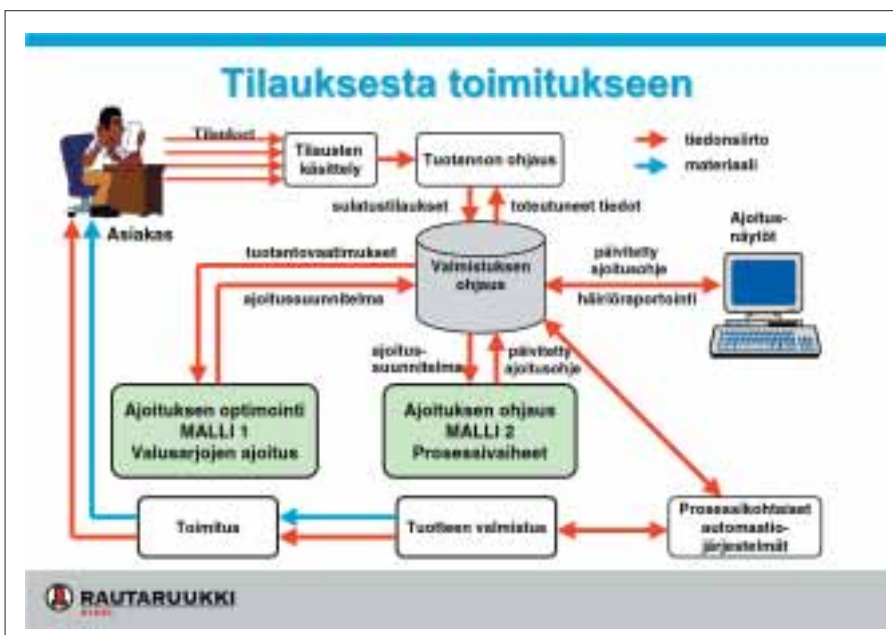


Mikko Kivimäki

mukaan monta seikkaa (hänen papeereissaan perusajureita), jotka puhuvat sähköbisneksen puolesta.

Veli-Matti Nopanen petasi esityksellään vuorineuvos *Mikko Kivimäen* päätössanoille.

Vuorineuvos Kivimäki totesi, että enää ei puhuta siitä sopiiko sähköinen kaupankäynti terästeollisuudelle vai ei, vaan nyt pohditaan milloin siihen on lähdeittävä. Oma mielipiteenään hän lausui, että ajankohta on jo tullut. □



Prosessiteollisuuden uusajattelua

TEKSTI: BO-ERIC FORSTÉN

Professori Jyrki Kettunen esitti M-real Corporationin futuristina puunjalostusmiehen näkemyksen prosessiteollisuuden toimintaympäristöstä tulevaisuudessa. Aikajänne oli 10 vuotta. Hänen toteamuksensa antoivat metalliveljille ajattelemisen aihetta.

Analyysissään professori Kettunen keskittyi viiteen osa-alueeseen, joiden hänen mielestään pitäisi jatkuvasti olla kunnossa. Hänen listansa oli: 1. Tuottavuus 2. Positiointi 3. Logistiikka ja ympäristö 4. Kompleksisuus 5. Yritysstrategiat.

Hän lähti räväkästi liikkeelle huomauttamalla, että yhteiskunnan kannalta tuottavuuden kasvu johtaa tilanteeseen, jossa prosessiteollisuuden uusien tehtaiden rakentamisen sijasta pitäisi oppia sulkemaan vanhoja.

Perusteluna hän esitti yksinkertaisen ja selkeän laskelman:

Kymmenen vuoden aikajaksolla EU:n talouden kasvu on 2-3 % vuodessa. Olemassa olevan laitteiston tuottavuuden nousu on 1-2 % vuodessa. Tuotteiden kevenemisen kautta saadaan 1-2 % lisää. Tämä tarkoittaa, että käytössä olevien laitteiden turvin päästään 4-5 prosentin tuottavuuden kasvuun. Kulutuksen kasvu on taas perinteisesti noin puolet talouskasvusta.

”Olemassa oleva laitteisto johtaa ylipasiteettiin ilman ainoatakaan uusinvestointia”, totesi puhuja.

Yrityksiä hän muistutti suosituksen pullonkaulastrategian rajallisuudesta:

Kun ostetaan tehdas esim. Keski-Euroopasta osaamiskustannukset laskevat nopeasti samalla kuin laatu nousee. Kun junnataan tarpeeksi kauan joudutaan kuitenkin tilanteeseen, jossa investointien suuntaaminen vaikeutuu ja juututaan yksityiskohtiin, joissa osaamiskustan-



Jyrki Kettunen

nukset nousevat kohtuuttomiksi samalla kun laatutaso putoaa.

Selvityksen mukaan IT-teollisuudessa tuottavuuden kasvun on oltava vähintään 15 % vuodessa, jotta firma pysyisi pystyssä. Professori Kettusen mukaan prosessiteollisuudessa vastaava raja saattaisi olla 5 %:n kasvu. Parantaakseen asemaansa markkinoilla yritys tarvitsee 10 %:n kasvun.

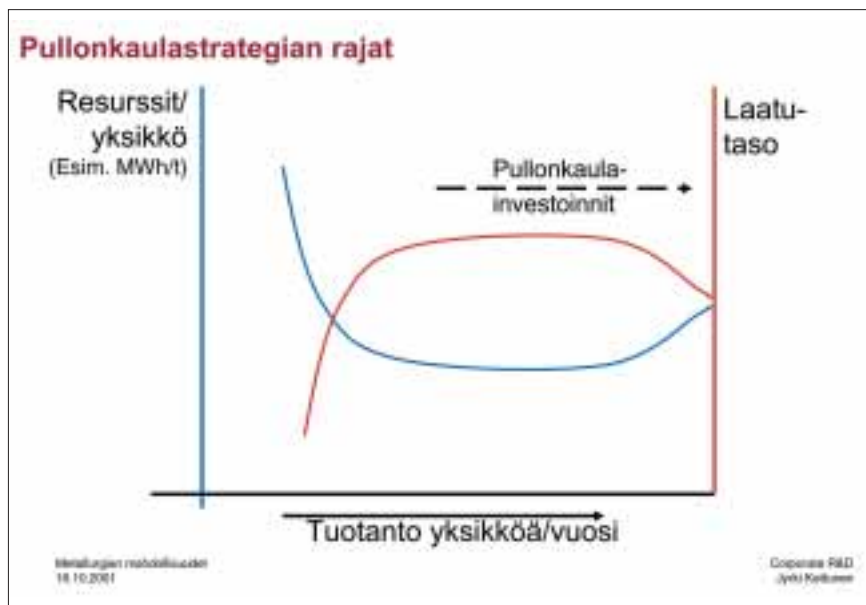
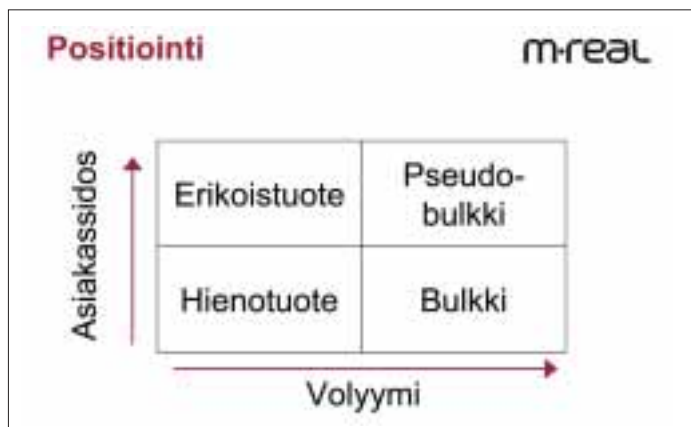
Positiointi-diagrammin avulla puhuja peilasi prosessiteollisuuden sijaintia markkinoilla.

Hänen mukaansa diagrammin alarivi ei ole mitään suomalaiselle prosessiteollisuudelle. Hienotuotteella tarkoitetaan tuotetta, jota valmistetaan tarkan spesifikaation mukaan rajatuille markkinoille. Puhtaaseen volyymituotantoon olemme taas liian pieniä. Pseudobulkki, joka meidän mittakaavassamme näyttää bulkilta, mutta joka asiakassidonnaisuutensa vuoksi ei sitä ole, on alue jolla olemme päässeet pisimmälle ja jossa meillä tulevaisuudessakin on parhaimmat mahdollisuudet.

Professori Kettunen yhtyy ajatukseen, että huono software on tulevaisuuden suurin ympäristöriski. Esityksessään hän toi esille ympäristövaikutusten läheisen kytkennän logistiikkaan. Liikenne on yksi pahimmista saastuttajista. Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan kestävän kasvun alue jää hyvin lähelle asiakasta kun paikalliset, tuotannon luomat saasteet huomioidaan sekä myös verkostoasteet.

M-realissa on vertailtu jalostusketjusta syntyviä tonnikilometrejä erilaisella tuotantoketjun jaolla. Laskelma osoitti, ettei kaikkia jalostusvaiheita kannata raahata kaukaiseen Suomeen. Usein kannattavinta olisi keskittyä pelkästään siihen mihin paikan päältä löytyy raaka-aineet.

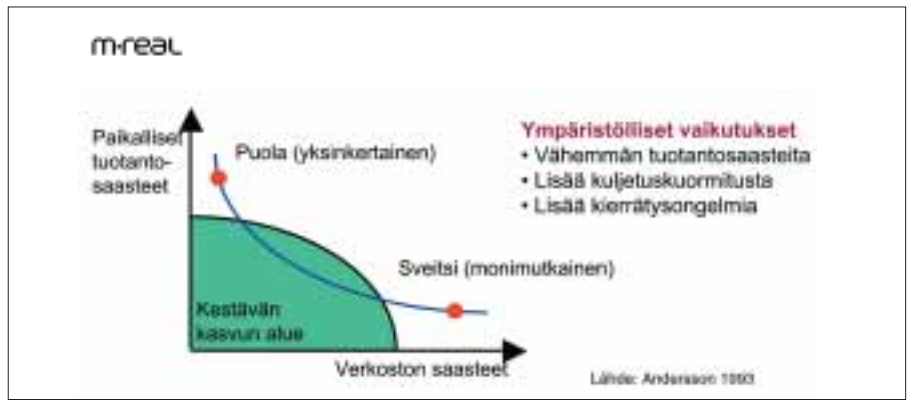
Professori Kettusen kompleksisuus- ➔



mietteiden pohjana on, että insinöörit rakastavat haasteita ja haluavat ratkaista vaikeita asioita. Syntyy kuitenkin kysymys saako monimutkaisesta tuotteesta aina panostusta vastaavan hinnan?

Yrityksen strategia ratkaisee yrityksen menestyksen. Joskus aikoinaan saattoi markkinoilla operoida kovin samankaltaisia yrityksiä, mutta se aika on professori Kettusen mukaan kauan sitten ohi.

"Tänään se ei ole mahdollista, toinen syö väistämättä toisen. Pärjätäkseen yrityksen pitää jollakin osa-alueella olla erilainen kuin muut". □



Kuva: Leena Forstén



Sonera Juxto Oy:n toimitusjohtaja Antti Halila tarjosi Metallurgiaseminaarin osanottajille päivän IT-annoksen. Alkajaisiksi hän kertaili otteita internetin synnyin historiasta ja valaisi kuvin ja luvuin kuinka viimeisen päälle suunnitellusta lapsesta tuli varsinainen käenpoikanen. Vuoden 1971 Internet-protokolla perustuvasta EDI:stä tuli liian täydellinen ja kallis. Eikä 1980-luvun alun yritys 500-sivuisen standardikokoelman avulla saada rivit järjestykseen onnistunut, vaan villi meno jatkui. Vapaan kasvatuksen

Internetin villi nuoruus

TEKSTI: BO-ERIC FORSTÉN

tuloksena jossain syntyi termi world wide web www, jonka nimeen sen jälkeen on vannottu. Vuonna 1998 saatiin kuitenkin aikaan 26-sivuinen ohjekirja, mutta sen merkitys rajoittuu pelkästään ulkokuoreen.

Antti Halila vertasi lopputulosta konttien standardisointiin. On sovittu rakenteesta, ulkomuodoista ja materiaalista, mutta sisällöstä jokainen vastaa itse.

1980-luvulla kukaan ei voinut aavistaa minkälaisen kehityspommin kanssa olttiin tekemisissä. Silloin esimerkiksi laskettiin, että tila 4 miljardille ip-osoitteelle riittäisi ikiajoiksi.

Tämän päivän verkottumisessa on selvää, että jokaiselle käyttäjälle on varattava melkoinen määrä osoitteita.

"Kaukana ei ole aika kun verkkoon liitetään myös esimerkiksi auto, jääkaappi, pesukone ja paljon muuta", ennustaa Antti Halila.

Nyt on sovittu osoitemäärästä, joka vastaa miljardia osoitetta maapallon jokaista neliometriä kohti.

Antti Halilan toteamus, että pöytä-PC:n kymmeniä vuosia kestänyt monopoli on murtumassa, istui hyvin päivän teemaan. Tämän päivän rationaalisessa maailmassa ei tunnu järkevältä, että jokaisella työpöydällä säilytetään valtava määrä tietoa, jota on tuhka tiheään päivitettävä. Tulevaisuudessa on oletettavaa, että pankkien kotipankkijärjestelmän tapaiset ratkaisut yleistyvät. Silloin käyttäjä ei tarvitse omaa kovalevyä, vaan hän on kommunikaattorin avulla yhteydessä verkkoon, jossa haluttu palvelu on tarjoilla. Yhteyden kautta hän pystyy isossa tietokoneessa suorittamaan asiansa.

Sonera Juxton toimitusjohtajan Antti Halilan mukaan langattomien kommunikaattorien nopea yleistymisen puhuu tällaisen kehityksen puolesta. □

Mikään ei pysty automaatiota pysäyttämään - Nothing can stop automation



Sonera® Juxto

A smiling man with short blonde hair, wearing a black long-sleeved shirt, is sitting in front of a large, stylized globe. The globe is rendered in shades of orange, red, and brown, with a textured, almost wood-grain-like appearance. The man is looking directly at the camera with a friendly expression.

SAVCOR

Global
human
technology

Thin Films
Corrosion Prevention
Process Measurements
IT Solutions for Logistics

www.savcor.com

Atlanta-Brisbane-Chilliwack-Copenhagen
Forth Worth-Guangzhou-Inverness-Joensuu-Kouvola-Manaus
Marseille-Melbourne-Mikkeli-Montreal-Rovaniemi-Sao Paulo-Sydney
Tokyo-Uppsala-Vancouver-Vantaa-Wolfegg

C o m b i n a t i o n o f E x c e l l e n c e

10 vuotta prosessi- metallurgiaa Oulun yliopistossa

EETU-PEKKA HEIKKINEN, TIMO FABRITIUS & JOUKO HÄRKKI

**Oulun yliopiston prosessi-
metallurgian laboratorio juhli
kymmentä ensimmäistä
vuottaan yhdessä
yhteistyötahojensa kanssa
syyskuun 14. päivänä
järjestetyin juhlaseminaarin
ja illallistanssein. Juhla-
seminaarin avasi Oulun
yliopiston rehtori Lauri
Lajunen, jonka jälkeen tutki-
mus- ja kehitystoimenjohtaja
Peter Sandvik, teknologia-
johtaja Juho Mäkinen sekä
toimitusjohtaja Kari Tähtinen
välittivät Rautaruukin, Auto-
kummun ja Imatra Steelin
onnittelut kohta teini-ikään
ehtivälle laboratoriolle.**



Vaaroille altista kymmenvuotiaista suojelemaan lahjoitettu kaikkien vaarallista työtä tekevien suojelupyhimys Pyhä Barbara poseeraamassa yhdessä juhlaseminaarin puhujien kanssa. Vasemmalta lukien teknologiajohtaja Juho Mäkinen (Outokumpu), tutkimus- ja kehitystoimenjohtaja Peter Sandvik (Rautaruukki), toimitusjohtaja Kari Tähtinen (Imatra Steel), Barbara sekä professori Jouko Härkki (Oulun yliopisto).

Teollisten yhteistyökumppaneiden antama tuki prosessimetallurgian laboratoriolle on sen kymmenen ensimmäisen vuoden aikana, etenkin sen perustamisvaiheissa, ollut erittäin merkittävässä roolissa, ja ilman näiden tahojen myötävaikutusta sekä taloudellista tukea olisi Oulun yliopistoon tuskin edes perustettu prosessimetallurgian professuuria elokuussa 1991. Laboratorion yhteishenkilöinä teollisuuteen ovat vuosien aikana toimineet Outokummun puolelta Tapio Tuominen sekä Juho Mäkinen ja Rautaruukin puolelta Aulis Saarinen.

Vasta perustetun professuurin perustehtäväksi määriteltiin metallurgiaan, erityisesti raudan, teräksen ja ferroseosten prosessimetallurgiaan, syventyneiden diplomi-insinöörien ja tekniikan tohtorien kouluttaminen. Alkuaikoina tästä vastasivat professori Härkin lisäksi osa-

aikainen assistentti sekä teollisuudesta tuleva opetushenkilökunta. Läpi koko 1990-luvun ovat laboratorion rahoituksen, henkilökunnan sekä tutkimustoiminnan kasvuvauhdit kuitenkin vetäneet vertoja elektroniikkateollisuuden vastaaville, ja nykyisellään prosessimetallurgian laboratorio onkin yli 30 erilaisten taustojen omaavaa henkilöä työllistävä poikkiteollinen tutkimus- ja opetusyksikkö prosessimetallurgian ja korkealämpötilakemian alalla. Laboratorion palkkalistoilta löytyy prosessimetallurgian ja -tekniikan ammattilaisten lisäksi myös geologeja, fyysikkoja, kemistejä, matemaatikkoja, ohjelmoijia sekä kaupallisen ja teknisen koulutuksen saaneita henkilöitä.

Prosessimetallurgian professuurin perustamisen jälkeen vuonna 1991 ovat merkittävimpiä tapahtumia laboratorion

historiassa olleet professuurin vakinaistaminen vuonna 1996 sekä omien laboratoriotilojen saaminen vuonna 1998. Vaikka laboratoriomittakaavainen tutkimus sekä opetus ovatkin vuosien saatossa siirtyneet yhä enenevässä määrin laboratorion omalle henkilökunnalle Porin, Raahen ja Tornion teollisilta yhteistyökumppaneilta, ovat siteet teollisuuteen yhä vahvat, minkä ansiosta mm. laboratorion opetusta on ollut helppoa pitää ajan tasalla ja käytännön tarpeita vastaavana.

Prosessimetallurgian laboratorion tarjoama opetus

Opetustoiminnan alkaessa vuonna 1991 koottiin laboratorion tarjoama kurssivalikoima suurelta osin Teknillisen Korkeakoulun vastaavien kurssien pohjalta, ja

vasta 1990-luvun lopussa alettiin systemaattisesti toteuttaa jo aiemmin laadittuja opetuksen uudistamissuunnitelmia, joiden myötä opetus on alkanut suuntautua omille urilleen. Kurssien sisältöjen ja käytettyjen oppimateriaalien lisäksi uudistukset ovat koskeneet myös opettajien toimintaa sekä käytettyjä opetusmenetelmiä. Opetusmenetelmien uudistuksissa on erityisesti pyritty huomiomaan opettajan ja opiskelijoiden välistä vuorovaikutusta sekä sitä, kuinka opetusmenetelmä, opettajan toiminta ja kurssin harjoitukset saataisiin parhaiten palvelemaan käsiteltävän asian oppimista. Käytännössä tämä on tarkoittanut uusien opetusmuotojen kuten portfolio-tenttien ja ongelmalähtöisen oppimisen soveltamista sekä lisääntyvää www-sivujen hyödyntämistä opetuksessa.

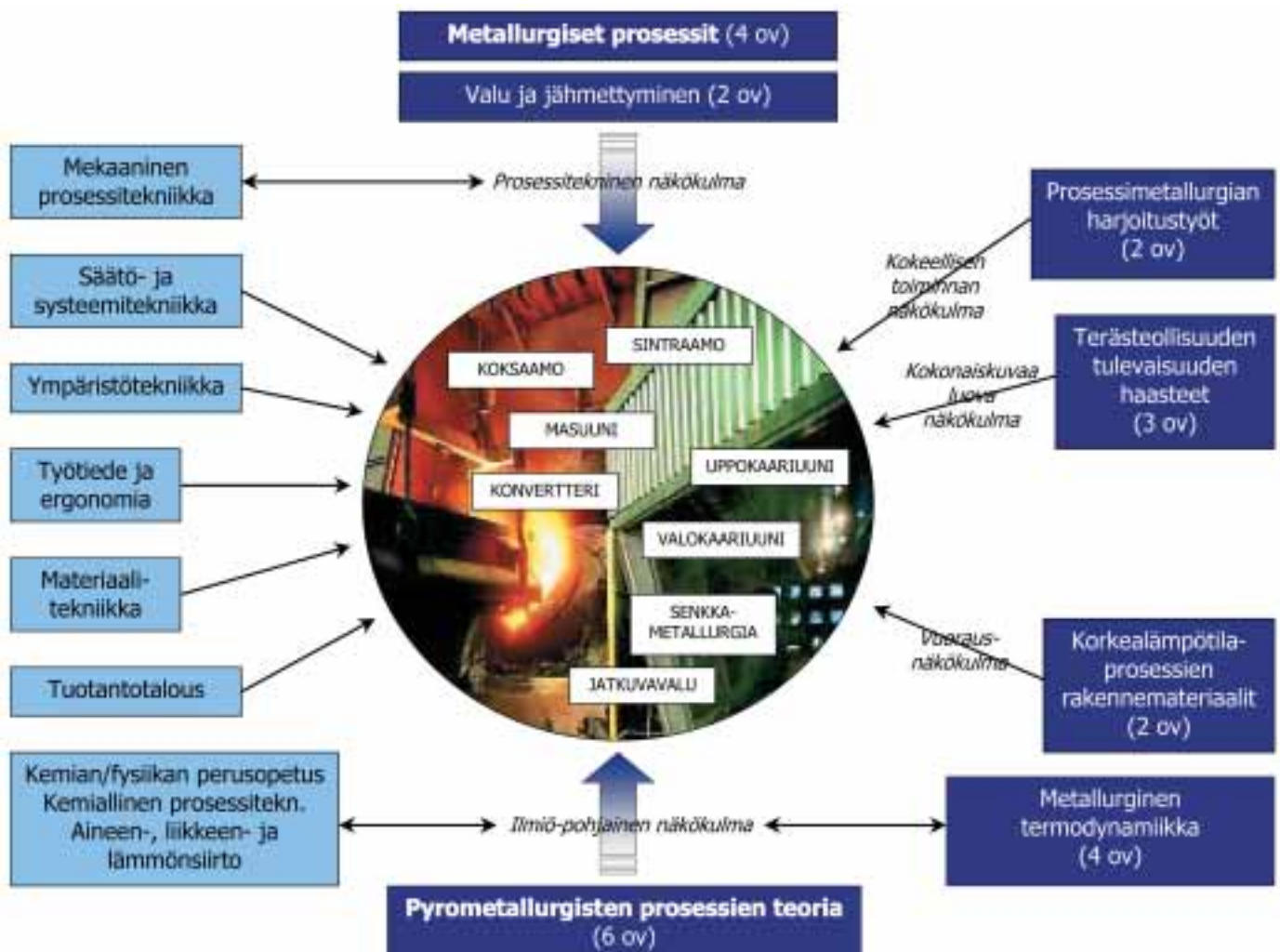
Vaikka laboratorion ensisijaisena tehtävänä onkin kouluttaa raudan, teräksen ja ferroseosten prosessimetallurgian hallitsevia diplomi-insinöörejä ja tekniikan tohtoreita metallurgisen teollisuuden palvelukseen, ei tavoitteena kuitenkaan ole pelkästään metallurgisten pro-



sessien opettaminen mahdollisimman syvällisesti, vaan laboratorion tarjoama opetus yhdessä prosessi- ja ympäristötekniikan osaston antaman muun opetuksen kanssa tarjoaa opiskelijoille erilaisia näkökulmia niin metallurgisiin prosesseihin liittyviin ilmiöihin ja ongelmiin kuin muihinkin haasteisiin, joita työelämä vastavalmistuneelle diplomi-insinöörille tarjoaa. Prosessi- ja ympäristötekniikan osaston lisäksi erilaisia näkökulmia tarjoavat myös prosessimetallurgian diplomi-insinöörin tutkintoon kuuluvat toisten osastojen ja tiedekuntien tarjoamat kurssit, joita ovat mm. kemian ja fysiikan perusopinnot sekä materiaali-tekniikka.

Kuvassa 1 on esitetty eri näkökulmia, joita prosessimetallurgian opintosuuntaan sekä muihin prosessi- ja ympäristötekniikan opintosuuntiin kuuluvat kurssit tarjoavat metallurgisten prosessien tarkasteluun. Kuvassa prosessimetallurgian laboratorion omat kurssit on merkitty tumman sinisin ja muut kurssit vaalean sinisin laatikoin, jonka lisäksi laboratorion ydinkurssit "Metallurgiset prosessit" →

Kuva 1. Prosessimetallurgian opintosuunnan sekä muiden prosessi- ja ympäristötekniikan koulutusohjelmien kurssien tarjoamat eri näkökulmat metallurgisten prosessien tarkasteluun.





Kuva 2. Prosessimetallurgian laboratorion tutkimustoiminnan kohteet.

ja "Pyrometallurgisten prosessien teoria" on merkitty lihavoinnilla.

Prosessimetallurgian laboratorion tutkimustoiminta

1990-luvun alkupuolella laboratorion tutkimustoiminta keskittyi lähinnä masuuniin sekä siellä tapahtuviin ilmiöihin. Laboratorion koon kasvaessa on myös tutkimuskohteiden määrä kasvanut, ja nykyisellään tutkimustoiminta kattaa koko teräksenvalmistusketjun alkupään painopisteiden ollessa raakauraudan ja teräksen valmistusprosessit (masuuni, uppokaariuuni, konvertterit, senkka). Tämän lisäksi tutkimusta tehdään myös jatkuvavaluun, kierrätykseen, aihion-

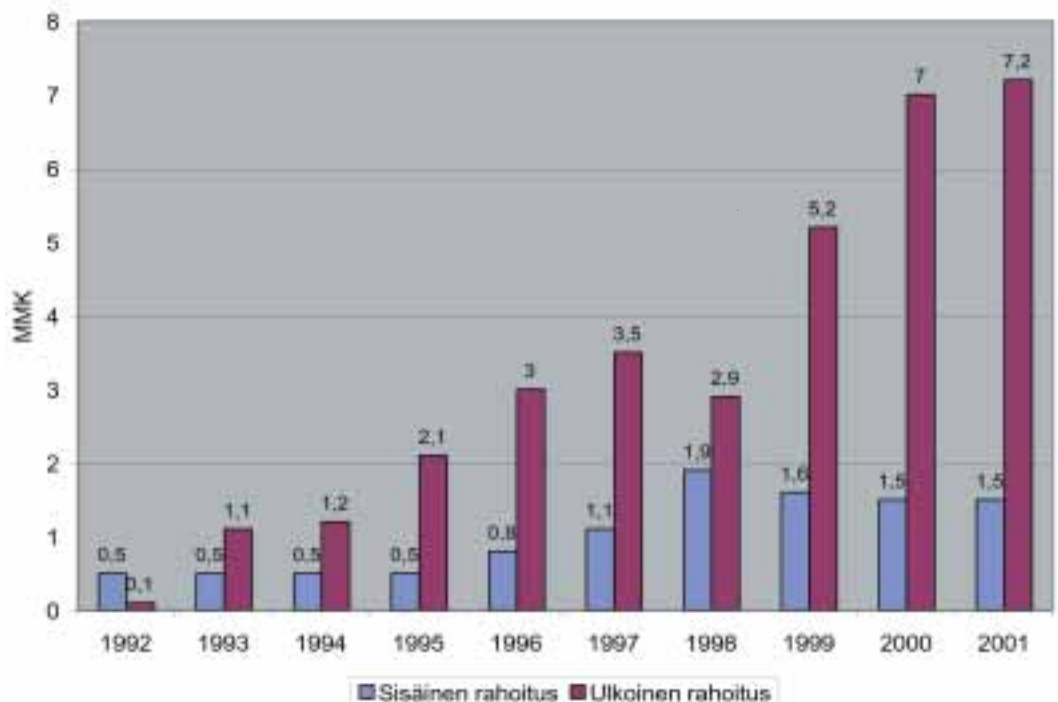
kuumennusuuneihin sekä kokonaisvaltaisempaan terästehtaan suunnitteluun liittyen. Laboratorion tämän hetkisen tutkimustoiminnan kohteet on esitetty kuvassa 2.

Laboratorion vuonna 1998 laaditun ja sen jälkeen tarpeen mukaan päivitetyn strategian mukaan laboratoriolle on tietyt avaintietoalueet, joihin sen opetus on keskittynyt, ja joita se soveltaa tutkimustyökaluja käyttäen metallurgisen teollisuuden tutkimuskohteisiin. Laboratoriossa suoritettavan tutkimuksen kannalta tämä on tarkoittanut sitä, että työkaluina toimivien fysikaalisten ja numeeristen mallien, ohjelmistojen sekä laboratoriolaitteiden käyttöön ja hallintaan on panostettu ja tullaan jatkossakin panosta-

maan huomattavasti, jotta avaintietona olevia termodynamiikkaa, kinetiikkaa, siirtoilmiöitä ja materiaalien käyttäytymistä osattaisiin soveltaa kuvassa esitettyihin teollisiin tutkimuskohteisiin mahdollisimman tehokkaasti. Näillä eväin on laboratorio asettanut itselleen tavoitteen, jonka mukaan se vuonna 2005 on osa monitieteellistä ja teollisuusorientoitunutta huippututkimusyksikköä, jonka toimialana on raudan ja teräksen prosessimetallurgian lisäksi myös korkealämpötilakemia, jonka alueella se menestyksekkäästi hyödyntää tasapaino- ja virtauslaskentatyökalujen sekä kokeellisen mittaustoiminnan erinomaista hallintaa. □

Prosessimetallurgian laboratorion sisäinen ja ulkoinen rahoitus vuosina 1992-2001.

PROSESSIMETALLURGIAN LABORATORION BUDJETTI 2001



HÖSTMÖTET

Trondheim

17. - 19.9.

NorskeBerg

Yhdistyksen pääsihteeri, professori Markku Mäkelä lähestyi allekirjoittanutta puhelimitse kuluvaan vuoden lokakuun alkupuolella, ja tiedusteli halukkuutta lähteä VMY:n edustajana Norjaan NorskeBerg:in vuosittaiseen Höstmöte-tilaisuuteen. Tilaisuus vastaa suunnilleen meidän Vuorimiespäiviämme. Aikataulu sopi melko mutkattomasti ohjelmaan, ja tästä syystä sekä myös velvollisuudentunnosta yhdistystä kohtaan, otin luottamustehtävän kiitollisuudella vastaan.

HARRI LEHTO, T & K TOIMITTAJA

Osallistujamäärä oli huomattavasti pienempi kuin mitä odotin ja oletin. Osallistujien määrä oli noin 120. Nytkin oli kyseessä kahden, vuonna 1900 perustetun yhdistyksen yhteisyritys, sillä NorskeBerg on vastaperustettu, ja sen muodostavat yhdistykset Den Norske Bergindustriforening ja Norsk Bergindustriforening.

Höstmöte-ohjelma oli hyvin samantyyppinen kuin meilläkin, kuten oheisesta ohjelmajulistuksesta voi havaita. Koko ohjelmasta voi todeta ainakin sen, että ohjelma oli hyvin kotimaapainotteinen norjalaisesta näkövinkkelistä katsoten. Tämä on havaittavissa myös osallistujalistasta, ja käsitykseni mukaan suomalaisia oli kyseisillä päivillä peräti kaksi kappaletta. Itseni lisäksi paikalla oli Tomi Niitti, joka oli juuri siirtynyt Hollannista Norjaan Hustadsmarmor A.S.:n palvelukseen. NorskeBerg-yhdistyksen puheenjohtaja, Øystein Rushfeldt toimii saman yksikön tuotantopäällikkönä.

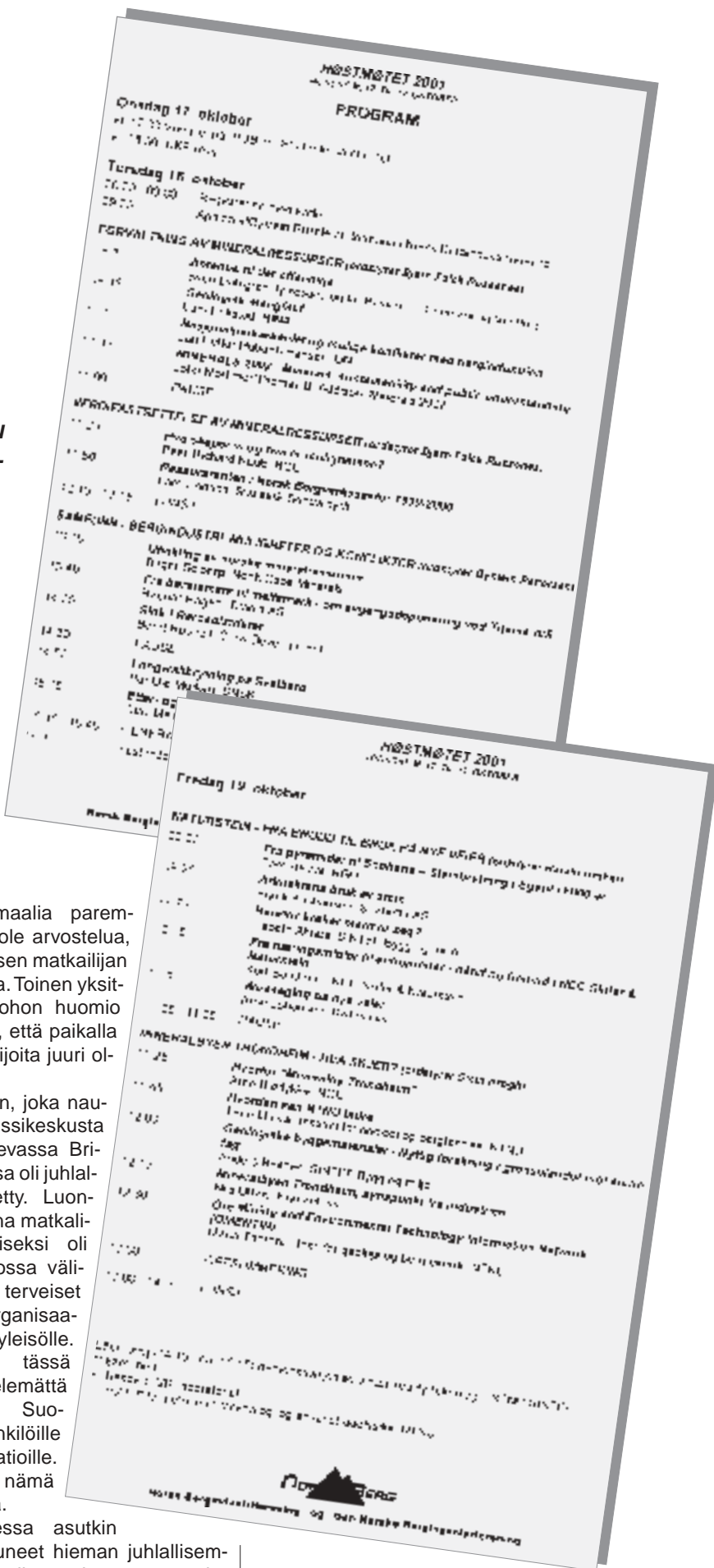
Tunnelma oli koko ajan varsin rento, ja huomio kiinnittyi esimerkiksi sellaiseen asiaan kuin pukeutuminen. Päivät-tilaisuuksissa pukeutuminen oli silmiinpistävä epämudollista, vaikka allekirjoittanut ei miksiäkään tiukkaipoksi tässä suhteessa halua ilmoittautuakaan. On kuitenkin todettava, että esimerkiksi Vuorimiespäivillä farkkuihin ja T-paitaan pukeutunut esitelmöitsijä ainakin muis-

tettaisiin normaalia paremmin. Tämä ei ole arvostelua, vaan satunnaisen matkailijan huomio asiasta. Toinen yksittäinen asia, johon huomio kiinnittyi oli se, että paikalla ei ollut opiskelijoita juuri ollenkaan.

Juhlailallinen, joka nautittiin konferenssikeskusta vastapäätä olevassa Britannia hotellissa oli juhla-lisest järjestetty. Luonnollisesti ehtona matkailupun hankkimiseksi oli myös puhe, jossa välitettiin Suomen terveiset järjestävälle organisaatiolle ja juhlayleisölle. Terveisiä tuli tässä erikseen erittelemättä paljon myös Suomeen eri henkilöille ja organisaatioille. Välitykseen nämä terveiset tässä.

Iltatilaisuudessa asutkin olivat jo vaihtuneet hieman juhla-lisempiin, ja miehet olivat pukeutuneet perinteisiin kaivosmiehen juhla-asuihin. Puheet hoidettiin erikseen nimetyn Toast Manager'in toimesta, joten itse kunkin puhujan oli ikään kuin helpompi orientoitua asiaansa.

Allekirjoittanut haluaa kiittää Vuorimiesyhdistystä tilaisuudesta osallistua kyseiseen tilaisuuteen. □



Our focus is on your needs

For every industry,
for every application
for every budget
we can offer a solution

- Research or process control.
- Unique samples or high-volume routine.
- Ultimate performance on ultimate speed.

And we do more!
Our expertise and experience support you at every step.
From helping you define your analytical requirements to providing long-term back-up that will keep you firmly on track.

Whatever your business, wherever it's going, we're with you all the way.

For more information:

Philips Analytical
Sinikalliontie 3,
02630 Espoo
Tel.: (09) 61580 355
Fax: (09) 61580 952

E-mail:

ingmar.danielsson@philips.com

Internet:

<http://www.analytical.philips.com>

Let's make things better.



PHILIPS

Ketä koskee automaation kehittäminen?

TKT JUSSI SIPILÄ, OUTOKUMPU TECHNOLOGY OY, ESPOO

Tämä kirjoitus ei tuo automaation tutkijoille mitään uutta, ja aika vähän automaation soveltajien ammattilaisillekaan; tämä on tarkoitettu niille, joiden tuotantovastuussa tulisi saada prosessistaan kaikki irti, ja jotka ovat prosessinsa ammattilaisia. Terminologiassa selväkielisyys on priorisoitu ohi oikeaoppisuuden.

Jatkuvan parantamisen kylmiä totuuksia on, että jokaisen parannuksen jälkeen jäljellä oleva pelivara on kaventunut, ja prosessi on hallittava tarkemmin. Toivottavasti tämä kirjoitus havainnollistaa sen, että kun hallintaongelma systemaattisesti kuvataan (esim. kuvitteellisen ratkaisun käyttöohjeena) ja on halu ratkaista se, niin lopputulos on tekemistä vaille valmis.

Viekö automaatio tuhkatkin pesästä?

Usein automaatiota moititaan työpaikkojen vähentämisestä. Saldo ja syy-yhteys lienee tässä tilastollisesti oikeassa korrelaatioissa toinen:

Automaatiolla on korvattu tehtäviä, jotka eivät ole tekijälleen tänä päivänä mielekkäitä. Samalla on luotu vaativampia tehtäviä, ja usein on saatu kapasiteettia ja tuotteen laatua parannetuksi, työvoimaa lisäämättä. Olemme myös luoneet sellaista automaatioon kytkeytyvää teollisuutta, jolla on menestystä vientimarkkinoilla. Toisaalta: korkea veroprosenttimme on varmasti vähentänyt työpaikkoja huomattavasti, ja pysyvästi, korvaamatta niitä toisenlaisilla.

Aihetta kuvaisi, "automaation" sijasta, paremmin nimitys "prosessin hallinta", automaatio on monien prosessin parannusten viimeisiä vaiheita, mutta vain harvoin sillä tarkoitetaan prosessin todella automaattisesti tapahtuvaa ajoa. Normaalisti kysymys on toistettavuuden parantamisesta siirtämällä toistuvat rutiinit automaation hoidettaviksi, ja jättämällä operaattorin tehtäväksi prosessikokemusta edellyttävät toiminnot.

Muutama perusasia :

- ilman ongelman määrittelyä sitä ei voi ratkaista;
- ilman luotettavaa tietoa prosessista sitä ei voi säätää;
- ilman kykyä ohjata toistettavasti prosessia sitä ei voi optimoida;
- satunnaisesti vaihtelevaa suuretta ei viiveellisissä prosesseissa useinkaan voi "säätää pois", vaan sellaiset on vai mennettava jo ennen prosessia (esim. raaka-ainevaihtelu masuunissa, sementtiunissa, liekkisulatusuunissa).

Uudet ja kehittyneet säätömenetelmät näkyvät kirjoituksissa usein, koska ne ovat nyt tutkimuksen kohteena ja niiden tulokset ovat alan tutkijoita ja rahoittajia kiinnostavia. Hyvän prosessin hallinnan töiden painopiste ja automaation arki on kuitenkin pe-

Jussi Sipilä - Curriculum Vitae

Kirjoittaja on TkT Jussi Sipilä, Outokumpu Technology Oy, Espoo. Hän on toiminut kovametallikarbidien tutkijana, sementin valmistusprosessin hallinnan kehittäjänä, perehtynyt laite- ja mittatekniikkaan lukuisten jatkuvien ja panosprosessien automaatiosovellusten myynnissä ja toteutuksessa, kotimaassa ja ulkomailla. Nykyiset tehtävät Outokummussa edustavat paluuta metallurgian juurille.



rinteisten ohjaustapojen soveltamisessa, joka ei enää juuri uutiskynnystä ylitä; on hyvä nähdä todellisuus näiden hienojä nemiä kantavien ja "kaiken ratkaisevien" uusien työkalujen takaa. Edelleen on prosessien hallinnassa ongelmia joita voidaan automaation tavanomaisin (ja halvoin) keinoin parantaa; niihin ryhtymisen usein vain jää tapahtumatta, koska prosessin hallintamenetelmät koetaan vieraiksi, erikoisalaksi. Luultavasti mahdollisuuksia rajoittaa enemmän mielikuvituksen, kuin rahan puute. Ajavana voimana vahvimilla on ongelman omistaja.

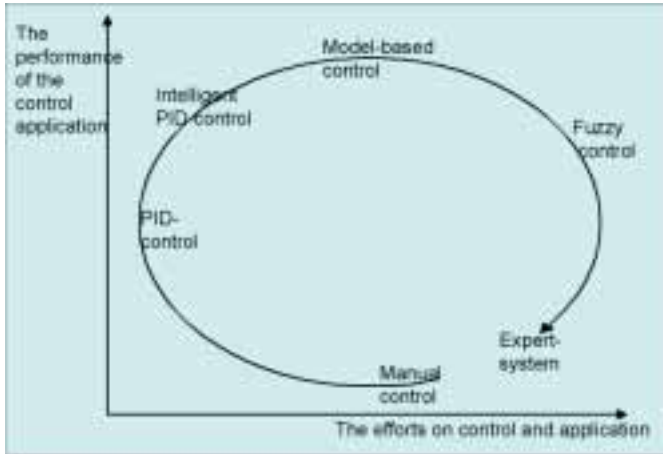
Mistä panostus?

Suurimmat kustannukset "automatisoinnissa" syntyvät prosessin tekemisestä ohjattavaksi, siis laiteteknisistä parannuksista, paremmista näytteenotto-, mittaus- ja ohjauslaitteista, siis oikeastaan toistettavan ajotavan edellytysten luomisesta, joka kaikissa tapauksissa on tarpeen. Itse ajotavan etsiminen ja prosessin mallintaminen on useimmiten vaatimattomampi panostus. "Työhy-poteesin" siirtäminen automaatiojärjestelmään toiminnon testaamiseksi tai virittämiseksi on yleensä estämiensä laitevikojen korjausta paljonkin halvempaa. "Mitenkäs tämä korjataan?" Useammin pitäisi kysyä: "Miten särkyminen jatkossa estetään?"

Tyypillisesti perussäätöä vaikeammat ongelmat ratkaistaan kaksivaiheisesti: tutkitaan ongelman syy-yhteydet, ja ratkaistaan ongelman hallinta. Edellisessä on perusteltua käyttää uusia ja eksoottisiamkin menetelmiä, ja tässä korkeakoulut ovat erinomainen apu. Ratkaisuisa yksinkertainen on kaunista, koska sen ylläpito onnistuu paremmin; pieni yksinkertaistuksesta seuraava epätarkkuus usein kannattaa, moderniuuden ja näyttävyyden kustannuksella.

Seuraavalla sivulla oleva kaavio kuvaa erilaisten ohjausratkaisujen käyttöön ja luomiseen kuluvien ponnistusten määrää suh-

Mitä automaatioon panostamisella saa? What do your efforts on automation produce?



teessa niistä saatavaan hyötyyn. Perussäädöt ja vähän älyäkin sisältävät säätötoiminnot syntyvät yleensä oman instrumenttiryhmän toimesta, muun työn ohessa; siitä eteenpäin eivät asiat yleensä etene ilman käytön johdon aktiivisuutta.

Ohjattavuuden perusta

Prosessin nopea vaste tehtyyn ohjaukseen tekee elämän helpoksi. Silloin epätarkkakin ohjauksen hallinta johtaa tavoitteena olevan arvon saavuttamiseen ("epätarkalta" ohjaukselta edellytetään silti hyvä toistuvuus), jäljelle jäänyt poikkeama kompensoituu nopeasti uusien ohjausten tuloksena. Tällaiset säädöt tulisi jo olla tehty (vaikka aina näin ei ole).

Kun vasteen viive kasvaa, niin ainoa keino lyhentää "hakuamunnan" luonteista huojuntaa on parantaa ohjauksen tarkkuutta, ja kykyä laskennallisesti ennustaa sen vaikutus lopputulokseen. Edellinen edellyttää usein prosessilaitteiden parantamista, jälkimmäiseen puree prosessiriippuvuuksien lukuarvon (% per %) selvittäminen ja viimekädessä puhutaan prosessimallista.

Käsitteitä: hidas prosessi on eri asia kuin viiveellinen. Sekoitusreaktori on hidas, mutta ei viiveellinen, koska sen koostumus alkaa muuttua melkein heti syötön muuttuessa, joskin hitaasti; esim. liekkisulatusuuni. Rumpu-uuni on viiveellinen, mutta ei hidas: syötön muuttuessa sen ulostulo muuttuu vasta viiveen kulluttua, mutta melkein yhtä voimakkaasti, kuin syöttö; esim. sementtiuuni. Masuuni on näiden esimerkkien väliltä, joskin molempia hitaampi ja viiveellisempi.)

Ohjauksen perusta

Välillä törmää käsityksiin automaation kaikkivoipaisuudesta: kunhan saadaan mittaustieto, niin poikkeamat voidaan kyllä säätötoimenpiteillä kompensoida. Tämä periaatteessa oikea käsitys yleensä käytännössä kaatuu siihen, että prosessi tai sen laite ei kestä niin rajua käsittelyä, kuin mitä raaka kompensointi edellyttäisi. Samoin viiveellisissä prosesseissa suuri ohjauskaskel synnyttää vasta myöhemmin näkyvän uuden häiriön, ja prosessi stabiloituu liian hitaasti tai ei tee sitä ollenkaan.

Prosessi on ensin stabiloitava, saatava perussäätöjen avulla ylläpitämään sille aseteltu olotila.

Jatkuvissa prosesseissa epätarkkakin mittaus (kunhan se on

johdonmukaisesti käyttäytyvä) usein riittää melko hyvään prosessin hallintaan. Panosprosesseissa usein mittaukset joudutaan korvaamaan prosessin olotilan etenemistä kuvaavilla laskennallisilla ennusteilla, ja silloin ennusteen osuminen ehkä muutaman tunnin kuluttua saatavaan analyysitulokseen edellyttää varsin oikeita lähtötietoja ja tarkasti parametroituja laskentoja (=mallit).

Käsiajo

Tämä on tavallinen lähtötilanne, joskin on prosesseja, joita ei kuvitella voitavan ajaa käyntiin ilman säätöjä (tällaisia lienevät paperikone, jatkuvavalu, polttimissa usein asetukset edellyttävät turvalukituksia). Operaattoreiden kokemukseen luotetaan ehdottomana totuutena, jos parempaa tietoa ei ole. Usein kuitenkin eri vuorot ajavat eri tavoin, ja kaikkien selitykset ajotapansa oikeellisuudesta eivät voi olla oikeita (väärä kylläkin). "Sumea säätö" ja "asiantuntijajärjestelmä" yrittävät automatisoida tämän, ja operaattoria herpautumattomampana säätö usein parane, vaikka mitään uutta ei systeemiin tulekaan.

PID-säätö

Tämä yhtä mittaussuuretta käyttävä ja yhtä laitetta ohjaava perustoiminto muuttaa ohjausta suhteessa asetusarvon ja mitta-arvon välisen poikkeaman suuruuteen (1) sen syntyessä, kerran (P=proportional-vakio), 2) sen säilyessä, jatkuvasti (I=integrointivakio), ja 3) suhteessa poikkeaman muuttumisnopeuteen (D=derivoituvakio). "Mittaussuure" voi olla myös monista mittauksista laskettu, loogisesti valittu (esim. kahdennetut anturit), tai ennustavan mallin laskema arvo. Joissakin automaatiojärjestelmissä myös PID-parametreja voidaan ohjata (esim. käynnistystilanne). Jo perussäädöstä siis voidaan saada melkoisen "älykäs" toiminto, ja sen mahdollisuudet kannattaa muistaa ongelmaa selvitettäessä.

Usein tehdään oma instrumenttiväki tekee tällaisia ratkaisuja kenellekään mitään puhumatta, ja tuloksista kiitosta odottamatta.

Monimuuttujasäätö (multivariable control),

"Numeerinen" lähestymistapa prosessin hallintaan on imeä kaikki vähänkin kiinnostava prosessimittaustieto tietokoneeseen ja tehdä aineistosta korrelaatiolaskenta. Hyvin korreloivista suureista haetaan sitten ne, joilla korrelaation lisäksi on säädettävään asiaan myös syy-yhteys, karsitaan loput pois, ja muodostetaan monesta mittauksesta laskennallisesti montaa suuretta ohjaava *black-box*-säätöpaketti (=mallinnetaan prosessi matemaattisesti ja ohjataan sillä). Onnistua voi tälläkin tavalla, vaikka se on työllästä eikä siinä prosessin ymmärtäminen juuri lisääntynyt. Petrokemian prosesseissa mallipohjainen monimuuttujasäätö usein on jopa ainoa mahdollinen tapa, kun säädettävillä suureilla on lähes sama asettumisaika, ja kun prosessin optimaalinen ajopiste tuotteiden hintanoteerausten mukana muuttuu usein.

Helpommalla voi päästä, jos lähestyy ongelmaa toisin päin: stabiloidaan tavanomaisin säätökeinoin yksi kerrallaan ne suureet, joissa tiedetään olevan syy-yhteys. Jäljelle jäävä muuttujamäärä pienenee paljon, ja prosessin matemaattinen malli yksinkertaistuu merkittävästi. Joissakin tapauksissa perimmäinen säädettävä suure saadaan tavanomaisinkin keinoin hyvään hallintaan, kun hajontaa aiheuttavat häiritsevät tekijät ensin on stabiloitu. Tämä rinnakkaisten ja perättäisten säätöjen toimivuus edellyttää sitä, että suureilla on selvästi erilainen asettumisaika, muuten säädöt jäävät "pumppaamaan" toisiaan.

Tämä etenemistapa ei ole niin näyttävä, kuin edellinen, mut-

ta siinä tulos saadaan vähemmän kustannuksin. Samalla ymmärrys prosessin riippuvuuksista lisääntyy; ratkaisujen ylläpito on helppoa, kun ne eivät jää kenenkään "gurun omaisuudeksi". Mutkikkaampien ongelmien hallinnassa liikutaan prosessin syvälistä ymmärtämistä edellyttävällä tasolla, ja yleensä käytön johdon näkemys ratkaisumahdollisuudesta, ainakin tavoite, on tarpeen, jotta kehitys lähtisi liikkeelle.

Tyypillistä hankalamman tasoisten ongelmien ratkaisemisessa on, että erotetaan selkeästi (=määriteltävissä olevin kriteerein) itse johdonmukainen riippuvuus häiriöstä, ja käsitellään näitä erillisinä toimintoina; PID-säädön kyvyttömyys tehdä tätä on usein syy sillä epäonnistumiseen.

Tilastollinen prosessin ohjaus (SPC).

Nimi SPC (statistical process control) kytketään helposti kappale-tavaran laatutarkastukseen, mutta sillä on paljon sovelluksia jatkuviinkin tuotantoprosesseissa. Se soveltuu hyvin mm. kulumisesta johtuvien ilmiöiden jatkuvaan kompensointiin, jopa ennakolta.

SPC:n perusajatuksena on, että hallinnassa olevan tuotantoprosessin suureiden hajonta pysyy vakiona; tästä poikkeamiseen tulee reagoida. SPC-sovelluksissa kerätään olennaisimmin tuotantoprosessiin tai tuotteeseen vaikuttavista (jatkuvista tai kertaluonteisista) suureista säännöllisesti tietoa, ja lasketaan juoksevasti keskiarvoa ja -hajontaa. Kourallisella yksinkertaisia sääntöjä SPC voi antaa signaalin operaattorille tai jopa suoraan prosessinohjaukselle korjaavan toimenpiteen toteuttamiseksi; esim. yksittäisen arvon osuessa 3*keskihajonta-rajojen ulkopuolelle, kahden peräkkäisen osuessa 2*keskihajonta-rajojen ulkopuolelle, keskiarvon ajautuessa sivuun tavoitteesta enemmän, kuin asetettu hälytysraja, jne.

SPC:n soveltamisessa erityisesti suurin rajoittava tekijä lienee mielikuvitus (tai sen puute). Esim. todellisen tiedon suuri viive: kvalitatiivisesti tunnettuja ilmiöitä voidaan ohjata kokemusperäisesti tunnetulla riippuvuudella ennakkoon, ja päivittää k.o. riippuvuutta jälkikäteen mittaustiedon perusteella (tätä menetelmää voidaan erinomaisesti soveltaa myös perussäädön tekemisessä

todellisuuteen mukautuvaksi, adaptiiviseksi), tuotelajikohtaisesti (valssien kuluminen, liukusulkimen aukon kasvu, jne).

Sumea säätö (fuzzy control).

Sumeaa säätöä käytetään, kun yksiselitteistä mittaustietoa prosessista ei ole. Siinä "skaalataan" operaattorin sormituntuma tai "luokitellaan" loogisesti epämääräisempien mittausten informaatio säätäjälle kelpaavaksi yksiselitteiseksi säätöpoikkeamaksi, ja säätö tämän pohjalta on PID-säädön kaltaista. Sumean säädön ydin on epämääräisen tiedon käsittelymenetelmissä. Alla olevan kuvion vasenpuoli kuvaa sitä, miten sumea säätö tavallisesti havainnollistetaan, oikea puoli kuvaa sitä, miten käyttäjän antaman epämääräinen arvio muutetaan melko portaattontakin ohjausta antavaksi "mittaukseksi":

Uusista säätömenetelmistä lukiessa sumentuu usein se tosiasia, että säädöstä tulee parempi, jos "sumea mittausta" voidaan korvata tarkalla instrumentilla, ja sumea säätöalgoritmi PID-säätäjällä.

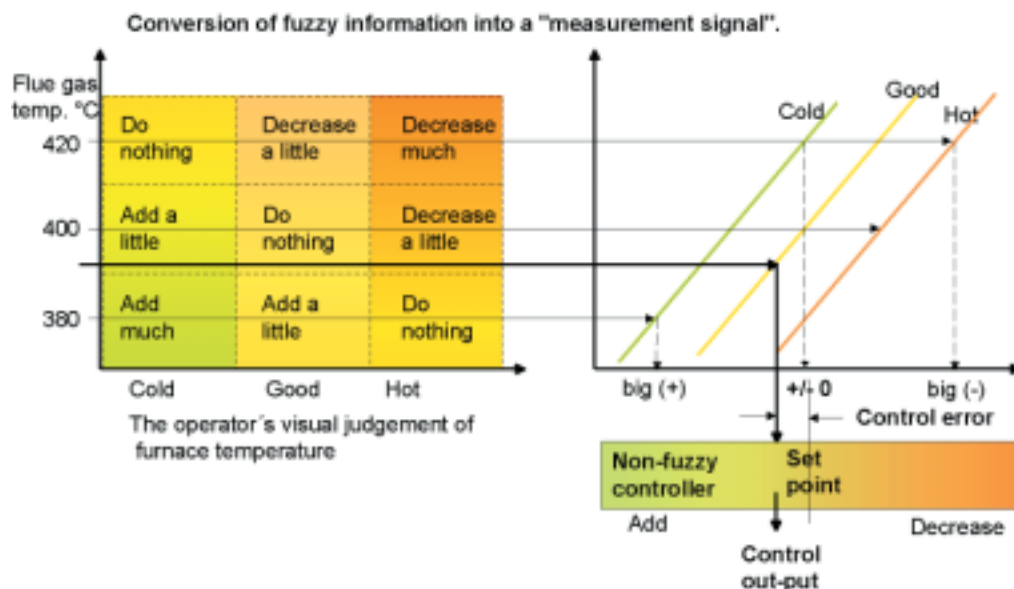
Yleensä sumean säädön sääntöpohjan ja määrittelyminen, ja operaattorien arvioinnin varassa olevan suureen skaalaaminen käyttöön sopivaksi on merkittävästi yllä näkyvää yksinkertaistusta työläämpi ponnistus. Tulos per panostuksen määrä on huonompi, kuin PID-säädöllä saatava; toisaalta tämä vertaus on epärelevantti, koska sumeaa säätöä sovelletaan vasta, kun luotettavaa mittaustietoa PID-sovellukseen ei ole käytettävissä. "Fuzzy Control":illa on paikkansa prosessien säädössä, mutta sen suorituskyvystä ja soveltamisen helppoudesta ehkä jää liioiteltu mielikuva alan kirjoituksia lukiessa.

Asiantuntijajärjestelmät (Expert-systems).

Kun sumeissa säädöissä löytyy mittausten korvikkeista aste-eroja, ja säätöön kytketyt todelliset mittaukset antavat ohjaukseen portaattomia muutoksia, niin asiantuntijajärjestelmissä ajaututaan joko-tai-tyyppisten päätöskriteerien suuntaan. Samalla edellytykset prosessin suoraan säätöön vähenevät tai suorastaan niitä ei ole; järjestelmä opastaa operaattoria, joka tekee työnsä käsiajola-

Sumean informaation muokkaus säätöön sopivaksi.

The conversion of fuzzy process information into basis for control.



la, omaa kokemustaan ja opastavaa järjestelmää hänelle sopivassa suhteessa painottaen. Yksi väärä kriteeri (esim. anturivika) voi johtaa päättelytuloksen hakoteille.

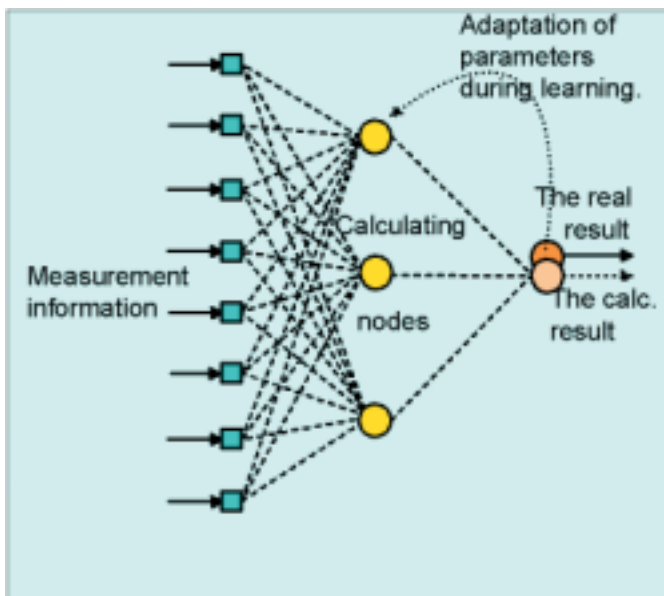
Psykologisesti asiantuntijajärjestelmä on myös heikommilla, kuin muut prosessin hallinnan työkalut: a) tietämyshän on kerätty operaattoreilta itseltään, b) parempaa tietämystä ei käytön johdolla ole esittää, ja c) vastuu tuloksesta on edelleen heillä itsellään eikä säätäjällä. Tässä lienee yksi syy siihen, että näistä toteutuksista ei enää juuri puhuta; toinen ja varmasti yhtä olennainen syy on siinä, että asiantuntijajärjestelmien luominen on todella mittava ponnistus ensin tiedon keruussa ja sitten sen karsimisessa sellaiseksi, että käyttäjät sen hyväksyvät (on sovittava vuorojen erilaisten ajotapojen paremmuudesta). Asiantuntijajärjestelmään ei kerry uutta, aikaisempaa parempaa tietämystä, mutta siinä voi karsia huonoa pois.

Asiantuntijajärjestelmät soveltunevat kohteisiin, joissa samanaikaisesti tunnettavien päätöskriteerien määrä on yksilön hallittavaksi kohtuuttoman suuri ja jossa päätöskriteerit ovat aukottoman yksiselitteiset. Teollisuuden prosessit on kehitetty fysiikan ja kemian lainalaisuuksien pohjalta, ja niistä yleensä löytyy perusta myös prosessien ohjaukseen. Yrityksessä luoda parannusta prosessin hallintaan ajautuminen asiantuntijajärjestelmään on osoitus sekä riittävän prosessitiedon, että prosessiymmärryksen puutteesta. Tällaisessa tilanteessa rajalliset voimavarat kannattanevat kohdistaa tuottavammin.

Neuroverkot, itseorganisoituvat kartat (Kohosen kartat)

Neuroverkko ryhmittää suuremman mittaustietojoukon visuaalisesti havainnolliseksi kaksiulotteiseksi verkkomaiseksi kartaksi siitä suureesta, jonka kuvaamiseen se on "opetettu". Solmujen muuttuja-arvoista suorittaman laskennan opettaminen (=solmujen laskentaparametrien mukauttaminen) perustuu kuvattavan suureen todellisen arvon ja verkon sille laskeman tuloksen eron neliösumman minimoimiseen (hyvin regressiolaskennan

Neuroverkon toiminta. The function of a neural network.



kaltainen matematiikka). Neuroverkot soveltuvat erityisen hyvin suurten mittaustiedostojen käsittelyyn.

Ohjatussa neuroverkon opettamisessa kuvaamaan esim. kuonan Fe-%:a verkon solmujen laskennan parametrit mukautuvat (verkko tekee sen annettujen sääntöjen puitteissa itse) sellaisiksi, että sen laskema tulos on toteutuneen mukainen, ja siinä vaiheessa parametrit "jäädytetään". Tämän jälkeen verkko laskee mittaustiedoista kuvattavalle suurelle ennustetta. Neuroverkoilla on jo säätösovelluksia, yleensä nopeissa prosesseissa.

Ohjaamattomassa opetuksessa (itseorganisoituvat I. Kohosen kartat) solmut laskevat niille satunnaislukuna annetun lähtöarvon ja laskemansa tuloksen eroa; solmussa, jossa ero on pienin (ja sen viereisissä solmuissa), parametrit alkavat mukautua (sääntöjensä puitteissa) niin, että solmun laskema arvo yhä tarkemmin osuu toteutuneeseen tulokseen. Kartta oppii ohjaamaan Fe-%:n korkeat arvot sisääntulevien muuttujien erilaisilla arvoilla aina samaan solmuun, ja matalat toiseen, jolloin parametrit jäädytetään. Kartan "ulostulona" on osoitus (värillä, nuolella tms) siitä, mihin solmuun laskennan tulos osuu, esim. korkea Fe-tasoa kuvaavaan solmuun tai sen lähelle. Kartta siis luokittelee suuremman mittausjoukon pohjalta lasketun ennusteen kartalle ja osoittaa visuaalisesti osuuko ennuste korkean tai matalan arvon alueille kartassa; kartan käyttö poikkeaa suuresti yllä kuvattujen neuroverkkotyyppien sovelluksista, vaikka sen toimintatekniikka on samanlainen.

Vasta äskettäin itseorganisoituvista (vai pitäisikö niistä käyttää ilmaisua "itseorganisoituneet") kartoista on saatu testaukseen sovellus, josta verkon laskennan arvon osuessa "kriittiselle" alueelle otetaan ulos, värimuutoksen osoittamisen lisäksi, signaali esim. ohjauksrutiniin käynnistämiseen, tähän mennessä kartat ovat olleet lähinnä silmänruokaa.

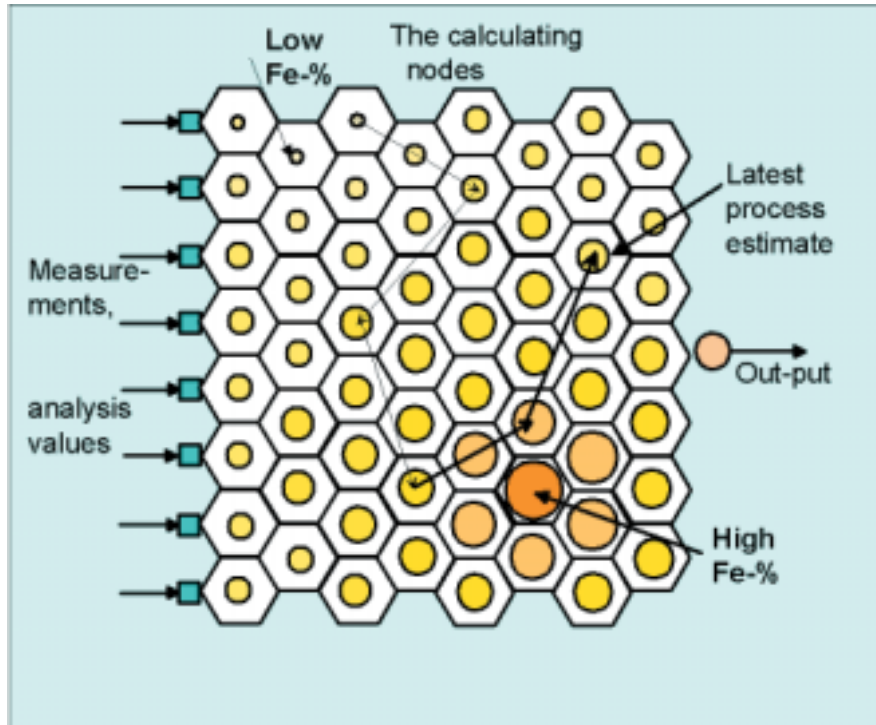
Neuroverkkojen etu on, että soveltaminen ei edellytä kohteena olevan prosessin tuntemista, tulos on puhtaasti tilastollisin keinoin datasta saatu opetuskriteeriä kuvaava laskentamalli; vastaavasti sen tuloksella ei ole syy-yhteyden "rasitetta", joten työ ei ole tällä valmis. Hyvin toimivan sovelluksen siirtäminen toiseen riittävän samanlaiseen kohteeseen on helppoa, "opetusta vaille valmis". Neuroverkko ei ole (toisin, kuin regressiolaskenta) herkkä muuttujien epälineaarisuudelle. Sen suoritus tietokoneella on erittäin nopeaa, ja siten verkko soveltuu myös suurta nopeutta vaativiin ohjauskohteisiin.

Itseorganisoituvan kartan visuaalinen puoli on varmasti hyödyllinen apu, kun prosessin matemaattisessa mallinnuksessa etsitään tärkeimpiä muuttujia monimuuttujaisen regressioanalyysin tai muiden tilastollisten menetelmien avulla.

Neuroverkkojen soveltaminen edellyttää samaa asiantuntemusta tilastollisesta käsittelystä ja samaa työmäärää, kuin monimuuttujainen regressioanalyysikin: mittava, esimuokattu muuttujatulos-data on syötettävä tietokoneelle virheettömästi, ja useiden opetuskierrosten aikana mukautetun verkon parametrit edustavat kuitenkin vain sitä data-joukkoa, jolla se on opetettu; datan tulee edustaa todellisia käyttötilanteita myös tulevaisuudessa. Menetelmä edellyttää myös samalla tavalla sisään syötettävien mittaustulosten keskinäistä riippumattomuutta (esim. savukaasukanavassa peräkkäisten vaiheiden lämpötilat eivät täytä tätä kriteeriä).

Jos verkkoa aiotaan käyttää hyödyksi, sen tuloksen oikeellisuus on varmennettava prosessin hyvään tuntemukseen perustuen. Neuroverkko toimii *black-box*'in omaisesti, eikä "avaa" prosessin matemaattista malliaan, kuten regressioanalyysi puutteistaan huolimatta tekee; se ei siis suoraan lisää tietämystä prosessista. Neuroverkolla voi kuitenkin kartoittaa muuttujien vaikutuksen voimakkuutta ja epälineaarisuutta prosessin varsinaista matemaattista mallinnusta varten, kokeilemalla muuttujien vai-

Itseorganisoituvan kartan toiminta. The function of a self-organising map.



kutusta yksi kerrallaan; mittausaineiston esikäsittely on kuitenkin molempiin kelpaava.

Automaation parantamisen motiivit

Julkishallintomme raskaus edellyttää, että olemme tuotannollisessa toiminnassa muita parempia; silloin ovat malliksi kelpaavat maat vähissä. Onneksi (vai pitäisikö sanoa "vallitsevan pakon edessä") olemme omista lähtökohdistamme kehittäneet niin prosesseja kuin niiden ohjaustapojakin, ja saavuttaneet konkreettista kustannustehokkuutta. Edustamme kansakuntana tuotantoprosessien hallinnan kärkeä, tästä lienevät alaan perehtyneet yhtä mieltä; yksittäiset kohteet ovat eri asia.

Merkittävä automaation parantamista ajava voima on vähentää yhä suuremmalla kapasiteetilla toimivien tuotantokoneistojen inhimillisistä rajoituksista aiheutuvia vaurioita ja tuotantometyksiä, myös tapaturmia. Erityisesti automaatiolla on ratkaiseva merkitys teollisuuden haitallisten päästöjen hallinnassa; vaatimustasoa ei ilman automaatiota ole yleensä edes mahdollista saavuttaa.

Jokaisen tuotantoprosessin toiminnassa on joskus tultu sille rajalle, että paremmalla ohjeistuksella ja koulutuksella ei ole olennaista parannusta enää saatavissa; joissakin seistään vieläkin tämän rajoituksen edessä, ja kehitys on katkennut.

Joskus automaation itsensä rajoitukset (toimintojen rajallisuus, muistikapasiteetti) ovat muodostuneet prosessin kehityksen esteeksi, niin kapasiteetin, kuin laatuvaatimustenkin suhteen. Uusimisessa odotettu aika on usein lopullisesti menetetty; kehitysjatukset pohjautuvat saavutetun tason ongelmiin, ja muut painivat jo muutamaa kierrosta vaativampien ongelmien kanssa.

Automaatio on erinomainen väline pehmentää eri organisaation osien välisiä kuiluja. Lisäämällä operointipisteissä näkyvän

tiedon määrää yli välttämättömän, syntyy työhön tarkoitusta ja tekijään motivaatiota.

Useimmiten tuottavuutta ja/tai tuotteen laatua voitaisiin kohtuullisin kustannuksin nostaa, parantamalla prosessin hallintaa tavanomaisin prosessi- ja mittausteknisin sekä automaation keinoin. Este kehitykselle usein on se, että puuttuu näkemys mahdollisuuksista, tai tarvittava panostus suuresti yliarvioidaan. Nykyaikaisen automaation toiminnot ja laskentakyky yleensä moninkerroin ylittävät vaikeankin sovelluksen tarpeet.

Ei ole aiheellista epäillä, etteikö kunnossapitotoimintojen ulkoistamisessa saldo olisi ratkaisuille positiivinen. Kuitenkin rapa- tessa aina roiskuu; tässäkin oletan säädön vielä hakevan asetus- arvoa. Miehityksen painottuessa tuotannon pyörittämiseen jää parannusten miettimiseen vähemmän aikaa, ja kahvikeskusteluissa hersyneet, pitkään kokemukseen perustuneet ideat ovat vähentyneet miesmäärää suuremmissa suhteissa. Ulkopuolisen ei voi olettaa käyttävän älynystyröitään parannusideoihin samassa määrin, kuin omia työolosuhteitaan kiroileva. On pitkällä tähtäimellä varmasti paikallaan miettiä, onko parannuksiin ja kehittymiseen aikaansa jakava miehitys kriittisen massan ylittävä, vai taantuuko toiminta huomaamattoman hitaasti. Vai voisiko ydin- alueenkin kehitystoiminnan ulkoistaa?

Automaation toimintojen määrittely.

Perustoimintojen toteuttamiseen löytyy omasta organisaatiosta ammattilaiset, kuten moottorien tai kuljetinlinjojen käynnistäminen, lämpötilan mittaus ja muut ongelmattomat toiminnot; niitä ei käsitellä tässä kirjoituksessa. Kun mennään mutkikkaampiin toimintoihin, kuten tuotteen/lajin koko käsittelyreseptien määrittelyyn, vaiheiden keskinäisen koordinoimien toimintoihin, ja mallipohjaisiin ohjauksiin, niin asia tuntuu usein niin vieraalta, että siihen ryhtyminen siirtyy aina helpompia töiden edeltä.



Tunnetuista osista muodostuvan (ja uudenkin) toiminnon määrittely automaatiojärjestelmän kautta ohjattavaksi kokonaisuudeksi on yksinkertaisempaa, kuin luulisi: piiretään ehdotus toiminnon ohjauksuviksi ja tehdään sille käyttöohje, suuremmin miettimättä voiko automaatio/tietojärjestelmällä asian toteuttaa; erityisesti poikkeustilanteiden hallinnan ja toiminnon peruutuksen kuvauksen tulee olla kattava, koska näistä muuten muodostuu työn pääosa. Siinä tulevat kaikki(?) tuotannossa vastaan tulevat käytännön tilanteet huomioiduiksi, ja itse toiminnon luomiseen pääsee sen ammattilainen hyvin käsiksi. Tässä ei tarvita syvällistä järjestelmätuntemusta, rajoitusten tullessa tekijä kyllä osaa kysyä vaihtoehtoista tapaa tai kiertää rajoituksen.

Mallipohjaisissa ohjauksissa useimmiten on kysymys sellaisen prosessivaiheen hallinnasta, josta ei saada riittävästi mittaustietoa; panoksen valmistuminen on kuvattava laskemalla sen käsittelyyn käytettyjen toimenpiteiden ja raaka-ainelisäysten vaikutusta panoksen koostumukseen ja lämpötilaan. Painopiste on prosessin tutkimisessa niin, että tarvittaville laskennoille on kaavat kuvattavissa; niiden parametrit voivat jäädä käytännössä haettaviksi, viritettäväksi.

Toiminnon ohjaus voidaan kuvata lohkokaaeviona; lohkot voivat olla raaka-ainetiedostoja, laskentarutiineja, panostietojen päivytystä, lämpöhäviöiden laskentaa, tiedonsiirtoa siltanosturille jne. Kun kussakin lohossa tarvittava toiminto osataan kuvata verbaalisesti ja/tai matemaattisesti, niin ollaan todella pitkällä; panosprosesseissa tarvitaan lisää lähinnä kuvaus toiminnan käynnistämisestä ja sen päättämistä (kerättyjen panostietojen siirto tietojärjestelmään ja nollaus seuraavaa panosta varten).

Automaation kytkeytyminen tietojärjestelmiin

Aikaisemmin tietojärjestelmien luotettavuus ja niiden hallintaorganisaation erillisuus tuotannosta toi esiin käytettävyyseriskin, ja joissakin paikoissa ajosuunnitelma vietiin itse tuotantoprosessin automaatiojärjestelmään, hyvällä menestyksellä; nykyisin tilanne lienee parantunut. Samalla kun eri järjestelmät alkavat olla samalle tiedonkäsittelyalustalle rakennettuja, raja-aita näiden järjestelmien välillä on jäämässä lähinnä muutosvaltuuksien määrittelemäksi.

Tietojärjestelmään kytkeytymisellä on kaksi pääasiallista käyttöä: tuotannonsuunnittelun antaman ajosuunnitelman siirto operatiiviselle tasolle ja tuotantotietojen keruu raportoinnin ja prosessikehityksen tarpeisiin sekä tuotevastuun varmistamiseksi. Muu tiedonsiirto on vähemmän kriittistä, usein ei edes tarpeellista.

Kriteeri sille onko tuotantosuunnitelma ja sen muutosten hallinta tuotannon vai tuotannonsuunnittelun puolella löytyykin mieluummin sen kehitystarpeista: mikä organisaatio joustavammin voi tehdä uusien tuotteiden ja kehittyvien tuotantomenetelmien edellyttämät muutokset järjestelmään. Ei ole kaukaa haettu ajatus, että operatiivinen organisaatio vastaa operatiivisista järjestelmistä riippumatta siitä teettäköö se muutostyöt omalla vai vieraalla porukalla.

Tuotannon ja tuotantosuunnitelman keskinäisen tiedon koordinoimisessa *master* tulee olla tuotantojärjestelmä, koska se on kaikkien muutosten ja häiriöiden lähde, ja koska sen tulee vastata myös prosessin eri vaiheiden keskinäisestä koordinoimisesta. Esimerkiksi työn alla olevan sulatuksen vaihto toiseen asiakastilaukseen on oltava rutiini, eikä poikkeus.

Tiedonkeruun minimi tulee tarvittavista raporteista; kun raportit on määritelty, pystyy asiaa huonomminkin tunteva määrittelemään siihen tarvittavan tiedonsiirron; toisinpäin asia ei tahdo luonnistua. Tästä syystä tulevien tutkimustarpeiden, laatupoikkeamien ja operaattoreiden motivoimiseen tarvittavan tiedon

määrittelemisen on usein jäänyt tekemättä, jopa niin, ettei edes vapaasti määriteltäviä tiedonsiirtorutiineja (ongelmatilanteiden selvittämiseksi) ole kuvattu.

Asia konkretisoituu muutaman kuvitteellisen *case'n* konstruoinnilla: mitä tietoa hakisin ja missä muodossa, jos joutuisin selvittämään syyn tiettyyn konkreettiseen ongelmaan? Tiedon siirto ja sen tallentamiseen käytettävät tietorakenteet on tästä helppo määritellä. Sellaista tietoa ei kannata kerätä, jota ei voi kuvitella voivansa myöhemmin hyödyntää. Erittäin nopeissa prosessin-osissa häiriöiden syiden selvittämiseen järkevin tapa usein on tehdä tarkoitukseen vapaasti määriteltävät tiedonkeruuruutiinit, ja seurata asiaa projektiluontoisesti, kun se on ajankohtaista.

Automaatiojärjestelmien kyky avata ikkunoita ulkopuolisesta tietojärjestelmästä ja päinvastoin säästää merkittävästi informaatiivisen tiedonsiirron tarvetta: yhteen järjestelmään tehty sovellus on nähtävissä kaikkialla (jos valtuudet on); aina ei tule ajatelleeksi, että tällä tavalla näkyvä tieto ei sitten ole toisen järjestelmän käytettävissä, koska tieto siirtyi telefaksiin verrattavalla tavalla.

Simulointimalli: tietokoneessa vai prosessiautomaatiojärjestelmässä?

Käytön kannalta tuntuu toivottavalta, että asiat selvitettäisiin valmiiksi jossakin hemmetin kuudessa, ja tuotaisiin ratkaisu testattuna käyttöön. Simulointimallin rakentaminen on kuitenkin melkoisesti rankempi asia, kuin ajatellaan. Siinä on rakennettava tietokanta ja lukemisruutiinit siitä prosessidatasta, joka automaatiojärjestelmässä jo on olemassa, samoin siihen on ohjelmoitava ajan kuluminen. Tuloksia saataessa ne ovat vanhentuneita, prosessiin on jo tehty parannuksia, jne.

Ei muodosta olennaista riskiä hankkia tarkoitukseen sellainen automaatiojärjestelmän moduli, jolla ratkaisu kuitenkin toteutettaisiin, ja rakentaa malli on-line-ympäristöön, eristettyinä ohjaustoiminnoista. Ylimääräiseltä työltä vältytään, tulosten saanti nopeutuu ja ne ovat koko ajan relevantteja. Kynnys siirtää ratkaisu käyttöön on olematon. Tämä myös osoittaa käytön johdon sitoutumista asian ratkaisemiseen, ja kouluttaa tekijänsä samalla prosessiympäristöön. Tämä toimintatapa lienee tulevaisuudessa ainoa keino pysyä muita parempana. □

SUMMARY

It is not seldom, you face in process industry a situation, where a problem exists and is recognized, the knowledge to solve it is within the organization, all the necessary information to solve it is available, the automation system has the capacity to perform it, and still the application is undone.

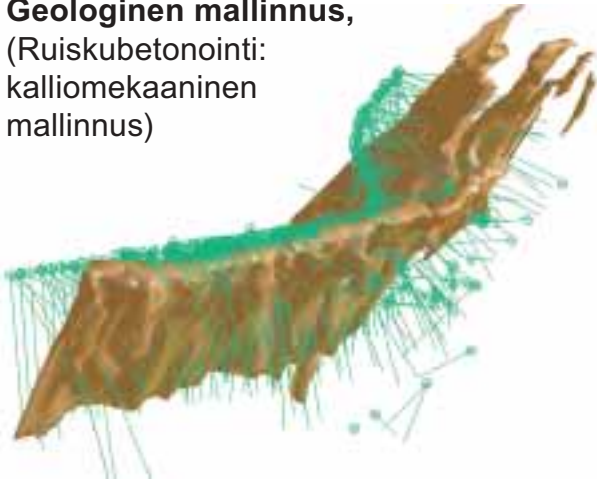
Most often the reason is in the high mental threshold in stepping from process knowledge into automation area. The dialogue between these "worlds" is the key, and every-day methods are described for producing substance for the automation professionals to create the application needed. The article describes shortly the control theories of today, and where they are good and bad, to promote opening the dialogue. Good luck! (but don't think it is enough to make things happen).

Tietokoneet ja ruiskubetonointi

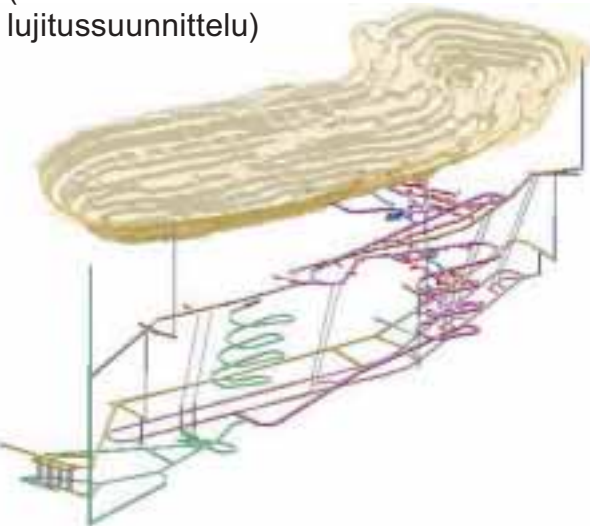
PAULI SYRJÄNEN, GRIDPOINT FINLAND OY
JOUKO TENHUNEN, NORMET OY

Tietokoneiden ja automatisoinnin avulla pyritään lisäämään ruiskubetonoinnin tehokkuutta, taloudellisuutta ja turvallisuutta sekä lopputuotteen laatua. Kaivostoiminnassa ruiskubetonointi vaikuttaa osaltaan alustavasta suunnittelusta tuotantoon asti (kts. kuva 1).

Geologinen mallinnus,
(Ruiskubetonointi:
kalliomekaaninen
mallinnus)



Kaivossuunnittelu
(Ruiskubetonointi:
lujitussuunnittelu)



Pauli Syrjänen – Curriculum Vitae

Nykyinen tehtävä Gridpoint Finland Oy:n hallituksen puheenjohtaja. Erikoisaloina kalliomekaaninen suunnittelu, louhintasuunnittelu, geologinen 3-D mallinnus ja työmaa-valvonta. Toiminut nykyisessä tehtävässä vuodesta 1997 lähtien. Koulutus dipomi-insinööri, TKK kaivostekniikka. Aiemmin toiminut TKK:n Kalliotekniikan laboratoriossa projektipäällikkönä ja Kalliosuunnittelu Oy Rockplan Ltd:ssä suunnitteluinsinöörinä.



Jouko Tenhunen – Curriculum Vitae

Nykyinen tehtävä Normet Oy:n Tuotekehitysjohtaja, vastuualueena maanalaisen kaivos- ja tunneli-rakentamisen koneiden ja laitteiden kehittäminen. Toiminut nykyisessä tehtävässä vuodesta 1993 lähtien. Koulutus diplomi-insinööri, konetekniikka. Aiempaan työhistoriaan Normet Oy:n palveluksessa sisältyy viiden vuoden jakso maanalaisten kaivos-laitteiden kansainvälisessä myynnissä ja markkinoinnissa sekä kuusi vuotta kone- ja laitesuunnittelua samassa yrityksessä.



Lujitusten asennus



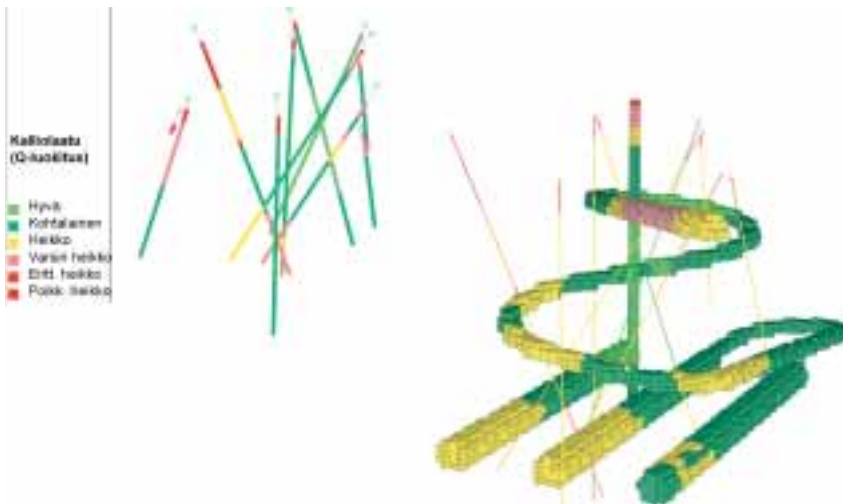
Kuva 1. Ruiskubetonointi kaivoksen eri suunnittelu- ja tuotantovaiheissa (esimerkkidata AvestaPolarit Chrome Oy, Kemin kaivos).
Figure 1. Shotcreting in different stages of mine design and production (Example data courtesy of AvestaPolarit Chrome Oy, Kemi mine).

GEOLOGINEN MALLINNUS JA LUJITUS-SUUNNITTELU

Kalliomekaaninen mallinnus aloitetaan kairasydännäytteiden kalliomekaanisella analysoinnilla (kalliolaadun määrittäminen, lujuusnäytteet ym.) (kts. **kuva 2**). Käyttämällä geostatistiikkaa ja 3-ulotteisia mallinnus- ja suunnitteluohjelmia voidaan kairasydännäytteistä saatu tieto levittää kuvaamaan koko kalliomassaa (kts. kuva 2)

Kalliomekaanista lohkomallia voidaan käyttää louhinta- ja lujuussuunnittelun apuna (kts. **kuva 3**).

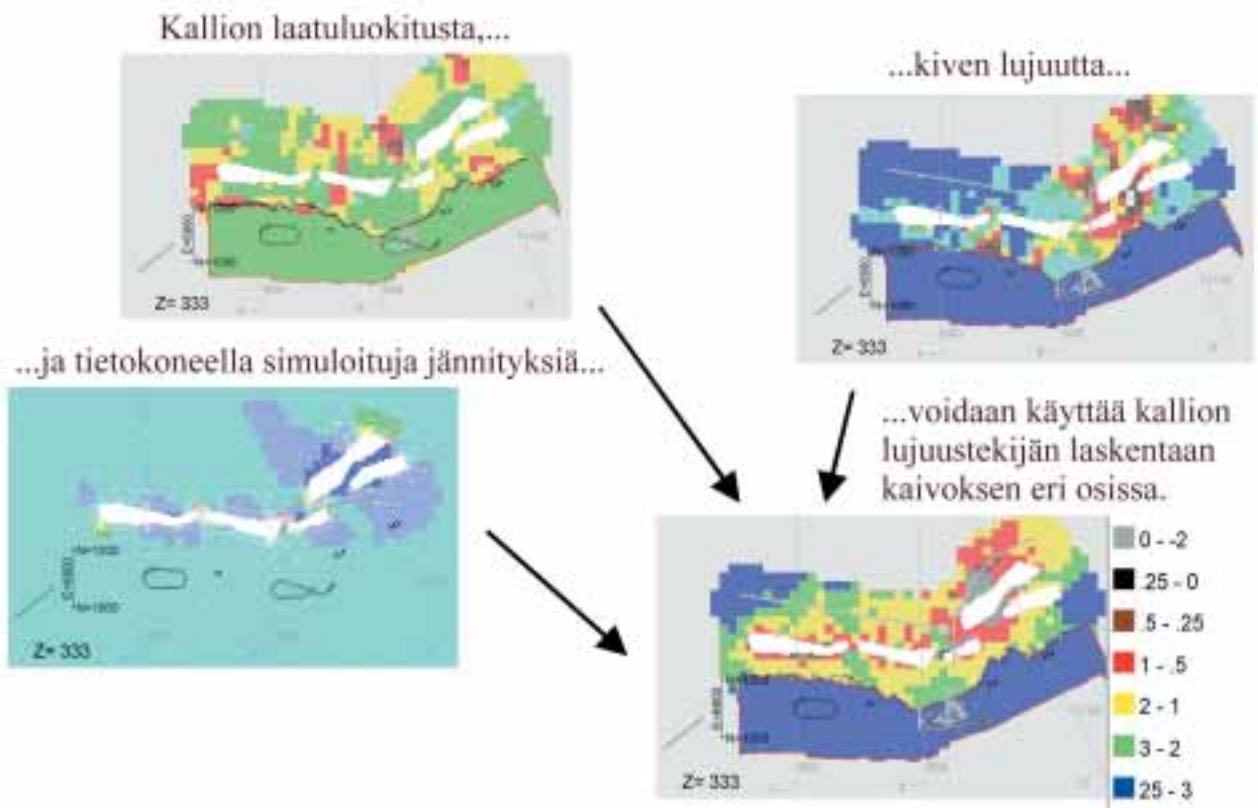
Vaikka geostatistiikkaa käytetään yleisesti malmiarvioiden laadintaan sitä ei aikaisemmin ole käytetty kalliomekaanisessa mallinnuksessa. Tästä syystä Outokumpu Mining Oy ja Gridpoint Finland Oy ovat aloittaneet yhteisen tutkimushankkeen 3-ulotteisesta kalliomekaanisesta mallinnuksesta. Hankkeen yhtenä osana on tutkia geostatistiikan käyttöä. Tutkimusta rahoittaa myös TEKES. Tutkimuskohteina ovat Kemin kaivos (AvestaPolarit Chrome Oy), Pyhäsalmen kaivos (Pyhäsalmi Mine Oy) ja Sinesin maanalainen nestekaasuvarasto Portugalissa (SIGAS) (kts. Syrjänen & Lovén 1999).



Kuva 2. Kairasydämistä määritetty kalliolaadun (Q-luokitus) perusteella voidaan luoda kalliolaatua kuvaava lohkomalli. Esimerkissä lohkomalli on rajattu louhintasuunnitelmalla. Lähtötiedot Sinesin nestekaasuvarastosta, Portugalista (SIGAS).
Figure 2. Logged rock mechanical quality (Q-classification) from drill hole data can be used to create block model of rock mechanical quality. Block model has been constrained by designed excavation. Data from Sines liquid gas cavern, Portugal (Data courtesy of SIGAS).

Kuva 3. Lohkomallilla laskettu Hoek & Brown lujuustekijä (lähtötiedot AvestaPolarit Chrome Oy, Kemin kaivos).

Figure 3. Using block model to calculate Hoek & Brown rock mass strength factor (data courtesy of AvestaPolarit Chrome Oy, Kemi mine).



TIETOKONEET JA RUISKU- BETONOINTI TÄNÄÄN

Normet on osallistunut Älykäs kaivos teknologiahankkeisiin kahdella projektilla. RUMA projektissa tutkittiin ruiskubetonimassojen mikrosuhteituksen (erittäin pienten, mm luokkaa olevien partikkeleiden raejakauman vaikutus), vesisementtisuhteen ja betonimassan ilmamäärän vaikutusta hukkaroiskeeseen.

MANI projektissa kehitettiin automaattinen ruiskubetonikiihdyttimen annostuslaitteisto.

RUMA

Teknillisen korkeakoulun kalliotekniikan laboratoriossa tutkittiin märkäseosruiskubetonin suhteitusta vuoden pituisessa tutkimusprojektissa. Työhön liittyivät ruiskubetonointikokeet Forumin ja Maunulan kalliotilojen louhintatyömaila.

Työssä tutkittiin mikrosuhteituksen, vesisideainesuhteen ja huokostuksen vaikutusta ruiskubetonin hukkaroiskeeseen. Betonimassan pumpausta ja ruiskutusta tutkittiin pienillä vesisideainesuhteilla. Ruiskubetonista mitattiin varhaislujuutta, loppulujuutta, vedentunkeumaa ja pakkasenkestävyyttä. Vesilasin sekä aluminaatti että alkalivapaiden kiihdyttimien käyttöä kokeiltiin laboratorioskokeissa ja kenttäkokeissa.

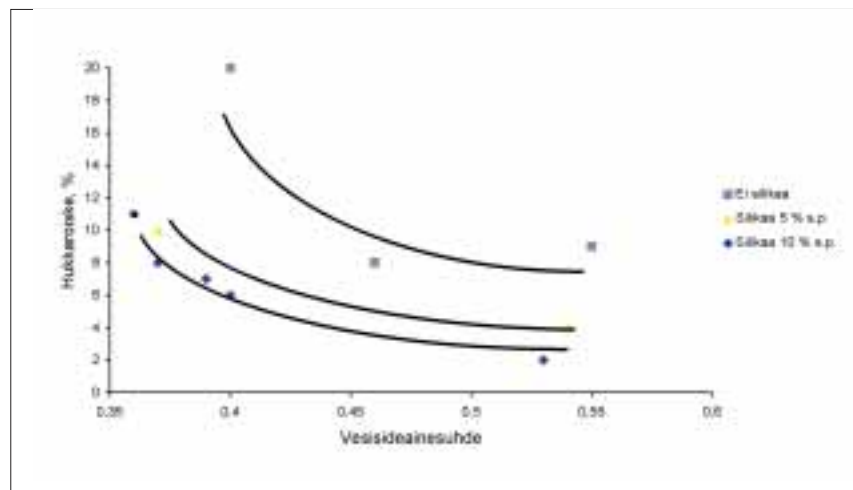
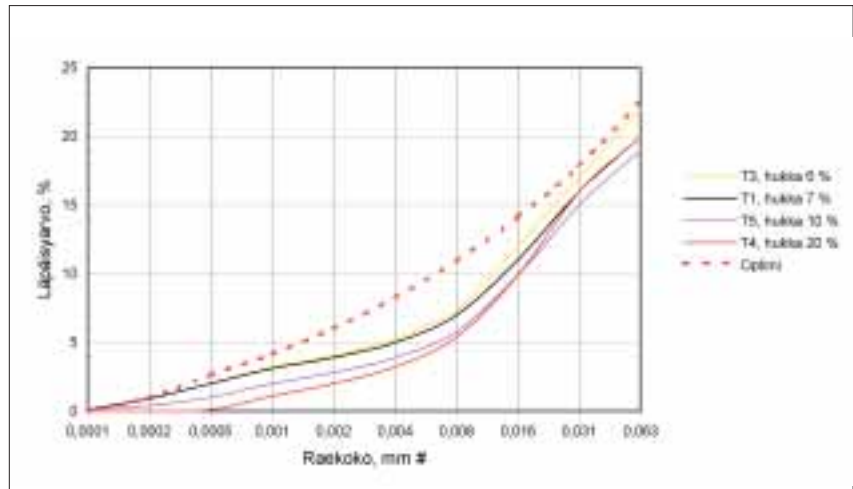
Betonimassan partikkeleiden rakeisuuskäyrän mm:stä cm:in tulee olla mahdollisimman lähellä optimikäyrää, jotta niiden väliin jää mahdollisimman vähän tyhjää tilaa. Teoriassa optimirakeisuudella vesisideainesuhde ja hukkaroiske ovat minimissään ja ruiskutettavuus on paras mahdollinen.

Koetulokset osoittavat hienojen rakeiden (0,1 mm...30 mm) ja hukkaroiskeen välisen yhteyden. Vaikuttaa siltä, että optimirakeisuudella saadaan pienin hukkaroiske ja paras ruiskutettavuus. Erittäin pienten rakeiden vaikutus oli merkittävä. Silika (10 % s.p.) alensi hukkaroiskeen 20 %:sta 7 %:in (kts. **kuvat 4 ja 5**). Mielenkiintoisena tuloksena voidaan pitää sitä, että karkean ainekseen (> 0,125 mm) vaikutus hukkaroiskeeseen oli olematon.

Koetulosten mukaan pieni vesisideainesuhde lisää merkittävästi hukkaroiskeita ja huokostus vähentää sitä. Jos vesisideainesuhde on alle 0,40...0,45 lisääntyy hukkaroiske merkittävästi (kuva 5). Tavanomaisella tekniikalla ja märkäseosmenetelmällä alin käytännöllinen vesisideainesuhde näyttää olevan 0,35...0,40. Tämä voidaan todennäköisesti alittaa erikoissuhteituskella ja ammattitaitoisella, kokeneella työvoimalla.

Korkealujuusbetoneilla on taloudellisia ja arkkitehtonisia etuja, koska rakenne voidaan tehdä ohuemmaksi kuin tavallisella betonilla. Jotta suuresta puristuslujuudesta saadaan suurin etu on rakenteen optimaallinen muoto kaari. Ruiskubetonointi sopii ohuiden kaarevien rakenteiden valmistamiseen valubetonia paremmin. Korkealujuusbetonien ruiskubetonointi kiihdyttimä käyttäen on mahdollista. Suurin kokeissa saavutettu lujuusluokka oli K80 (C60/75).

Aiheesta lisää kirjallisuuslähteissä Syrjänen ja Heikkilä (1995) sekä Syrjänen (1996). Laboratorioskokeet on käsitelty yksityiskohdallisesti lähteessä Heikkilä (1996).



Kuva 4. Erittäin pienen raekoon vaikutus hukkaroiskeeseen.
Figure 4. The effect of very small size particles to rebound.

Kuva 5. Vesi-sideainesuhteen ja silikan vaikutus hukkaroiskeeseen.

Figure 5. Effect of water-binder ratio and silica content to the rebound.

MANI

MANI projektissa erilaisia ruiskubetonikiihdyttimiä kokeiltiin ruiskubetonoinnilla useita satoja betonikuutioita. Ruiskutusten aikana rekisteröitiin kiihdyttimen, betonin ja hydraulikan paine- ja virtausvaihtelut. Ruiskutetulle betonille tehtiin lähes 100 vetolujuuskoketta.

Ruiskubetonikiihdyttimen annostelujärjestelmä

Projektissa kehitetty ruiskubetonikiihdyttimen annostelulaitteisto NORDOSER periaatekaavio on esitetty **kuvasssa 6**.

Keskusyksikkö (control unit) määrittää kiihtydinpumpun syöt- →



Kuva 6. NORDOSER ruiskubetonikiihdytinjärjestelmän periaatekaavio.
Figure 6. NORDOSER accelerator dosing system.



Kuva 7. NORDOSER näyttötaulu ruiskutuksen aikana.
Figure 7. NORDOSER main display during shotcreting.

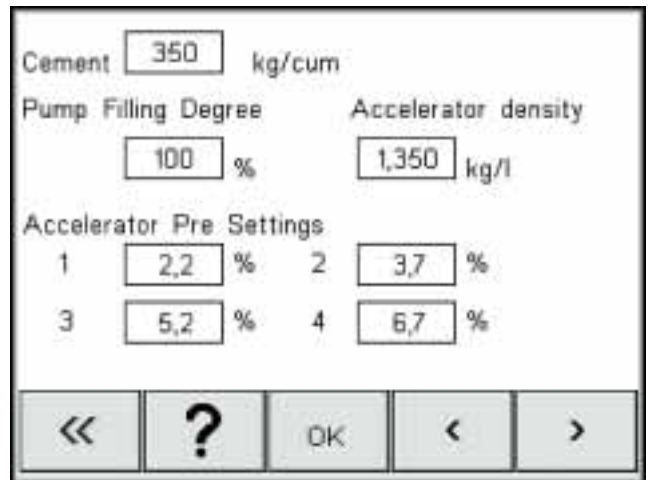
tömäärän betonipumpun pumppaaman massamäärän perusteella. Kiihdytinpumpun syöttämää määrää valvotaan virtausmittarilla (flow meter) josta saadun tiedon perusteella keskusyksikkö tarvittaessa korjaa kiihdytinpumpun syöttömäärää. Tiedonsiirto perustuu CAN (Controller Area Network) arkkitehtuuriin.

Laitteistossa on toiminnan seuraamista varten näyttötaulukon sekä ruiskuttajalle että betonipumppumiehelle. **Kuvassa 7** on esitetty laitteiston antama informaatio työn aikana.

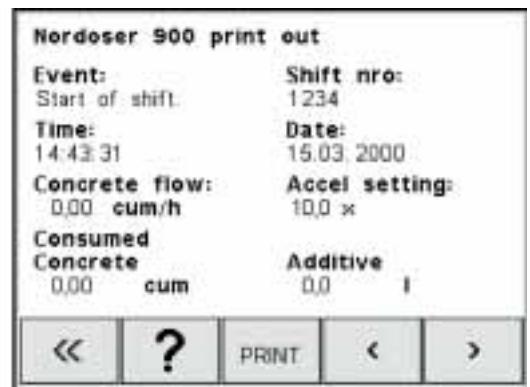
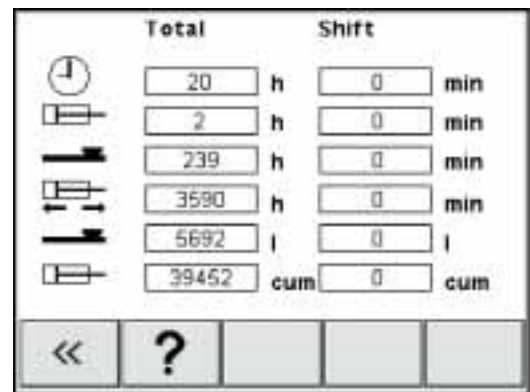
NORDOSER järjestelmässä on kolme käyttäjätasoa: operaattori, työnvalvoja ja huolto. Valvonta ja huoltotasot voidaan suojata salasanalla.

Kiihdytinannostus määritetään % sementin painosta. Kiihdytinmäärä (l/min) perustuu kiihdyttimen tiheyteen ja pumpattavan betonin määrään. Betonimäärä mitataan betonipumpun iskujen perusteella. Koska pumpun sylinterit eivät koskaan täyty 100 % annetaan lähtötiedoissa sylinterien täyttöprosentti (Pump Filling Degree, kts. **kuva 8**).

Kiihdytinmäärälle voidaan asettaa neljä asetusta (kts. kuva 8) joista ruiskuttaja voi valita ruiskutuksen aikana eri tilanteisiin

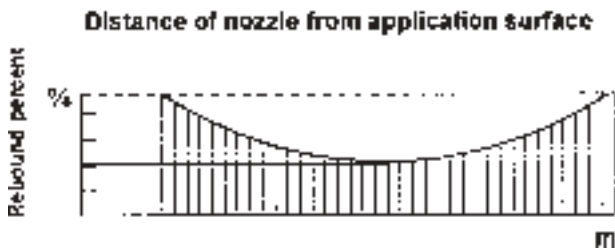
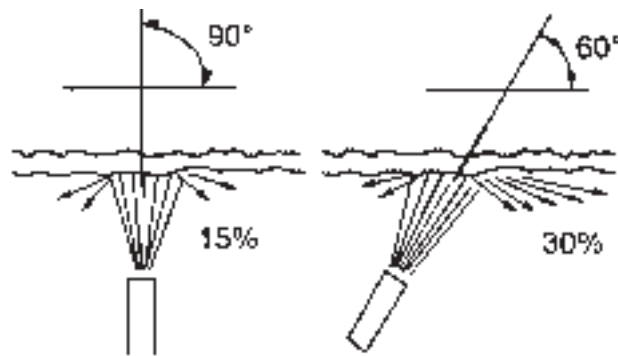


Kuva 8. NORDOSER kiihdytinjärjestelmän lähtötiedot.
Figure 8. Base settings for NORDOSER accelerator dosage system.



Kuva 9. NORDOSER:in ruiskubetonointiraportit.
Figure 9. NORDOSER's shotcreting reports.

Kuva 10. Ruiskutussuuttimen etäisyyden ja kulman vaikutus hukkaroiskeeseen.
Figure 10. The effect of nozzle distance and nozzle angle to rebound.



sopivat. Esimerkiksi kattopintoja ruiskutettaessa voidaan tarvita suurempaa kiihdytinmäärää kuin seinäpinoille.

Laitteistossa on on-line help ja se myös rekisteröi työssä käytetyt ajat sekä kiihdytin ja betonimäärät vuoro kohtaisesti sekä yhteensä (kuva 9).

RUIKUBETONOINNIN AUTOMATISOINNIN TULEVAISUUS

Ruiskubetonoinnin automatisoinnin uusia haasteita ovat ruiskubetonipuomin ja suuttimen liikkeiden automatisointi sekä ruiskutuksen aikaisen kerrospaksuuden seuranta.

Tietokoneohjatuilla puomin ja suuttimen liikkeillä saadaan suuttimen etäisyys ja kulma optimoitua jolloin hukkaroiske saadaan minimoitua (kuva 10).

Tietokoneohjatut puomin liikkeet yhdessä ruiskutuksen aikaisen ruiskubetonikerroksen paksuusmittauksen kanssa mahdollistavat tarkalleen suunniteltujen ruiskubetonikerrosten ruiskutuksen.

Menetelmä mahdollistaa myös paksumpien kerrosten ruiskuttamisen. Tietokoneohjattu järjestelmä pystyy laskemaan ajan, jonka kiihdytin vaatii kovettaakseen ruiskubetonikerroksen niin että seuraava kerros voidaan automaattisesti ruiskuttaa.

Järjestelmä edellyttää ruiskutettavan pinnan 3-ulotteista mittausta ruiskutuksen aikana. Pahin ongelma on vaativat olosuhteet. Ilma on pölyinen ja täynnä ruiskubetonin hukkaroiskeita häiritsevä mittausta ja aiheuttaen mittasensorien rikkoutumisen vaaran.

Muita kehityskohteita ovat täysin tietokoneohjattu betonimassan sekoitus ja täysautomaattinen betonautojen liikennekontrolli. □

KIRJALLISUUSLÄHTEET

Heikkilä, E. 1996. Chemical Admixtures for Shotcrete. MSc Thesis. Helsinki University of Technology. Laboratory of Rock Engineering, Otaniemi.

Syrjänen, P. 1996. High Strength Shotcrete. In: *Second Internatio-*

nal Symposium on Sprayed Concrete, Gol, Norway 23 – 26 Sept. 1996. Oslo: Norwegian Concrete Association.

Syrjänen, P. & Heikkilä, E. 1995. Ruiskutettava massa kalliotilojen lujittamisessa ja valmiiden betonirakenteiden valmistuksessa (RUMA) (The use of Sprayed Concrete Mixtures for Rock Cavern Support and the Manufacturing of Concrete Constructions). Research report TTK-KAL-A-19. Espoo: Helsinki University of Technology, Laboratory of Rock Engineering.

Syrjänen, P. & Lovén, P. 1999. Geostatistics and Block Modelling in Rock Mechanics. In: *9th ISRM Congress – Paris, France.* Rotterdam: Balkema.

ABSTRACT: The automation of shotcreting is aiming to increase the efficiency of spraying process and increase the quality of the final product. Shotcreting as a part of rock support has its influence to mining from pre-feasibility design stage to production. One part of designing is rock mechanical modeling. Outokumpu Mining Oy and Gridpoint Finland Oy has started a research project about rock mechanical 3-D modeling with geostatistical tools. Normet Corporation participated in Intelligent Mine (IM) and Intelligent Mine Implementation (IMI) technology programs with concrete spraying automation project. The first stage in the project was one year research program which dealt with proportioning of wet-mix shotcrete. Research program included full scale spraying tests at the Forum and Maunula rock caverns in Finland. The effect of micro-proportioning, water binder-ratio and air-entertainment to the rebound were studied and tested as well as pumping and shooting of concrete masses with low water-binder ratio. New accelerator dosing system was specially designed and tested for the use of new alkali-free accelerators. The computer controlled accelerator dosing system (NORDOZER 900) was developed after the research program. New challenge is development of computer-controlled shotcreting boom and nozzle movement and spraying thickness control during shotcreting.

Punnituksen, annostuksen ja irtomateriaalien käsittelyn kokonaisosaamista



Laite- ja laitostoimituksia metallurgiselle teollisuudelle lähes 90 vuoden kokemuksella

RAUTE PRECISION
INDUSTRIAL WEIGHING

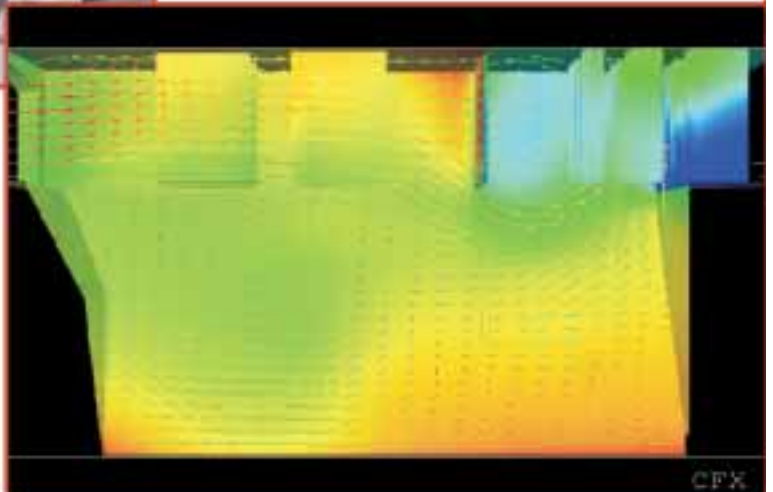
Mestarinkatu 10, PL 22, 15801 Lahti, puh. (03) 829 21, fax (03) 829 4105
e-mail. projects@rauteprecision.fi www.rauteprecision.fi



**IDEASTA
TOTEUTUKSEEN**

outokumpu

OUTOKUMPU RESEARCH OY
PL 60, 28101 Pori
www.outokumpu.com



CPX

ADDING VALUE TO METALS

Kannettavien elektroniikkalaitteiden materiaalit ja niiden prosessointi

ARNI KUJALA, KAUPPI KUJALA, ARI OIKARINEN,
NOKIA MOBILE PHONES

Johdanto

Digitaalisten elektroniikkalaitteiden yleistymisen on ollut kiivasta sitten PC-tietokoneiden tulon kuluttajamarkkinoille 1980-luvun alussa. Elektroniikka ja digitaalisuus ovat tunkeutuneet koteihimme mm. radioiden, mikroaaltouunien ja televisioiden myötä. Kulutuselektroniikan kehitys on ollut valtavan nopeaa erityisesti viimeisen vuosikymmenen ajan, jolloin eritoten matkapuhelimista on tullut arkipäivän perusvälineitä. Monin kerroin 1980-luvun kotimikroja tehokkaammat prosessorit pyörittävät digitaalisia matkapuhelimia ja kämmenkokoisia PDA (personal digital assistant) -laitteita, joilla on helppo jäsenellä päivän tapahtumat ja asiakirjat. Niinpä kulutuselektroniikan jatkuva miniatyrisoituminen ja toimintojen kasvava integroituminen yhä tiheämpään tilaan on johtanut tuotteiden yhä vaativampaan valmistettavuuteen. Aikaisemmin helpoista käsinkolvatuista juotosliitoksista on tullut huipputarkkojen ja loppuun asti optimoitujen tuotantolaitteistojen arkipäivää. Tällaisissa prosesseissa erilaisten materiaalien ja niiden välisten rajapintailmiöiden tuntemus ovat nousseet merkittäväksi osaksi elektroniikkatuotteiden kokoonpanoa. Erityisesti metallien, metalliseosten ja metallien välisten yhdisteiden tuntemuksen tärkeys elektronisen laitteen riittävän toiminnallisuuden ja luotettavuuden takaamiseksi on kasvanut.

Tämän artikkelin tarkoituksena on antaa yleiskuvaus elektronisten laitteiden valmistuksessa käytetyistä materiaaleista ja prosesseista. Elektronisen laitteen valmistus voidaan jaotella kolmeen kokoonpanoasteeseen, joista ensimmäinen kokoonpanoaste käsittää puolijohdekomponenttien, kuten mikroprosessorien tai muistipiirien valmistuksen. Toisessa kokoonpanoasteessa puolijohdekomponentit ja niiden toimintaa tukevat pienemmät komponentit, kuten vastukset, kondensaattorit ja kelat liitetään piirilevylle toiminnalliseksi moduliiksi. Kolmannessa kokoonpanoasteessa toiminnallinen piirikorttimoduli tai moduli asennetaan kuoriin ja liitetään käyttöliittymään, jonka matkapuhelimessa muodostavat mm. kuuloke, mikrofoni, näppäimistö ja näyttö. Kuoret antavat tuotteelle varsinaisen muodon ja ilmeen sekä suojaavat laitetta mekaanisesti.

Puolijohdekomponenttien materiaalit ja valmistus

Puolijohdekomponentti käsittää sisällä olevan puolijohteen sekä sitä ympäröivän paketin. Piihin tehdyn mikropiirin johtimet ja kontaktialueet on yleensä valmistettu Alumiinista. Muita puoli-

Arni Kujala – Curriculum Vitae

Arni Kujala, (s. 25.2.1973) valmistui diplomi-insinööriksi Teknillisestä korkeakoulusta 1998. Opiskelun ohessa hän toimi useissa luottamustehtävissä kuten Vuorimieskillan puheenjohtajana ja TKYE:n jäsenenä. Työuran Arni aloitti vuonna 1995 TKK:n Elektroniikan valmistustekniikan laboratoriossa, jossa tutkimuskohteena olivat uudet elektroniikan valmistusmenetelmät. Nykyisin Arni toimii Nokia Matkapuhelimien tutkimusyksikössä projektijohtotehtävissä.



Kauppi Kujala – Curriculum Vitae

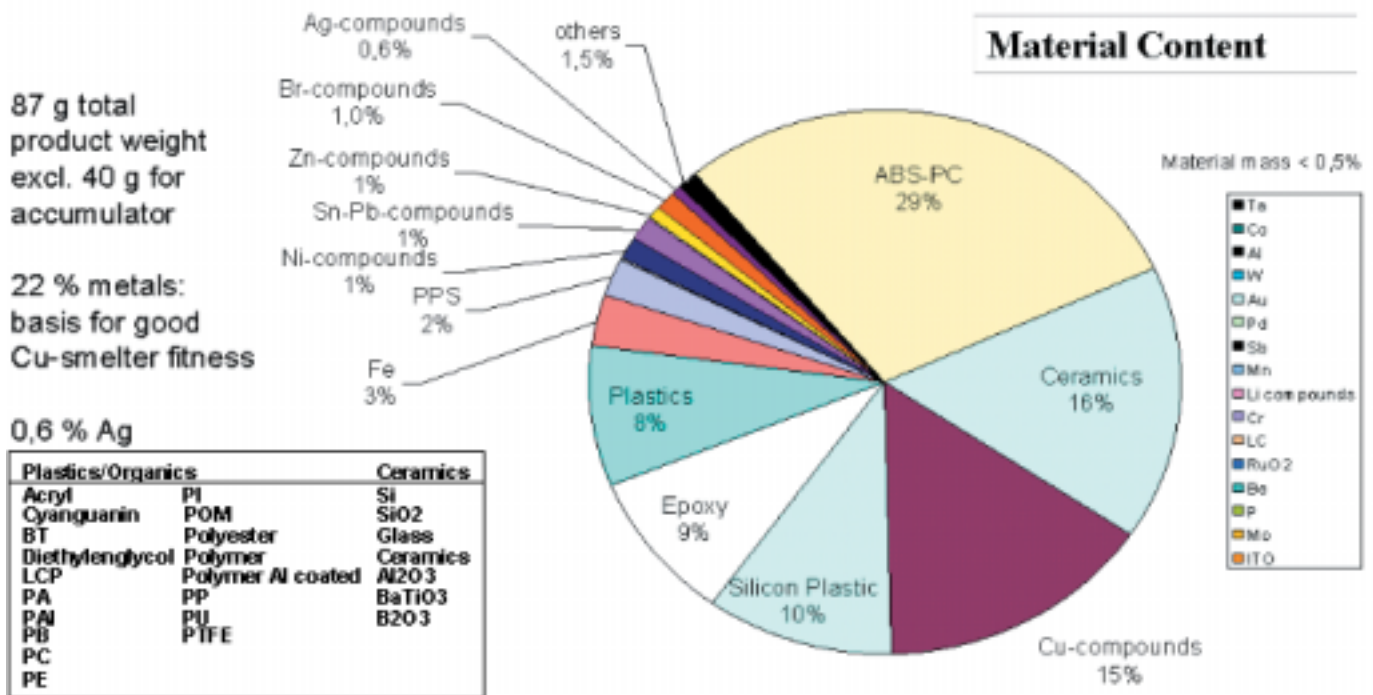
Kauppi Kujala, (s. 7.11.1970) valmistui diplomi-insinööriksi Teknillisestä kokeakoulusta materiaali- ja kalliotekniikan laitokselta 1996. Kauppi työskenteli opiskelujen ohessa Elektroniikan valmistustekniikan laboratoriossa vuosina 1994-1996. VTI Hamlin Oy:n palvelukseen Kauppi siirtyi loppuvuodesta 1996. Nykyiseen työpaikkaansa Nokia Matkapuhelmiin Kauppi tuli alkukesästä 1999. Kauppi toimii Nokia Matkapuhelimien tutkimusyksikössä projektijohto- ja asiantuntija-tehtävissä. Vapaa-aikanaan Kauppi harrastaa mm. laulamista Polyteknikkojen Kuorossa, jonka eräänä kantavana jäsenenä hän on ollut jo yli kahdeksan vuotta.



Ari Oikarinen – Curriculum Vitae

Ari Oikarinen, (s. 28.1.1968) valmistui diplomi-insinööriksi Teknillisestä korkeakoulusta 1999. Opiskelun ohessa hän toimi useissa luottamustehtävissä kuten Vuorimieskillan puheenjohtajana ja fuksiväepelinä. Työuran Nokialla Ari aloitti vuonna 1997, jossa hän on toiminut materiaaleihin liittyvissä tehtävissä tutkimus-, tuotekehitys- ja tuoteprojekteissa. Nykyisin Ari toimii Nokia Matkapuhelimien tuotekehityksessä Materiaaliantuntijan tehtävissä, ja on lisäksi mukana materiaali roadmappingissa ja metallien supply line managementissa.





Kuva 1. Matkapuhelimen (Nokia 6110) materiaalisältö.
Figure 1. Materials in mobile phone (Nokia 6110).

johdekomponentissa käytettyjä metalleja ovat mm. kulta, hopea, kupari, nikkeli, tina ja lyijy. Lisäksi puolijohdepaketeissa käytetään epoksipohjaisia polymeereja sekä näiden täyteaineita, kuten kvartsia.

Puolijohdekomponenttien valmistus tapahtuu puhdistaloosuhteissa. Valmistuksessa käytetään aihiotyyppistä laminaattialustaa, jossa on useamman komponentin alusta suorakaiteen muodossa. Nykyaikainen korkean integraatioasteen omaava puolijohde liimataan tyypillisesti laminaattialustalle käyttäen hopeatäyteistä epoksiliimaa, jonka sähkö- ja lämmönjohtokyky on hyvä. Liima annostellaan laminaattialustalle ja puolijohde asetetaan liiman päälle sopivaa voimaa käyttäen, jonka jälkeen liima kovetetaan. Laminaattialustassa valmiiksi olevat johtimet on yleisesti tehty kuparista samoin, kuin piirilevyissä. Kaikki kontaktointiin tarkoitetut alueet on lisäksi pinnoitettu sähkökemiallisesti nikkelillä ja kullalla.

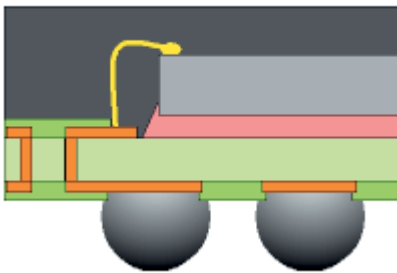
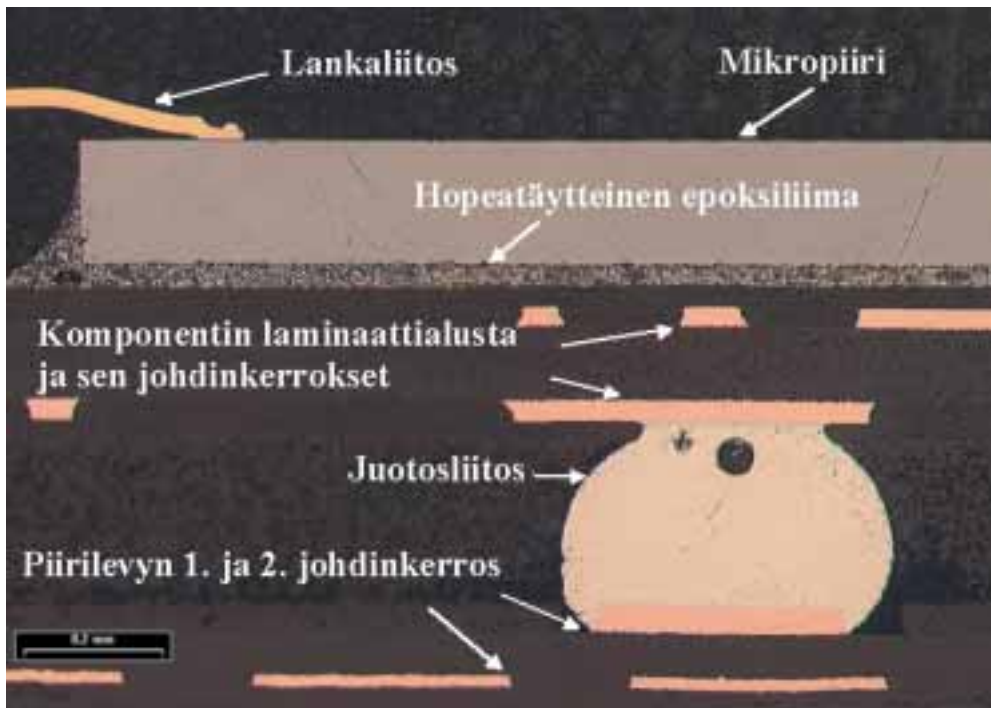
Sähköinen kontakti alustan johtimien ja puolijohdekontaktien välille tehdään lankaliitoskoneella. Lankaliitoskoneessa käytetään kulturalankaa, joka liitetään aluksi puolijohdekontaktiin. Ultraäänienergia rikkoo alumiinin oksidikerroksen, jolloin kulturalangan ja puolijohdekontaktin välille muodostuu liitos, jossa on useita eri alumiinin ja kullan välisiä yhdisteitä. Kone muotoilee langan profiilin sopivaksi prosessin aikana ja liittää sitten langan toisen pään laminaattialustan kullattuun kontaktiin, johon muodostuu kulta-kulta liitos. Lankaliitosten muodostumiseen vaikuttavat yhtäaikaaisesti paine, ultraäänienergia sekä korotettu lämpötila. Täyttä ymmärrystä tästä liitosilmästä ei vielä kukaan yleisesti ole, vaikka lankaliitoksia on valmistettu jo useita vuosikymmeniä. Nykyaikainen lankaliitoskone asentaa jopa kymmenen lankaa sekunnissa eli tekee yhteensä 20 liitosta sekunnissa. Kulta on jalometallina hyvä liitosmateriaali, koska se ei ominaisuutensa mukaisesti oksidoidu pinnastaan. Puolijohde-

komponentti saattaa sisältää useita satoja kontaktilankoja puolijohdekontaktin ja laminaattialustan välillä. Kulturalanka on tyypillisesti 25 µm tai 33 µm paksuista.

Kun puolijohdekomponentti on liitetty mekaanisesti ja sähköisesti, koko laminaattialusta laitetaan valuaihion sisään. Valussa puolijohdekomponenttien muovipäällyksien muodostetaan ruiskuttamalla nestemäistä epoksia aihion sisään puolijohdekontaktien ja alustan päälle. Korkealla paineella sisään ruiskutettu epoksi kovetetaan korotetussa lämpötilassa valuaihiota lämmittämällä. Valutyökalun suunnittelu ja valuprosessin hallinta on vaativaa, koska paineistettu epoksi ei saa vaurioittaa herkkiä lankaliitoksia virratessaan työkalun sisällä. Puolijohdekontaktin päälle kovettunut epoksi suojaa puolijohdekontaktia ja lankaliitoksia mekaanisesti. Lisäksi epoksi kuori toimii kemiallisena suojana ympäristön epäpuhtauksia vastaan.

Puolijohdekomponenttiin liitetään juotepallot useita piirilevykokoonpanoa varten. Tätä varten valettu laminaattialustaa käännetään ympäri ja sijoitetaan juotepallojen liitoskoneeseen. Sopivan kokoiset juotepallot poimitaan halutussa asetelmassa erityisen vakuumityökalun avulla. Vakuumityökalussa on pieni imuaukko jokaista tarvittavaa palloa kohden. Juotepallot kastetaan ohueen juoksetekerrokseen, jolloin juotoksessa tarvittava juoksetemäärä siirtyy juotepallojen pintaan. Työkalu painaa juotepallot laminaattialustan kontakteihin ja vapauttaa vakuumin. Hieman tahmea juoksete toimii väliaikaisesti palloja paikalla pitävänä aineena. Juotepallot sulatetaan kiinni laminaattialustaan tavallisessa sulajutosprosessissa. Puolijohdekomponentteissa käytetyt juotepallot ovat tyypillisesti tina ja lyijyn seosta, jota käytetään myös pintaliitosprosessissa. Juotepallojen liitoksen muodostuu tina ja nikkeliin välisiä yhdisteitä kullan liuetessa juotepallon sisään.

Juotepallotuksen jälkeen aihio siirretään viimeiseen varsinaiseen valmistusvaiheeseen, eli sauhukseen. Sauhuksessa timantti-



Kuva 2. Poikkileikkauskuva puolijohdekomponentin rakenteesta ja liitoksesta piirilevyyyn. (Liitoksen halkaisija 0.4 mm.)

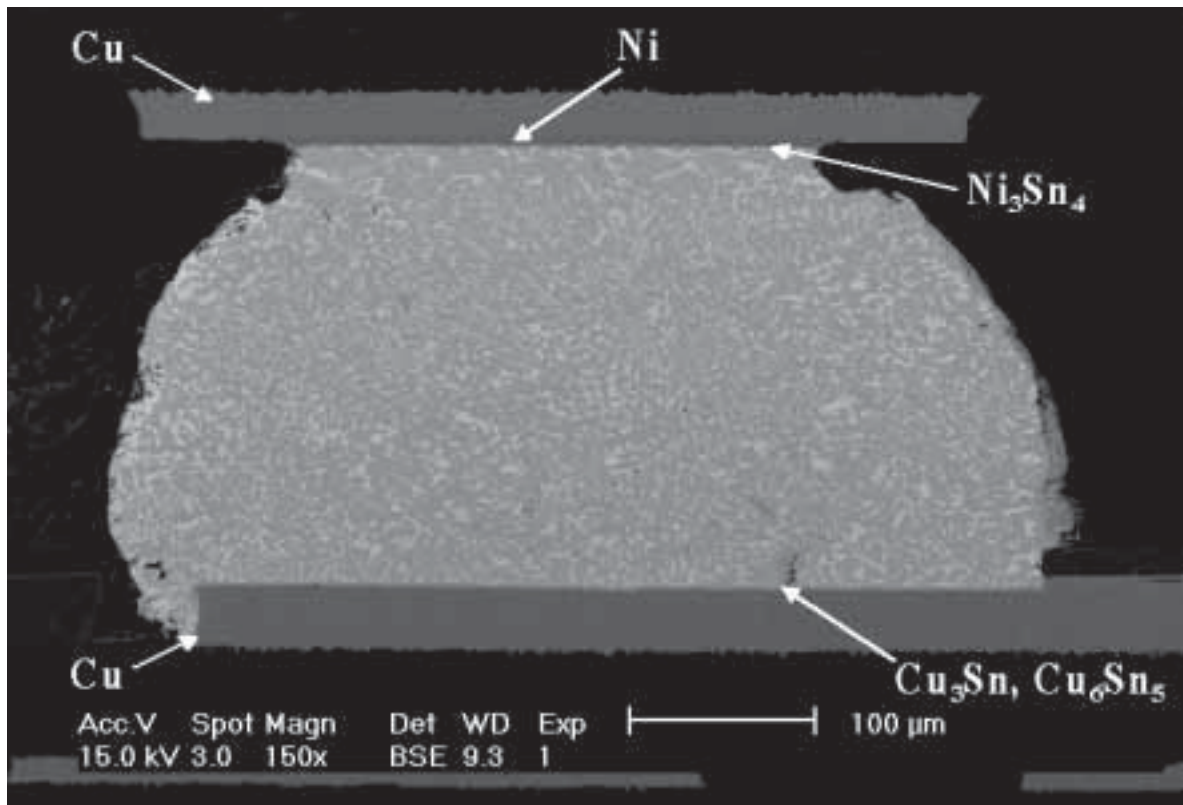
Figure 2. Cross section of semiconductor component and interconnection to printed wiring board (PWB). (Solder joint diameter 0.4 mm.)

saha erottelee yksittäiset komponentit irti aihioista. Prosessista riippuen myös komponenttimerkinnät tehdään tässä vaiheessa epoksikuoren päälle laserilla. Puolijohdekomponentit testataan sähköisesti ennen asiakkaalle lähettämistä, jolloin varmistetaan, että itse puolijohde, laminaattialusta, lanka- ja juotepalloliitokset ovat ehjiä. Sähköisesti testatut ja toimivaksi todetut puolijohdekomponentit pakataan kantonauhaan, joka toimitetaan rullana asiakkaalle.

Piirilevyjen materiaalit ja valmistus

Piirilevyjä on valmistettu aina 1920-luvulta asti, ja ne ovat jo pitkään olleet elektronisten laitteiden peruskomponentteja. Ensimmäisiin yksipuolisesti johdinkuvioituihin levyihin verrattuna nykypäivän piirilevyissä on tyypillisesti 2 – 20 kerrosta, riippuen laitteen monimutkaisuudesta. Piirilevyjen perusainesosat ovat erilaiset polymeerit ja niitä vahvistavat materiaalit, kuten lasikuitu tai paperi, ja kupari. Kupari on yleisin elektroniikassa käytetty metalli. Aluksi piirilevyn kupari valmistetaan yhtenäiseksi ja kiinteäksi kalvoksi elektrolyytisessä rumpupinnoitusprosessissa. Kuparikalvon paksuus on tyypillisesti 0.02-0.04mm, mutta ohuimmillaan jopa alle 0.01mm. Kuparikalvo toimitetaan piirilevyvalmistajalle esilaminointuna polymeerilasikuitulevyn pinnalle. Varsinainen piirilevyn valmistusprosessi alkaa johdinkuvion siirrolla kuparikalvon pintaan. Prosessissa kuparikalvon pinnalle muodostetaan fo-

tolitografisen prosessin avulla haluttua johdinkuviota vastaava kuva esimerkiksi polymeeristä, jonka tehtävän on suojata sen alle jäänyttä kuparia. Tätä seuraavan syövytysprosessin aikana suojaamattomat alueet syövytetään polymeerilasikuitulevyn pinnalta, jolloin kuparikalvosta muodostuu suojapolymeeria vastaava kuva. Suojapolymerin poiston jälkeen käsissämme on piirilevy, jossa on haluttu johdinkuvio. Johdinten leveys tyypillisessä piirilevyssä on n. 0.1mm niiden jakovälin ollessa 0.2mm. Monikerros-piirilevyjen valmistuksessa lähtöaineena käytetään levyjä, joissa on kuparikalvot molemmin puolin. Levyjen johdinkuviot prosessoidaan ensin kaksipuolisesti, jonka jälkeen eri kerroksien levyt kohdistetaan keskenään ja laminoidaan yhdeksi monikerroslevyksi. Johdinkerrosten väliset kontaktit yksittäisten levyjen läpi valmistetaan poraamalla levyyn reikiä, jotka tehdään sähköä johtavaksi kemiallisella kuparisaostuksella ja sähkökemiallisilla pinnoitusprosesseilla ennen johdinkuvioiden valmistusta. Eri levykerrosten väliset kontaktit valmistetaan vastaavasti laminoitiprosessin jälkeen ennen uloimpien johdinkuvioiden valmistusta. Monikerroslevyn uloimmat johdinpinnat suojataan eristepolymerillä, johon muodostetaan avaukset kaikkien juotettavien pintojen kohdalle. Juotettavat kuparipinnat käsitellään lopuksi siten, että juotospinta säilyy hapettumatta ja liikaantumatta juotosprosessiin asti. Tyypillisin pintakäsittely on kemiallinen nikkeli-kulta kerrospinnoite (Ni/Au), joka takaa piirilevyn hyvän juottumisen.



Kuva 3. Pyyhkäisyelektroni-mikroskooppikuva puolijohde-komponentin ja piirilevyn juotosliitoksen mikrorakenteesta (SnPb -juote).

Figure 3. Scanning electron microscope image of the micro structure in solder interconnection between semiconductor component and printed wiring board (SnPb -solder).

Pintaliitostekniikka

Itse elektroniikkatuotteen valmistusprosessi, jossa puolijohdekomponenteista, piirilevyistä ja muista komponenteista valmistetaan toimivia laitteita, on pitkälti metallurginen. Elektronisen laitteen valmistus aloitetaan juotepastan painoprosessilla. Tässä prosessivaiheessa niihin piirilevyn kohtiin, joihin komponentit on tarkoitus juottaa, painetaan juotospasta. Juottamisessa käytetty pasta on pienistä juotepartikkeleista, juoksutuksesta ja sen lisäaineista muodostettu seos, jossa juotepartikkelit ovat läpimitaltaan n. 25μm kokoisia. Prosessissa käytetään stensiiliä, johon on piirilevyn liitosalueiden mukaisesti valmistettu reiät pastan läpimenoille. Stensiili kohdistetaan piirilevylle ja juotospasta vedetään sen yli lastan avulla. Tällöin juotospasta läpäisee stensiilin siihen tehtyjen aukkojen kohdalta ja painautuu piirilevyn pintaan. Seuraavaksi piirilevylle ladotaan komponentit. Nopeimmat ladontakoneet latovat piirilevylle n. 45 000 komponenttia tunnissa ja niiden kohdistustarkkuus on 0.1mm luokkaa. Puolijohdekomponenttien ja muiden erikoiskomponenttien ladontaan käytetään hitaampia ja tarkempia ladontakoneita. Juotospastan lisäaineet tekevät pastasta tahmeaa, jolloin sen päälle ladotut komponentit kestävät pientä liikuttelua irtoamatta liitoskohdiltaan. Ladotut piirilevyt siirtyvät juotosuuniin, jossa lämpötila nostetaan esilämmitysvaiheiden jälkeen juotteen sulamispisteen yläpuolelle. Esilämmitysvaiheiden aikana juotospastassa oleva juoksuteaine aktivoituu ja reagoi juotettavien pintojen kanssa, joita ovat komponenttien liitospinnat (tai juotospallot), juotepastan partikkelit ja piirilevyn liitospinnat. Juoksuteaineen tarkoituksena on alentaa juotteen pintajännitystä sekä poistaa oksidit, rasva ja lika juotettavilta pinnoilta oikea-aikaisesti ennen juotteen sulamista. Näin varmistetaan juotteen riittävä kostutus juotettavilla

pinnoilla. Juotosprosessin aikana pienet kohdistusvirheet korjaantuvat juotteen pintajännityksen vaikutuksesta. Sulavaiheen jälkeen piirilevy jäädytetään hallitusti liiallisten jännitysten muodostumisen välttämiseksi, jolloin juote jähmettyy ja liitokset saavat muotonsa. Esimerkkinä juotosprosessin hallinnan haastavuudesta on mm. se, että yhteen matkapuhelimeen muodostuu 1000-1500 juotosliitosta yhden juotosprosessin aikana.

Kulutuselektroniikassa käytetyt juotteet ovat pääasiassa tinapohjaisia pehmeitä juotteita. Yleisin käytetty "tina" on tinan ja lyijyn lähes eutektinen seos Sn60Pb40 (p-%). Seoksen eutektinen sulamispiste on 183 °C, joten se soveltuu erinomaisesti kulutuselektroniikkatuotteisiin, joissa käyttölämpötilat ovat selkeästi 100°C:n alapuolella. Prosessiteknisistä syistä SnPb -juotteessa voi olla seostettuna hieman mm. hopeaa tai vismuttia. Korkealämpötilasovelluksiin lyijyn osuutta seoksessa kasvatetaan, jolloin sulamispiste saadaan nostettua hieman yli 300°C (Sn5Pb95). Euroopan unionin säätämän direktiivin (WEEE, Directive on Waste Electrical and Electronic Equipment) mukaisesti lyijyn käytöstä tullaan luopumaan kulutuselektroniikassa vuoden 2005 jälkeen. Tämä on aiheuttanut elektroniikan valmistukselle suuria haasteita kehitettäessä standardinomaisia ja helppokäyttöisiä tinalyijyseoksia korvaavia juotteita. Lyijyvapaat juotteet ovat valtaosin tinapohjaisia 2-4:n komponentin seoksia, joista yleisimmäksi näyttää tulevan jokin tinan, hopean ja kuparin seos, kuten Sn3.5Ag0.75Cu (p-%). Tämän termääräisen seoksen sulamispiste on n. 217 °C, joka on siis n. 30°C korkeampi kuin nykyisin käytössä olevalla lähes eutektisella tinalyijyllä. Lyijyvapaan juottamisen haasteeksi onkin muodostunut kohonnut juotosprosessilämpötila, joka asettaa uudet vaatimukset kaikille juotosprosessin läpimeneville komponenteille. Elektroniikkateollisuuden arvioitu vuotuinen lyijyn kulutus on lähteestä riippuen n. 1% koko maail-

Kuva 4. Matkapuhelimen räjäytyskuva (Nokia 8850).

1. Kuoriosa 1, muoviin liitettyä anodisoitua alumiinia.
2. Kuoriosa 2, elektrolyttinen kromipinnoite kaksoispuristetun muovin päällä.
3. Maalattu muoviosa.
4. Näppäinosa 1, elektrolyttinen kromi kaksoispuristetun muovisilikonin päällä.
5. Näppäinosa 2, kemiallinen nikkelikultapinnoite kuparijohdinten päällä.
6. Etsattu ruostumaton teräsosa.
7. Teräsruuveja.
8. Elektrolyttisesti kromattu muoviosa, jossa osittainen tyhjähöyrystys kullalla.
9. Liittimiä, joissa kupariseoksen (pronssija) päällä elektrolyttinen kultaus.
10. Shieldi, valmistettu nikkelipronssista.
11. Antennin maataso, kuparilevy.
12. Kuoriosa 3, anodisoitua alumiinia.
13. Pintaliitostekniikalla valmistettu puhelimen piirikortti.

Figure 4. Explosion picture of mobile phone (Nokia 8850).

1. Cover part 1, anodised aluminium attached on plastic.
2. Cover part 2, electrolytic chrome plating on double compressed plastic.
3. Painted plastic part.
4. Keypad part 1, electrolytic chrome plating on double compressed plastic-silicon.
5. Keypad part 2, electroless nickel-gold -coating on copper conductors.
6. Etched stainless steel part.
7. Steel screws.
8. Electrolytically chrome plated plastic part, with partial vacuum deposited gold.
9. Copper alloy (bronze) connectors with electrolytic gold plating.
10. Shield made out of nickle-bronze.
11. Ground plane antenna, copper plate.
12. Cover part 3, anodised aluminium.
13. Mobile phones's printed wiring board assembled with surface mount technology.

man vuotuisesta lyijyn kulutuksesta.

Lyijyttömyyden lisäksi halogeeniyhdisteiden käytöstä piirilevyjen palonestomateriaaleina luovutaan tammikuun 1. 2006 voimaan astuva EU-direktiivin mukaisesti. Lyijyttömyys ja halogeenivapaus ovat pääelementtejä tulevaisuuden "vihreässä" kulutuselektronikan valmistuksessa. Näiden tekijöiden lisäksi elektronisten laitteiden metallien ja materiaalien tehokkaammalla kierrätyksellä nostetaan tuotteiden ympäristöystävällistä markkina-arvoa, josta onkin tullut suurempi "vihreän" teknologian kehitystä ajava voima kuin itse säädetystä direktiivistä.

Mekaniikan materiaalit ja pinnoitteet sekä prosessit

Elektroniikkateollisuudessa käytettävät mekaniikkaosat voidaan jakaa helposti kahteen ryhmään, rakenneseisiin ja ulkonäköosiin, joille asetetaan käyttötarkoituksen mukaan hyvinkin erilaisia vaatimuksia. Osien valmistamiseen käytettävät menetelmät kattavat



lähes kaikki tavallisimmat metallien muokkausmenetelmät. Rajapinta muuhun tuotteen mekaniikkaan ja toiminnallisiin osiin on avainasemassa myös metallisten osien materiaalivalinnassa ja suunnittelussa.

Elektroniikassa käytetään metallisia pinnoitteita muuallakin kuin piirilevyllä ja liitimissä. Tavallisimmin pinnoitteita käytetään EMI (Elektro Magnetic Interference) suojauksessa. Käytetyt pinnoitustavat kattavat periaattessa kaikki tavallisimmat pinnoitusmenetelmät. Yleisimpiä ovat maalaus (myös sähköä johtavalla maalilla), elektrolyyttinen pinnoitus ja eri tyhjiöhöyrystysmenetelmät.

RAKENTEELLISET OSAT

Rakenteellisilla osilla tarkoitetaan osia, joilla on elektroniikassa jokin toiminnallinen, yleensä mekaaninen tai elektromeekaaninen, tarkoitus. Useimmin käytetty valmistustapa on jokin levynmuovaus- tai valumenetelmä. Levyosien valmistukseen käytettävät menetelmät vaihtelevat käyttötarkoituksesta ja materiaalista riippuen yksinkertaisista levyntaittopenkeistä erittäin monimutkaisiin jono-työkauluihin. Tavallisin levy metalliosia matkapuhelimissa, ja todennäköisesti myös muussa elektroniikassa, ovat shieldit eli EMI (electro magnetic interference) suojaukseen käytettävät komponentit. Shieldejä käytetään suojamaan komponentteja ulkopuoliselta ja sisäiseltä sähkömagneettiselta säteilyltä. Samoin niillä estetään laitteen ulkopuolista säteilyä. Shieldien valmistuksessa tärkeimpiä tekijöitä on tuotantonopeus ja hinta. Materiaalina on tyypillisesti jokin nikkelipronssi seos, jonka juotettavuus ja muovattavuus ovat erinomaisia, mutta raaka-aineen hinta on melko korkea. Tämän takia prosessin automaation hallinta ja sujuvuus sekä työkalun suunnittelu ja elinikä nousevat merkittävästi osaan. Shieldejä tehdään myös ruostumattomasta teräksestä ja alumiinista, mutta tällöin kyseessä ovat mekaanisesti kontaktiin kytkettävät shieldit, joiden käyttöön on yleensä muitakin kuin pelkkiä säteilysuojaukseen perustuvia syitä.

Antenneja voidaan myös valmistaa levyosana. Tällöin muovaus on yleensä melko vähäistä, ja valmistuksen merkittävin tekijä onkin mahdollisten leikkuutyökalujen tarkkuus, koska osan mitat vaikuttavat suoraan antennin toimintaan. Materiaali on tyypillisesti kuparia tai sen seosta.

Liittimiä käytetään kaikessa elektroniikassa joko virran tai signaalin siirtämiseen. Osa liittimistä on kertakytettäviä, jolloin niitä ei oleteta avattavan tuotteen normaalikäytön aikana. Liittimet jotka joutuvat jatkuvaan tai ajoittaiseen kytkentään, kuten esimerkiksi akun lataus- tai virtaliittimet, joutuvat samalla myös mekaanisen rasituksen kohteeksi. Koska liittimissä on virran esteetön kulku oleellista, on ne käytännössä aina pinnoitettu jalometallilla. Liitin materiaalit vaihtelevat paljon. Alumiiniliittimiä on käytetty kohteissa, joissa liitäntä on kertaluonteista. Tällöin ei tarvita edes välttämättä pinnoitetta. Tyypillinen jousiliitin, joka on välillä avattavassa kytkennässä esimerkiksi akkuun, valmistetaan perinteisesti beryllium-pronssista joka on pinnoitettu elektrolyytisesti nikkelillä ja kullalla. Tulevaisuudessa berylliumin käyttöä tullaan vähentämään tai siitä luovutaan kokonaan elektroniikassa lainsäädännöllisistä syistä (WEEE direktiivi). Korvaavana materiaalina on käytetty titaani-kupari seoksia.

Valetut rakenneosat elektroniikassa ovat olleet yleensä monimutkaisia runko-osia, joihin on kiinnitetty erilaisia rakenteita, ja joilla on saattanut samalla olla muita toimintoja esim shieldinä, sekä lämmönsiirto- ja varastointi elementteinä. Myös komponenttien päälle kiinnitettävät lämmönvaihtimet/haihduttimet ovat tavallisesti valettuja. Valmistaminen tapahtuu yleensä painevalulla alumiinista tai magnesiumista, joskin esimerkiksi myös sinkkiä on käytetty. Kappaleet on perinteisesti pinnoitettu korroosion

estämiseksi ja sähkönjohtavuuden säilyttämiseksi. Tähän on yleisesti käytetty keltakromausta, josta kuitenkin tullaan luopumaan (WEEE direktiivi), joten sille on etsitty korvaavia menetelmiä. Toisena sovelluksena valuosille rakenneosana ovat olleet mekaaniset toiminnot kuten saranat ja lukitus elementit. Tällöin on valmistusmenetelmänä käytetty myös MIM (Metal Injection Moulding) menetelmää.

Elektroniikassa käytetään runsaasti muitakin metalliosia erilaisissa kohteissa. Näistä voidaan mainita esimerkkinä vaikkapa ruuvit ja ruuvitornit. Ruuveja voidaan valmistaa teräksestä esimerkiksi puristamalla tai takomalla. Ruuvitornit (tai insertit) valmistetaan tavallisesti messingistä sorvaamalla.

Toiminnallisilla pinnoitteilla tarkoitetaan pinnoitteita joilla on puhelimen (tavallisesti sähköiseen) toimintaan liittyvä funktio. Tällaisia toimintoja ovat yleisesti EMI suojaus. Myös antenneja on tehty pinnoittamalla.

ULKONÄKÖOSAT

Kuoriosat ovat ulkonäköosina metalliosia vaativimmasta päästä. Erityisesti silloin kun kappale halutaan pitää metallin värisenä ja tuntuisena, eli ei maalattuna, vaatii sen muovaus osan valmistajalta runsaasti osaamista. Halutun visuaalisen laadun määrittäminen laitevalmistajan ja alihankkijan välillä niin, että molemmat osapuolet ymmärtävät sen samalla tavalla, on usein vaikea ja pitkäaikainen opetteluprosessi. Tyypilliset materiaalit kuorten levyosiin ovat ruostumattoman teräksen ja alumiinin eri seokset.

Valuosia käytetään ulkonäköosissa erityisesti silloin, kun osalta vaaditaan suurta monimutkaisuutta, jäykkyyttä ja/tai sähkönjohtavuutta. Perinteisiä metalleja ovat olleet alumiinin ja magnesiumin valuseokset. Kuoriosissa tavallisin valumetalli on ainakin matkapuhelimissa magnesium. Perinteinen valmistusmenetelmä on ollut painevalu, mutta viime vuosina myös tiksotrooppisessa tilassa tapahtuva magnesiumin ruiskupuristus, eli Thixomoulding, on yleistynyt. Magnesium kuoret pitää aina pinnoittaa suojaksi korroosiota vastaan. Tavallisin tapa ulkonäköosissa on maalaus, jonka alla on korroosiosuojana ja tarttuvuuttava parantamassa jokin primeri.

Ulkonäköosien pinnoitteille asetetaan tavallisesti ylimääräisiä vaatimuksia kulumisen ja ulkonäön suhteen. Myös pinnoitteen muutettavuus lähinnä värin suhteen on tavallinen vaatimus. Tästä johtuen esimerkiksi alumiinisten ulkonäköosien pinnoitukseen on käytetty anodisointia. Magnesiumosat taas on maalattu ja maalikerroksen alla on käytetty erilaisia primereitä tuomaan korroosionkestoa, ja parantamaan maalin tarttuvuutta. Muovien elektrolyyttinen pinnoitus on ehkä tavallisin kaikista ulkonäköosien metallisista pinnoitusmenetelmistä. Tyypillisesti kyseessä on perinteinen kromipinnoite muovilla.

Yhteenveto

Metallurgian ja materiaalitekniikan asiantuntijan tehtävät elektronisen laitteen valmistuksessa liittyvät tyypillisesti materiaalien ja valmistusmenetelmien tuntemiseen, valintaan ja verifiointiin. Lähinnä tämä tarkoittaa toimimista mahdollisen alihankkijan teknologian ja valmistustekniikan osaamisen arvioijana. Tutkimuksessa ja tuotekehityksessä uusien materiaalien ja valmistusmenetelmien käytettävyyden ja soveltuvuuden arviointi ja testaus kuluu tyypillisesti myös asiantuntijan toimialaan, samoin olemassa olevien tuotteiden laadun arviointi ja mahdollisten ongelmien määrittäminen ja ratkaisu. Usein elektroniikkatuotteissa esiintyvät ongelmat liittyvät materiaalien rajapintailmiöihin. Siitä johtuen luotettavuuden suunnittelu on osa kaikkia valmistusprosesseja ja materiaalivalintoja. Esimerkiksi matkapuhelimen valmistuksen

suunnitteluprosessissa käydään läpi useita luotettavuusanalyysivaiheita, joissa komponenttien materiaali- ja sijoitteluvaihtoehtoja haetaan parasta ratkaisua suunniteltuun mekaaniseen ympäristöön. Kannettavan elektroniikkatuotteen tulee kestää käytöstä aiheutuvien tuhansien lämpötilamuutosten aiheuttamat jännitysrasitukset sekä huolimattoman käytön aiheuttamat kolhut. Elektronisten laitteiden monimutkaisuuden kasvun myötä metallurgien ja materiaalitekniikan asiantuntijoiden tarve elektroniikkateollisuudessa kasvaa jatkuvasti. □

KIRJALLISUUTTA

1. Tummala, R., Rymaszewski, E., Klopfenstein, A., *Microelectronics packaging handbook, Part I-III, 2nd edition*, Chapman & Hall, New York, 1997.
2. Klein Wassink R.J. *Soldering in Electronics, 2nd ed.* Electrochemical Publications Ltd 1989.
3. Lau, J., Wong, C.P., Prince, J.L. & Nakayama, W. *Electronic Packaging: Design, Materials, Processes and Reliability*. McGraw-Hill, New Ytourk 1998.
4. www.leadfree.org
5. Jawitz M. W., Printed circuit board materials handbook, McGraw-Hill, USA, 1997.
6. Dieter, G. E. 1997. Materials Handbook vol. 20: Materials Selection and Design. Materials Park OH. ASM International. 901p.

7. Williams, T. 1992. EMC for Product Designers. Oxford. Butterworth-Heinemann Ltd. 255 p.
8. Dostal, C. A. et. al. 1989. Electronic Materials Handbook. 1: Packaging. Metals Park, OH. ASM International. 1209 p.
9. Ashby, M. F. 1992. Materials selection in mechanical design. Oxford. Pergamon Press. pp. 311.

SUMMARY

During recent decade the increased popularity of consumer based electronic equipment's has driven the manufacturing technologies in electronics towards more miniaturised products. Continuously decreasing solder interconnection sizes and wiring traces on printed wiring boards sets new challenges for production technologies to meet these demands. In current electronic equipment production the understanding of the compatibility of various metallurgical interfaces and interfacial reactions has become highly important, especially when designing for reliability. This article gives an overview of the materials and processes used in today's electronics production in all manufacturing levels. Moreover, it discusses new legislative restrictions, which will effect the materials and processes used today.



LabkoNet™

Pietarino.

Tiedätkö paljonko varastossa on raaka-ainetta? Nyt tiedät.

www.LabkoNet.com on osoite, jossa varastosiilojen ja säiliöiden pintatieto on. Säiliöön asennetaan tiedonsiirtolaitteet ja tavallisella web-selaimella seurataan varastoja.

- Asiakkaalla on aina raaka-ainetta
- Säästöä kuljetuskustannuksissa
- Joustava ja helppo järjestelmä
- Valvonta 24 h/vrk, 7 pv/vk
- Ei tarvita uusia ohjelmia



Oy Labkotec Ab
Labkotie 1
36240 KANGASALA
puh. (03) 28 55 111
fax (03) 28 55 320
labkotec@labko.fi

Maailma täynnä putkia

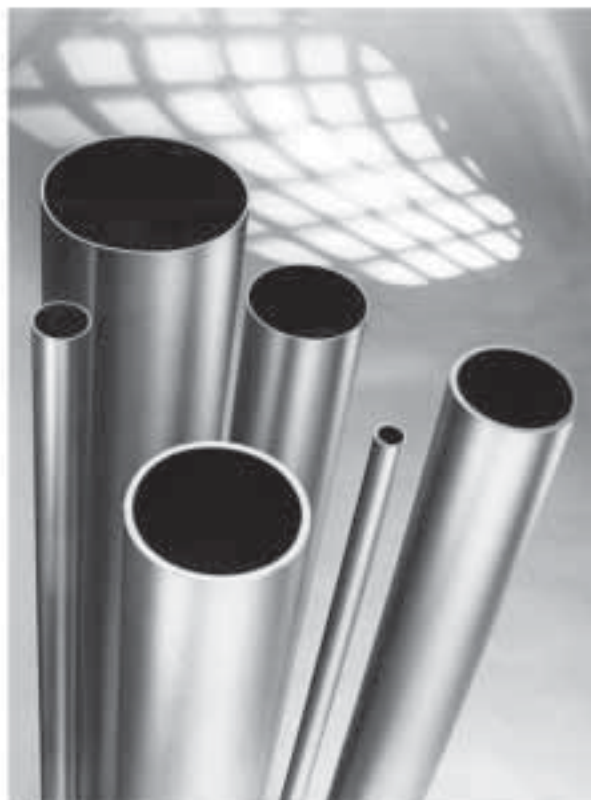
Jaron putkituotteet.

Kestämään korroosiota, painetta ja korkeita
lämpötiloja. Kaikkialla maailmassa.

 **AvestaPolarit**
STAINLESS

Oy JA-RO Ab

PL 15
68601 Pietarsaari
Puh 06 786 5111
Fax 06 786 5222
www.ja-ro.com



BEST IN STAINLESS

Miranet
MINING DRILLING EXPLORATION

PUH. +358-(0)9-801 9671
www.miranet.fi

Hitsaus- ja liittämistutkimus Suomessa

PROFESSORI RISTO KARPPI, VTT VALMISTUSTEKNIikka, JA
ERIKOISTUTKIJA MARTTI VILPAS, VTT VALMISTUSTEKNIikka

Lähes kaikissa metalliteollisuuden tuotteissa tarvitaan luotettavia liitoksia. Hitsauksen on edelleen arvioitu säilyttävän asemansa metallituotteiden tärkeimpänä liittämismenetelmänä, vaikka muiden menetelmien merkitys lisääntyikin. Hitsauksen laatu ja tuottavuus vaikuttavat ratkaisevasti sekä tuotteen valmistuskustannuksiin että kestävyteen ja siten kilpailukykyyn. Tämän avainteknologian kilpailukyky Suomessa riippuu muiden teollisuusmaiden tavoin entistä enemmän T&K-työllä hankitusta huippuosaamisesta.

Hitsauksen ja liittämisen huippuosaaminen koostuu nopeasti kehittyvän materiaalitekniikan ja uusien liittämisteknisten ratkaisujen hallinnasta ja yhteensovittamisesta. Niiden soveltaminen käytäntöön edellyttää myös osaamista liittämismenetelmien teknialoudelliseen valintaan liittyvästä päätöksenteosta. Oikein tehdyt investointipäätökset lisäävät tuotteen jalostusarvoa kustannustehokkaasti ja parantavat kilpailukykyämme. Nämä ratkaisut edesauttavat Suomen metalliteollisuutta siirtymisessä sellaisiin tuotteisiin, joiden kilohinta on suuri ja joita ei matalamman palkkatason maissa osata tehdä ainakaan aivan lähitulevaisuudessa.

Hitsaus- ja liittämistutkimuksen lähtökohtia ja kehityspiirteitä Suomessa

Hitsaus ja sitä seuraten muu liittäminen on yhä vahvemmin muuttumassa "taidetakomisesta" tieteen tukemaksi toiminnoksi. Huippuhitsaajienkaan taidot eivät nimittäin enää yksin riitä takaamaan kilpailukykyämme. Tarvitaan entistä enemmän maailmanluokan insinööri- ja myös tohtoritasoista osaamista ja sen jatkuvaa lisäämistä alan tutkimuksen avulla. Onnistuminen tässä vaikuttaa merkittävästi Suomessa kuten muissakin teollisuusmaissa tuotteiden kilpailukykyyn ja kansantuotteeseen.

Hitsaus on erittäin monialainen teknologian ala, jonka kehittäminen edellyttää monipuolista, poikkitieteellistä osaamista. Alan tutkijoiden on pystyttävä haasteelliseen yhteistyöhön ja hallittava perusluonnontieteiden (fysiikka, kemia) ohella monia niitä soveltavia tieteitä kuten metallurgiaa, mekaniikkaa, sähkötekniikkaa ja lujuusoppia. Tämän lisäksi hitsausteknologian edistämiseen vaatii ratkaisevasti entistä enemmän taloudellisten ja työympäristöön liittyvien tekijöiden tuntemusta ja huomioimista.

Hitsaustutkimus on Suomessa perinteisesti palvellut terästeollisuuden materiaalikehitystä, koneita ja laitteita sekä kuljetusvälineitä valmistavaa teollisuutta sekä prosessi- ja energiateollisuuden tuotantolaitteiden valmistajia. Näillä alueilla tutkimustarpeet eivät varmasti vähene vaan ainakin jossain määrin lisäänty-

Risto Karppi - Curriculum Vitae

Syntynyt 1946 Mikkelissä
Diplomi-insinööri 1971
Tekniikan lisensiaatti 1977
Tekniikan tohtori 1982



Työtehtävät:

TKK, Konetekniikan osasto
- hitsaustekniikan assistentti 1972-1978
Osakan yliopisto
- projektipäällikkö 1978-1980
Suomen Akatemia
- nuorempi tutkija 1979- 1982
VTT Metallilaboratorio
- jaostopäällikkö 1982-1986
KTM
- teollisuussihteri 1986-1987
VTT Valmistustekniikka
- tutkimusprofessori 1987-

Martti Vilpas - Curriculum Vitae

Syntynyt 1956 Jyväskylän mlk:ssa
Diplomi-insinööri 1981
Tekniikan lisensiaatti 1991
Tekniikan tohtori 1999



Työtehtävät:

Oulun yliopisto
- tutkija 1982
VTT Metallilaboratorio
- tutkija 1982-1988
- erikoistutkija 1988-1994
VTT Konepajan tuotantotekniikan laboratorio
- jaostopäällikkö 1990-1993
TKK Konetekniikan osasto
- ma professori 2000-2001
VTT Valmistustekniikka
- erikoistutkija 1994-

vät varsinkin kun otetaan huomioon materiaalien kehitys ja hitsauksen keskeinen rooli, joka ulottuu myös kunnossapitoon ja sitä kautta käyttövarmuuteen. Selvä hitsaus- ja liittämistutkimuksen lisästarve kohdistuu Suomessa elektroniikan mekaniikkaan, ohutlevytuotteisiin sekä rakennusteollisuuteen, jossa teräs ja muutkin metallit ovat haastamassa perinteisiä rakennusmateriaaleja.

Maassamme on hitsausalan tutkimusta harjoitettu jo yli 50 vuotta. Kansainvälisesti olemme yltäneet huipputasoon ja tulleet huomatuiksi useillakin osa-alueilla, kuten ruostumattomien terästen hitsien jähmettyminen ja ominaisuudet, lujien rakenneterästen hitsausliitosten halkeamariskin ennustaminen ja hallinta, metalli-keraamiliitosten rakenteen vaikutus niiden suorituskykyyn sekä hitsauksen adaptiivinen ohjaus. Tällaisilla näytöillä on käyttöarvoa kansainvälisessä tutkimusyhteistyössä ja siten niitä tarvitaan jatkossa entistä enemmän.

Hitsaus- ja liittämisteknologinen tutkimus Suomessa on 90-luvulla kohdannut melkoisen muutospaineen. Positiivisia tekijöitä ovat alan tutkimuksen voimakas kansainvälistyminen, tietotekniikan monipuolinen hyödyntäminen sekä teollisuuden entistä voimakkaampi sitoutuminen julkisen sektorin hankkeisiin. Tätä kautta teollisuus on saanut entistä enemmän ja entistä nopeammin hyötyä T&K-projekteista. Teknologiaohjelmat kuten "Hitsi 2000" ja parhaillaan toteutettava "Kenno - kevyt levy" ovat edesauttaneet riittävän tutkimuspanoksen suuntaamista valittuihin painopisteisiin.

Teollisuus on myös asteittain lisännyt luottamuksellisten T&K-palvelujen tilauksia alan julkisen sektorin tutkimusyksiköiltä. Tämä trendi näyttää jatkossa entisestään voimistuvan, mikä on luonnollisesti etu tulosten välittömän hyödynnettävyyden kannalta. Myös näissä palveluissa korostuu jatkossa puhtaasti liittämistekniikan ohella taloudellista päätöksentekoa koskevat asiakkaan huolet, samoin laatuun ja työympäristöön liittyvät ongelmat.

Hitsaus- ja liittämisteknologisen tutkimuksen resurssit Suomessa ovat kuitenkin varsin vaatimattomat ajatellen alan laajenemista ja muuttumista entistäkin vaativammaksi, tärkeämmäksi ja mielenkiintoisemmaksi. Kilpailukykyimme vaatii alan tutkimukseen lisää niin henkisiä kuin taloudellisiakin resursseja ja näiden optimoitua käyttöä priorisoidun ja koordinoitun yhteistyön avulla. Uusia innokkaita tutkijoita tarvitaan moniin haasteellisiin tehtäviin, joihin nykyresurssimme eivät riitä. Yhteisiä haasteita heille ja nykyisille alan tutkijoillemme on mm.:

- hitsaukseen liittyvien fysikaalisten ilmiöiden ymmärtäminen ja hyödyntäminen mm. tietokonepohjaisen mallinnuksen keinoin
- taloudellisten ja työympäristöön liittyvien kysymysten ratkaisu teknisten ohella
- työkalujen löytyminen hitsauksen ja muun liittämisen integroimiseksi automatisoituihin tuotantojärjestelmiin
- uusien ja kehittyvien teollisten materiaalien hitsausmetallurgialähtöisten ongelmien ratkaiseminen materiaalitutkimuksen avulla
- eripariliitosten materiaali- ja menetelmäteknologian hallinta suorituskykyisten monimateriaalituotteiden valmistamiseksi, jopa siten että liitokset muuttuvat älykkäiksi (esimerkiksi aktiivisesti värähtelyjä vaimentaviksi)

Julkisen sektorin toteuttamassa hitsaus- ja liittämistekniikkaan kohdistuvassa T&K-työssä tulee löytää mahdollisimman optimaalinen tasapaino perustutkimuksen, soveltavan tutkimuksen ja palveluina tarjottavan luottamuksellisen tuote- ja tuotannonkehityksen välillä. Perustutkimuksen suhteellista osuutta kannattaa lisätä, koska se pitkällä aikavälillä myötävaikuttaa kehityksen jatkuvuuteen ja uusiin läpimurtoihin. Tämä on todettu monissa kilpailijamaissammekin, joissa alan perustutkimus on viime aikoi-

na Suomen tavoin jäänyt liian vähäiseksi. Soveltavan tutkimuksen tulee säilyttää kykynsä tuottaa uutta osaamista yleiseen tiedonjakoon eritoten alan PKT-sektorin hyödyksi. Tämä tapahtuu edelleen parhaiten julkisen sektorin ja teollisuuden rahoittamissa yhteishankkeissa. Yksittäisten yritysten tai yritysyhmiä rahoittamien ja niiden välittömiä tarpeita palvelevien kehityshankkeiden määrää ja osuutta tulee kuitenkin ehdottomasti edelleen lisätä. Tämä ei kuitenkaan saa pääosaltaan tapahtua muun edellä kerrotuin kustannuksella. Juuri tästä syystä hitsaus- ja liittämistekniikan tutkimuksen selvä volyymlisäys on tarpeen 2000-luvun alkuvuosina.

Tutkimuksen toteuttajat ja lähitulevaisuuden näkymät

Hitsaus- ja liittämistutkimusta Suomessa toteuttaa sekä teollisuus että julkisen sektorin tutkimusyksiköt. Teollisuuden tekemä tutkimus tapahtuu muutamassa perusmetallin, konepaja- tai telakateollisuuden suuryrityksessä. Tämä tutkimus kohdistuu pääasiassa omiin tuotteisiin ja tuotantoon ja on siten suurelta osin luottamuksellista. Perusmetalli on kuitenkin selvästi lisäämässä T&K-panostustaan omien asiakkaitensa, siis hitsaavan teollisuuden tarpeiden tyydyttämiseen.

Kuva 1 VTT:n ruostumattomien terästen hitsaustutkimukset ovat keskittyneet vaativien prosessi-, rakennus- ja kuljetusvälineiteollisuuden sovellutuskohteisiin, joissa haetaan suurempaa kuormankantokykyä, hyvää korroosionkestävyyttä ja rakenteen keventämistä. Kuvassa laserhitsattu ruostumaton kennolevyrakenne väsytykskokeessa.

Figure. 1. Stainless steel belongs to the major materials to welding research at VTT. R&D focuses on demanding applications in process, building and vehicle industries where higher load carrying capacity, better corrosion resistance and weight reduction are of great importance. The figure provides an example: laser-welded stainless steel lightweight sandwich panels are tested to characterize their fatigue behaviour.





Figure. 2.

Kuva 2. Robotisoitua YAG-laserhitsausta kehitetään Tulevaisuuden tehtaassa Lappeenrannassa.

Fig. 2. Robotised YAG-laser welding falls into the main development areas at the Factory of the Future in Lappeenranta where activities are shared by VTT Manufacturing Technology and Lappeenranta University of Technology.

Julkisrahoitteista hitsaus- ja liittämistutkimusta tehdään Suomessa VTT:ssä, kaikissa yliopistotasoisissa teknillisissä korkeakouluissa sekä Oulun yliopistoissa. Näiden organisaatioiden painoalueet alan tutkimuksessa ovat viime vuosina olleet seuraavat:

VTT Valmistustekniikka (VTT/VAL) / Espoo

- lujien rakenneterästen hitsaus: kustannus- ja laatuohjelmointi, kylmähalkeamariskin ennustaminen ja välttäminen taloudellisin ratkaisuin
- ruostumattomien terästen hitsaus: liitosten ominaisuudet (kuva 1), sekä vaativat sovellukset mm putkistoissa ja kuljetusvälineissä
- alumiinien hitsaus: mm venäläiset erikoisseokset sekä kitkahitsaus pyörivällä työkalulla
- hitsausliitosten suunnittelu ja mitoitus, mm väsymis- ja haurasmurtumariskin ennustaminen ja hallinta
- hitsausliitosten korrosio
- liitosten rikkomaton tarkastus (NDT)

VTT Valmistustekniikka (VTT/VAL) / Lappeenranta

- sädehitsaus: YAG- ja diodilaser sekä elektronisuihku, kuva 2
- hitsauksen mekanisointi ja automatisointi: low cost ratkaisusta aina ketterään kahden robotin yhteistyöhön
- kaarijuoton teknistaloudelliset edut
- liimaliitosten ja mekaanisten liitosten valmistus, ominaisuudet ja kustannusvertailu

Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu (LTKK) / Lappeenranta

- hitsattujen rakenteiden suunnittelu, erityisesti väsymiskes-

tävyyden kannalta

- kehittyvät kaarihitsausprosessit, erityisesti suurtehoMIG/ MAG- ja plasmahitsaus
- hitsauksen laatu ja laatuohjelmointi, yhteistyössä VTT:n kanssa
- CO₂-laserhitsaus ja -työstö
- joustavat hitsaussolut
- ohutlevyjen muovaus- ja liittämisteknologiat

Teknillinen korkeakoulu (TKK) / Espoo

- termomekaanisesti valmistettujen terästen tuottava hitsaus
- ruostumattomien terästen hitsaus mm. kuljetusvälineisiin
- alumiinien kitkahitsaus pyörivällä työkalulla
- liitosten jäännösännitysten mittaus ja mallinnus
- jännityskorrosio liitoksissa
- kapearailo-TIG-hitsaus: ruostumattomat ja kuumalujat teräkset, kuva 3
- jauheplasmahitsaus
- pinnoitushitsaus

Oulun yliopisto (OY) / Oulu

- hitsauksen fysikaalinen simulointi Gleeble-laitteistolla
- terästen hitsattavuus: rakenneteräkset ja ruostumattomat
- liitosten mikrorakenteen ja mekaanisten ominaisuuksien väliset yhteydet

Tampereen teknillinen korkeakoulu (TTKK) / Tampere

- kuparimetallien hitsaus
- YAG-laserhitsaus
- liimaliitosten pitkäaikaiskestävyys

Nämä suomalaiset tutkimustahot ovat huomattavasti tiivistyneet yhteistyötään viime vuosina. Tämä näkyy selvästi yhteisten tutkimushankkeiden määrän nousuna sekä teknologia-ohjelmista että niiden ulkopuolella.

Fyysisestikin alan tutkimusyhteistyö on lisääntynyt VTT:n ja LTKK:n välillä Kaakkois-Suomen Osaamiskeskuksessa (KSOK). Molemmat tutkimusyksiköt ovat siirtäneet saman katon alle ns. Tulevaisuuden tehtaaseen melkoisen osan laite- ja henkilöresurssejaan. Tulevaisuuden tehtaaseen on keskitetty kaikki sädemenetelmät: Nd:YAG- ja CO₂-laser sekä elektronisuihkuhitsaus, kuva 2. Näitä toimintoja vetää LTKK:n ja VTT:n yhteinen lasertyöstön professori Veli Kujanpää. Lisäksi Tulevaisuuden tehtaassa tutkitaan ja kehitetään monipuolisesti ohutlevytuotteiden valmistusteknologioita: leikkaus, lävistys, taivutus, hitsaus, juotto, liimaus, mekaaninen liittäminen sekä uudet muovausmenetelmät kuten vierintä- ja impulssimuovaus.



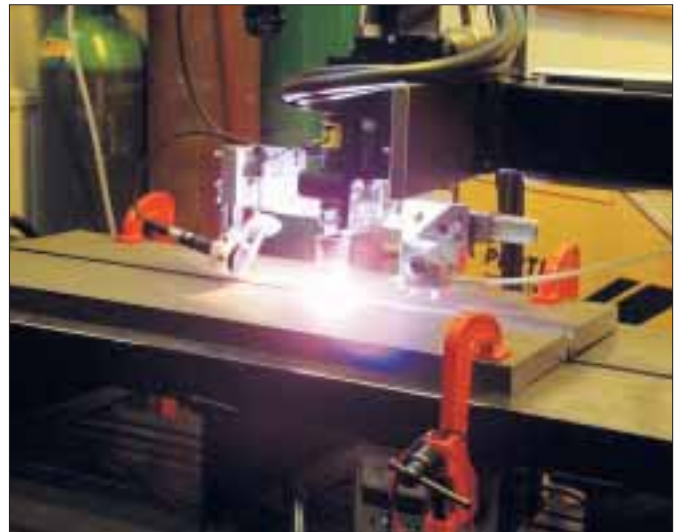
TKK:n ja VTT:n välillä on jo pitkään tehty merkittävää yhteistyötä materiaalien hitsattavuuden ja liitosten käyttöympäristökestävyyden alueilla. 90-luvulla on toteutettu useita ruostumattomien terästen kuljetusvälinesovelluksiin liittyviä yhteistyöhankkeita, joissa bussivalmistajat ja AvestaPolarit Stainless Oyj ovat olleet aktiivisesti mukana. Rakenneteräspuolella on tutkittu yhdessä telakkateollisuuden ja Rautaruukki Oyj:n kanssa uusien termomekaanisesti valssattujen rakenneterästen hitsattavuutta. Hedelmällisen yhteistyön lisääntymiseen on jatkossa erinomaiset perusteet kerääntyneen kompetenssin, luotujen henkilösuhteiden, maantieteellisen läheisyyden ja erityisesti teollisen tarpeen pohjalta.

Oulun yliopisto on myös osallistunut useaan yhteishankkeeseen VTT:n kanssa viime aikoina. Näissä on hyödynnetty mm. yliopiston Gleeble-simulaattoria ja VTT:n testausosaamista metallurgisten kysymysten ratkaisemiseksi. Yhteistyöaiheina ovat olleet mm. ruostumattomien terästen tunkeuman hallinta sekä lujien rakenneterästen hitsiaineisiin kohdistuva vetyhalkeilu.

Jatkossa tutkimusyhteistyö hitsauksen ja muun liittämisen alalla tiivistyy edelleen. Suomen Hitsausteknillinen yhdistys (SHY) valmistele parhaillaan Suomen Hitsaus- ja liittämisinstituutin perustamista maahamme. Tässä olisivat mukana SHY:n ohella kaikki em. julkisen sektorin tutkimusyksiköt. Yhteistyötä koordinoitaisiin ns. hitsaus- ja liittämisfoorumeissa, kuva 4. Alan suomalaisyritykset tulisivat mukaan toimintaan liittymällä yhteen tai useampaan foorumiin.

Foorumitoiminnalle on suunniteltu seuraavat tavoitteet:

- toiminta T&K-hankkeiden markkinointi-, valmistelu- ja tiedonsiirtokanavana

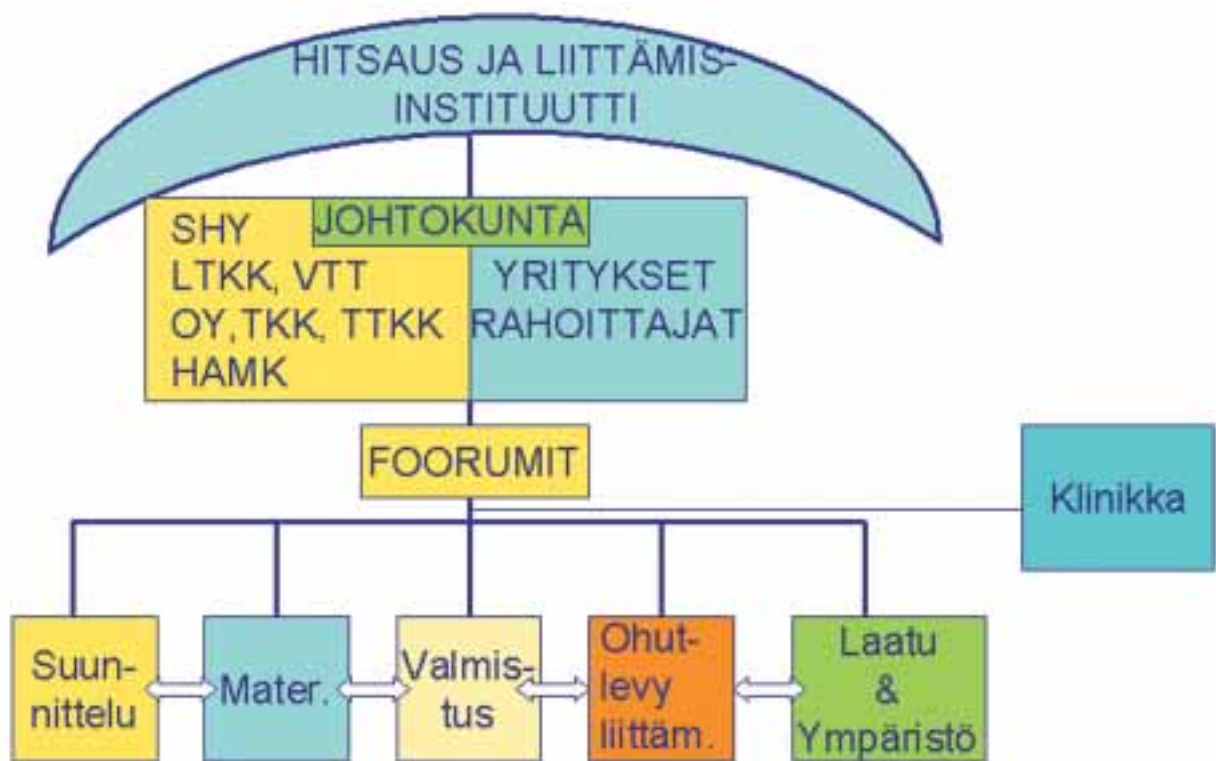


Kuva 3. Kaperailo-TIG-hitsausta TKK:n materiaalitekniikan laboratoriossa.

Figure 3. Narrow gap GTA-welding is exposed to further development at the Laboratory of Engineering Materials in Helsinki University of Technology

Kuva 4. Hitsaus- ja liittämisinstituutin suunniteltu rakenne.

Figure 4. Planned structure of the Welding and Joining Institute of Finland.



· yhteistyön edistäminen tutkimuslaitosten välillä ja erityisesti yritysten kanssa

· koulutustilaisuuksien järjestäminen päätyneiden hankkeiden tuottaman osaamisen siirtämiseksi teollisuuteen

Tämän hetken suunnitelmien mukaan hitsaus- ja liittämisfoorumeita tulisi olemaan viisi. Niiden toimialueet ja tehtävät ovat alustavien suunnitelmien mukaan seuraavat:

·hitsatut rakenteet

- suunnittelu ja mitoitus
- rakenteellinen muotoilu
- erilaisten kuormitustilojen hallinta

·materiaalien hitsattavuus ja liitosten käyttöympäristö-kestävyys

- hitsiaineen ja muutosvyöhykkeen mikrorakenteet ja ominaisuudet
- perus- ja lisäaineiden kehitys ja valinta
- eripariliitosten karakterisointi, materiaali- ja valmistusteknologia
- hitsien korroosio-, kulumis- ja lämpötilakestävyys

·hitsausprosessit ja hitsauksen automatisointi

- kaari-, vastus- ja sädehitsausmenetelmät
- menetelmien soveltuvuus hienomekaanisille tuotteille
- mekanisoinnin ja automatisoinnin edellytykset ja toteutukset
- menetelmien teknistaloudellinen vertailu ja valinta
- hitsauksen integrointi automatisoituun tuotantoon
- tietotekniikan hyödyntäminen, mm. tuote- ja tuotantomallit

·laatu ja ympäristö

- laatu- ja ympäristöjärjestelmät
- laatu kilpailutekijänä
- hitsauksen työympäristö: työturvallisuus ja ergonomia
- NDT ja rikkova aineenkoetus hitseille ja muille liitoksille

·ohutlevyjen liittämismenetelmät

- liimaus, juotto sekä mekaaninen liittäminen
- hybridiliittäminen, kuten liimaushitsaus
- ko. menetelmien teknistaloudellinen vertailu ja valinta
- liitosten kestävyys vaativissa käyttöympäristöissä
- elektroniikan ja muut tarkkuusluokkien < IT 6 tuotteet
- liitosten suunnittelu- ja luotettavuustekijät
- materiaalien funktionaalinen hyödyntäminen, eripariliitokset

Hitsausalalla on jo useita vuosia toiminut yksi foorumi: Hitsattujen rakenteiden optimointi (HRO). Professori Erkki Niemi käynnisti sen jo kymmenisen vuotta sitten LTKK:ssa. VTT toimii LTKK:n partnerina hankkeiden toteutuksessa. Foorumiin kuuluu parikymmentä yritystä, ja se tulee toimimaan perustana em. hitsattujen rakenteiden foorumille. HRO-foorumista on saatu erittäin positiivisia kokemuksia. Sama tulee toivottavasti toteutumaan lähitulevaisuudessa muidenkin suunnitteilla olevien foorumien ja näiden hedelmällisen yhteistyön osalta.

PKT-sektorin palvelemiseksi on instituutin yhteyteen tarkoitusta perustaa ensi vuonna Hitsaus- ja liittämisklinikka. Tähän on nähty mm. seuraavat vankat perusteet:

· PKT:n rooli on nopeasti muuttumassa: päähankkijoiden kapasiteetin tasaamisesta ja toisarvoisen hitsaustyön tekemisestä siirrytään verkottuneessa kappaletavaratuotannossa erikoistuneisiin osatoimituksiin, joissa lopputuotteen jalostusarvo kasvaa to-

della merkittävästi

· Sekä päähankkijat että vientikauppa lisäävät nopeasti paineita nostaa PKT:n hitsaus- ja liittämisoosaaminen kokonaisuudessaan kansainväliselle tasolle

· Hitsauslisäaineiden ja -laitteiden valmistajat ja edustajat ovat merkittävästi vähentäneet konsultti- ja koulutuspalvelujaan

· Korkeakouluissa ja VTT:ssä on runsaasti T&K-työllä hankittua osaamista siirrettäväksi PKT-yritysten käyttöön

Meneillään oleva selvitys yksilöi tämän syksyn aikana PKT-sektorin tarpeet ja tutkimusyksikköjen mahdollisuudet klinikkapalveluihin. Jo nyt on nähtävissä, että suunnittelun osalta korostuu liitosten kestävyuden ohella niiden valmistusystävällisyys. Hitsattavuuden osalta painottuvat entistä vaativammat materiaalit. Hitsausprosesseissa painottuvat uudet menetelmävariantit, automatisoitavuus ja tarvittavien investointien teknistaloudellinen arviointi. Sama pätee ohutlevyjen liittämiskäyttöihin, joissa hitsauksen ohella korostuvat vaihtoehtoiset liittämismenetelmät ja näiden vertailu taloudellisena päätöksentekoprosessina. Laatu- ja ympäristöjärjestelmien käyttöönoton ohella selviä paineita esiintyy myös työympäristön ja -turvallisuuden hoitamiseen järjestelmällisesti.

Edellä kuvattu hitsaus- ja liittämistutkimuksen entistä parempi koordinaatio tulee varmasti edesauttamaan suhteellisen pienten T&K-resurssiemme suuntaamista teollisuuden kannalta tärkeimpiin haasteisiin. Onnistumisen edellytyksiä parantaa jatkossa entistä suunnitelmallisempi yhteistyö alan teollisuuden ja tutkimusyksikköjen välillä. □

SUMMARY

WELDING AND JOINING RESEARCH IN FINLAND

Research and development on welding and joining has contributed significantly to the widely recognised increase of productivity and quality in engineering industries. R&D activities have been carefully concentrated on industrial key areas according to the resources available among Finnish research institutes. The main organisations performing public research in welding and joining are VTT Manufacturing Technology, Universities of technology in Lappeenranta, Helsinki and Tampere as well as the University of Oulu. The main features of their research activities are described in this article. To further improve the industrial relevance and collaboration a virtual Welding and Joining Institute is under preparation, this activity being coordinated by The Finnish Welding Society. The institute includes establishment of various forums for different R&D areas in welding as well as starting welding and joining "clinic services" for the SME-sector.

KYANIITTI ja muut alumiinisilikaatit



KUVA: PEKKA VIRTANEN, GTK

Kyaniitti, sillimaniitti ja andalusiitti ovat tavallisia silikaattimineraaleja, jotka esiintyvät pääasiassa savisyntyisissä liuskeissa ja gneisseissä. Ne ovat koostumukseltaan samanlaisia, mutta kiderakenteeltaan toisistaan poikkeavia eli heteromorfisia. Alumiini-silikaatteja käytetään tulenkestävien tuotteiden valmistuksessa.

Kyaniitti on alumiinisilikaatti, Al_2SiO_5 , jonka nimi on peräisin kreikankielen sanasta kyanos, sininen. Kyaniitin tavalli-

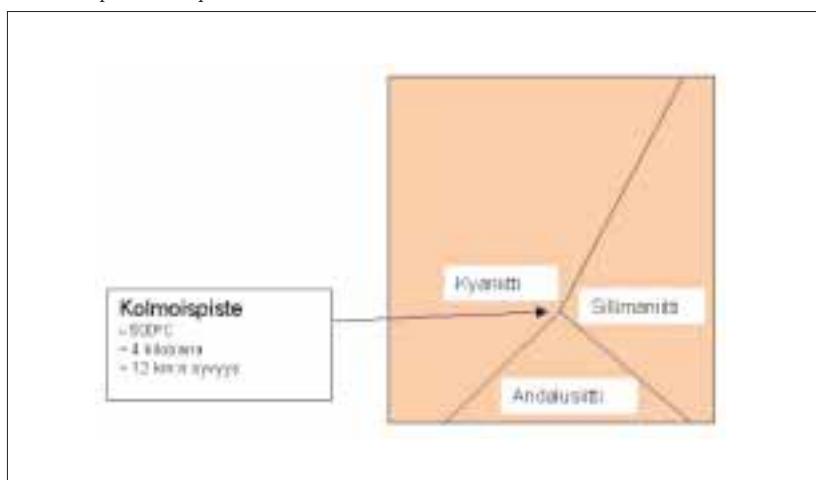
sin väri onkin sininen, mutta se voi olla myös väritön, valkoinen, harmaa tai vihertävä. Mineraalilla on toinenkin omi-

naisuuksista johtuva nimi, disteeni. Nimi tulee kyaniitin kaksijakoisesta kovuudesta, sillä mineraalin pituussuunnassa sen kovuus on 4.5, mutta kohtisuoraan pituusakselia vastaan 6.5. Kyaniittia on aineksena kiilleliuskeissa ja kvartsiittiliuskeissa monin paikoin Itä- ja Pohjois-Suomessa, erityisesti Pohjois-Karjalassa ja Kainuussa on kohtalaisia esiintymiä.

Kyaniitti esiintyy usein sälömäisinä kiteinä. Se on sillimaniitin ja andalusiitin kanssa heteromorfinen mineraali eli kaikkien koostumus on sama, mutta kiderakenteet ja fysikaaliset ominaisuudet poikkevat toisistaan. Sillimaniitti ja andalusiitti ovat rombisia ja kyaniitti trikliininen.

Sillimaniittia näkee harvoin kiteinä ja silloinkin, kun siinä näyttää olevan suuria yksilöitä, ne ovat muodostuneet lukuisista yhdensuuntaisista sälöistä. Kuitumaisia sillimaniittikimppuja nimitetään fibroliitiksi. Sillimaniitti on väritön ja aika

Kuva 1. Alumiinioksidin polymorfien esiintyminen kivessä kertoo kiven synty-aikaisista paine-lämpötilaoloista.



yleinen runsasalumiinisissa gneisseissä ja liuskeissa. Nimensä mineraali on saanut amerikkalaisen mineralogian professorin Benjamin Sillimanin (1772 - 1864) mukaan.

Andalusiitti on kolmas alumiinioksidin polymorfi. Se esiintyy säännöllisesti pitkänä kideprismoina fylliiteissä, kiilleliuskeissa ja muutamissa muissa saven metamorfoosituotteissa. Joskus hiotussa andalusiitissa näkyy ristin muotoinen kuvio ja näitä muunnoksia nimitetään chiasoliitiksi (chiasma, kreik. = risti). Suomessa andalusiittipitoisia liuskeita on mm. Tohmajärvellä, Kalvolassa ja Pihtiputaalla. Pegmatiitissa andalusiittia on tavattu Tammelan Torronsuolla. Andalusiitti kuvattiin ensi kertaa Espanjasta Andalusias maakunnasta, mistä tulee myös sen nimi.

Metamorfoositutkimuksissa andalusiitti, sillimaniitti ja kyaniitti ovat tärkeä kolmikko, jonka avulla pystytään päättämään metamorfoosin paine-lämpötilaoloja.

Kuumuutta kestäviä

Kuumentamalla kyaniittia noin 1350 - 1380°C:ssa se saadaan muuttumaan mulliitiksi, $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ja piidioksidiksi,

joita molempia käytetään tulenkestävien tuotteiden valmistukseen. Synteettistä mulliittia saadaan kuumentamalla alumiinin ja piidioksidin tai bauksiitin ja kaoliinin seosta 1550 - 2000°C:n lämpötilassa.

Sekä raakakyaniittia että siitä pasutettua mulliittia käytetään tulenkestävien tuotteiden valmistuksessa. Suurin käyttäjä on rauta- ja terästeollisuus, joka vastaa 50 - 60% kysynnästä, Japanissa jopa 70%. Kyaniittia käytetään myös alumiinin, tulenkestävien tiilien, laattojen, uunien ja muottien sekä sytytystulppien valmistuksessa.

Kyaniitti laajenee kuumennettaessa jopa 15%, joten sitä voidaan käyttää myös korvaamaan muiden tulenkestävien tuotteiden raaka-aineiden, erityisesti savien, kuumennettaessa tapahtuvaa kutistumista. Andalusiitti laajenee kuumennettaessa noin 5% ja se kestävä hyvin lämpöshokkeja ja pysyy tulisen kuumenakin ryhdissään. Siksi sitä käytetään masuunien vuorauksessa, kalkki-, lasi- ja sementtiuneissa ja valinkauhoissa.

Alumiinilikaatin polymorfeja tuotetaan eniten Etelä-Afrikassa, josta tulee erityisesti andalusiittia, samoin kuin Ranskasta ja Espanjasta. Kyaniitin tuotanto on vähäisempää ja sen tärkein

tuottaja on Yhdysvallat. Intia, Australia ja Brasilia tuottavat sitä myös jonkin verran. Intia tuottaa myös sillimaniittia.

Jalokivilaatuista kyaniittia esiintyy Intiassa, Kaakkois-Aasiassa, Kaliforniassa, Tennesseessä, Grönlannissa, Keniassa ja Tansaniassa. Kauniita andalusiittikiteitä on puolestaan löydetty Brasiliasta, Sri Lankasta, Intiasta ja useista Yhdysvaltojen osavaltioista sekä Tsekinmaalta, Saksasta ja Belgiasta.

Mineraalia mietiskelijälle

Mineraaliuskovaiset pitävät kyaniittia siltan hengen ja aineen välillä, mitä ikäänä sillä sitten ymmärretään. Kyaniitin sanotaan helpottavan mietiskelyä ja parantavan ilmaisukykyä. Mineraali karakoittaa ahdistuksen ja poistaa turhautumat, kirkastaa mielen ja poistaa tunne-elämän, älyllisten tai henkisten pulmien aiheuttamaa hämmennystä.

Angstinen lajitoveri, asetu siis sohvalle selällesi, sijoita kyaniittimöykky otsaluun päälle ja käy pohtimaan. Pian on maailma kirkas, puhe luistaa ja tuska ja ahdistus nelistävät takavasemmalle ja ovat pian muisto vain. Varo, ettei mene roskea silmiin. □

Korkealaatuisia

piikiekkkoja

ja piimateriaaliratkaisuja
puolijohde- ja
anturiteollisuudelle

 **OKMETIC**

Okmetic Oyj PL 44, 01301 Vantaa

www.okmetic.com



Louhinta Mätäsvaaran kaivoksella päättyi kannattamattomana vuonna 1947. Kuva kirjasta Rautainen leipäpuu.

Näin se kivi irtosi

Kalervo Räisänen on omakohtaisesti kokenut kaikki Suomen kaivosteollisuuden sodan jälkeiset vaiheet. Hänen tarkan huomiointikykynsä ja sujuvan kynänsä ansioista Vuoriteollisuus-lehti pystyy välittämään nuoremmille kaivosmiehille kuvan siitä minkälaisissa olosuhteissa vanhempi polvi leipänsä ansaitsi. Seuraavassa lähinnä kaivosmiehen apuvälineitä käsitteleviä otteita Kalervo Räisänen muisteloista luvusta, jossa hän kertoo ajataan nuorempana kaivosinsinöörinä Oy Vuoksenniska Ab:n Pielisen itärannalla sijaitsevassa Mätäsvaaran molybdeeni-kaivoksella vuosina 1946-47.

Mätäsvaara sijaitsee Pielisen itäpuolella, Lieksan ja Nurmeksien silloisten kauppaloiden keskivälillä. Matkaa kumpaankin on noin 30 kilometriä.

Mätäsvaaran malmin ainoa arvomineraali oli molybdeenihohde. Sen mukana esiintyvä kupariikiisu oli vain haitallinen epäpuhtaus. Pitoisuudeltaan malmi oli sen ajan - nykyiselläkin - mittapuulla arvioituna köyhänpuoleinen. Esiintymä oli

tunnettu jo 1900-luvun alkupuolella, mutta sen hyödyntämisyritykset eivät silloin vielä onnistuneet.

Vuorineuvos Berndt Grönblom ryhtyi 1930-luvun lopulla voimalla käynnistämään kaivostoimintaa Mätäsvaarassa. Hän varmasti näki jo silloin, mitä lähivuosina oli tapahtuva. Hän myös tiesi, ettei ase- eikä moni muukaan teollisuus pyöri ilman molybdeenia.

Kaivoksen alkuperäinen suunnittelu oli norjalaista työtä. Suunnittelijoina kuulin mainittavan mm. norjalaisen vuorinsinööri Bruunin ja ruotsalaisen Karl S Johanssonin. Alkuperäisten laitteiden piirustukset olivat norjankieliset. Myös vinokuilujen sijoitus, nostotornin erikoinen muoto ja karkeamurskaamo noudattivat norjalaista tyyliä.

Kaivososastosta ja louhinnasta on olemassa vuori-insinööri Waldemar Zeidlerin (s. 20.4.1905) laatimat hyvät selostukset: Vuoriteollisuus-lehdessä 1-1949 ja Pohjois-Karjalan Insinööriyhdistyksen julkaisussa 'Teknillistä Pohjois-Karjalaa. Joensuu 1950.'

1940-luvulla elettiin kuusipäiväisen ja 46-48 -tuntisen työviikon aikaa. Kaivososasto kävi kahta vuoroa, rikastamo keskeytymätöntä kolmivuoroa.

Ensimmäiseksi työtehtäväkseni sain ruveta tutustumaan laitoksen toimintaan sekä kaivoksessa että rikastamolla. Olisi

- sanottiin - kuitenkin syytä toistaiseksi pidättäytyä antamasta käskyjä. Siitä ilmoitettaisiin sitten aikanaan. Sellaista ilmoitusta ei koskaan kuulunut, enkä sen perään sitten myöskään kyselyt.

Kaivoksen kalusto oli teknisesti korkealaatuista ja tehokasta. Tietysti sota-aikojen kova käyttö ja vaikea huolto olivat sitä kuluttaneet. Ja tekniikka oli rauhan oloissa nopeasti uudistumassa.

Tuolloin porattiin vielä teräsporilla. Niillä voitiin Mätäsvaaran kovassa kivesssä porata enintään puoli metriä teroituskohden, pahoissa paikoissa paljon vähemmänkin. Porapojiksi kutsutuilla apumiehillä oli tulinen kiire hilata vaihtoporia usein hankalakuksiin porauspaikkoihin.

Kovametalliporat olivat juuri tekemässä tuloaan. Näkyi jo, että ne olisivat tulevaisuuden työväline ja että teräsporille suunnitellut Atlas-Copcon porakoneet – sinänsä kyllä laadukkaat – tulisivat uusitaviksi. Kovametallipora vaatii nopeita, melko keveitä iskuja. Teräporille rakennetut koneet iskivät hitaasti ja kovaa. Näkyi myös, että porapojien ammatti olisi katoava ja että karkaisutaito, josta porasepät ylpeilivät, vaihtuisi yksinkertaiseen hiomakoneen pyörittämiseen.

Retka ja lotokka

Lastausmenetelmät olivat myös muuttumassa. Niin sanottu maastalastaus, eli peränajossa irti räjäytettyjen tai muuten lattiatasolle joutuneiden lohkeiden nosto vaunuihin, oli vanhastaan käsinlastausta. Lastaaja veteli saranoidulla kuokalla kivet ison rikkalapion tapaiseen laatikkoon. Kuokka oli nimeltään retka, laatikko oli lotokka. Täysi lotokka – usein pari-kolmekymmentä kiloa – nostettiin kahvoista kaivosvaunun laidan yli ja kivet kaadettiin vaunuun. Työvuoro sitä hommaa vei mehut miehestä kuin miehestä. Tiedän sen, koska maistelin sitä harjoitteluajanani Outokummussa.

Apuvälineitäkin yritettiin. Pystytettiin kaivosperän lattiaan ja kattoon tukeutuva pilari, jossa oli paineilmasylinteri. Se veti vaijeria, joka taittopyörän kautta nosti lotokan vaunuun. Sekin helpotti raskasta työtä, vaikka vanhat lastarit sille tuhahtelivatkin.

Maastalastauksen ratkaisivat kuitenkin juuri markkinoille tulleet paineilmakäyttöiset raiteilla tai kumipyörillä liikkuvat kauhalastauskoneet. Mätäsvaarassa kehitettiin Atlas-Copcon noin 200 litran kauhalla varustettuja koneita, muistaakseni kahta kappaletta. Niillä työn tehokkuus moninkertaistui. Ei sekään työ kevyttä ollut, mutta ei se sentään käynyt terveyden päälle käsinlastauksen tavoin.

Lotnikat ja Lunkku-Aukusti

Louhintatiloista eli makasiineista louhitu malmi lastattiin vaunuihin ränneistä, kaltevapohjaisista hirsillä vahvistetuista luukuista. Niitä suljettiin ja avattiin säätelämällä kivivirtaa patoavia sulkulankkuja rautakangella. Hartioita sekin työ kysyi. Taitavat kaivoskirvesmiehet, ns. lotnikat, osasivat rakentaessaan passata valumapohjien kaltevuuden ja sulkulankkujen sijoituksen niin, että kivivirta oli hallittavissa.

Kaivosvouti Aukusti Koskimäki, lännen mainari, oli tuonut päässään Amerikoista hyvän rännimallin. Siitä hyvästä hän sai sitten lopun ikäänsä olla Lunkku-Aukusti.

Rasputiini

Kaatokisko oli iso ja vahva laite. Vaunu saatiin kuitenkin myös muulla keinoin tyhjenemään haluttuun kohtaan, tosin ei sen liikkeellä ollessa. Asennettiin vain vahva paineilmasylinteri, jonka mäntä tökkäsi kohdalla olevan vaunun kaatokaltevuuteen. Vehjettä sanottiin Rasputiiniksi – eikä syyttä.

Malmijunia vetivät Deutz-dieselveturit, tehoiltaan 10 ja 30 hevosvoimaa. Kun

raideleveys oli 750 mm, oli kuljetuskalusto siten varsin tukevaa ja tehokasta.

Rikastamo

Rikastus perustui vaahdotukseen. Malmista otettiin talteen vain molybdeenihohde. Siitä pyrittiin poistamaan kupari-kiisu mahdollisimman tarkoin.

Kaivoskuilun yläpäässä sijaitsevassa maanalaisessa karkeamurskaamossa malmi murskattiin alle 100 millimetrin kokoon. 1300x800 millin leukamurskain samoin kuin sitä rikastamossa seuraavat kartiomurskaimet olivat Morgårds-hammarin koneita. Karkeamurskattu malmi nostettiin 130 metrin pituisella hihnakuljettimella rautatien alitse rikastamolle.

Jauhettu malmi vaahdotettiin mekaanisissa vaahdotuskennoissa, käyttäen vaahdotuskemikaaleina flotolia, xantaattia ja mineraaliöljyä. Molybdeenihohde on sinänsä helpon puoleinen vaahdotettava. Kupari-kiisu kuitenkin seuraa sitä vaahtoon. Rikaste oli sen vuoksi puhdistettava jälkivaahdotuksella, jolloin kuparin painajana käytettiin pientä määrää natriumsyanidia. Vaahdotus tapahtui paineilmaa pyörivästä rummusta puhaltamalla ns. McIntosh-kennolla.

Teknisiä erikoisuuksia

Kaivoksella oli oma lähes kahden megawatin tehoinen höyryturbiinivoimalaitos. Sitä lämmitettiin osaksi haloillakin, mikä tiesi melkoista metsäosastoa puun hankintaa varten. Sodan aikana näin tärkeä laitos lienee saanut kivihiihtäkin, mahdollisuuksien mukaan. Rauhan tultua hiilen tulo Mätäsvaaraan loppui ja taas paloi halkoa. Vuonna 1946 saatiin sitten jo öljyäkin.

Varavoimakoneita olivat järeät 225 ja 525 kVA:n dieselgeneraattorit. Jännitteen laskiessa alle määrätyn kriittisen rajan ne käynnistyivät automaattisesti korkeapainesäiliöihin varastoidun paineilman vauhdittamina. Jakojännite koko järjestelmässä oli muistaakseni harvinainen 6000 volttia.

Waldemar Zeidler kertoi kerran opastaneensa vierasryhmää voimalaitoksella. Nämä katselivat ihmeissään halkovaunujen jatkuvaa ryminää Yarrow-kattilan tulipesälle. Lopulta yksi vieraista kysäisi varovasti: "Minkä takia te käytätte tuollaista hirveää uunia ja höyryä kun teillä on sähköäkin?" □

Otteet kirjasta Rautainen leipäpuu (Imatra Steel; Christer Blomgren)

SIEMENS

Siemens parantaa laatua
ja kilpailukykyä koko elinkaaren ajan

Siemens Osakeyhtiö
PL 60 Majurinkatu 6
02600 ESPOO

Puh. 010 511 5151
Faksi 010 511 3452
www.siemens.fi/iss

Poliitikon määritelmä: Joukko kansan päätöksentekijöiksi valitsemia tyyppejä, joita ei missään tapauksessa pitäisi päästää tekemään yhtään poliittista päätöstä, jolla on kantavuutta yli seuraavien vaalien.

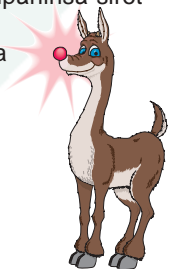
SIIS kehoitimme edellisessä jutussamme pirua perimään 'jatkuvan suunnittelun'. Ja periköön em. vanha wihtahousu saman tien ns. *pätkätyöt*. Siis kuinka mikään henkilöstöjohto luulee minkään organisaatiotason minkään työntekijän millään tavalla keskittyvän, omaksuvan ja sitoutuvan mihinkään duuniin, jos tiedossa on muutaman kuu-kauden pesti ja sen jälkeen on elämä taas tukevasti tyhjän päällä. Siis ryhdyttiin edellisen laman aikana ja sen jälkeen firmoissa opportunistisesti ja hävittömästi hyödyntämään ihmisten hädänalaista tilaa muka joustavuuden kustannuksella. Samalla kuitenkin unohtaen, että jokaisen, joka pätkätyökierteeseen missä tahansa tehtäväs-ssä joutuu, lähin päämäärä on hankkiutua pysyvään palkitsevaan työsuhteeseen ja viis veisata pätkätyönantajan eduista ja hommien jonkinmoisesta toisellakädellähoitamisesta. Sitoutumisesta puhumattakaan. Keikkaluontoisia ja projektihommia varten on eilakaislat sun muut pätkätyöfirmat, joille tämänlainen touhu on alunpitäen tarkoitettukin.

SIIS lähtekääpä kesällä risteilylle Tallinnaan, mikäli haluatte selvittää itsellenne meikäläisen matkailumuodin nykysuuntaukset: Aikaisemmin trendikkääseen miehiseen risteilymatkustamiseen ehdottomasti kuuluneet painettu T-paita, verkkarit ja vyölaukku ovat poistuneet, ja tilalle tulleet monitaskuiset "erä"-liivit, vastaavat shortsit sekä selkäreppu. Mustat läskipohjat ilman sukkia, parin viikon parransänki sekä keskimääräinen puolitoista promillea kuuluvat tietenkin edelleen kuvaan. Sekä luonnollisesti pakettiautollinen kaljaa paluukuormassa.

SIIS rikollistettiin edellisen meikäläisen kulttuurivallankou-
mouksen aikana se että sattui olemaan tuohta taskun pohjalla. 20 perhettä, muistattehan. Ja rikollistetaan nykyisen puolestaan se, mikäli sattuu olemaan viksu, ja edelleen mikäli on kyennyt vaikka tyhjästä aloittamalla tekemään fyrkkaa sen takia, että ovat sahajauhot kaalissa olleet kuivia. Ja pitäisi ilmeisesti yleisesti nähdä, tulkiten muutamia julkisuudessa palloiteltuja näkemyksiä, että *ai-noastaan* köyhillä ja vähäosaisilla on arvo yhteiskunnassa. Siis sanoi entinen sananlasku, että parempi olla rikas ja terve kuin köyhä ja sairas. Ja pitää tätä nykyversiona ymmärtää siten että on parempi olla heikkolahjainen ja laiska kuin köyhä ja sairas. Kannattavinta on tietenkin potentiaaliseen työnvieroksuntaan perustuva opportunisti, eli olla laiska ja viisas tai edes laiska ja tyhmä kuin yrittää tehdä jotain yritteliästä. Tai sitten kannattaa tietysti olla vain maahanmuuttaja yrittämättäkään tehdä yhtään mitään. Ja periköön piru taas sen, joka uskaltaa tähän hyvinvointiyhteiskunnan toimeentulon kulmakiveen koskea.

SIIS ovat vanjat laatineet suunnitelman pohjoisen sotakalustonsa hyötykäytöksi ja keksineet ruveta rahtaamaan ydinsukellusveneillä nikkeliä Norilskista Murmanskiin ja sitä tietä maailman markkinoille. Yksi veneellinen vetää sikäläisen tiedon mukaan 12000 tonnia katodeita. Jaha. Hyvä etteivät vetenalaisilla vehkeillä Murmanskia pitem-
mälle tuo. Voisivat nimittäin rotterdamilaisten silmämunat vähän pullistella, mikäli Maasista alkaisi nousta Kursk-luokan aluksia toinen toisensa jälkeen purkamaan nikkeliä suoraan LME-varastoon. Siis voisi miekkojen takomista auroiksi tietysti jatkaa myös esim. värittämällä kaikki maailman risteilyohjukset nokastaan petteripunakuonoiksi, jotka sitten joulun tietämissä pörräisivät ympäriinsä sirottelemassa pehmoleluja kaikille maailman kilteille sadankomitealaisille. Joten hauskaa joulua kaikille joka tapauksessa!

JT





Ei jättänyt syyskuun 11. päivä yhdellä iskulla, vai pitäisikö sanoa kolmella, turvattomammaksi muuttunut maailma yhdistystämme osattomaksi. Geologijaoston 27.10. – 3.11. tehtäväksi suunniteltu Marokon ekskursion jouduttiin samana päivänä, kun tätä kirjoitan eli 10.10. peruuttamaan. Islamilaisena maana Marokko luokiteltiin, oikein tai väärin, maaksi, jonne ja jossa matkustaminen arvioitiin siinä mitassa riskilliseksi, ettei kauan ja huolella valmisteltua retkeilyä katsottu voitavan toteuttaa. Toivon ja uskon, on pakko uskoa, että mahdollisimman läheisessä tulevaisuudessa geologit voivat suunnittelemansa matkan tehdä. Kun, olen maassa ollut, tiedän, että siellä on paljon ammatillisesti opittavaa. Sadunkertojan torin Marrakeshissa soisi geologiensa ja muidenkin vuorimiesten näkevän, kun WTC:n romahtamisesta maailmaan levinnyt pöly on laskeutunut.

Seulassa, jolla Vuorimiesyhdistyksen jäseneksi pyrkiä on seulottu on aina ollut pieni silmäkoko. Jäsenyyssuhteet ovat olleet tiukat, eikä niitä ole tarvinnut monasti uudistaa. Viimeisin kriteeristö on syksyltä 1980. Metallurgijaosto heräsi ensimmäisenä uuteen AMK -tutkintoon ja kysyi hallitukselta, onko se tietoinen tällaisesta tutkinnosta ja jos on niin, mitä hallitus aikoo asiassa tehdä. Ja ei, kun pääsihteerin surfailemaan Opetusministeriön nettisivuille ammatillisesti suuntautuneen korkeakoulututkinnon rinnasteisuudesta selvää ottamaan. Kun virkamiehet oli vielä oraalisesti haasteltu, niin selvisihän tuo. Seuraavassa hallituksen koko-

uksessa asia on esillä, ja mikäli hallitus niin suo, on yhdistyksellä lokakuun 25. päivän jälkeen päivitetty jäseneksi hyväksymisen kriteeristö, tiukkuudessaan entisen veroinen. Periaate on, että on hienoa olla kultaposisuukerhon jäsen, jos ilmaisu sallitaan.

Tätä kirjoittaessani olen juuri palannut kustannuspalkalleni palaverista, jossa sovittiin Vuorimiesyhdistyksen kotisivun kehittämisestä ja hoidosta. On tuo hoitopuoli ollut vähän retuperällä. Nyt siihen saadaan korjaus. Päivittäminen tapahtuu ASAP, vastuuhenkilöt on nimetty, Vuoriteollisuus-lehden valittujen artikkeleiden ekstraktit siirtyvät toimitusneuvoston valitsemina kotisivulle ja muutenkin otetaan homma haltuun, mopo tiukasti ohjataan. Tähän liittyen ja Tampereen vuorimiespäivien lähestyessä kehitetään päivien eri tilaisuuksiin tapahtuvaa sähköistä ilmottautumista lähemmäksi täydellisyyttä. Illallistanssiaisten ja lauantain lounaan kehittävän pöytävaraustilanteen nimineen näkee uudessa ilmoittautumisen versiossa. Voi siis lähes interaktiivisesti hakeutua joidenkin seuraan ja olla toisaalta hakeutumatta.

Siinä se oli palsta tällä kertaa. □



METMINFO

METALLURGY-MINING-FOUNDRY - VUORITEOLLISUUDEN ERIKOISMESSUT 4.-5.04.2002
TAMPERE-TALOSSA,
VUORIMIESPÄIVÄT MYÖS ENSIMMÄISTÄ KERTAA SIELLÄ 4.-6.04.2002 – MERKITSE AIKA
ALLAKKAASI !

Lisätietoa:

*Sepikon Oy METMINFO, Ruusutorpankuja 5, 02600 ESPOO, Puh. 09-5713 8989, Fax 09-5713 8987
e-mail: metminfo@sepikon.pp.fi, Matti Välimaa 040-900 8717, Kari Seppälä 0400-624 416*

Vuorinaiset, keitä me olemme?



Geologian Naiset esittivät 9.12.1966 näytelmän ”Asemalla”. Näytelmän tähdet vasemmalta: Kaija Marmo, Liisa Lappalainen, Marjatta Heikkinen, Pirkeko Carlson, Annikki Lukkarinen ja Hilke Räsänen. Istumassa näytelmän ohjaaja Tuulikki Malmivuo.

Naisen ikää arvioitaessa tullaan usein siihen tulokseen, että tuollainen neljäkymmentä ja vähän päälle on ikä parhaasta päästä. Onhan silloin takanapäin niin oman itsensä kuin oman kullankin etsiminen. Parhaassa tapauksessa se sama kulta, tai ehkäpä jo hopeiseksi muuttunut, yhä löytyy aamuisin yhteisen keittiöpöydän äärestä. Elämä on asettunut uomilleen.

Myös Vuorinaiset yhdistyksenä on pääsyt tähän yli nelikymppisten joukkoon. Siitä huolimatta, että olemme olleet olemassa jo näinkin kauan, viipyilee ilmassa epätietoisuutta siitä, mitä tai keitä me oikein olemme ja kenelle olemme ovat avoinna?

Seuraavassa yritämme valottaa tätä puolta pienen historiikin muodossa. Koska oma kokemukseni Vuorinaiset ry:stä, tai silloisesta Geologian Naisista ulottuu vain vuoteen 1974, jolloin Annikki Lukkarisen houkuttelemana liityin joukkoon, pyysin haastattelua Kaija Marmolta, joka on yksi yhdistyksen perustajajäsenistä.

Kyselin Kaijalta seuraavaa:

Milloin yhdistys perustettiin ja ketkä olivat perustamassa sitä?

Perustamisvuosi oli 1958. Varsinaiset primus motorit olivat geologien rouvat Alli Sauramo ja Anna-Liisa Laitakari. Muita perustajajäseniä oli parisenkymmentä, ja olinhan siellä minäkin.

Mikä oli yhdistyksen alkuperäinen tarkoitus?

Mainitut rouvat Sauramo ja Laitakari olivat ystävyksiä, mutta he kokivat puutteena sen, että geologien rouvat muutoin tunsivat hyvin vähän toisiaan. Vuon-

na 1960 oli suunnitteilla geologikongressi, jonka pohjoismaat yhdessä järjestivät. Vaikka sen pääpaikkana oli Kööpenhamina, tarkoituksena oli tehdä myös excursio Helsinkiin. Sen järjestämisessä tarvittiin rouvien apua. Sen vuoksi rouvat Sauramo ja Laitakari tulivat ajatelleiksi, että olisi paitsi hyödyllistä, myös hauskaa perustaa yhdistys, jotta saman ammattikunnan miesten rouvat oppisivat paremmin tuntemaan toisiaan. Ajatuksesta innostuneita löytyi parisenkymmentä, ja niin Geologian naiset r.y. perustettiin. Sääntöihin kirjattiin, että jäseniksi voivat liittyä paitsi geologien rouvat ja naisgeologit myös muita vuorimiesten rouvia sekä VMY:n naisjäsenet. Aluksi jäsenistön enemmistö koostui kuitenkin ensiksi mainituista, kuten nimestäkin jo voi päätellä.

Miten ja missä kokoonnuitte?

Alkuaikoina kokoonnuttiin pelkästään kodeissa. Usein kutsuttiin joku vierailija esitelmöimään tai kevyemmin jutustelemaan jostain mielenkiintoisesta aiheesta. Myös muotinäytöksiä järjestettiin. Kaiken kaikkiaan ohjelmatarjonta on ollut melko monipuolista vuosien saatossa. Kun joukkomme kasvoi, emännöyys alkoi tuntua aika vaivalloiselta urakalta, ja vähitellen yhä harvemmat olivat halukkaita avaaman kotinsa ovia yhä kasvavalle joukolle. Nykyään tapaamiset järjestetäänkin ns. puolueettomalla maaperällä.

Milloin Geologian Naisista tuli Vuorinaisia ja miksi?

Nimenmuutos tuli ajankohtaiseksi vuonna 1981, ja se tapahtui useastakin syystä. Olin silloin puheenjohtajana, ja voin kertoa, että muutokseen ei ryhdytty suinpäin hetken mielijohteesta. Nimenmuutosta valmisteltiin pari vuotta, ja siitä

Miten liittyä Vuorinaiset r.y:n jäseneksi?

Helpoimmin se tapahtuu soittamalla esim. puheenjohtajalle tai sihteerille.

Sanna-Leena Alopaeus (puh.joht.)
09-8025757

Irja Pääkkönen (siht.) 09-8042327
Tule mukaan!

äänestettiin parikin kertaa. Muitakin ehdotuksia oli kuin Vuorinaiset, mutta tämä nimi sitten lopulta voitti. Se, että katsottiin tarpeelliseksi luopua alkuperäisestä nimestä, johtui osittain nimen hankaluudesta. Puhelimessa meitä luultiin mm. papinemänniksi esimerkiksi ravintolaa tilattaessa.

Miten silloiset jäsenet suhtautuivat nimenmuutokseen?

Kaikki eivät tietenkään pitäneet siitä. Tulipa jokunen eroilmoituskin johtokunnalle sen vuoksi. Eksyneet lampaat palasivat kuitenkin laumaansa myöhemmin.

Oliko yhdistyksellä muuta tarkoitusta kuin viihdyttää ja tutustuttaa vuorimiesten vaimoja toisiinsa?

Yllämainitut syyt olivat tietenkin päällimmäisinä. Myös miesten avustamista kongressien järjestämisessä pidettiin tärkeänä. Lisäksi alkuaikoina avustettiin alan opiskelijoita mm. kalliiden oppikirjojen hankkimisessa. Eräänä vuonna vuoriteekkareille lahjoitettiin sähkökirjoituskone.

Kiitos, Kaija haastattelusta!

Voimme haastattelun perusteella todeta, että Vuorinaisten toiminnassa on vuosien kuluessa tapahtunut aika vähän muutoksia. Hyväntekeväisyyttä emme enää harjoita. Jossain vaiheessa alkoi tuntua siltä, että nykyinen sukupolvi ei enää almujamme tarvinnut. Yhteiskunta oli järjestänyt heille niin hyvät oltavat, että pikku lahjoitukset eivät enää merkinneet yhtä paljon kuin joskus aikaisemmin. Kodeissa kokoontuminen on myös historiaa. Viimeksi meille aukaisi kotinsa ovet Annikki Lukkarinen maaliskuussa vuonna 1999. Silloin Annikki opasti meitä ”käspaikkojen” saloihin ja saimmepa niitä hypistelläkin.

Ohjelmamme ovat melko yleissivistäviä. Vierailujen kohteina ovat olleet mm. teatterit, Ooppera, taidenäyttelyt, Kansallismuseo, Kiasma, ja Sanomatalo, jossa kävimme tämän syyskauden alkajaisiksi. Mieleenpainuvia iltoja ovat olleet mm. vuorikiipeilijä Veikka Gustafssonin vierailu GTK:lla, jossa hän kertoi harrastuksestaan vuorien valloittajana. Myös Europarlamenttiin olemme päässeet tutustumaan vähän niin kuin ”kyökin kautta”, kun vuorimiesmeppimme Marjo Matikainen-Kallström oli siitä meille kertomassa. Silloinen johtokunta sai kutsun ihan ”pääkallonpaikalle” eli Brysseliin. Monenmoista olemme yhdessä nähneet ja kokeneet. Unohtaa ei sovi myöskään kuuluisia kevätretkiämme, joista on tullut

Uusia jäseniä - nya medlemmar

Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen ry:n hallitus on hyväksynyt seuraavat henkilöt yhdistyksen jäseniksi:

Kokouksessa 27.8.2001

Ojala, Veikko Juhani, PhD, 2.8.1961, erikoistutkija, GTK, Juhani.Ojala@gsf.fi, Mirjankuja 4 D 19, 02230 ESPOO jaosto: geo
Myyryläinen, Timo Juhani, 95,5 ov, 25.6.1977, opiskelija, TKK, Materiaali- ja kalliotekn. osasto, tmyyryla@cc.hut.fi, Porvoonkatu 11 A 12, 00510 HELSINKI jaosto: kai
Sorsa, Antti Juhani, 112 ov, 17.10.1978, opiskelija, TKK, Materiaali- ja kalliotekn. os., asorsa@hut.fi, Kirstinharju 1 B 16/2, 02760 ESPOO jaosto: kai
Jääskeläinen, Eduard, TKT, 17.11.1963, myyjä, Venäjä ja entisen NL maat, Larox Oyj,

niin suosittuja, että kaikki halukkaat ts. majamyöhäset eivät ole aina mahtuneet mukaan. Retket teemme perinteisesti puolivallattomien vuorimiestemme antaessa ylimääräistä hohtoa retken onnistumiselle.

Nykyinen jäsenmäärä on 139. Vaikka yhdistyksen kotipaikka on Helsinki, jäseniä on myös monilla muilla paikkakunnilla aina Oulua myöten. Vuorinaisten kunniajäseneksi kutsuttiin vuonna 1996 rouva Marja-Terttu Saksela hänen 88-vuotissyntymäpäivänään. Hänen edesmenneen puolisonsa professori Martti Sakselan monet vanhemman polven geologit muistavat opettajanaan.

Mainitsemisen arvoinen on myös Vuorinaisten logo. Sen on suunnitellut vuonna 1995 kuvaamataidon opettaja, myös entinen puheenjohtajamme, Anna-Liisa Kupias. Tätä logoa käytämme mm. kirjekuorissa, onnittelekorteissa, virallisissa papereissamme ja Vuoriteollisuuslehdessä omalla sivullamme. Kuten valpas lukija huomaa.

Tähän on tultu yhdistyksemme 43 vuotta kestäneellä taipaleella. Ei sovi myöskään unohtaa juhlia. Tasavuosia on juhlistettu iloisissa tunnelmissa, viimeksi 40-vuotisjuhliä Suomalaisella Klubilla tammikuussa 1998. Siellä kaikki mukana olleet entiset puheenjohtajat palkittiin ruusuin. Ele oli vain symbolinen, mutta sydämissämme olemme heille enemmän kuin vain ruusun verran kiitollisia heidän yhdistyksemme hyväksi tekemästään työstä.

Tästä haluamme jatkaa. Johtokunta yhtenä joukkueena tekee parhaansa teidän ja meidän kaikkien viihtymiseksi. □

Tarulank. 22, 53500 LAPPEENRANTA jaosto: met
Kaitue, Karri Pekka, OTL, 19.5.1964, johtaja, lakiasiat ja yrityskaupat, AvestaPolarit Oyj Abp, AvestaPolarit Oyj Abp, Linnoitustie 4 A, 02600, ESPOO jaosto: met
Koskiniemi, Joni Antero, TKL, 27.2.1966, tuotekehitysjaoksen päällikkö, AvestaPolarit Stainless Oy, Supikuja 1, 94700 KEMI jaosto: met
Kujala, Arni Ilari, DI, 25.2.1973, vanhempi tutkimusinsinööri, Nokia Matkapuhelimet, arni.kujala@nokia.com, Pellavakaskenmäki 11 B 4, 02340 ESPOO jaosto: met
Kömi, Jukka Ilmari, TKL, 28.11.1962, tutkimuspäällikkö, Rautaruukki Oyj, jukka.komi@rautaruukki.com, Sauvojentie 1 B, 90560 OULU jaosto: met
Mäkinen, Mika, 130 ov, 15.10.1966, opiskelija, TKK, Materiaali- ja kalliotekn. osasto, momakin2@cc.hut.fi, Helmikuja 6 B 31, 01600 VANTAA jaosto: met
Nurminen, Elli Vilhelmiina, 108,5 ov, 16.12.1979, opiskelija, TKK, Materiaali- ja kalliotekn. osasto, Elli.Nurminen@hut.fi, os. Servin Maijantie 10 A 6, 02150 ESPOO jaosto: met
Pesonen, Kimmo, DI, 27.3.1972, laatupäällikkö, Jyskän Metall Oyj, kimmo.pesonen@jyskanmetalli.fi, Paloniementie 11 A 1, 40250 JYVÄSKYLÄ jaosto: met
Pienimäki, Kari Juhani, 157 ov, 8.12.1965, opiskelija, TTKK/Kone, TKK/Mak, kari.pienimaki@outokumpu.com, Turkkurintie 32, 28400 ULVILA jaosto: met
Piensoho, Antti Juha, DI, 16.10.1953, os.pääll./lämpökäsittely, Oy Stén & Co. Ab, antti.piensoho@sten.fi, Kaakkolankuja 20, 04400 JÄRVENPÄÄ jaosto: met

Kokouksessa 25.10.2001

Kohonen, Jarmo Juhani, FT, 8.1.1958, laatupäällikkö, GTK, jarmo.kohonen@gsf.fi, Tammihaantie 2 E 43, 02940 ESPOO jaosto: geo
Kohtamäki, Timo, TKL, 23.5.1963, yksikönjohtaja, insinöörirakentaminen, Rakennus Oy Lemminkäinen, timo.kohtamaki@lemminkainen.fi,

Rakennus Oy Lemminkäinen, PL 23, 00241 HELSINKI jaosto: kai
Laitinen, Timo, DI, 24.10.1962, liiketoimintalinjan (Mining, Drills) päällikkö, Sandvik Tamrock, timo.laitinen@sandvik.com, Lehtorink. 2, 33720 TAMPERE jaosto: kai
Nummi, Matti Olavi, DI, 3.10.1956, toimitusjohtaja, Sector Oy, matti.nummi@sector.fi, Sector Oy, PL 305, 80101 JOENSUU jaosto: kai
Puikko, Janne, DI, 7.12.1970, tutkimusinsinööri, AvestaPolarit Stainless Oy, janne.puikko@avestapolarit.com, AvestaPolarit Stainless Oy, 95400 TORNIO jaosto: kai, rik, met
Pöllänen, Meeri, 111,5 ov, 29.9.1975, opiskelija, TKK Materiaali- ja kalliotekn. os, mpollane@cc.hut.fi, Vanhaväylä 3 A, 00830 HELSINKI jaosto: kai
Ruostetoja, Petri, DI, 1.7.1967, työpäällikkö, Lemminkäinen Oyj, kiviainesyksikkö, petri.ruostetoja@lemminkainen.fi, Lemminkäinen Oyj, PL 23, 00241 HELSINKI jaosto: kai
Signell, Johan, dipl.ekon., 9.7.1946, toimitusjohtaja, Oy Forcit Ab, johan.signell@forcit.fi, Oy Forcit Ab, PL 19, 10901 HANKO jaosto: kai
Taskinen, Harri, ins., 15.2.1957, tehdaspäällikkö, Partek Nordkalk Oyj Abp, harri.taskinen@nordkalk.com, Partek Nordkalk Oyj Abp, Louhen tehdas, 58220 LOUHI jaosto: kai
Palosaari, Janne Veikko Jalmari, 100 ov, 12.9.1976, opiskelija, Oulun yliopisto, Prosessitekn. os., jpalosaa@student oulu.fi, Yliopistokatu 32 B 213, 90570 OULU jaosto: met
Välimäki, Jari Olavi, AMK-ins., 7.2.1970, tuotantoinsinööri, Outokumpu Poricopper Oy, meistaamo, jari.valimaki@outokumpu.com, Koivistonluodontie 20 B 3, 28330 PORI jaosto: met

Ulla-Riitta Lahtinen hoitaa Vuorimiesyhdistyksen jäsenrekisteriä. Mikäli osoite, tehtävä tai vakanssi on muuttunut pyydämme lähettämään muutosilmoituksen alla olevaan osoitteeseen. Uutta jäsenistä -palstalle tuleva teksti kirjallisena siinä muodossa, jossa se halutaan tulevan lehteen. Osoite: Vuorimiesyhdistys - Bergsmannaföreningen r.y. Ulla-Riitta Lahtinen, Kaskilaaksontie 3 D 108, 02360 ESPOO, puh. ja fax 09-8134758. u-r.lahtinen@pp.inet.fi. Ulla-Riitalta saa myös tilata Vuoriteollisuuslehden vanhempia numeroita sekä julkaisuja ja lehtiä.

Geologit laineilla

Vuorimiesyhdistyksen Geologijaoston Sovelletun Geofysiikan XIII Neuvottelupäivät pidettiin 2.-4.10.2001 Silja Serenadella välillä Helsinki-Tukholma-Helsinki.

JAANA LOHVA

Päiville osallistui kaikkiaan 48 henkilöä. Esitelmiä pidettiin 21, lisäksi oli kaksi poster-esitelmää sekä laite-esittelyä. Päivillä pidettiin seuraavat esitelmät:

Markku Peltoniemi, TTK: Geofysiikka & Geologia TTK:ssa

Pekka Mikkola, SMOY SMOY:n toiminnan esittely

Tarmo Jokinen, GTK: GTK:n maasto-geofysiikan laatujärjestelmä

Seppo Elo, GTK: GTK:n alueellisten painovoimamittausten laatujärjestelmä

Tomas Lehtimäki, Fintact: Rakennus-
kivien tuotantovaiheen tutkimuksia

Maija Kurimo ja **Meri-Liisa Airo**, GTK: Lentogeofysiikan käyttö kohteellisissa tutkimuksissa

Mari Lahti, SMOY: Protem-mittaukset

Aimo Hattula, Outokumpu Mining Oy: Laajakaistaisen EM-luotausjärjestelmän SAMPO- kuulumisia

Eero Heikkinen, Fintact: Käytetyn ydinpoltoaineen geologinen loppusijoitus, tutkimusten tilanne ja geofysiikan käyttö

Tiina Vaittinen, Fintact: Kallioperän geologinen mallintaminen Olkiluodon tutkimusalueella

Heikki Vanhala, GTK: Viron palavakivi - ympäristövaikutukset ja niiden kartoittaminen geofysiikan mittauksin

Juhani Korkealaakso, VTT: Ämmäs-
suon kaatopaikkakasan vesipitoisuuden ja suotovesi-imeytyksen sähköinen monitorointi

Annina Mattsson ja **Heikki Vanhala**, GTK: Vuonteenmäen deltan geofysikaaliset tutkimukset

Tuire Valli, **Jukka Lehtimäki** ja **Heli Ojamo**, GTK: Ammusten etsintä(UXO) magneettisin mittauksin

Annukka Lipponen, SYKE ja **Arto Julkunen**, Astrock Oy: Porakaivon monimenetelmäinen geofysikaalinen tutkimus - alustavia huomioita mittauksesta Leppävirralla

Olli Okko, **Kai Front** ja **Pertti Hassinen**, VTT: VTT/RTE:n geofysiikan mittausten kalibrointireikä

Eero Heikkinen, Fintact Oy: Reikä-

kamenetelmällä havaittavien rakopiirteiden analyysiä

Aimo Ruotsalainen, **Jukka Lehtimäki**, **Heikki Forss** ja **Jyrki Rantataro**, GTK: Meriseisminen luotaus

Olli Okko, VTT: Ollin Obbivuodet

Hannu Hongisto, **Matti Oksama** ja **Ilkka Suppala**, GTK: Lentokoneen ja johteen välinen vuorovaikutus sähkömagneettisissa lentomittauksissa

Arto Korpisalo, **Ilkka Suppala**: 3D EM-tulkintatehtävän ratkaiseminen finite volume- menetelmällä

Poster-esitykset:

Meri-Liisa Airo ja **Satu Mertanen**:

Magnetic signatures related to Precambrian greenstone-hosted Au-mineralizations, Northern Fennoscandia

Pertti Turunen: Combined resistivity and chargeability logs in mineral prospecting

Keskustelu oli vilkasta ja se jatkui myös illallisilla. Kilpailuhenkeä nostatettiin karaoke-kilpailussa ja kilpailun tuomari, Markku Peltoniemi, lupasi julkaista tulokset seuraavilla neuvottelupäivillä kahden vuoden kuluttua Rovaniemellä.

Sovelletun Geofysiikan Neuvottelupäivistä laadittiin abstraktikokoelma VMY:n sarjaan B, No 78, 2001. □







Louhintaräjähteitä vuodesta 1893

TEHTAAT:
Hanko (019) 22001 Vihtavuori (014) 3779 211

MARKKINOINTI:
Hanko, Tommi Halonen (019) 2200 310
Vihtavuori, Heikki Kuula (014) 3779 412

TEKNINEN NEUVONTA:
Kalle Ylätalo (019) 2200 311
Jaakko Lindén (03) 546 2610 (KEMIITTI)
Rauno Räsänen (0400) 398 01 (KEMIITTI)




Kurssitarjontaa metallurgeille!

Metallurgian VAT järjestää vuonna 2002 yhdessä POHTON kanssa seuraavat kurssit:

Konvertteri- ja sähköuuni- metallurgia 21.-22.5.2002

Tavoite:

Antaa kuva konvertteri- ja sähköuunimetallurgian nykytilasta ja tulevaisuudesta sekä tarjota mahdollisuus kokemusten vaihtoon. Kurssin keskeisiä teemoja ovat perusmetallurgia, uudet prosessit ja mallintaminen. Mahdollisia muita aiheita ovat esim. virtauslaskenta, vuoraukset, jäähdytykset ja injektiot.

Osallistujat:

Tutkimus-, kehitys- ja käyttöhenkilöstö metallurgisessa teollisuudessa sekä tutkimuslaitoksissa ja korkeakouluissa.

Hinta: 730 euroa + alv. 22%

Uudet mittausmenetelmät metallurgiassa 26.-27.11.2002

Tavoite:

Antaa viimeistä tietoa uusista mittausmenetelmistä ja niiden mahdollisuuksista sekä valmiuksia soveltaa saatua tietoa metallurgisten prosessien kehittämiseen, hallintaan ja ohjaukseen.

Osallistujat:

Tutkimus-, kehitys-, käyttö- ja automaatioinsinöörit sekä prosessin- ja laadunohjauksesta vastaavat henkilöt metallurgisessa teollisuudessa, tutkimuslaitoksissa ja korkeakouluissa.

Hinta: 730 euroa + alv. 22%

7-VUOTIAAN TERON AINE, JONKA OTSIKKONA ON
"MIKÄ MINUSTA TULEE ISONA"

Maailman paras ammatti

"Haluan tulla insinööriksi, kun olen kasvanut isoksi, koska se on hauskaa hommaa ja helppoa. Sen takia nykyisin on niin paljon insinöörejä ja koko ajan tulee vain lisää.

Insinöörien ei tarvitse käydä paljon kouluja, heidän on opittava lukemaan tietokonekieltä, jotta he osaisivat jutella tietokoneiden kanssa. Arvaan, että heidän pitää osata lukea myös, niin että he tietäisivät, mistä on kyse, kun kaikki asiat on sekaisin.

Insinöörien on oltava rohkeita niin, etteivät he pelästy, jos asiat on niin sekaisin, ettei voi ollakaan tai jos he joutuvat puhumaan vieraita kieliä ulkomaankielellä, jotta he tietäisivät, mitä pitää tehdä.

Insinööreillä on oltava hyvät silmät, niin että he näkevät hameen läpi eivätkä saa pelätä konttorin naistyöntekijöitä, koska he työskentelevät niiden kanssa.

Minä pidän myös palkasta, jota insinöörit saavat. He saavat enemmän rahaa, kuin ehtivät kuluttaa. Se johtuu siitä, että useimmat ihmiset pitävät insinöörin työtä vaikeana, paitsi insinöörit, jotka tietävät, kuinka helppoa se on.

Ei siinä ole paljon sellaista, mistä en pitäisi, paitsi se että tytöt pitävät insinööreistä ja kaikki haluavat mennä naimisiin miesinsinöörin kanssa niin, että heidän on aina ajettava pois ne naiset, jotta ne eivät ole häiriöksi.

Toivottavasti en tule allergiseksi konttoripölylle, koska meidän koirastakin tulen sairaaksi. Ja jos tulen allergiseksi konttoripölylle, ei minusta ole enää insinööriksi ja minun pitää mennä oikeisiin töihin.

(JULKAISTU TOUKOKUUSSA YLÖ-
JÄRVEN MARKKINASANOMISSA)

Tulossa

10.-14.6.2002

ICOMAT'02

INTERNATIONAL
CONFERENCE ON
MARTENSITIC
TRANSFORMATIONS
DIPOLI, ESPOO

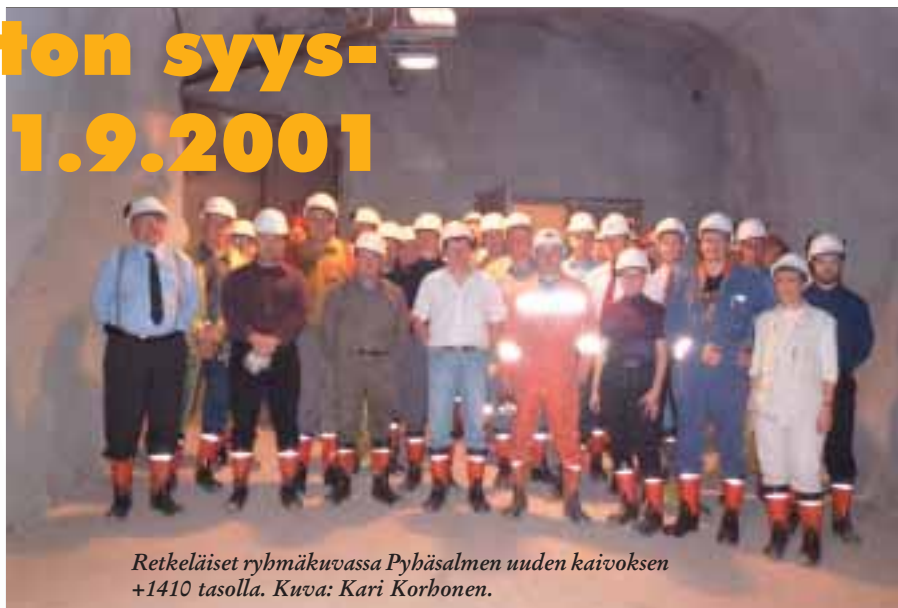
VUORITEOLLISUUS -LEHDEN osoitteenmuutokset

Vuorimiesyhdistys,
Bergsmannaföreningen r.y.
c/o Ulla-Riitta Lahtinen
Kaskilaaksontie 3 D 108
02360 ESPOO
09-813 4758
fax 09-813 4758
0400-456 195
u-r.lahtinen@pp.inet.fi

Kaivosjaoston syysretki 20.-21.9.2001



Ilmoitus Iisalmen Sanomissa 19.9.2001 'henkilökohtaista'-palstalla.



Retkeläiset ryhmäkuussa Pyhäsalmen uuden kaivoksen +1410 tasolla. Kuva: Kari Korhonen.

Tämänvuotinen Vuorimiesyhdistyksen kaivosjaoston syysretki tehtiin Pyhäsalmen uuteen kaivokseen ja Normetille Iisalmeen. Syysretkiporukka lensi Helsingistä torstaina aamukoneella Kuopioon, josta Normetin isännöimä tilausbussi kuljetti porukan Pyhäsalmele.



Hissikyytiä odotellessa jaoston sihteeri kirjasi vielä kertaalleen kaivokseen laskeutuvien vieraiden nimet. Kuva: Kari Korhonen

Uuden kaivoksen yleisesittelyä seurattiin +1410 tasolla. Kuva: Kari Korhonen



27 hengen innokas vierailijajoukko saapui Pyhäsalmen uuden kaivostuvan eteen tasan aikataulun mukaisesti kello 11. Turhia pyristelemättä saimme päällemme vierailuvaatteet ja syöksyimme hissillä uutta kuilua pitkin kahdessa ryhmässä suoraan 1410-tasolle.

Alhaalla ihmettelimme hetken uutuut-taan loistavaa puhtaan valkoista kaivosympäristöä ja nautimme linjalounaan. Outokummun isäntiemme kaivoksen johtaja Teuvo Jurvansuun ja projekti-päällikkö Pekka Perän johdolla kuulimme mielenkiintoisia esityksiä uuden kaivoksen suunnittelu- ja toteutusvaiheista. Esitysten lomassa nautimme kahvia.

Parin tunnin istunnon jälkeen lähdimme kaivoskierrokselle, jonka aikana tutustuimme murskaamoon, kuljetinlinjaan, tuuletus- ja nostokuiluihin sekä suureen ja upeaan maanlaiseen korjaamotilaan.

Riuskan hissimatkan jälkeen takaisin ylös, teimme pikaisen rikastamokierroksen. Kello lähenikin jo lähtöaikaa ja bussiin päästyämme saimme nautittavaksemme Tamrockin tarjoamia virvokkeita, joilla huuhoimme pois kaivoksen kuumuuden aiheuttaman hikoilun ja pölyn.

Iisalmissa majoituimme hotelli Seura-huoneelle. Hotellin 41 huoneesta suurin osa oli tämän jälkeen Vuorimiehitetty.

Kello kuudelta ryhmä löysi itsensä Normetin saunatiloista. Isäntä Juhani Asikainen tarjoi virvokkeita sekä pikku-suolaista ennen ja jälkeen saunan. Koh-

ta jo kiidettiin takaisin hotelliin kuunneltamme ensin urakointiaiheisen karaoke-esityksen. Huoneissa vaihdettiin nopeasti ykköset ylle ja laskeuduttiin hotelliin lasiterassiravintolaan. Illallisella nautimme herkullisesti valmistettua lammasta raikuvien juomalaulujen säestämänä. Samaan aikaan tanssiravintolan puoli täyttyi paikallisista tanssin ystävästä saatuaan vinkin Vuorimiesten tanssitaidosta lisalmen Sanomista. Illan mittaan mekin siirryimme menopuolelle ja taisi joku meistäkin päästä tanssimaan - olihan sentään naistentanssit.

Perjantaiamu valkeni perinteisesti liian pian. Pikaisen aamusaunan ja tuhdin aamupalan jälkeen poistuimme hotellista ja lähdimme Normetin tehtaalle 10 kilometrin päähän lisalmen keskustasta. Yritysesittelyn jälkeen teimme tehdaskierroksen. Kello 11 olimmekin jo matkalla Olvin panimolle, jossa saimme uutta tietoa oluen panemisesta teollisuusympäristössä. Tiukan kierroksen jälkeen rauhoituimme lounaalla ja panimon tuotteilla Oluthallissa. Lounaan jälkeen pidettiin kaivosjaoston kokous, jonka aikana hallitus tiedotti ensi vuoden Vuorimiespäivistä ja syysretkestä. Kahden maissa alkoi kyyti takaisin Kuopion len-



tokentälle. Kaivosjaoston syysretki oli päättynyt. Kiitos kaikille ja ensi vuonna näemme toivottavasti uudelleen. □

*Retki päättyi Olvin tehtaalla tehdyn kierroksen jälkeen Olvin Oluthallissa nautitulle lounaalle.
Kuva: Kari Korhonen.*

TOIVO WANNE & JON WILLBERG



MLM

– sulan metallin pinnankorkeusmittarit vaikeisiin paikkoihin

ISS

– optinen hitsauksen seuranta, putkilinjat ja paineestiat

Kelk

– voima-anturit valssaukseen

– Accuband, Accustrip, Accuspeed optiset mittarit kappaletta koskettamattomaan mittaukseen

Moduloc

– kuuman tuotteen paikkailmaisimet

– lasermittarit tuotantolinjoille ja automaattivarastoihin

StressTel

– ultraäänipaksuusmittarit

– ultraäänitarkastuslaitteet

Hartip

– metallinkovuusmittarit

Omega Engineering

– koskettavat- ja infrapunalämpömittarit

– dataloggerit

Finx Oy
Tietäjäntie 4
02130 Espoo

Puh. 09 – 4391 630
Fax. 09 – 4391 6340
www.finx.fi



TEKNIKUM

teknikum.com

Myllynvuoraukset

- Kumi
- Kumi / teräs



Teknikum Oy
PL 13, 38211 VAMMALA
Puhelin (03) 51911
faksi (03) 514 3137
www.teknikum.com

- Letkut
- Seulaverkot



Rikastus- ja prosessijaosto toteutti hieman unohtuk- sissa olleen perinteisen excursion, tällä kerralla rakkaaseen naapurimaa- hamme Ruotsiin. Kohteena oli Zinkgruvan suurten järvien (Vänern ja Vättern) välisellä idyllisellä alueella sekä uusien haasteiden edessä Metso-kaupan vuoksi oleva Metso Minerals Svedala (os. Svedala Pumps & Process AB) Salassa.

Jaoston excursio Ruotsiin 18. – 20.9.2001

Jaoston jäsenistö oli kohtuullisen innostunut tästä matkasta ja loppujen lopuksi Olympiaterminaaliin Helsinkiin kokoon- tui tiistai-iltapäivällä 18 innokasta mat- kalle lähtijää. Matkan runkotaktiikkana oli laivalla Ruotsiin ja lentäen takaisin Suomeen, jolla säästettiin yksi matka- päivä (näinä kiireellisinä aikoina). Tämä havaittiin hyväksi ja toimivaksi vaihtoeh- doksi. Ainahan kotiinpäin on myös hie- man kiire.

Laivamatka sujui rattaosasti mukavas- sa porukassa ja merimatka oli sopivasti keinuttava. Ilman vaikeuksia saavuimme keskiviikkoamuna Tukholmaan ja edel- leen ilman vaikeuksia löysimme kaikki myös tilausbussimme, joka odotti meitä satamassa.

Matkan toinen osuus kohti Askersun- dia ja Zinkgruvania alkoi.

Zinkgruvan oli monessakin mielessä kiinnostava matkakohde, mutta ehkä kaikkein mielenkiintoisin yksityiskohta oli kaivoksen pastatäyttösysteemi, joka oli juuri otettu käyttöön sekä kaikki sii- hen kuuluva laitteisto. Valitettavasti käyntimme aikana pastatäyttölaitos py- sähtyi (meistä johtumattomista syistä), joten toiminnassa emme sitä nähneet. Isäntänämme ollut rikastamon päällikkö Anders Söderman kuitenkin esitteli sen varsin yksityiskohtaisesti, kuten myös koko rikastamon. Kaivoksessa emme tällä kerralla käyneet aikapulan vuoksi.

Matka jatkui Zinkgruvan:ilta illalla vielä kohti koillista eli kohti Salaa. Tarkoitus



oli viettää Salassa "Traditional Mining Evening" ja tästä syystä aikataulu oli varsin tiukka. Salassa seuraamme liittyi myös vanha ystävämme Artur Rönn- kvist.

Ilta Salassa sujui varsin rattaosasti Svedalan ja Metson edustajien kanssa juomalauluja laulellen ja perinteisiä ruot- salaisia lauluvirrokkeita nauttien. Tors- taiaamuna saimme yleiskatsauksen Svedalan ja Metso Minerals:in nykytilas- ta ja näkymistä. Tämän jälkeen teimme verstaskierroksen, kävimme Omya:n dolomiittikaivoksella ja päätimme vierai- lun vanhaan hopeakaivokseen, josta on tehty varsin näyttävä turistikohde. Tällä kerralla ehdimme myös käydä maan alla katsastamassa miten entisinä aikoina

kaivostyötä tehtiin.

Salan vierailun isäntä Per-Erik Sand- gren ansaitsee kiitokset erinomaisista järjestelyistä ja erityisesti varsin seikka- peräisestä että eloisasta hopeakaivok- sen historian kertomisesta.

Retki päättyi Helsinkiin torstai-iltana ja ainakin ensivaikutelma oli se, että se on- nistui erittäin hyvin. Järjestelyt ja aika- taulut toimivat moitteettomasti. Tämän lisäksi myös talvinen **re-union** tuli sovit- tua jo matkan aikana, joten asianosai- sille kiitos jo etukäteen siitä.

Seuraavalla kerralla myös sinä voit olla mukana! □

HARRI LEHTO
HEIKKI PEKKARINEN

Ohjeita kirjoittajille

KÄSIKIRJOITUKSET

- teksti koneella kirjoitettuna tai disketillä (paperikopio aina mukaan) tai sähköpostitse

- pienin rivinväli, ei tavutusta, ei sisennyksiä, ei oikean reunan tasausta. Eli ei asetelua.

KUVAMATERIAALI

- postitse joko alkuperäisenä (skannattavaksi) tai levykkeellä (CD, Zip etc), jokainen kuva omana asiakirjanaan. Isoja tiedostoja EI SÄHKÖPOSTITSE.

Pyrittävä lyhyeen ja ytimekkääseen esitystapaan. Artikkelien suositeltava enimmäispituus kuvineen, taulukkoineen ja kirjallisuusliitteineen on 4 painosivua.

PÄÄOTSIKOT JA ALAOTSIKOT erotetaan toisistaan selkeästi.

T & K

KUVAT JA TAULUKOT

numeroidaan jatkuvasti ja niiden tekstit sekä näiden englanninkieliset käännökset kirjoitetaan erilliselle arkille. Kuvien paikat on merkittävä käsi kirjoitukseen.

KAAVAT JA YHTÄLÖT

on kirjoitettava selvästi ja yksinkertaiseen muotoon. Käytettävä SI-yksiköitä.

KIRJALLISUUSVIITTEET

numeroidaan jatkuvasti // sulkuihin tekstissä ja esitetään lopussa seuraavassa muodossa:

1. Järvinen, A.; Vuoriteollisuus-Bergshanteringen, 34 (1976) 35-39.
2. Kirchberg, H., Aufbereitung bergbaulicher Rohstoffe, Bd 1. Verlag Gronau, Jena 1953

Jokaiselle T & K -osaan tulevalle artikkelille on ilmoitettava **ENGLANNINKIELINEN OTSIKKO** sekä laadittava kielellisesti tarkistettu englanninkielinen yhteenveto - **SUMMARY** - pituudeltaan enintään noin 20 konekirjoitusrivää.

ERIPAINOKSIA

toimitetaan kirjoittajan laskuun eri sopimuksella. Eripainoksien minimimäärä on 100 kpl.

NEKROLOGIEN

pituuden pyydämme rajoittamaan noin 150 sanaan.

ILMOITUSAINEISTO KIRJAPAINOON:

Tammisaaren Kirjapaino
Christel Westerlund
PL 26, 10601 Tammisaari
puh. 019-2228355
E-mail: christel.westerlund@eta.fi

Ilmoittajat Annonsörer

Oy AGA Ab
Avainlaskelmat Oy
Finx Oy
Oy Forcit Ab
Fundia Wire Oy Ab
Geologian Tutkimuskeskus
Imatra Steel Oy Ab
ITS-vahvistus Oy
Oy JA-RO Ab
Kuusakoski Oy
Oy Labkotec Ab
Larox Oy
Lemminkäinen Construction Ltd
Metso Endress+Hauser Oy
Metso Minerals
Miranet Oy
Okmetic Oyj
Outokumpu Oyj
Outokumpu Research Oy
Philips Analytical Finland
Rautaruukki Oy
Raute Precision Oy
Sandvik Tamrock Oy
Savcor Group Ltd Oy
Oy E.Sarlin Ab Uunit
Siemens Oy
Tamfelt Oy Ab
Teknikum Yhtiöt Oy
Warman int. Scandinavia Oy
VTT Kemiantechniikka
YIT-Insinöörirakentaminen

Larox M Series

Pressure Filters for Mining and Metallurgy



www.larox.com

LAROX[®]

Palvelu- hakemisto

SARLIN
Uunit



Kehittää, valmistaa ja markkinoi teollisuusuuneja ja lämpökäsittelylinjoja 'avaimet käteen' -periaatteella.

OY E. SARLIN AB • Sarlin Uunit
Järvihaantie 10, 01800 Klaukkala • Puh. (09) 878 9280 • Fax (09) 8789 2811



Tamfelt Oyj Abp
Suodatinkankaat
PL 427, 33101 TAMPERE
Puh. (03) 363 9111
Telefax (03) 363 9639
E-mail: filter.fabrics@tamfelt.fi
Internet: www.tamfelt.fi



YIT Osaava kalliorakentaja

YIT-RAKENNUS OY
Kalliorakentaminen
PL 36, 00621 HELSINKI, käyntiosoite Panuntie 11
Puhelin 020 433 111, faksi 020 433 3747, www.yit.fi

LEMMINKÄINEN CONSTRUCTION

★ kalliorakentaminen ★ maa- ja betonirak.
★ pohjarakentaminen ★ projektinjohto

Esterinportti 2, 00240 Helsinki
Puh. 15991

Automaation kenttälaitteet
Neles- ja Jamesbury -venttiilit sulkuun ja säätöön
Endress+Hauser - ja Satron -kenttälaitteet:
analyysi, virtaus, paine, pinta ja lämpötila

Metso Endress+Hauser Oy.
PL 310, 00811 HELSINKI
Puh. 020 483 160
Fax 020 483 161

WEH SLURRY GROUP

WARMAN INTERNATIONAL SCANDINAVIA OY
Mariankatu 16 B, 15110 LAHTI
Puh. 03-752 7073 Fax 03-7527 103

- Slurry-pumput
- Syklonit
- Slurry-venttiilit

AGA

Member of the Linde Gas Group
Oy AGA Ab, puh. 010 2421, www.aga.fi

Automaattiset paine- ja
kirkastussuodattimet

LAROX®

Separates the best from the rest

Larox Oyj

PL 29
53101 Lappeenranta
Puh. (05) 668 811
Fax (05) 668 8277
E-mail info@larox.com
Internet www.larox.com

Lietepumput
Suodattimet • Syklonit
Muut rikastuskoneet

SVEDALA

Oy Svedala Ab
Kärkkikuja 2, 01740 Vantaa
Puh. (09) 221 950, fax (09) 2219 529.3

Palvelemme ja suoritamme geologian tutkimusta
kentällä ja ajanmukaisissa laboratorioissamme.

Geologian tutkimuskeskus

Betonimiehenkuja 4 Puh. 020 550 20
02150 ESPOO Fax. 020 550 12



GTK

ELREC®
KIERRÄTYSPALVELU

**Kokonaispalvelu
sähkö- ja elektroniikka-
laitteiden kierrätykseen**

KUUSAKOSKI

Palvelunumeromme kaikkialla Suomessa: 0800-0880
www.kuusakoski.com elrec@kuusakoski.com

VTT **Rikastustutkimuksen kärjessä**

KEMIANTEKNIikka
Mineraalitekniikka
Tutkijankatu 1 83500 OUTOKUMPU
Puh. 013-5571, fax 013-55757

ITS VAHVISTUS OY

- Ruiskubetonointi
- Injektointi
- Pulttaus ja ankkurointi
- Porapaalut
- Perustusten vahvistus
- Betonisaneeraus
- Lattioiden nostot ja -stabiloinnit
- Maarakenteiden stabiloinnit ja -tiivistykset

Kaivostie, 71470 Oravikoski
puh. 017-5544 216, fax. 017-5544 217
tai Hatanpään valtatie 34 A, 33100 Tampere
puh. 03-2732 212, fax. 03-2732 213

The new face of reliability

Nordberg and Svedala have merged into Metso Minerals



www.metso minerals.com

Nordberg and Svedala have embarked on a new phase in the rock and minerals processing industries by creating Metso Minerals – an innovative global market leader in the supply of process equipment and related services.

By combining resources, we are able to provide you with a presence closer to your operations around the world, a broader service and parts offering, and quality products to improve the efficiency of your process. The trusted names, Svedala and Nordberg, will continue as trademarks of Metso Minerals.

We now have over 500 locations and distributors with hundreds of professionals in over 100 countries and on all continents. As Metso Minerals product specialists, we are on hand to ensure the continuation and development of your operations now and in the years to come.

For more information, please contact
Metso Minerals Oy, P.O. Box 307, FIN-33101 Tampere,
Finland, phone +358 2048 4140, fax +358 2048 4141
E-mail: minerals.info@metso.com

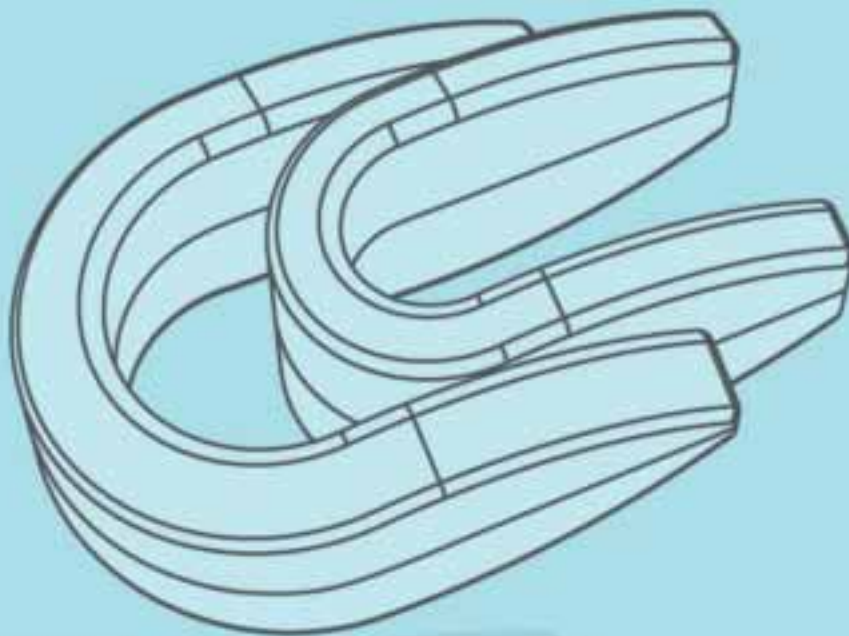


metso
minerals

PROTOT - JIGIT - TESTERIT - GRAY-MODEL - MA
GRAY-MODEL - MOCK-UP - TYHJIÖVALUT - CAD
TYHJIÖVALUT - CAD/CAM - CNC - MEKANIikka
MEKANIikkASUUNNITTELU - MUOTOILU - MAI

CAM COMPANY LTD OY

MALLINNUS - VIIMEISTELYT - ESISARJAT - YM
KOKOONPANO - SOURCING - TESTAUSPALVELU



Cam Company Ltd Oy on prototyyppi- ja mallinvalmistuksen sekä automaatio- ja testauslaitteiden suunnittelun ja toteutuksen ammattilainen Salossa.

Ymmärrämme tuotekehityksen maailman ja nopean markkinoilletulon merkityksen.

Palveluumme kuuluu kokonaisuuden toimittaminen tuotteen syntyviivoista aina esisarjoihin saakka.

Jos olette etsineet hyvää toimittajaa ja luotettavaa kumppanuutta, olette löytäneet etsimänne.

TUOKAA MEILLE IDEANNE, ME TOIMITAMME TEILLE TUOTTEEN !

CAM COMPANY LTD OY

Satamakatu 38
24100 SALO

www.camcompany.fi

tel. 02-723 2222

info@camcompany.fi

fax. 02-723 2208