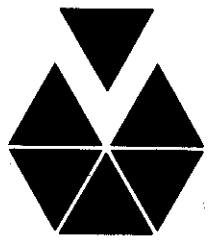
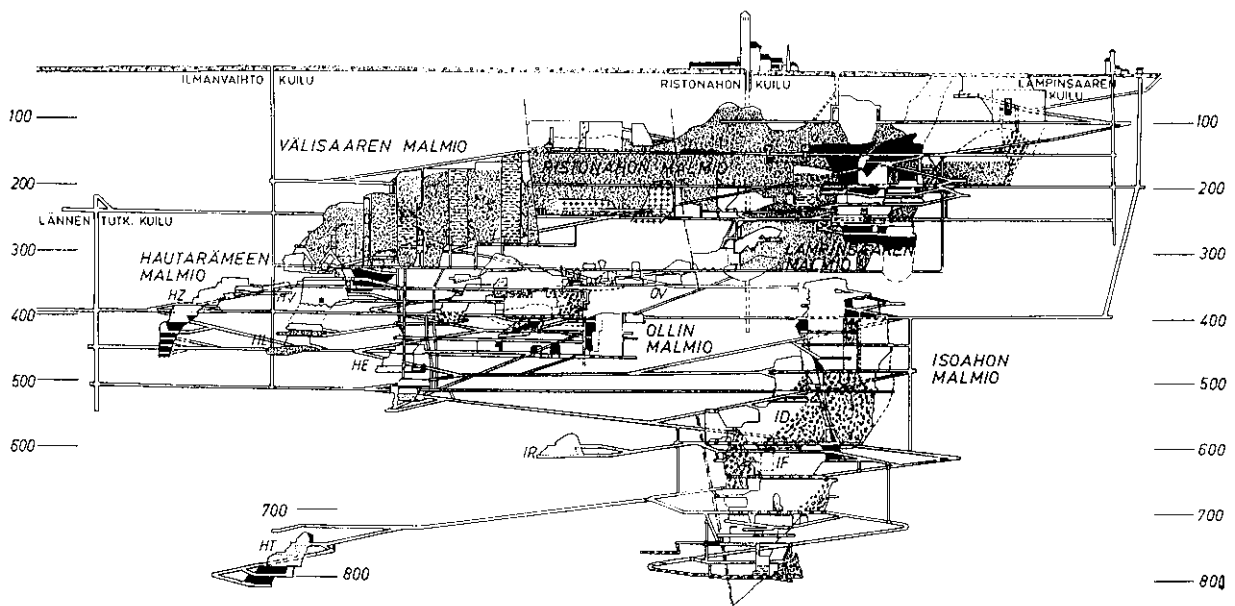








VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN



N:o 2 1991
49. vuosikerta

Julkaisija: Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.



-  Sinkkimalmi
-  Lyijy-hopeamalmi
-  Jäte
-  Karkea sepeä
-  Betoni
-  Louhittu aikaisemmin

VIHANNIN KAIVOS



Tehokaasu Oy toimittaa nestekaasua teollisuudelle ja kotitalouksille. Kaasualalla olemme toimineet vuodesta 1963 lähtien. Kuulumme Neste Oy:n kaasuryhmään itsenäisenä tytäryhtiönä.

Erityisesti olemme paneutuneet toiminnassamme energiakaasujen — maa- ja nestekaasu — käytön monipuoliseen kehittämiseen.

Energiakaasut ovat sekä teknisesti että taloudellisesti erittäin edullisia ja ympäristöystävällisiä. Niinpä niiden käyttö onkin nopeasti lisääntymässä.

Pääkonttorimme:
HELSINKI Kaasutehtaankatu 1
00580 HELSINKI
puh. (90) 393 01

Aluekonttorit:
TAMPERE Vatialantie
36240 KANGASALA
puh. (931) 645 166

KOUVOLA Kiehuva
45100 KOUVOLA
puh. (951) 2831

KUOPIO Telkkistentie 5
70460 KUOPIO
puh. (971) 111 263

TORNIO 95420 TORNIO
puh. (9698) 441 505

Nordberg Group helps you meet your environmental goals



The Impactor Recycle Plant recycles demolition rubble and reduces landfill requirements.



The Lokotrack reduces environmental dust caused from haulage fleets.



The HP Series Cone Crusher uses energy to crush more efficiently.

With the increasing awareness of the environment as a global issue, aggregate producers in many countries are meeting challenges in a number of ways.

They're taking responsible action in land reclamation, back filling the mine out in quarries, cleaning up site areas, and handling air and water pollution problems. They're also recycling concrete and asphalt highways, airports and demolition rubble.

The Nordberg Group, as crushing equipment suppliers to quarries and contractors, is committed to providing the equipment needed to help meet these challenges. Equipment particularly designed and suited to the task, such as:

- The Impactor Portable Recycle Plant that processes just about any building rubble to reduce landfill requirements and recycles used concrete and asphalt into base aggregate and salvageable steel scrap.
- The Lokotrack self-propelled, track-mounted primary crushing system that brings the crusher to the rock, helps reduce the need for extensive, energy consuming truck haulage fleets and their inherent dust problems.
- A patented high performance series of cone crushers which more efficiently utilize motor horsepower in high capacity crushing.

With subsidiaries located worldwide, the Nordberg Group wants to share their knowledge and experience in noise abatement, dust control, energy conservation and other areas of concern, to help do their part in improving our environment.

Bergeaud S.A., France
Fax: +33-85-396 298

Bergeaud Italia s.r.l.
Fax: +39-2-5560 0655

Bergeaud Portugal Ltda
Fax: +351-1-442 0488

Bergeaud España S.A.
Fax: +34-1-870 0669

Lokomo Oy, Finland
Fax: +358-31-501 511

Lokomo A/S, Norway
Fax: +47-34-704 22

Lokomo AB, Sweden
Fax: +46-8-626-8660

Nordberg Australia Pty. Ltd.
Fax: +61-2-638 2540

Nordberg GmbH, Austria
Fax: +43-3132 3818

Nordberg Industrial Ltda, Brazil

Fax: +55-31-621 1912

Nordberg Machinery Ltd., Canada

Fax: +1-519-821 4376

Nordberg Corporation (Chile)

Fax: +56-2-231 7296

Nordberg GmbH, Germany

Fax: +49-6078 8581

Nordberg Philippines Inc.

Fax: +63-2-816-0481

Nordberg Singapore Pte. Ltd.

Fax: +65-468 2151

Nordberg (UK) Ltd.

Fax: +44-81-574 1057

Nordberg Inc., USA

Fax: +1-414-747 1766

For more information contact:

Nordberg Group • P.O. Box 203 • 00171 Helsinki • Finland
Phone: +358-0-182 81 • Fax: +358-0-608 617

Serving customers worldwide

Nordberg
GROUP

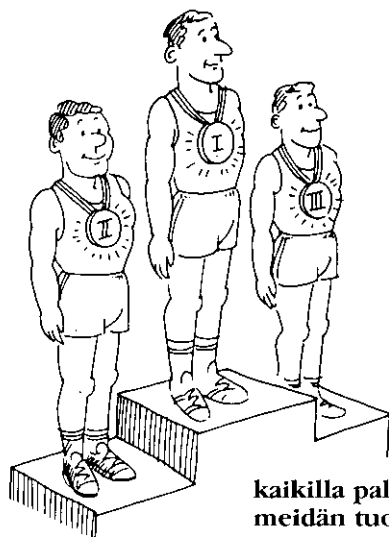
Partek yhtiöitti keskeisimmän vuoriteollisuutensa

Uuteen PARTEK MINERALS -toimialaan kuuluvat mm. seuraavat yhtiöt:

- * PARTEK MINERALS OY AB
- Mineraaliteollisuus
- * PARTEK SEMENTTI OY
- * NORDKALK OY AB
- Louhen Kalkki Oy



KULTAA HOPEAA PRONSSIA



kaikilla palleilla
meidän tuotantoa

OUTOKUMPU HARJAVALTA METALS OY

HARJAVALLAN TEHTAAT
29200 HARJAVALTA
Puhelin (939) 358 111
Telex 66379 okha sf
Telefax (939) 358 239

KUPARIELEKTROLYYSI
PL 60 28101 PORI
(939) 826 111
121461 outo sf
(939) 827 312



VIHTAVUORI OY

LOUHINTATARVIKKEET

RÄJÄHDYSAINHEET

STONEX (dynamiitti)
SILOSEX
SILOSEX-10
ANEX (aniitti)
AMONEX N (ammoniitti N)
AMONEX K (ammoniitti K)
KEMIITTI 110
KEMIITTI 510
MENOX 110 (räjäytin 110)

SYTYTYSTARVIKKEET

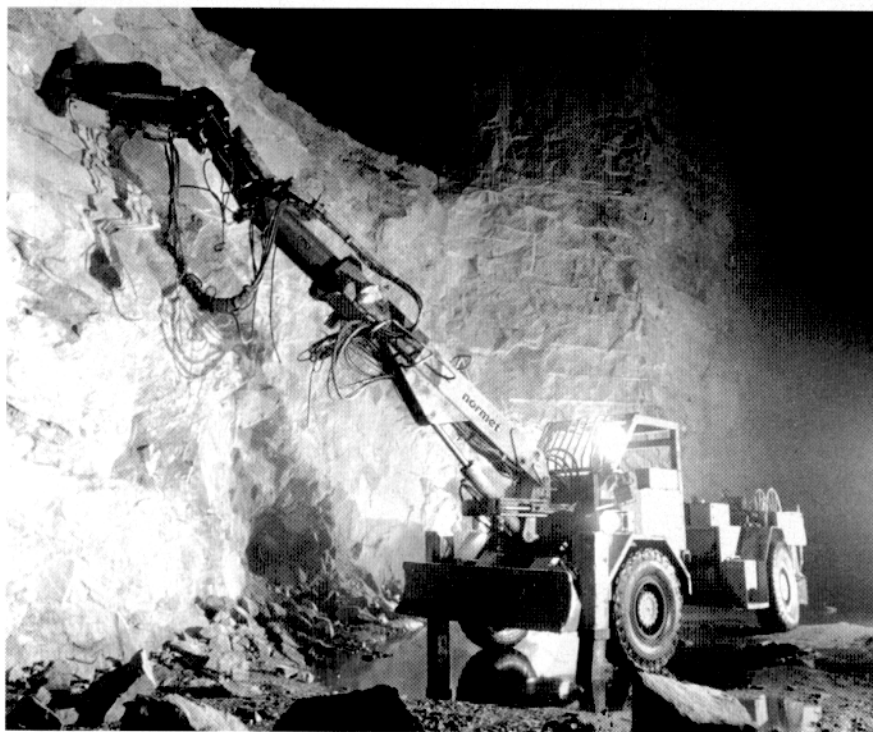
FIREX-VA-sähkönallit
FIREX-UR-sähkönallit
FIREX-8 (tulilankanalli)
ISOLTEX 10 (räjähtävätulilanka)
RL 06 JA RLE 06 jatkojohdot

Postiosoite:
VIHTAVUORI Oy
Louhintatarvikeyksikkö
41330 Vihtavuori

Puhelin: 941-779211
Telefax: 941-771093

LUOTETTAVAA LAATUA

KAIVOKSIIN JA MAANALAISEEN RAKENTAMISEEN



KONERATKAISUT:

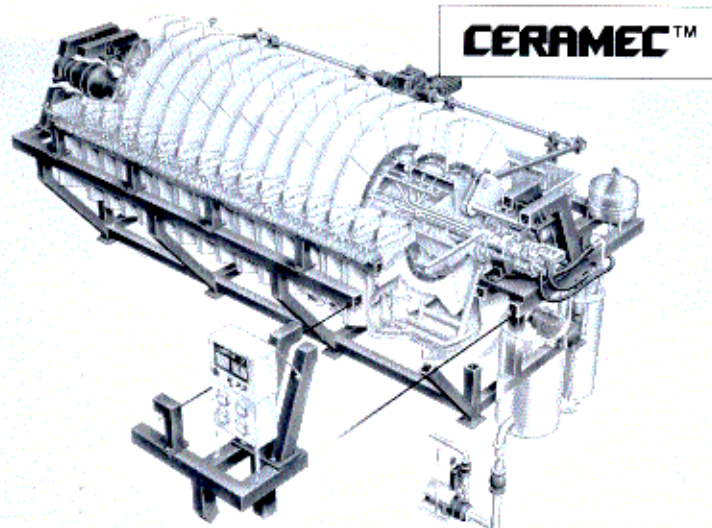
- PANOSTUKSEEN
- RUSNAUKSEEN
- RUISKU-
BETONOINTIIN
- NOSTOA VAATIVIIN
ASENNUSTÖIHIN
- HENKILÖ- JA
MATERIAALIN
KULJETUKSEEN



Orion Yhtymä Oy
NORMET
74510 Peltosalmi
p. 97715241
fax 977 23606

normet
b

Kapillaarisuodatus – luonnon oma tapa suodattaa



CERAMEC™

CERAMEC-suodattimen edut:

- **Suodatinkankaita ei tarvita:** itse keraaminen laatta toimii suodatuselementtinä
- **Energiaa säästävä:** käyttää 90% vähemmän energiaa kuin muut suodatusmenetelmät
- **Pienet käyttökustannukset:** olematon energiantarve, ei suodatinkankaita, vähäinen varaosien kulutus, jatkuvatoiminen ja täysin automaattinen
- **Alhainen jäännöskosteus:** täyttää tiukimmatkin vaatimukset
- **Kristallinkirkas suodos:** ei tarvetta jälkiselkeytykseen

Tilaa koesuodatus heti!

Tyypillisiä sovellutuksia:

kupari-, sinkki-, liijyrakasteet, pyriitti
teollisuusmineraalit, pigmentit, teollisuusjätteet

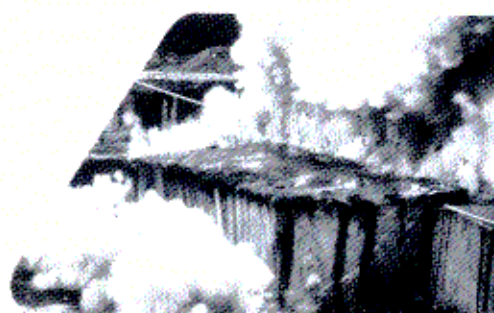
 **outomec**

An Outokumpu Mintec company

Outomec Oy
Pl. 84
02201 Espoo
Puh. 90-4211
Fax 90-4212105
Telex 121461 outo st

Outomec Oy
Mustionkatu 2
20750 Turku
Puh. 921-363-300
Fax 921-367-800

Louhintaräjähdysaineet ja Sytytysvälineet



Modernia louhintatekniikkaa
tarvekilouhimolla.

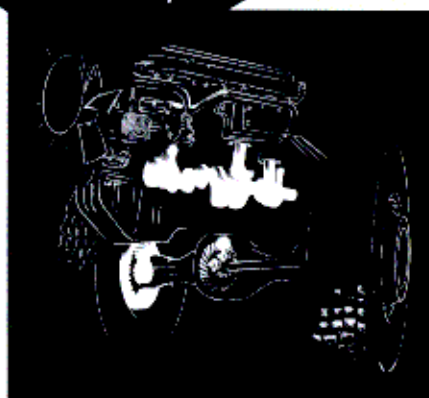
 **FORCIT**

PL 19 10901 Hanko
puh. 911-8001
fax 911-86591

AUTOISTA AUTOIHIN!



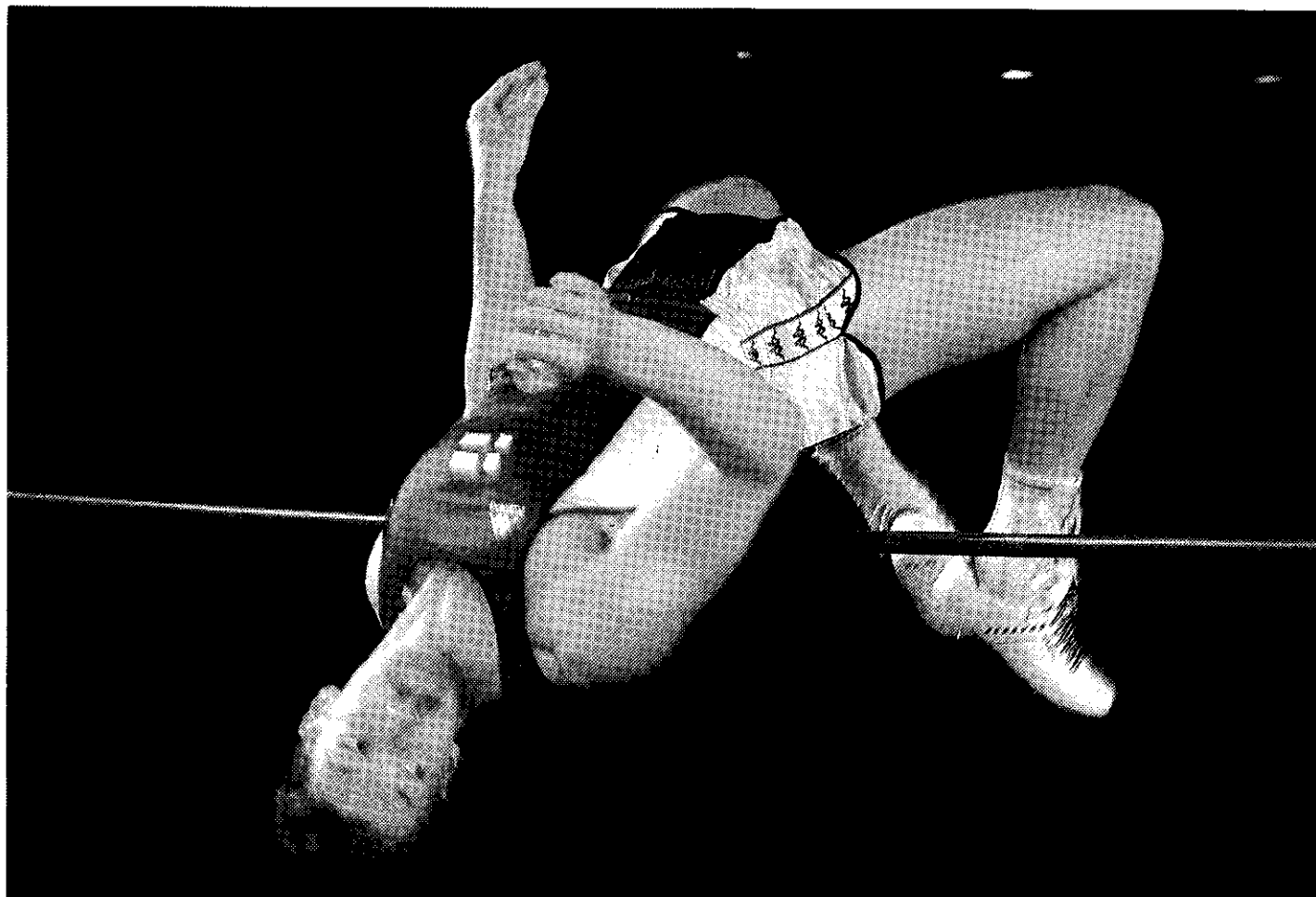
Ovako Imatra on
autoteollisuuden
tunnustettu
teräksentoimittaja.



OVAKO

Teräksistä kilpailukykyä.

SUL:n luvalla



Petri Keskitalo ponnistaa Barcelonan olympiakisoihin 1992 Rautaruukin tuella.

Terästeollisuudessa, kuten kymmenottelussa, ratkaisee kokonaisuuden hallinta.

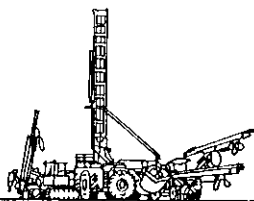
Rautaruukin menestystekijät niin kotimaassa kuin kansainvälisessä kilpailussa ovat teknisesti korkeatasoinen teräksen tuotanto, sille rakentuva monipuolinen jatkojalostus ja asiakasläheinen, joustava toimintatapa.

Tulostavoitteiden saavuttaminen vaatii osaamista sulasta teräksestä tekniseen asiakaspalveluun. Rautaruukissa vahva joukkuehenki luo edellytykset myös onnistuneille yksilösuorituksille.

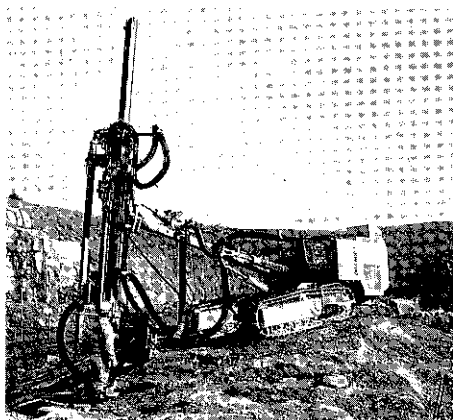


RAUTARUUKKI

TERÄS RAKENTAA TULEVAISUUTTA

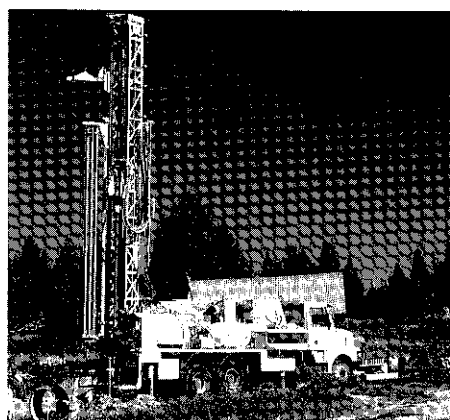


KIVEN JA KALLION LOUHINTAAN



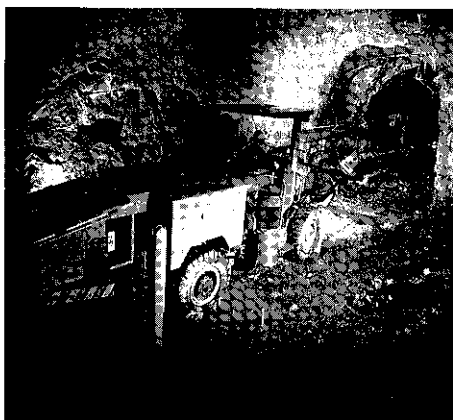
TAMROCK SURFACE

- avolouhintaporauslaitteet
- hyötykiven porauslaitteet



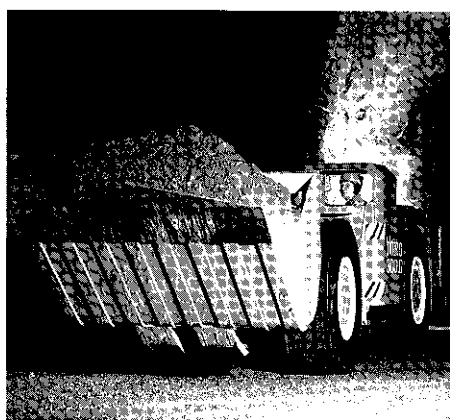
TAMROCK ROTARY

- kiertoporauslaitteet
- kaivonporauslaitteet



TAMROCK UNDERGROUND

- tunnelin- ja peränajolaitteet
- tuotantolouhintaporauslaitteet
- pultitus- ja rusnauslaitteet
- nousuporauslaitteet



TAMROCK LOADERS

- maanalaiset louheen lastaus- ja siirtolaitteet

TAMROCK

TAMROCK OY
PL 279, SF 33101 TAMPERE
Puh. 931-241 4111, Fax 931-241 4849
Tlx 22193 rock sf

Furukawa
ROCK DRILL

KOVA KOVAA VASTAAN

Rotator ja FURUKAWA iskevät kovan kovaa vastaan. Rotatorin laaja FURUKAWA-valikoima käsittää iskuvasarat, poravaunut ja tunnelijumbot.

Maaillman johtavana louhintakaluston valmistajana FURUKAWAN 80 vuoden kokemus ja tämän päivän teknologia takaavat huipputuotteen kaikilla käyttöalueilla. Tästä osoituksena on tuotteiden myynti yli 70 maassa. FURUKAWA on sijoitus taloudellisuuteen ja tehokkuuteen.



Poravaunut

- tela-alustainen
- sisäänrakennettu kompressor
- pölyn keräys
- helppokäyttöinen automaattisesti toimiva terän vaihto
- automaattinen terän rasvaus
- juuttumaton

Markkinointi Suomeen aloitettiin v. 1992 alussa



Iskuvasarat

- iskunopeuden ja -voiman säätö rikottavan materiaalin mukaan
- hydraulii- ja kaasupaineen ylivoimainen yhteisvaikutus
- luja ja yksinkertainen rakenne
- tehokas värinävaimennus

Tekniset tiedot

MALLI	PAINO	ISKUENERGIA/J
HB 2G	85	250
HB 3G	160	400
HB 5G	280	900
HB 8G	470	1400
HB 10G	790	2200
HB 15G	1095	3200
HB 20G	1765	4300
HB 30G	2390	6200
HB 40G	3465	11000
HB 50G	4520	16000

FURUKAWA-iskuvasaramallit varastotoimituksena.

Tunnelijumbot

- kolme hydraulista teleskooppipuumia
- toiminta-alueet 10–120 m²
- painoluokat 18,5–38 tonnia

FURUKAWA – varma tie menestykseen nyt ja tulevaisuudessa.

Tulevaisuuden tekniikkaa



ROTACON OY

Helsinki-Vantaa: Valimotie 5, PL 34, 01511 Vantaa, puh. (90) 821 011
 Tampere: Lempääläntie 31, PL 158, 33101 Tampere, puh. (931) 653 311
 Turku: Sillankorvantie 52, 21380 Auru, puh. (921) 868 888
 Vaasa: Vikkyn teollisuusalue, 65520 Halsingby, puh. (961) 444 755
 Jyväskylä: myynti puh. (941) 879 211
 Ylivieska: myynti puh. (9831) 422 640

VUORIMIESYHDISTYKSEN HALLITUS
22.3.1991

Prof. Raimo Matikainen 90-451 2804
 puheenjohtaja Fax 90-451 2660
 Teknillinen korkeakoulu
 Materiaali- ja kalliotekniiikan laitos
 Vuorimiehentie 2
 02150 ESPOO

DI Erkki Ström 90-421 3986
 varapuheenjohtaja Fax 90-452 2140
 Outokumpu Copper
 PL 144
 02201 ESPOO

DI Veijo Vartiainen 931-241 4111
 Tamrock Oy
 PL 279
 33101 TAMPERE

DI Heikki Rusila 982-301
 Rautaruukki Oy
 Raahen terästehdas
 PL 93
 92101 RAAHE

DI Esko Ulvelin 90-61671
 Teknillinen tarkastuskeskus
 PL 204
 00181 HELSINKI

Prof. Heikki Papunen 921-633 5480
 Turun Yliopisto
 Geologian laitos
 20500 TURKU

Johtaja Raimo Rantanen 939-358 111
 Outokumpu Harjavalta Metals Oy
 29200 HARJAVALTA

TkL Hans Allenius 90-421 2849
 Outomec Oy
 PL 84
 02201 ESPOO

DI Eelis Eskelinen 953-510 111
 Oy Partek Ab
 53500 LAPPEENRANTA

TkL Jorma Kempainen 9698-452 583
 Outokumpu Polarit Oy
 95400 TORNIO

DI Timo Välttilä 973-5561
 Outokumpu Mining Services
 83500 OUTOKUMPU

Yhdistyksen sihteeri:
 I TkT Heikki Laapas 90-451 2786
 Teknillinen korkeakoulu Fax 90-451 2660
 Materiaali- ja kalliotekniiikan laitos
 Vuorimiehentie 2 A
 02150 ESPOO

II TkL Martti Veistaro 954-602 534
 Ovako Metech Finland Fax 954-63 575
 55100 IMATRA

Yhdistyksen rahastonhoitaja:
 LuK Marjatta Parkkinen 90-421 2442
 Outokumpu Oy Fax 90-421 3888
 PL 280
 02101 ESPOO

Geologijaosto
 FL Elias Ekdahl, puh.joht. 971-205 111
 Geologian tutkimuskeskus
 PL 1237
 70701 KUOPIO

FK Sirkku Halonen, siht. 90-462 233
 Geologian tutkimuskeskus
 Betonimiehenkuja 4
 02150 ESPOO

Kaivosjaosto
 DI Kimmo Kekki, puh.joht. 957-254 151
 Ruskealan Marmori Oy
 57100 SAVONLINNA

FM Tommy Grahn, vt. siht. 957-381 371
 Outokumpu Finnmines Oy
 Enonkosken kaivos
 58160 KARVILA

Metallurgijaosto:
 TkT Kalevi Nikkilä, puh.joht. 90-4211
 Outokumpu Engineering
 PL 86
 02201 ESPOO

TkL Lars Helle, siht. 90-4211
 Outokumpu Engineering Contractors
 PL 862
 02201 ESPOO

Rikastus- ja prosessitekniiikan jaosto
 Prof. Kari Heiskanen, puh.joht. 90-451 2789
 Teknillinen korkeakoulu
 Materiaali- ja kalliotekniiikan laitos
 Vuorimiehentie 2
 02150 ESPOO

DI Jukka Karhunen, siht. 90-80471
 Kemira Oy
 Espoon tutkimuskeskus
 PL 44
 02271 ESPOO

Tutkimusvaltuuskunta
 DI Paavo Eerola, puh.joht. 973-5561
 Outokumpu Mining Services
 83500 OUTOKUMPU

Geologinen toimikunta:
 Prof. Heikki Niini, puh.joht. 90-451 2720
 Teknillinen korkeakoulu
 Materiaali- ja kalliotekniiikan laitos
 Vuorimiehentie 2 A
 02150 ESPOO

Kaivosteknillinen toimikunta:
 DI Pekka Lappalainen, puh.joht. 973-5561
 Outokumpu Mining Services
 83500 OUTOKUMPU

Rikastusteknillinen toimikunta:
 DI Jarmo Aaltonen, puh.joht. 971-400 111
 Kemira Oy
 Siilinjärven tehtaas ja kaivos
 PL 20
 71801 SIILINJÄRVI

Tutkimusvaltuuskunnan ja sen toimikuntien
 sihteeri:
 FT Jyrki Parkkinen 90-46931
 Geologian tutkimuskeskus Fax 90-462 205
 Betonimiehenkuja 4
 02150 ESPOO

Outokumpu Finnmines Oy:n Vihannin kaivos

Dipl.ins. Ilmo Autere, Fil.maist. Kalevi Pelkonen ja Dipl.ins. Kari Pulkkinen,
Outokumpu Finnmines Oy, Vihannin kaivos

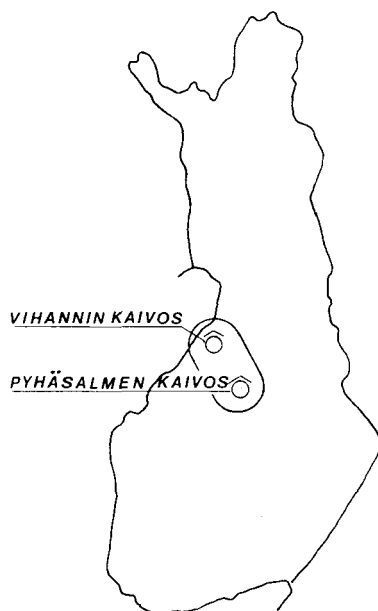
YLEISTÄ Dipl.ins. Ilmo Autere

Vihannin malmiesiintymän löytöhistoriaa, geologiaa, kaivosta ja rikastamoa koskevat yksityiskohdat on kerrottu jäljempänä omissa erikoiskohdissaan. Tässä kohdassa kuvataan se osa Vihannin kaivoksen (kuva 1) toimintaa, joka ei tule niissä esille. Kirjallisuusviiteluettelossa olevissa kirjoituksissa esitettyjä asioita toistetaan hyvin rajoitetusti.

Malmiesiintymän tutkimisesta tehtiin Outokumpu Oy:n ja valtion välillä optiosopimus 24.4.1951 ja syksyllä 1951 yhtiö piti malmivaroja riittävinä kannattavan kaivostoiminnan aloittamiselle. Ensimmäisen nostokuilun, Lampinsaaren kuilun, louhinta aloitettiin vuoden 1951 lopulla.

Tehdasrakennusten yhteinen tilavuus kaivosalueella (kuva 2) oli noin 110 000 m³. Sähköenergia saatiin kaivosalueen ohi menevästä Pohjolan Voiman 110 kV:n voimalinjasta. Käyttövesi pumpattiin n. 4,5 km päässä sijaitsevilta Alpuan harjun pohjavesipumppaamoilta. Yhtiön rakennuttaman ja ylläpitämän asuntoalueen kokonaistilavuus oli n. 70 200 m³ käsittäen alussa 254 asuntoa. Kaivosalueelta on n. 12 km pitkä sivurata Vihannin asemalle.

Kun kaivoksen toiminnan alkuvuosina melkein koko henkilö-



Kuva 1. Vihannin kaivoksen sijainti.
Fig. 1. Location of the Vihanti Mine.

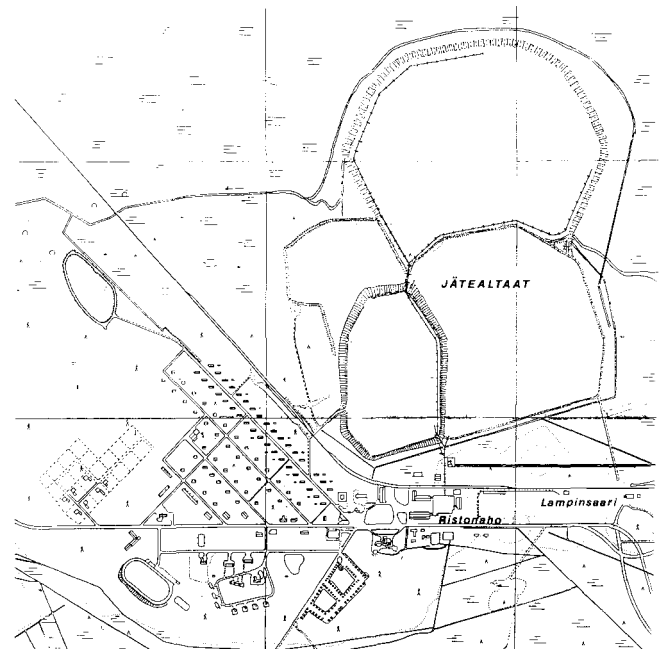
kunta asui kaivosalueella, muuttui tilanne 1970-luvun lopulla ja 1980-luvulla niin, että kaivoskylässä asui enää noin 30 % henkilökunnasta.

Suurimmillaan Vihannin kaivoksen henkilöstön määrä oli v. 1971, jolloin vuoden keskivahvuus oli 502 henkilöä. Saneerausten, rationalisoinnin, instrumentoinnin ja työmenetelmien kehittämisen kautta voitiin malmeja käsitellä enemmän, vaikka henkilöstön määrä koko ajan supistui. Keskivahvuus oli vuonna 1989, jolloin kaivoksen loppumisesta johtuva alasajo ei ollut vielä paljon vaikuttamassa, 218.

Vuoden 1990 loppuun mennessä oli kaivoksesta louhittu yhteensä malmeja 26,5 Mt. Malmeista valmistettiin allaolevan taulukon mukaiset rikastemäärät.

Sinkkirikaste	2,5 Mt	1,3 Mt Zn
Kuparirikaste	0,4 Mt	0,1 Mt Cu
Lyijyrikaste	0,11 Mt	0,06 Mt Pb

Lyijy-, kulta- ja kuparirikasteen yhteinen Au-sisältö oli noin 4,8 t ja Ag-sisältö 0,3 Mt. Kaivoksen malmivarat riittävät vuoden 1992 huhtikuun loppuun.



Kuva 2. Teollisuus- ja asuinalue.
Fig. 2. Industrial and residential area.

MALMIN LÖYTÖHISTORIA FM Kalevi Pelkonen

Ensimmäisiä malmiviitteitä Vihannissa olivat paikkakuntalaisten vv. 1936-1941 löytämät rikkikiisu- ja sinkkivälkepitoiset lohka-reet. Löytöjen johdosta Geologinen Tutkimuslaitos aloitti järjestelmällisen malminetsinnän alueella. Geofysikaalisten anomalioiden selvittämiseksi aloitettiin kairaukset v. 1946 ja ensimmäinen sinkkimalmiraita lävistettiin v. 1947. Geologinen Tutkimuslaitos kairasi kohteessa v. 1950 loppuun ja jätti tällöin Kauppa- ja teollisuusministeriölle loppuraporttinsa. Siinä ilmoitettiin todetuiksi sinkkimalmivaroiksi 0,75 miljoonaa tonnia, jossa 6 % Zn sekä rikkimalmivaroiksi vähintään 0,4 miljoonaa tonnia.

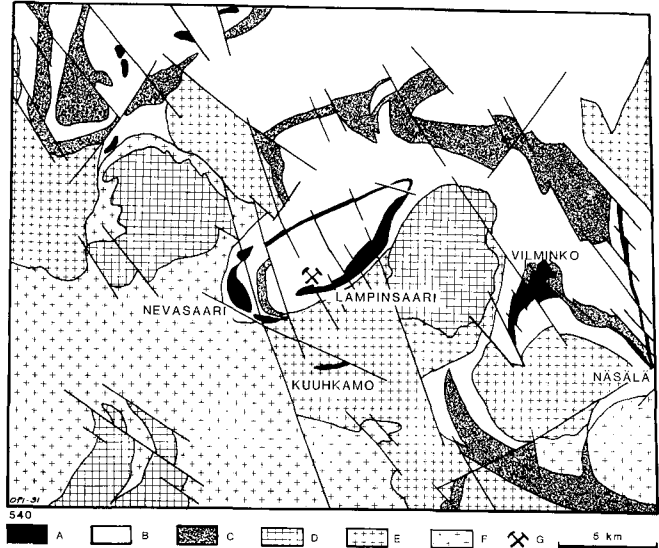
Outokumpu Oy sai esiintymän haltuunsa heti v. 1951 ja jo saman vuoden lopulla alkoivat kaivoksen rakentamistyöt. Malmimäärä kasvoi kairauksen jatkuessa ja kun tuotanto v. 1954 käynnistyi, olivat tunnetut sinkkimalmivarat vähintään 6 miljoonaa tonnia, jossa 12,5 % Zn, 0,8 % Cu ja 0,5 % Pb. Rikkimalmivaroja ilmoitettiin olevan yli miljoona tonnia.

GEOLOGIA

Yleistä

Laatokalta Perämerelle ulottuvassa vyöhykkeessä on useita sulfidimalmeja ja malmiaiheita. Vihanti-Pyhäsalmi-malmiprovinssin // happamaan vulkanismin liittyvät malmit ovat monimetallisia ja rikkikiisurikkaita.

Vihannin alueen svekokarjalainen kallioperä koostuu liuske-alueista ja niitä erottavista syväkivialueista (kuva 3). Vihannin alueen kiilleliuskeet ja sarvivälke-kiillegneissit kuuluvat liuskesarjan alaosaan, jossa oleviin happamiin vulkaniitteihin malmit synnyttään liittyvät. Alueella on kahden pääpoimutuksen synnyttämiä rakenteita. Vahvimpia ovat SW-NE-suuntaiset rakenteet. Alueella on yleisenä syväkivisarja gabrogranodioriittigraniitti ja näitä leikkaa nuorempi mikrokliniigraniitti //2/.

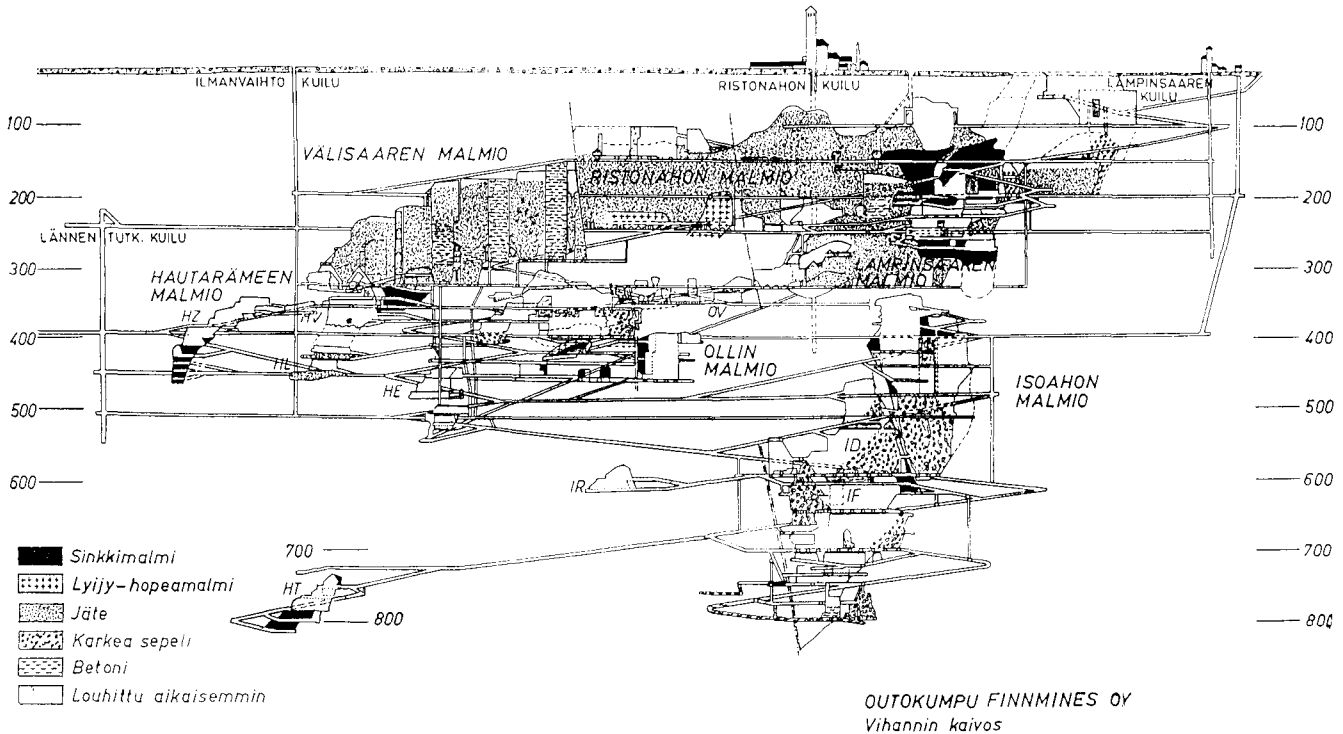


Kuva 3. Vihannin alueen geologinen kartta. Merkinnot: A. Lampinsaaren tyypisiä muodostumia (dolomiitti, karsia, happamia vulkaniitteja, kordieriittigneissia); B. Kiilleliuskeita (metasedimenttejä ja -tuffiitteja); C. emäksisiä vulkaniitteja; D. gabroja; E. granodioriittia; F. mikrokliniigraniittia; G. Vihannin kaivos. Yleisesti Outokumpu Oy, Malminetsinnän (1986) kartasta.

Fig. 3. Geological map of the Vihanti area. Key: A. Lampinsaari type rocks (dolomite, skarn, felsic volcanics, cordierite gneiss; B. mica schists (metasediments and tuffites); C. mafic volcanics; D. gabbro; E. granodiorite; F. microcline granite; G. Vihanti mine.

Malmiesiintymän geologia

Kiilleliuskeiden sisällä olevaa malmeja sisältävää kompleksia (kuva 4) kutsutaan tässä lyhyesti **Muodostumaksi**. Sen pituus itä-länsi-suunnassa on noin 2 km, paksuus suurimmillaan 0,5 km ja



Kuva 4. Kaivoksen pituusprojektiio.

Fig. 4. Longitudinal projection of the mine.

syvyys yli 1 km. Sen yleiskaade on etelään 45° ja akselikaade länsilounaaseen 20-50° (itäpäässä jyrkempi).

Muodostuman kivilajit voidaan jakaa 1) happamiin vulkaniitteihin, 2) karsiin ja dolomiitteihin, 3) muihin liuskeisiin ja 4) juonikiiviin.

Vulkaanisperäisiksi luetut kvartsiporfyryrit ja kvartsi-maasälpäliuskeet esiintyvät runsaimmillaan Muodostuman reunoilla (katos- ja jalassa). Dolomiittit ja karret ovat vallalla sen paksuuntuneessa keskiosassa. Karsia on kahta päätyyppiä: diopsidi- ja tremoliittikarsia. Sulfidipitoisen karren synty liittyyneen malmimuodostukseen dolomiittiympäristössä. Osa karsista on alueellismetamorfoosissa syntyneitä ja kiisuttomia. Muihin liuskeisiin kuuluvat mustaliuske (grafiittituffi /3/) ja kordieriittigneissi. Mustaliuskeet esiintyvät malmiutuneen Muodostuman jalkapuolella ja varsinkin itäosassa. Niissä on heikko rautasulfidipirote. Muodostuman länsiharjassa ovat tyypillisiä metasomaattisesti syntyneet kordieriittigneissit, jotka näyttävät leikkaavan kerrosrakenteitakin (kuva 5). Kaikkia kivilajeja tavataan puhtaina kerroksina, mutta Muodostuman poimuttuneissa osissa vallitsevat kaikki mahdolliset välimuodot ja seoskiivet. Juonikivilajeja on suuri joukko (graniitteja, pegmatiittia, dia- baasia ym.) ja ne liittyvät usein siirroksiin.

Poimutuksen seurauksena Muodostuma on nykyasennossaan ylösalaisin oleva monokliini, jolla on paksuuntunut yläosa (kuva 6). Raja kattopuolen kiillegneisseihin on selvä, jalkapuolen raja on epäselvempi. Yleistetty alkuperäinen kerrosjärjestys malmityyppineen on:

yläpuoliset kiilleliuskeet (nykyinen jalka)

kvartsi-**porfyry**

mustaliuske

karsi-dolomiitti

Pb-Ag-malmit

Zn-malmit

Cu-mineraalisaatiot

kvartsi-maasälpäliuskeet

rikkikiisumuodostumat

uraani-apatitiittimuodostumat

alapuolen kiilleliuskeet (nykyinen katto)

Malmi- ja mineraalisaatiotyypit

Muodostumassa voidaan erottaa viisi erilaista mineralisaatiotyyppiä, jotka ovat vanhimmasta alkaen: uraani-apatitiittimineralisaatiot, kuparimineralisaatiot, sinkkimalmit ja lyijy-hopeamineralisaatiot. Kaikkia esiintyy erillisinä malmioina tai epäekonomisina ”malmioina”. Eri tyypit voivat esiintyä sekoittuneinkin.

Uraani-apatitiittimineralisaatiot

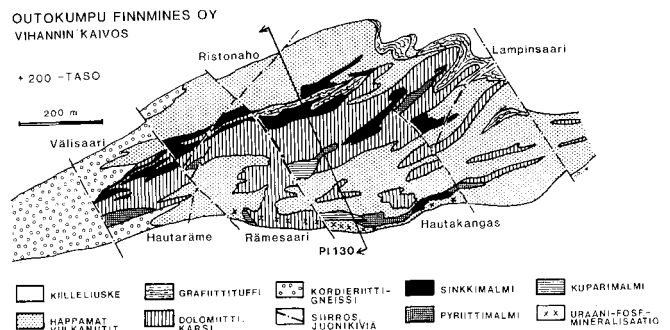
Nämä esiintyvät epäjatkuvana kerroksena Muodostuman katon tuntumassa. Isäntäkivinä ovat karsi-dolomiitti ja kvartsi-maasälpägneissi. Uraanimalmimineraaleina ovat uraniniitti ja apatiitti /4/. Keskimääräiset pitoisuudet ovat 0,03 % U ja 3-5 % P₂O₅. Positiivista taloudellista merkitystä näillä ei ole.

Rikkikiisumineralisaatiot

Suurimmat rikkikiisuesiintymät sijaitsevat myös lähellä Muodostuman kattoa jopa yli 10 m paksuina patjoina. Pieniä hajanaisia esiintymiä on muuallakin. Isäntäkivinä on yleensä kvartsi-maasälpäliuske. ”Malmiot” ovat rikkikiisurikkaita, mutta magneettikiisuvaltaisetkin tyypit ovat yleisiä. Pitoisuus on keskimäärin 20-35 % S, pirotetyypeissä alhaisempi. Cu- ja Zn-pitoisuudet ovat keskimäärin 0,2-0,4 %. Rikkikiisumalmeja on louhittu noin 1,5 miljoonaa tonnia.

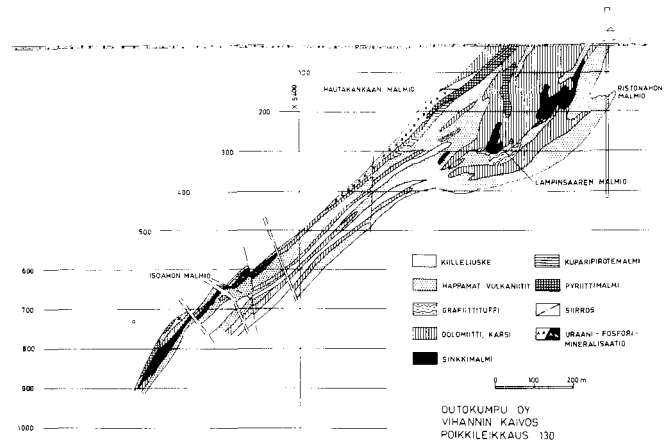
Kuparimineralisaatiot

Kuparimineralisaatiot ovat epäsäännöllisiä pirotemuodostumia



Kuva 5. +200 -tason geologinen kartta.

Fig. 5. Geology of the +200 m level.



Kuva 6. Geologinen poikkileikkaus nro 130.

Fig. 6. Cross section number 130.

Muodostuman keskiosan karsissa ja kvartsi-maasälpäliuskeissa. Ne liittyvät läheisesti rikkikiisumuodostumiin. Sulfidimineraaleina ovat magneettikiisu, rikkikiisu ja kuparikiisu ja paikoin sinkkivälke. Keskimääräiset pitoisuudet ovat 0,5-0,9 % Cu, 0,1-0,5 % Zn ja 10-15 % S. Kuparipiroteita on lisämalmiperiaatteella louhittu 2 milj. tonnia.

Sinkkimalmit

Sinkkimalmit ovat ylivoimaisesti tärkeimmät Muodostuman malmityypeistä. Yli 75 % malmivaroista on kolmessa suurimmassa malmiossa: **Ristonaho, Väliisaari ja Lampinsaari**, paksun karsidolomiittipaksunnoksen jalkaosassa. Pieniä malmioita on koko Muodostuman alueella syvimpiä osia myöten (kuva 4). Isäntäkivinä ovat dolomiitti ja karsi. Malmit ovat kerrosmyötäisiä, mutta poimuttuneissa kohdissa alkuperäisrakenteet ja joskus jopa rajatkin ovat hävinneet.

Pääsulfidimineraaleina ovat sinkkivälke, kuparikiisu, lyijyhohde ja rautakiisut. Sinkkivälke on tummaa, sen Fe-pitoisuus on keskimäärin 7 %. Pienissä määrin mukana on suuri joukko muita sulfidimineraaleja. Baryyttia tavataan ohuina raitoina. Malmioiden pitoisuuksissa on suuria eroja: 3-20 % Zn, 0,1-1,0 % Cu, 0,1-0,7 % Pb, 5-20 % g/t Ag ja 0,1-0,5 g/t Au.

Ristonahon ja Väliisaaren malmioiden yhteispituus on 1100 m, korkeus noin 100 m ja paksuus 10-60 m. Paksuus on kertautunut poimukohdissa. Ristonahon ja Lampinsaaren malmit hajaantuvat itäpäässä ohuiksi suikaleiksi, joista jotkin puhkeavat pintaan. Kaikki kolme suurta malmiota ovat 350 m:n yläpuolella. Väliisaaren Zn-malmi muuttuu länsipäässä Pb-Ag malmiksi. Malmiot ovat Zn-rikkaita, keskipitoisuudet ovat 8-15 % Zn. Cu-pitoisuus on suurin Ristonahossa, 0,9 % Cu. Väliisaari on Pb-rikkain, 0,7 % Pb ja siellä ovat myös sinkkimalmeista korkeimmat jalometallipitoi-

suudet, 45 g/t Ag ja 0,6 g/t Au.

Isoahon malmio on ohuempi laattamainen malmio, joka sukeltaa etelään 350 metristä 1000 metriin. Malmio on graniittijuonien ja siirrosten pirstoma ja Zn-pitoisuus on keskimäärin 3 % eikä malmio ole 800 m:n alapuolella louhintakelpoinen.

Sekä Hautarämeen että Hautakankaan rikkimuodostumien jalka-puolella on epäyhtenäinen sinkkimalmivyöhyke, jossa on erilaisia pieniä, hyvinkin rikkaita (5-20 % Zn) malmioita laajalla alalla. Syvimmät "rusinat" on louhittu 800 m:n syvyydestä Hautarämeen jatkeella. Muodostumassa on myös sekalaisia pirotettyypisiä Zn-Cu-Pb-malmioita, joissa Zn-pitoisuudet ovat 1-4 %.

Kaikkiaan sinkkimalmeja on louhittu 22 miljoonaa tonnia.

Lyijy-hopea-kultamineralisaatiot

Hopeaa ja kultaa on sinkkimalmioissakin tyypillisesti lyijyhohteen seurassa, mutta Pb-Ag-Au-mineralisaatioita on myös omina pirote-tyyppisinä esiintymänä sinkkimalmien ja mustaliuskeiden välissä. Suurimmat esiintymät ovat Välisaaren ja Hautarämeen alueilla. Muodostuman itäpäässä niitä ei ole. Isäntäkivenä on yleensä diop-sidikarsi. Runsaimmat sulfidimineraalit ovat lyijyhohde, rautasul-fidit, kuparikiisu ja paikoin sinkkivälke. Tyypillisiä ovat myös tet-raedriitti, boulangeriitti ym Sb-Pb-mineraalit, arseenikiisu, hopea ja kulta. Hopean kantajista lienee tärkein tetraedriitti, jonka Ag-pitoisuus vaihtelee malmiosta riippuen 3-30 %. Metallinen hopea, lyijyhohde, hessiitti ja kuparikiisu ovat muita hopean kanta-jia. Tyypillisiä pitoisuuksia ovat: 1 % Pb, 0,3 % Cu, 0,3 % Zn, 80 g/t Ag ja 0,7 g/t Au. Rikkaissa kohdissa on yli 200 g/t Ag. Hopean ja lyijyn korrelaatio malmeissa on selvä, rikastuksessa hopea mence kuitenkin etupäässä kuparirikasteeseen. Pb-Ag-malmeja on louhittu noin miljoona tonnia.

Geokemiasta

Eri tutkimuksissa /5/ ja /6/ on tullut selvästi osoitetuksi, että koko Muodostuma on malmien päämetallien suhteen selvästi anomaalinen. Primääriset aureolit ovat säilyneet metamorfoosin jälkeenkin. Aureoleilla on sekä poikittainen että lateraalinen vyöhykkeellisyys. Poikittainen vyöhykkeellisyys on frontaalityyppinen ja epäsym-metrinen ja osoittaa rakenteen ylösalaisuuden. Yksinkertaistettu vyöhykkeellisyysarja on: As, U, Mo, Ba, Cu, Zn, Hg, U, Pb, Ag, As, Sb, Bi. Lateraalinen vyöhykkeellisyys esiintyy säteettäi-sesi oletetun vulkaanisen keskuksen ympärillä, joita on ollut vain yksi. Yleistettynä tämä sarja on: Cu, Mo, U, Ba, Tl, As, Hg, Zn, Ag, Pb, Bi, Sb.

Rikki-isotooppien delta 34-S-arvoissa on suuri hajonta, mikä johtuu useasta S-populaatiosta. Pääsinkkimalmioiden sulfidinen rikki on raskasta vulkaanis-ekshalatiivista tyyppiä, kun taas aina-kin osa rikkikiisumuodostumien rikistä on keveämpää. Mustalius-keen sulfidien rikki on kaikkein keveintä ja eroaa malmien rikistä.

KAIVOS Dipl.ins. Ilmo Autere

Yleistä

Lähes 40 vuoden aikana alkaen Lampinsaaren kuilun ajon aloitta-misesta marraskuussa 1951 on kaivostyö Vihannin kaivoksella ol-lut jatkuvan kehityksen ja muutosten kohteena.

Ensimmäisten suunnitelmien mukainen vuosilouhinta oli 400 000 t malmia, josta 300 000 t sinkkimalmia ja 100 000 t rik-kimalmia. Ensimmäinen vuosi, jolloin rikastamo toimi koko vuo-den täydellä kapasiteetilla, oli vuosi 1956. Malmia toimitettiin ri-kastamolle tällöin 305 887 t. Vuonna 1957 nousi vuosituotanto yli 400 000 tonniin. Kun yhtiön Kokkolan tehtaat oli rakennettu käsit-telemään rikkirikasteita, ryhdyttiin toteuttamaan suunnitelma rau-takiisuja sisältävien mineralisaatioiden hyödyntämiseksi sinkkimal-

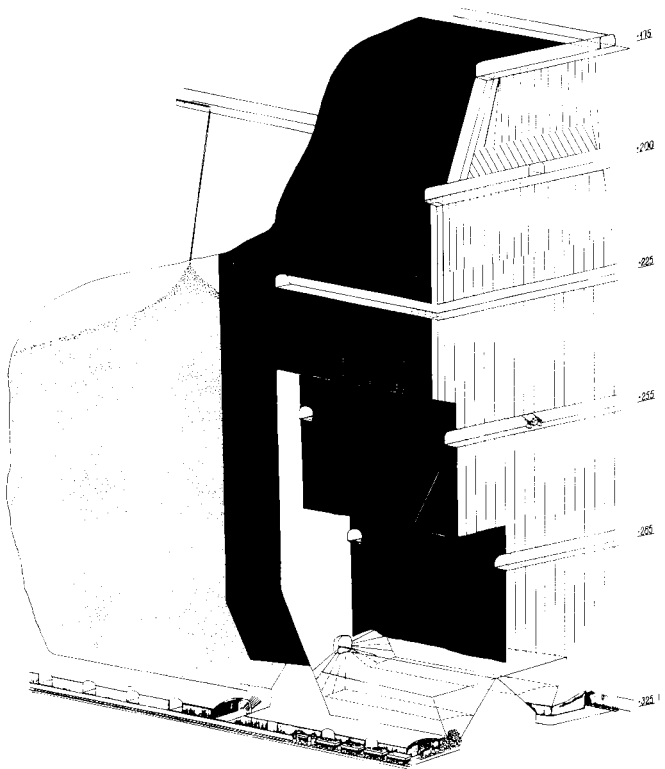
mien ohella. Tarvittavat laajennustyöt suoritettiin ja ensimmäiset rikkirikasteet saatiin v. 1967. Laajennustyön perusteena oli nostaa tuotanto 750 000 tonniin vuodessa, jossa sinkkimalmeja olisi ollut 500 000 t. Tämä sinkkimalmin vuosilouhintatavoite saavutettiin vasta vuonna 1976. Rautakiisupitoisten mineralisaatioiden hyödyntäminen osoittautui muutaman tuotantovuoden jälkeen kannatta-mattomaksi. Tilalle pyrittiin etsimään ja rajaamaan hyödyntämis-kelpoista ns. kuparipirotemalmia. Rikkirikasteen valmistaminen lopetettiin v. 1975. Kuparipirotemalmien tuotantomäärää lisättiin vuosi vuodelta. Vuonna 1979 lopetettiin malmien erillään käsittely maanalaisen murskauksen jälkeen. Vuonna 1980 oli kaikkien mal-mien yhteinen syöttö rikastamolle 928 654 t. Kaivoksen syvim-mässä osassa sijaitsevan Isoahon malmion ja ns. Pb-Ag-malmioi-den hyödyntämisen aloittamisen jälkeen oli mahdollista lisätä kai-voksen tuotantoa edelleen. Kun rikastamolla oli valmiudet saneer-usten jälkeen lisätä jauhatuskapasiteettia, päästiin v. 1987 mal-minsyötössä 1 145 369 tonniin, joka myös jää kaivoksen historian suurimmaksi vuosituotannoksi.

Louhintamenetelmät

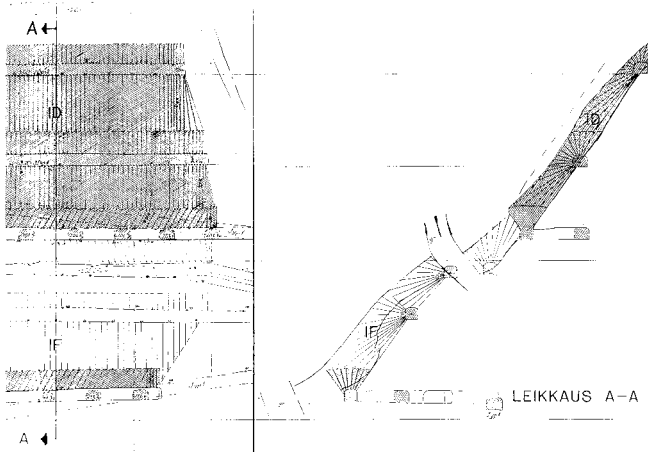
Malmioiden hyödyntäminen aloitettiin makasiinilouhintamenetelmää käyttäen. Makasiinilouhinta antoi aikaa malmioiden rajojen ja pitoisuuksien yksityiskohtaiseen tutkimiseen sekä louhinnan suun-nitteluun. Viimeiset makasiinilouhokset lastattiin loppuun v. 1970.

Vihannin kaivoksen päälouhintamenetelmä on ollut välitasome-netelmä (kuvat 7 ja 8) johtuen monista syistä. Ristonahon malmion viimeisten louhosten louhinnassa Lampinsaaren malmiossa ja Väli-saaren malmiossa oli käytössä periaatteessa seuraavalla tavalla to-teutettu välitasolouhintamenetelmä:

- Malmiot jaettiin yleensä poikkisuunnassa louhoksiin ja malmi-pilareihin.
- Louhosten leveys oli 20-30 m ja niiden väliset pilarit 8-23 m, suurimman louhoksen pituus oli 70 m ja korkeus 160 m.
- Louhoksen pohjan avaus suppiloitiin kuljetustasolta ylöspäin, useimmiten sivukivessä.



Kuva 7. Välitasolouhintamenetelmä Lampinsaaren malmiossa.
Fig. 7. Sub-level stoping in Lampinsaari ore body.



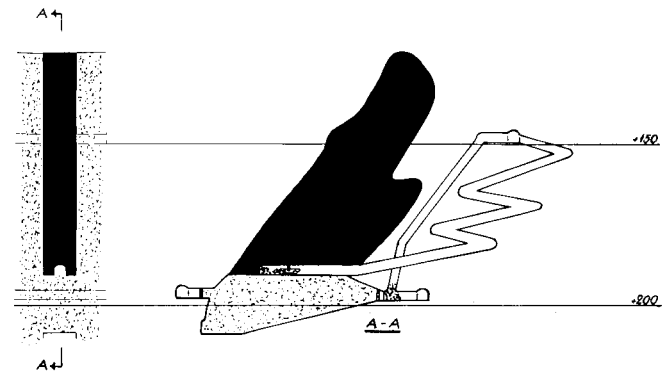
Kuva 8. Välitasolouhintamenetelmä Isoahon malmissa.
Fig. 8. Sub-level stoping in Isoaho ore body.

- Välitasot louhittiin 25 m korkeuseroin, aluksi yksi porausperä keskelle louhosta, myöhemmin porausperät malmipilareita sivuten.
- Kulkunousut ajettiin rakentamalla pilareiden kohdalle jalka-raakkuun.
- Avausnousut ajettiin aluksi rakentamalla, myöhemmin pitkäreikämenetelmällä.
- Kumipyörillä kulkevan lastauskaluston käyttöönoton jälkeen kulkuyhteydet välitasoilla louhittiin vinoperäyhteyksiä käyttäen.
- Räjähdyksineeksi otettiin dynamiitin tilalle aniitti, josta suurin osa pystytettiin 1960-luvun puolivälistä lähtien korvaamaan ANO:lla.
- Nallit olivat aluksi sähköllä räjäytettäviä millisekuntinalleja, myöhemmin NONEL-nalleja.
- Rikotusräjähdyksineenä käytettiin aniittiraivauspanoksia.
- Välitasoperien ja yhteysperien koko oli 3,5 m × 3,5 m, nousujen 2 m × 2 m, louhintaviuhkojen reikien läpimitta yleensä 51 mm, pisimmät reiät viuhkoissa 30 m.
- Malmin lastaus tapahtui kiskotetuista poikkiperistä Atlas-Copcon LM 200- ja LM 250- sekä Salzgitter HL 400-koneilla junavaunuihin tai siirtokuormaimilla juniin, kaatokuiluihin tai dumpperiin.

Tyhjäksi lastattujen louhosten kulkuyhteydet suljettiin suodatusputkistoilla varustetuilla betonipadoilla, jonka jälkeen louhokset täytettiin rikastamon luokitetulla jätteellä. Lampinsaaren ja Väliisaaren malmissa osa louhosten täyttömateriaalista kovetettiin joko sementillä tai rikastamon yhteyteen rakennetussa jauhimossa hienonnetulla masuuniuonalla. Kovettuvan täytön avulla voitiin malmipilarit kaataa pitkiä reikiä käyttäen tyhjiksi lastattuihin varsinaisiin välitasolouhoksiin. Näin saattoi yhden yhtenäisen avoimen tilan leveys olla 50 m ja tilavuus noin 350 000 m³.

Luokitetulla jätteellä täytettyjen välitasolouhosten välisten malmipilareiden louhinta (kuva 9) osoittautui vaikeaksi. Niitä yritettiin louhia kattolouhintana täyttäen tai vinoja ylöspäinporattuja viuhkoja käyttäen. Louhinnan tehot olivat huonot, saanti huono, jätettä sekaantui malmiin ja työskentelyolosuhteet lohkaroituneessa pilarissa olivat monesti vaaralliset. Vinoperien käyttöönoton jälkeen voitiin käyttää porausvaunuja ja kauko-ohjattua lastauskoneita, jolloin tilanne parani.

Kun malmioiden kaade oli alle 70°, jouduttiin käyttämään useita lastaustasojia ja välitasoperätkin suunnittelemaan alle 25 m korkeuseroin. Kaivoksen toiminnan loppuvuosina otettiin tuotantoon pieniä erillisiä malmiota, joiden kaade oli louheen vierimiskulmaa pienempi. Nämä louhittiin malmioiden pituussuuntaan ajetuista peristä ylöspäin porattuja pitkäreikäviuhkoja räjäyttämällä ja



Kuva 9. Malmipilarin louhintamenetelmä.
Fig. 9. Cut and fill stoping in an ore pillar.

kauko-ohjattuja siirtokuormajia käyttäen. Samaa menetelmää käytettiin aikaisemmin louhittujen louhosten alapuolelle ja väleihin hylättyjen malmirippeiden hyödyntämisessä.

Louhinnassa käytettyjen koneiden laatu, koko ja määrä ovat muuttuneet tarpeiden mukaan ja tekniikan kehittyessä. Uusimmat koneet peränporauksessa ovat olleet sähköhydraulisia kaksipuomisia Tamrock Minimatic tyyppiä, pitkäreikäporauksessa hydraulisia Tamrock Solo 1500 tyyppiä, lastauskoneet Ara Toro 400 ja 500 tyyppiä. Työalustat ovat olleet Normet Oy:n valmistamia.

Kuljetus, murskaus ja nosto (kuva 10)

Malmiesiintymän hyödyntäminen ja kaivoksen syventäminen tapahtui periaatteessa kolmessa vaiheessa, joista myöhemmät rakentuivat jo olemassa olevien laitteistojen hyväksikäyttöön. Alkuvuosina kaikki malmi oli sinkkimalmia ja louhittiin +325-tason yläpuolella sijaitsevista louhoksista ja kuljetettiin Ristonahon kuilulle murskattavaksi ja nostettavaksi rikastamolle.

Malmikuljetuksessa käytettiin aluksi 3,5 m³ G-vaunuja. Murskaamon siirtämisen jälkeen +325-tasolle rakennettiin 7 m³ vauuille pohjatyhjennyslaitteet lohkaromuruskaimen yläpuolelle. Niitä käyttäen kuljetettiin +325-tasolla malmit Lampinsaaren ja Väliisaaren malmiosta. Vuoden 1967 puolivälissä kaivoksella oli kahden erillaisen malmin murskaus- ja nostomahdollisuus. Näihin kahteen rinnakkaiseen linjaan voitiin syöttää malmiä kaikilta päätasoilta.

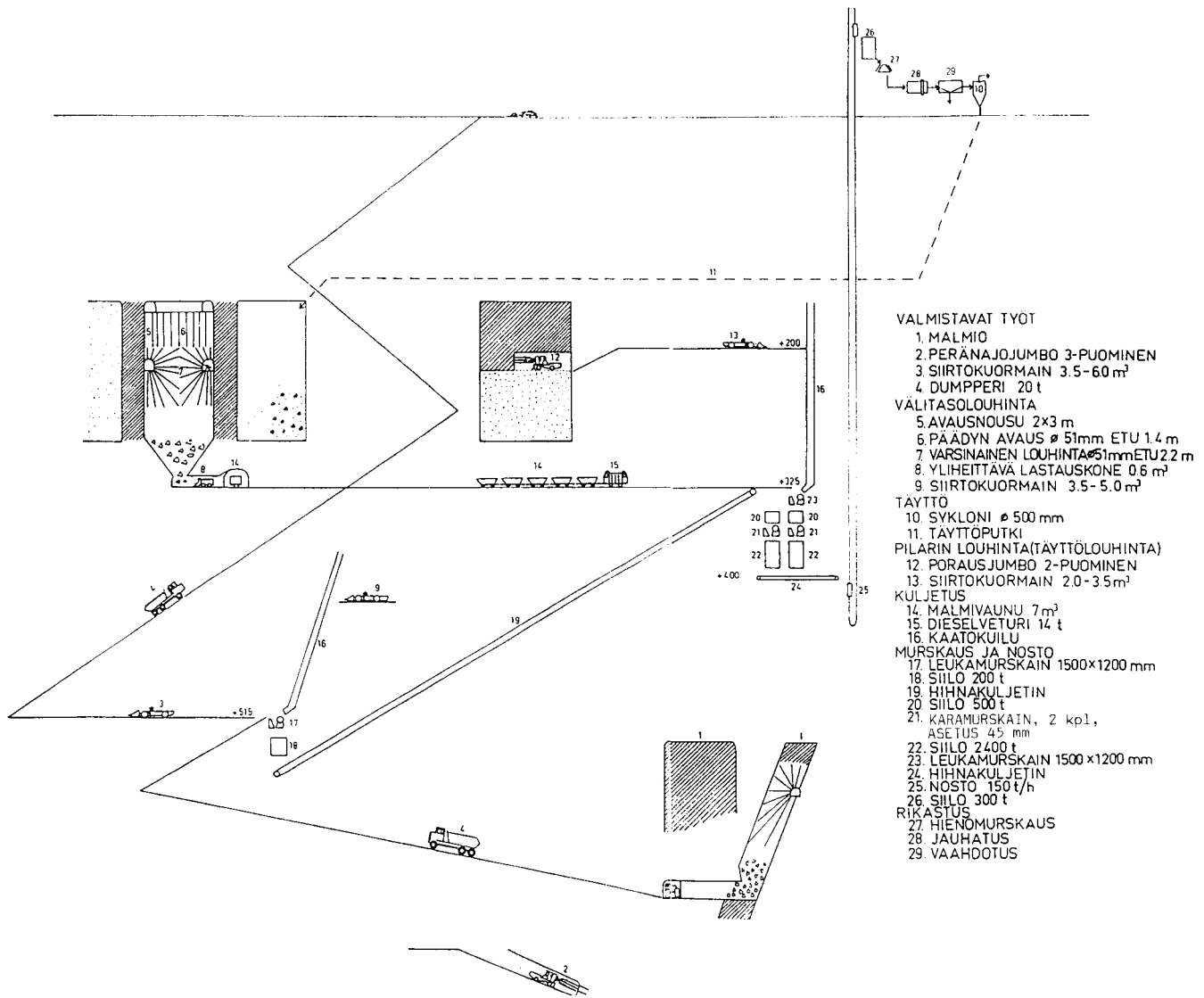
Toisessa vaiheessa kaivosta syvennettiin niin, että toinen lohkaromuruskain, Murskauskone L150/250, sijoitettiin +515-tasolle, josta murskattu malmi syötetään ns. TSG-kuljettimella nostettavaksi +325-tasolle leukamurskaamoon syötettäväksi. Täällä malmin lastaus ja kuljetus tapahtui pelkästään kumipyöräisillä siirtokuormaimilla vinoperäyhteyksiä ja kaatokuiluja käyttäen.

Kaivoksen kolmas syvennysvaihe perustui Isoahon malmin hyödyntämiseen. Hyödynnettävä osa malmiosta ulottui +800-tasolle. Malmin yleissuunnitelmia ja kannattavuuslaskelmia tehtäessä todettiin edullisimmaksi nostovaihtoehdoksi dumpperikuljetus +515-tason murskaamolle.

11.7.1955 jälkeen kaikki malminnosto on tapahtunut Ristonahon kuilussa. +400-tason kuljetushihnat, mittataskut ja nosto toimivat automaattisesti. Raudanpoisto hihnalta on järjestetty metallinilmäisiä ja magneettikuljetusta käyttäen automaattisesti. Henkilöstön ja materiaalin nostoa varten on DEMAG:n valmistama Koepe-kone. Se oli alunperin käsinohjattava, mutta muutettiin v. 1980 automaattiseksi.

Ristonahon kuilusta 600 m itään sijaitsee Lampinsaaren kuilu. Sitä käytettiin 11.7.1955 jälkeen pelkästään raakunnostoon ja materiaalinkuljetukseen. Se poistettiin käytöstä 1970-luvun lopussa.

Kaivoksen länsipäässä oli tasojen +250 ja +515 välissä henkilö- ja raakunnostoa varten ns. Lännen tutkimskuilu. Se poistettiin



Kuva 10. Kaivoksen toimintakaavio.
Fig. 10. Mine layout.

käytöstä v. 1980.

Malminsyöttö +515-tason murskaamon täry- tai vaunusyöttimestä alkaen Ristonahon tornissa tapahtuvaan kappojen tyhjennykseen saakka muutettiin 1980-luvulla +325-tason murskaamon valvomosta kauko-ohjatuksi. Viikonvaihteessa ja yövuoron aikana voidaan malminsyöttö rikastamolle hoitaa vähimmillään vain yhden vuoromiehen toimesta.

Myöskin raakun kuljetusta ja käsittelyä yksinkertaistettiin 1970-luvun lopusta alkaen. Yleensä pyrittiin raakku sijoittamaan täytteen mahdollisimman lähelle louhimispaikkaansa.

Henkilöstön ja tarvikkeiden kuljetuksessa on käytetty tavallisia pakettiautoja ja maastureita.

Tukemistoimenpiteet

Tärkein tukemismenetelmä on ollut tyhjen louhosten täyttö. Kaivoksen alaosan louhoksia täytettiin myös, mutta täyttöön otettiin valmistavista töistä tullutta raakkulouhetta.

Täyttötoimenpiteiden päätarkoitus oli tehdä mahdolliseksi malmien hyvä talteen saanti. Kaikkia tyhjiä louhoksia ei täytetty, koska malmiesiintymän yläpuolella oleva maanpinta oli pääasiassa rakentamaton ja se rajattiin aitaamalla sortuma- ja painumavaarallisena

alueena.

Normaaleja louhittujen tilojen lujitusmenetelmiä, kuten pulttusta ja ruiskubetonointia käytettiin. Myöskin verkotusta kokeiltiin, samoin pukitusta.

Ilmanvaihto ja vedenpoisto

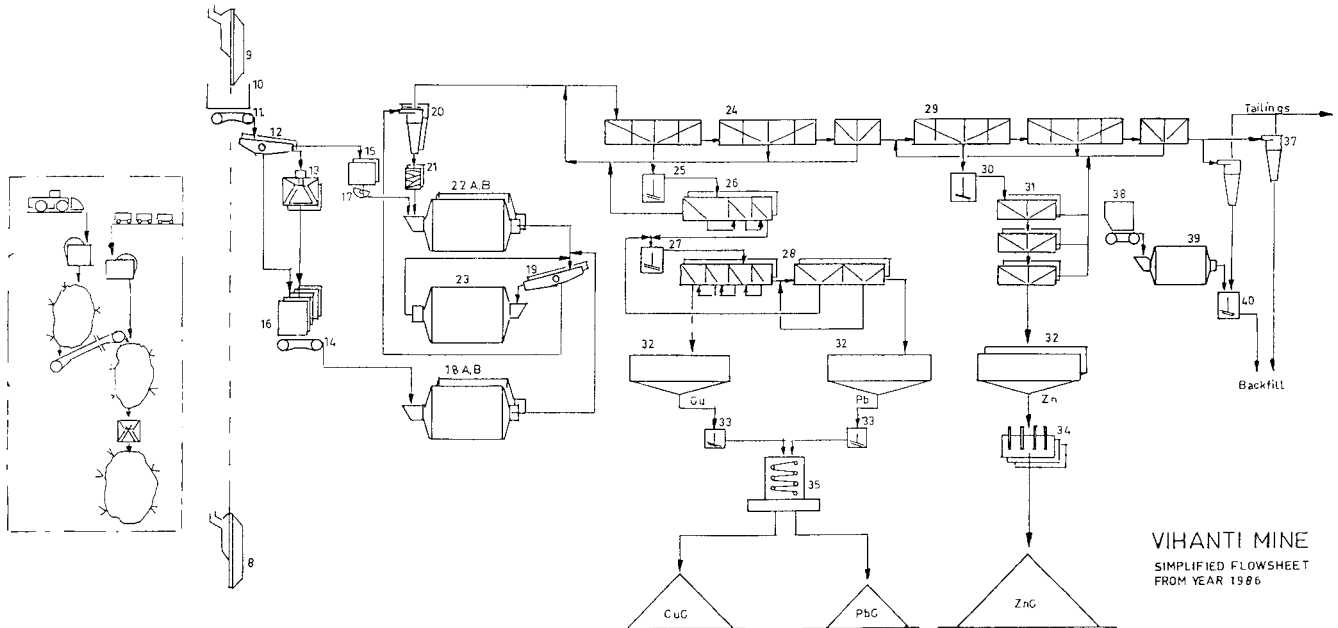
Malmiesiintymän kattopuolen uraanipitoiset mineralisaatiot aiheuttivat sen, että vuotovesistä vapautui Radon-kaasua kaivosilmaan. Tämä aiheutti lisävaatimuksia kaivostuuletukselle ja kaivoksessa työskentelevien työolosuhteiden valvonalle. Tuuletukselta ohjataan yhtiön kehittämällä Ventcon-tietokonejärjestelmällä. Raitista ilmaa puhalletaan kaivokseen noin 100 m³/s Välihaaran ilmanvaihtokuilun kautta.

Kaivokseen tulevat vedet kerätään pumppujen, putkistojen, vesireikien ja ojien kautta +350-tasolla sijaitsemalle keskuspuuasemalle.

Henkilöstö ja organisaatio

Vuoden 1989 alussa kaivososastolla oli yksi insinööri, kaksi vuorolytönjohtajaa, 7 vuorotyönjohtajaa ja 83 työntekijää.

- | | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|---|
| 10. Ore bins | 20. Cyclone classifiers | 26. PbCu-cleaning, OK-3 |
| 13. Cone crushing | I-circuit: \varnothing 400, 2 pcs | 28. PbCu-separation, OK-3 |
| 14. Fine ore feeders | II-circuit: \varnothing 350, 1 pcs | 29. Zn-flotation, OK-16 |
| 17. Pebble feeders | 21. Gravity circuit | 31. Zn-cleaner, OK-3 |
| 18. Rod mills | 22. Pebble mills, 2 pcs | Two parallel rows |
| 2,7 x 3,6 m, 340 kW, 80 t/h | 3,2 x 4,5 m, 430 kW | 32. Thickeners \varnothing 7,0 m |
| 2,25 x 3,6 m, 240 kW, 62 t/h | 23. Ball mill | 34. Disc filters \varnothing 1,8 m, 3 pcs |
| 19. Screens 1,8 x 5,0 m, 2 pcs | 2,75 x 3,2 m, 220 kW | 35. Pressure filter; 12 m ² |
| | 24. PbCu-flotation, OK-16 | |



Kuva 11. Rikastuskaavio.
Fig. 11. Mill flowsheet.

RIKASTAMO 1954–1990 Dipl.ins. Kari Pulkkinen

Koko toiminnan ajan rikastamon syötteen perusrungon ovat muodostaneet Zn-malmit. Niiden käsittelyn peruskaavio on pysynyt samana: ensin kuparin ja lyijyn yhteisvaahdotus ja sitten sinkin. Painamalla Pb yhteisrikasteesta Cu ja Pb on saatu omiksi rikasteikseen.

Marginaalimalmeihin luettavien rikki-, Cu-pirote- ja Pb-Ag-malmien hyödyntäminen on ollut monenlaisen pohdinnan kohteena. 1967 tuotantoon otettujen S-malmien osalta päädyttiin erilliskäsittelyyn (kuva 11). Prosessin sijoitus edellytti murskaamo-, sillo- ja rikastamotilojen laajentamista alkuperäisestä 46500 m³:stä 61200 m³:iin. Myös erillinen 2200 m³:n kuivaamorakennus rakennettiin. Laajennus loi samalla perusedellytykset rikastamon tulevalle keskitetylle valvonnalle.

S-malmin rikastuskaaviossa vaahdotettiin ensin kupari, sitten sinkki ja lopuksi rikki alkalisessa pH:ssa runsaahkolla ksantaatilla. Malmin vaihtelevaiseksi osoittautunut FeK-pitoisuus heijastui pyriittirikasteen S-pitoisuuteen. Sen Zn-pitoisuusvaateen saavuttaminen käytännössä onnistui vain tuottamalla heikkolaatuinen Zn-rikaste. Se ohjattiin Zn-malmin Zn-piiriin tämän välitysjauhatuskautta. Heikkoko Cu-rikaste sen sijaan yhdistettiin Zn-malmeihin Cu-rikasteeseen. Pyriittirikasteen kysynnän lopahdettua aloitettiin Cu-pirotealmien käsittely. Näistä saadut Cu- ja Zn-rikasteet laadultaan jo lähenivät Zn-malmeista saatuja rikasteita.

Vuonna 1974 Zn-malmipiiriin laitteisto uusittiin OK-16 ja OK-3 kennoilla. Vaahdotusvolyyymi suureni prosessivaiheesta riippuen 2-4 -kertaiseksi. Investoinnin pääperusteet olivat Zn-malmien käsittelykapasiteetin nostaminen ja sen rikastustulosten parantaminen. 1970-luvun energiakriisin alulle panema kustannustason jyrkkä nousu nopeutti kuitenkin erityyppisten malmien yhteisvaahdotuksen tutkimista. Vuosina 1977-78 malmit vielä jauhettiin eril-

lään, mutta 1979 niiden sekoitus aloitettiin jo nostovaiheessa. Vaikka metallurgiset tulokset lievästi kärsivät, etenkin Pb- ja Zn-rikasteiden laadut, käyttökustannusten leikkautuminen ja erilliskäsittelyn aiheuttamien hukka-aikojen poistumisen mahdollistamat lisätonnit paransivat taloutta. Rikastamon energian kulutus aleni lähes 10 kWh/t. Kun kuparirikasteen kuivaus painesuotimen ansiosta 1982 lakkasi, 1967 tehdyn laajennuksen tiloista pääosa oli jäänyt käytöstä pois.

Kaivoksen koko murskauslinjan saneeraus — samalla murskausvaiheiden vähennys neljästä kolmeen sekä murskauslinjan ja malminnoston automatisointi ja pienen kuulakuorman lisäys palamyllyihin sallivat nostaa rikastamon syöttöä koko 1980-luvun alkupuoliskon. Saavutettiin taso 1 050 000 t/a. Kovien Pb-Ag-malmien mukaantulo ja halu pitää korkea syöttötaso johtivat kuitenkin jauhatushienouden karkeutumiseen, josta etenkin Zn-vaahdotus kärsi.

Jauhatuspiiriin uudelleenjärjestelyt v. 1985, siirtyminen raappaluokituksesta syklooneihin ja kuulajauhatus tanko- ja palamyllyjen ulostulomateriaalin +2 mm:n jakeelle nostivat syöttötason 1 150 000 t/a ja palauttivat jauhatushienouden totutulle tasolle. Samassa yhteydessä asennettiin jauhatuspiiriin painovoimaerotuslaitteita pyrkien kullaa talteensaannin parantamiseen.

Tuottavuus, malmi-t/miestyötunti, on vuodesta 1957 noussut 3,5 kertaiseksi, 17 tonniin. Tämä on pääosin johtunut kuvatuista rationalisointi- ja laitteiden kapasiteetin nostotoimista. Miehittämättömiksi automatisoitujen, koko laitosta palvelevien aputoimintojen valvonnan siirtyminen rikastamolle on laajentanut sen vastuualuetta ja on ollut eräs merkittävimmistä automaation tuomista hyödyistä.

Vihantin Zn-malmit ovat keskimäärin olleet helposti rikastettavia. Koettujen ongelmien syyt ovat jaettavissa karkeasti kahteen ryhmään; malmista itsestään ja sovelletuista tuotantomenetelmistä aiheutuneisiin.

Tuotantomenetelmälliset syyt Malmin ominaisuudet

- kaivostäytettä malmissa
- märkyys
- kierrätysveden laatu ja määrä
- kaivosveden laatu ja määrä
- vaahdotuksen syötteen arvomineraalijakaantumien
- malmien sekoittaminen Pb/Cu-suhde
- vaahdottavat raakkumineeraalit
- magneettisen FeK-esiintymisen
- FeK/arvomineraali suhde
- FeK/spoleriitti
- jauhautuvuus
- pirotteisuus

Suurin osa ongelmista on sen luonteisia, että selvää teknistä ja korjaavaa ratkaisua ei ole löydettävissä. Kerääntyneen kokemuksen perusteella on ollut suunnattava toimintoja niin, että haitat minimoituvat.

SUMMARY

OUTOKUMPU FINNMINES OY'S VIHANTI ZINC MINE

The Vihanti mine is located in western Finland 85 km south of the provincial capital, Oulu.

The Vihanti ore deposit was found in 1947 as a result of prospecting started after the discoveries of ore boulders by local people.

Mining activity in Vihanti began in the spring of 1951 and production began after the completion of the concentrator in 1954.

Automation and powerful mechanization as well as rationalization have made it possible to increase the ore production almost four-fold exceeding 1 145 369 t in 1987. This development has

KIRJALLISUUS — REFERENCES

1. Kahma, A., Saltikoff, B and Lindberg, E. Kartta: Suomen malmiesiintymät, 1976.
2. Rouhunkoski, P.: Bull.Comm.Geol. Finlande, No 236, 1968.
3. Rauhamäki, E., Mäkelä, T., Isomäki, O-P. (In Häkli, T. A., ed): 26th Int. Geol. Congress Paris 1980. Guide to Excursions 078A+C, Part 2. Finland, 14-24.
4. Rehtijärvi, P., Äikäs, O. and Mäkelä, M.: Economic Geology, Vol. 74, 1979, 1102-1117.
5. Wennervirta, H. and Rouhunkoski, P.: Economic Geology, Vol. 65, 1970, 564-578.
6. Venäläistyö.
7. G. Laatio, A. Mikkola, P. Mattila.: Outokumpu Oy:n Vihannin kaivos, Vuoriteollisuus — Bergshanteringen 1/57 (1957) p. 26-43.
8. V. Annala.: Outokummun historia 1910-1959. SKK Helsinki (1960) p. 357-364.
9. M. Kuisma.: Kuparikaivoksesta suuryhtiöksi, Outokumpu 1910-1985, Forssan Kirjapaino Oy Forssa, 1985, p. 157-160, 272-275.
10. L. Vanha-Honko.: Vihannin kaivoksen TSG-kuljetin, Vuoriteollisuus — Bergshanteringen, 1/71 (1971) p. 34-39.
11. L. Vanha-Honko.: Vihannin kaivoksen ilmanvaihtokuilun ajo Alimak-nousuhissillä, Vuoriteollisuus — Bergshanteringen, 2/1959 (1959) p. 23-25.

guaranteed the continuation of economical production in spite of the decreasing metal content of the ores.

Until the beginning of 1991 26.5 Mt of ore had been mined resulting in 2.5 Mt of zinc concentrates containing 1.3 Mt metallic zinc.

The principal mining method has been sub-level stoping. The main concentration method is flotation.

The total number of employees at Vihanti was 201 at the end of the year 1989.

PALVELUHAKEMISTO

GEOALAN PALVELUJA

Palvelemme ja suoritamme geoalan tutkimusta kentällä ja ajanmukaisissa laboratorioissamme.

Geologian tutkimuskeskus

Betonimiehenkuja 4
02150 ESPOO

Puh. 90-46931
Fax. 90-462205

KONSULTTITOIMISTOJA

SKOL ry:n jäsen
INSINÖÖRITOIMISTO

SAANIO & RIEKKOLA OY

Laulukuja 4, 00420 HELSINKI Puh. 90-5666500 fax 90-5663354
Yliöstönmäentie 24, 40500 JYVÄSKYLÄ Puh. 941-650150 Fax 941-650120

- Kalliotilojen yleissuunnittelu
- Rakennesuunnittelu
- Kalliorakennussuunnittelu ja rakennusgeologia
- Kalliotutkimusten ohjelmointi ja tulokäsittely
- Kalliomekaniikka ja atk-palvelut

TUTKIMUSPALVELUT



OUTOKUMPU MINING SERVICES
GEOANALYYTTINEN LABORATORIO

Mineraali- ja alkuaineanalytiikka
Materiaali- ja mineraalitutkimukset

PL 74 83501 OUTOKUMPU puh. 973-5561 fax 973-556610

Suomalaisen kaivososaamisen kilpailukyky ulkomailla

Dipl.ins. Timo Välttilä, Outokumpu Metals & Resources Mining Services

Suomen malmikaivosteollisuus on taantunut viime vuosikymmenen aikana merkittävästi. 1980-luvulla Suomessa suljettiin kymmenkunta malmikaivosta ja vastaavasti tuotantoon saatiin vain kaksi uutta kaivosta. Nämäkin viimeksimainitut kaivokset ovat malmivarojensa puitteissa hyvin lyhytikäisiä. 1990-luvun puolivälissä on meillä Suomessa toiminnassa vain 2–3 malmikaivosta ja metallurgisen teollisuuden kotimainen raaka-ainepohja kromia lukuunottamatta on hyvin kevyissä kantimissa.

Toisaalta metallurgisen teollisuuden raaka-aineiden saannin varmistaminen ja toisaalta halu pysyä tiiviisti mukana kaivosteollisuustoiminnassa ja hyödyntää konsernissa olevia alan henkisiä voimavaroja aktivoi jo kymmenkunta vuotta sitten Outokumpu Oy:n kansainväliseen kaivostoimintaan (kuva 1). Tänäkin päivänä konsernin henkilöstöstä noin 60 suomalaista työskentelee päätoimisesti ulkomaisen kaivostoiminnan tuotannossa tai sen kehittämisessä joko Suomesta käsin tai asemamaihin sijoittuneena. Base-metallituotannosta on jo nyt yli puolet ulkomailla.

Suomen malmikaivostuotannon kasvun myötä kehittyi tuotantoa tukevaa konepajateollisuutta ja muuta laitevalmistusta, jolle kaivostoiminta tarjosi tuotekehityksen koekentän ja kansainvälisen markkinoinnin perusreferenssit. Kaivosteollisuuden ja kone- ja laitevalmistuksen tuotekehitysyhteistyö onkin Suomessa ollut perinteisesti tiivistä ja tämän yhteistyön tulokset ovat olleet mittavia. Perustellusti voidaankin todeta, että samassa veneessä on oltu ja useimmiten on soudettu hyvin tahdissa.

Tämän esityksen tarkoituksena on edellä kuvattuun taustaan nojautuen ja ulkomaisista kaivostoiminnoista noin kymmenen vuoden aikana saatujen kokemusten perusteella luoda näkemys siitä, min-käläiset mahdollisuudet suomalaisella teknologialla ja henkisel- lä kaivososaamisella on suuressa maailmassa. Oikean käsityksen muodostamisella on tärkeä merkitys sikäläkin, että lähitulevaisuudessa joudutaan taas kerran ottamaan kantaa alan kehittämiseen Suomessa sekä koulutuksen että teknologian kehityksen osalta.

TUOTANTOTEKNOLOGIA

Koneet, laitteet, kalusto

Suomalaisella kaivuskoneita valmistavalla konepajateollisuudella on varsin merkittävä osuus alan markkinoista maailmalla. Sama pätee tiettyjen rikastamon prosessikoneiden markkinoiden osalta. Tällä seikalla sellaisenaan ei ole mainittavaa merkitystä suomalaisen kaivososaamisen kilpailukyvyille, koska

- koneenrakentajan on menestyäkseen markkinoitava tuotteitaan maailmanlaajuisesti asiakkaan karvoihin katsomatta,
- tieto hyvistä ratkaisuista leviää nopeasti ammattikunnan keskuudessa.

Kaivostoiminta on päätöksenteon ja sen tuloksen näkemisen suhteen pitkäjänteistä toimintaa. Tulos kone- ja laitevalinnoista näkyy vasta useamman vuoden jälkeen. Tällöin operatiivisessa kaivostoiminnassa saa se yritys, joka on mukana kone- ja laitekehityksessä, varsin selvää kilpailuetua, koska



Kuva 1. Kansainvälistä kaivostoimintaa ei runnata cocktail-kutsuilla.

Fig. 1. The international mining is not only cocktail parties.

- yrityksellä on käyttösovellutus uudelle koneelle valmiina
- yrityksellä uustuotannon suunnittelu perustuu näihin uusiin kone- ja laiteratkaisuihin.

Näkemyksenomaisena väittämänä voisi esittää, että suomalaisella kaivososaamisella on 2–3 vuotta kilpailullista etumatkaa kone- ja laitevalmistajien tiivistä ja tulevaisuusaktiivista yhteistyötä, vaikka se tapahtuisikin Suomen ulkopuolella.

Menetelmät

Kaivostoiminnan tuotantoteknologiassa vaikuttavat kustannuskilpailukykyyn eniten louhinnassa ja rikastuksessa käytetyt menetelmät. Koneet ja kalusto palvelevat näiden menetelmien toteuttamista optimaalisesti ja ne ovat näin ollen menetelmäsovellusten välineitä. Varsinainen kaivososaaminen keskittyy louhintapuolella nimenomaan eri louhintamenetelmien ja niihin liittyvien muiden toimintojen soveltamiseen ja yhteensovittamiseen. Rikastuspuolella vastaavasti osaamisen selkäranka on kyky valita oikeat prosessitoteutukset.

Kansainvälinen kanssakäyminen on perinteisesti kaivosteollisuuden piirissä ollut vilkasta ja avointa. Näin ollen suurien yritysten välisiä menetelmäsälaisuuksia ei ole. Myöskään uusien ratkaisujen tai ratkaisumallien suojaamista patenteilla ei ole pidetty mielekkäänä. Patentoinnilla onkin menetelmäsektorilla pikemminkin mainostava kuin suojaava vaikutus.

Tuotantomenetelmien suhteen kilpailuetua voidaan katsoa olevan sellaisella kaivosyrityksellä, jolla

- on pitkäaikainen ja monipuolinen kokemus hallitakseen eri menetelmäsovellukset vaihtelevissa olosuhteissa
- on riittävät ja kokeneet omat henkilöresurssit suunnittelun to-

teuttamiseksi niin, että radikaalitkin muutokset ovat mahdollisia. Samalla tämä merkitsee sitä, että yrityksellä on

- * rohkeutta eli teknistä riskinottoa ja
- * valmiutta panostaa menetelmäkehitykseen ja -sovellutuksiin

Yleisesti maailmalla nojaututaan suunnittelussa ja menetelmävalinnoissa insinööri- ja tekniikkajärjestöjen palveluun. Näiden ”suurpiirteinen” ote suunnitteluun useinkin puutteellisen tiedon pohjalta ei anna parasta tulosta. Suomalaisella suunnittelu- ja tuotantovastuukulttuurilla on tässä suhteessa varsin selvä kilpailuetu kansainvälisillä kaivosmarkkinoilla. Tämän edun säilyttäminen vaatii huomattavaa panostusta henkilöresursseihin.

PIENI MAA — PIENET MALMIT, ISO MAA — ISOT MALMIT

Kaivostoiminta on aina äiti-luonnon kanssa työskentelemistä. Sekä malmin louhinnan että sen rikastamisen suhteen jokainen malmi on ainakin jossain määrin oma erikoistapauksensa. Kuitenkin sekä malmien louhinnassa että rikastuksessa toteutetaan ja sovelletaan samoja tekniikoita mitä erilaisimmissa tapauksissa. Kun ajatellaan kustannuskilpailukykyä, on käytännön sovellutuskokemuksella tietyn tyyppisen malmin kanssa operointiin mitä suurin merkitys.

Meidän suomalaisten kaivososaaminen ja sen kehittäminen perustuu käytännön kokemukseen Suomen malmien puitteissa. Näissä ympyröissä kokemus on sekä louhinnan että rikastuksen suhteen laaja ja olemme pystyneet kannattavasti hyödyntämään kansainvälisesti katsottuna pieniä ja köyhiä esiintymiä. Kokemus ja tekniikan soveltaminen ovat peräisin ensisijaisesti maanlaisesta louhinnasta (kuva 2).

Maailmalla tulee haasteina vastaan aivan toisentyypisiä malmeja sekä koon, kivilajiympäristön että rikastusominaisuuksien suhteen. Valtaosa malmien louhinnasta tapahtuu avolouhintana, josta meillä on suhteellisen vaatimattomat kokemukset ja malmit ovat yleensä nuoremmissa kivilajeissa ja hienorakeisempia s.o. vaikeammin rikastettavia. Toisaalta taas meidänkin tyyppisiä malmeja esiintymä on runsaasti.

Kansainväliseen kaivostoimintaan mentäessä sekä yritys- että henkilötasolla edellä esiintuotua problematiikka on katsottava melkoiseksi haasteeksi. Tasapainottavina asioina voidaan tuoda esiin seuraavia näkökohtia:

- perusopit sekä louhinnassa että rikastuksessa ovat yhteneväisiä
- rikastuksen suhteen problemaattisten malmien kanssa eivät muutkaan yritykset pärjää hyvin
- erikoistapaukset vaativat aina omat erikoisratkaisunsa
- suurikaan kaivoskohde ei ole enempää kuin monta x pieni kohde



Kuva 2. Enonkosken nikkeli-kuparikaivos.
Fig. 2. Enonkoski nickel mine in Finland.

Kuningaskysymykseksi kansainvälisessä toiminnassamme voidaan kiteyttää: ”Voidaanko hyvin menestynyt pienten kaivosten tekninen kulttuuri soveltaa menestyksekkäästi uusiin kaivoskohteisiin?”

HENKISET VOIMAVARAT

Kaivostoiminta on tunnetusti pitkäjänteistä ja paljon investointirahaa kysyvää toimintaa. Rahoitusresurssien runsaudella ei meillä Suomessa voida ylvästellä. Sen sijaan voidaan perustellusti väittää, että pitkäjänteisyyden ymmärtämisessä ja henkisten voimavarojen sektorilla meillä lienee eniten kilpailukykyä, jos arvioidaan vertailevasti kaivososaamisen eri-alueita.

Ammattiin koulutus Suomessa on viime vuosikymmeninä ollut korkeatasoinen kaikkien organisaatiotasojen työskentelyvalmiuksien osalta kaivosmiehestä korkeimpaan tekniseen johtoon asti. Teollisuuden ja koulutusorganisaatioiden kiinteän yhteistyön ansiosta koulutus on ollut myös hyvin käytännönläheistä korkeakouluopiskelu mukaan lukien.

Suomen kaivosteollisuuden kehityskäyttäytyminen on tarjonnut akateemiselle henkilöstölle, joka on avainasemassa kansainvälisissä toiminnissa, käytännön urakierrossa: tutkimus-tuotanto-suunnittelu, laaja-alaisen perehtymisen kaivostuotannon koko toimintaluokkeeseen. Organisaatorisesti henkilöstön hyvät valmiudet on voitu hyödyntää vastuun ja vastuu pitkäälle vietynä delegointina. Suomalaisista kaivosorganisaatioita voitaneekin pitää erittäin tehokkaina ja itsenäisesti toimeentulevana yksikkönä. Itsenäisyyttä ja omin voimin selviytymistä kaivataan kansainvälisissä ympyröissä. Siihen suomalaisilla kaivosammattilaisilla pitäisi olla hyvät valmiudet:

- vastuuntuntoa ja rohkeutta päätöksentekoon on
- jokainen insinööri on kehittäjä ts. uusissakaan asioissa sormi ei mene suuhun.
- Uhkana ja ongelmana henkisen pääoman säilymiselle ja siirtämiselle kansainvälisille markkinoille on nähtävissä
- koulutuksen määrällisen ja laadullisen tason säilyttämismahdollisuudet
- käytännön koulutuspaikkojen, kaivosten, luominen ”suomalaiselle tuotantokulttuurille” Suomen ulkopuolelle
- suomalaisen kulttuurin tartuttaminen asemamaissa rekrytoituun henkilöstöön.

LAATUTEKIJÖIDEN TIEDOSTAMINEN

1960-luvulla levisi maailman kaivosteollisuuteen mammuttitauti maanalaista kaivostuotantoa myöten. ”Suuri on kaunista”-työnimen alla etsittiin tehokkuutta ja sen mukana tuottavuuden lisäystä koneiden ja kaluston kokoa kasvattamalla. Sama ilmiö toteutui koneiden suhteen myös rikastamoilla. Tässä tehokkuuden tavoittelussa usein unohtui se tosiasia, että kaivos saa tulonsa tuotetuista metallitonneista eikä käsitellyistä kivitonneista. Laatutekijöiden arvo unohtui ja tehokkuuden lisäyksen hyöty valui varsin nopeasti laatutekijöiden huononemisesta johtuviin lisäkustannuksiin ja kaivoksen eri vaiheiden tuotteiden laadun huononemiseen.

Varsin yleisesti maailmalla nojaututaan suunnittelussa konsultti-palveluihin tai kaivosyhtiön sisäiseen keskitettyyn palveluun. Paikallinen tuotannonjohto on tällöin määrä- ja kustannusjohtamista. Laatutekijöiden saaminen tehokkaasti mukaan edellyttää tulosjohtamista ja sen myötä pitkälle vietyä poikittaisyhteistyötä ja valtuuksien delegointia. Että tämä onnistuisi, pitää tuotanto-organisaatiolla olla riittävästi koulutettu johto-organisaatio ts. riittävät henkiset resurssit.

Kaivostuotannon kaikkien laatutekijöiden saattaminen järjestykseen ja pitäminen järjestyksessä antaa eniten tuottavuutta ja kustannuskilpailukykyä, koska se varsin pienistä asioista koostuen

- on käytännöllisesti katsoen ilmaista ja vähentää sekä investointi- että käyttöresurssien tarvetta

— parantaa kaivoksen tulokassavirtaa.

Uskoisin, että meillä Suomessa laatutekijöiden merkitys kaivos-tuotannon kannattavuudelle mielletään yleisesti ja asian vaatimat panostukset huomioidaan tuotannon kehitystyössä. Useilta kilpailijoilta laatuajattelu puuttuu, koska

- se vaatii suhteellisen runsaasti henkisiä resursseja ja
- siinä pitää olla mukana koko organisaatio jopa omistajatkin.

KULTTUURIKYSYMYKSET

Käytännön kaivostoiminnan hoitaminen teknisenä ja organisaatioir-sena toimintana on mitä suurimmassa määrin sopeutumista paikalliseen country-kulttuuriin. Tästä kulttuurista, sen tabuista ja muista tehokasta toimintaa rajoittavista tekijöistä pääsee perille vasta paikan päällä todellisessa työssä. Syytä turhanpäiväisiin kitkatekijöihin joutuu usein etsimään hyvinkin pitkään. Jopa paikallisesta country-kielestä, murteesta ja sanojen merkityksestä voi syntyä pahoja väärinkäsityksiä. Vähänkin pitempään toiminnassa olleen kaivoksen teknisen ja työskentelykulttuurin muuttaminen on todella vaikea tehtävä (kuva 3). Kun konsulttina tai omistajanakin lähestytään ongelmien ratkaisuja, on vastassa

- verukkeita, viivytystä jopa suoranaista pakoilua
- selittelyä, miksi meillä ei asiaa voida hoitaa näin
- suoranaista sabotaashia.

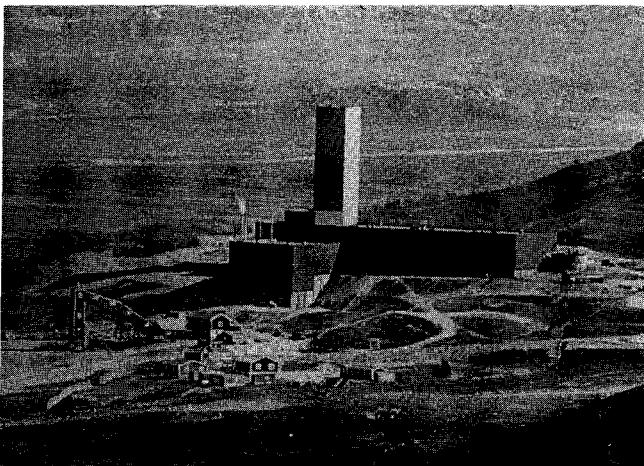
Kehitys on mahdollista saada kuitenkin liikkeelle kohtalaisen vaivattomasti, jos onnistuu löytämään ja tunnistamaan työmaan todelliset vaikuttajayksilöt ja onnistuu heidän motivoinnissaan (kuva 4).

Uuden kaivosprojektin käynnistäminen pystymetsään green field -projektina (kuva 5) onnistuu kulttuuriympyröiden puitteissa helpommin, koska liikkeellelähtöorganisaatio on yleensä alueen ulkopuolelta:

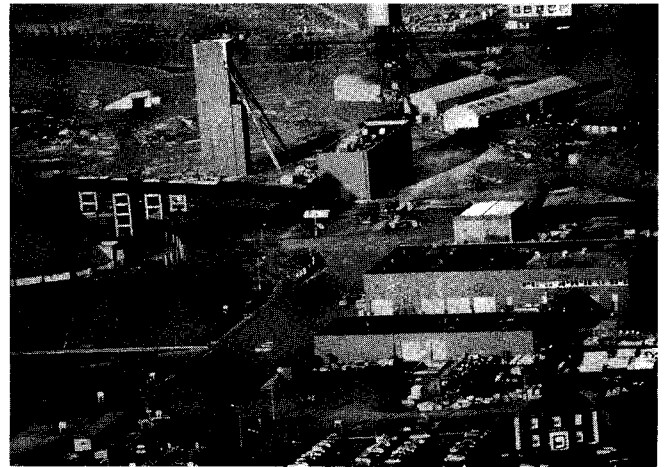
- suomalainen mentaliteetti: työtä — olutta — lenkkimakkaraa ja taas työtä, toimii varsin hyvin,
- suomalainen selvä ja mutkaton asioiden lähestymistapa sopii hyvin kaikkiin country-kulttuureihin.

Asemamaan staff-eliitin, jota kuitenkin aina tarvitaan, rekrytoinnissa on oltava hyvin varovainen ja pidättyväinen. Se edustaa paikallista yläkulttuuria ja sopeutuu yleensä huonosti suomalaistyyliiseen tuotanto- ja teknologiakulttuuriin. Usein tällainen esillä oleva eliittijoukko on lisäksi jonkinlainen "kiertopalkinto" rekrytointimarkkinoilla.

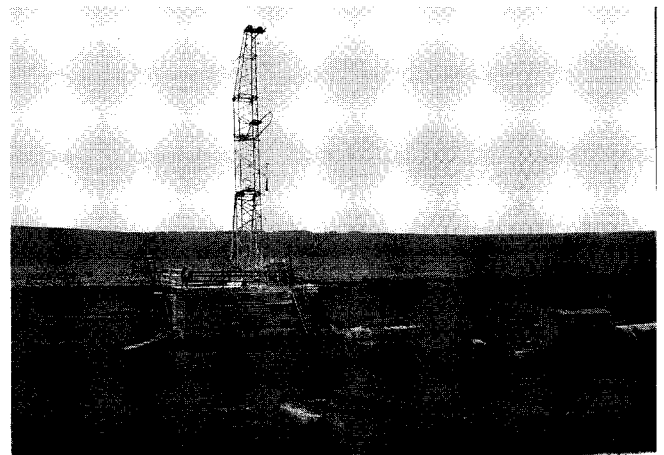
Kulttuurin, on se minkäläistä tahansa, kehittämisessä ja muokkaamisessa on koulutus avainasemassa. Panostukset koulutukseen, tuntuu se kuinka vaivalloiselta ja tuloksettomalta tahansa, tulevat moninkertaisesti takaisin yhtä hyvin henkilöstön taidon lisäyksenä kuin erilaisten kulttuurien sopeutumisprosessina.



Kuva 3. Follidalin kupari-sinkki-pyriittikaivos Norjan tuntureilla.
Fig. 3. Follidal Cu-Zn-pyrite mine on the Norwegian mountains.



Kuva 4. Tara sinkki-lyijykaivos Irlannissa.
Fig. 4. Tara zinc-lead mine in Ireland.

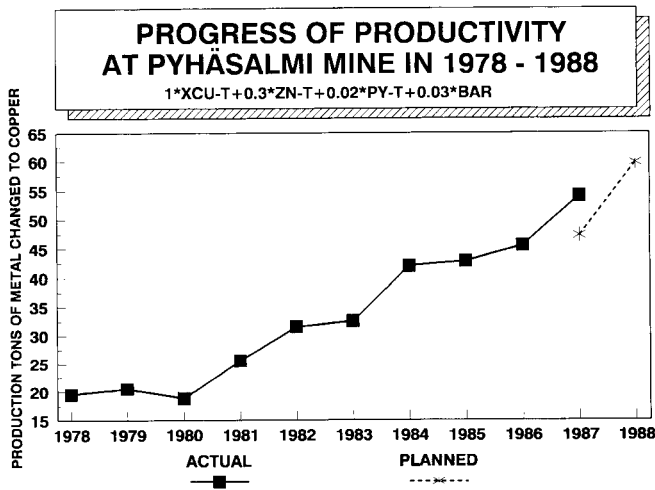


Kuva 5. Tänne tulee Aleksandrinskin kupari-sinkki-kaivos etelä-Uralille.
Fig. 5. The green field picture of Alexandrinsky Cu-Zn-deposit in Ural district.

CASE — PYHÄSALMEN KAIVOS

Tuottavuuden kehittämisen jonkinlaisena malliesimerkinä Suomesta voitaneen pitää Pyhäsalmen kaivosta, joka 1970-luvun lopulla oli painumassa todella vaikeaan taloudelliseen tilanteeseen pääasiassa louhintateknisten vaikeuksien vuoksi. Kehitystyö käynnistettiin ensi vaiheessa malmin laatuksella. Myöhemässä vaiheessa tulosta alkoi syntyä organisaatiokehityksen, louhintamenetelmämuutosten, rikasteiden — varsinkin pyriittirikasteen — laadun ja markkinointikelpoisuuden kehityksen myötä. 3–4 vuoden jälkeen alkoi olla tuntuma, että tilanne on hallinnassa.

Tuottavuuden nousu käynnistyi yllättävänkin nopeasti (kuva 6 sivulla 92) ihmisten asenteiden muutoksen ansiosta. Teknisten muutosten vaikutukset alkoivat näkyä paljon myöhemmin 2–3 vuoden kuluttua. Oleellista asiassa on ollut se, että laatutekijöiden merkityksen oivaltamisen jälkeen tuottavuuden myönteinen kehitys on jatkunut vielä 80-luvun lopulla varsin voimakkaana. Koko tarkastellun toimintajakson aikana ei käsitelty vuotuinen malmimäärä maimittavasti vaihdellut. Kaivoksen henkilöstön määrä puolestaan laski noin 25 prosentilla.



Kuva 6. Pyhäsalmen kaivoksen tuottavuuskehityskäyrä. Tonnit ovat henkilöä kohti laskettuja.
Fig. 6. Progress of productivity at Pyhäsalmi mine 1978-88. Metal production t/employee.

SUMMARY

THE COMPETITIVENESS OF FINNISH MINING ACTIVITIES AROUND THE WORLD

During the last decade the number of Finnish metal mines has decreased tremendously. Simultaneously the Outokumpu Group, the Finnish base metal company, has increased its own mining activities abroad. This article relates experiences from this period and discusses the success factors that Finnish mining technology and mining culture have in competition with the international mining business.

While the expansion of Finnish mining production there was the development of Finnish-made, reliable and high capacity mining and processing equipment and systems. These developments have helped to keep Finnish mines as low cost producers. Another great

LOPPUSANAT

Suomesta ollaan yritysten viimeaikaisilla päätöksillä suuntautussa enenevässä määrin kansainväliseen operatiiviseen toimintaan. Näin tapahtuu myös kaivosteollisuuden sektorilla. Toimintaympäristönsä puitteissa kaivostoiminta poikkeaa melkoisesti tavanomaisesta tehdasteollisuudesta ja sen riskit ja mahdollisuudet painiskelevat tässä suhteessa omassa sarjassaan.

Kirjoituksessa on pyritty arvioimaan suomalaisen kaivososaamisen ja kaivosammattilaisten mahdollisuuksia tukea kansainvälistävää suomalaista kaivosteollisuutta. Eri osasektorien analyysin objektiivisuuden voi aina asettaa kyseenalaiseksi. Yleisvaikutelmaksi kokonaisuudessaan jää kuitenkin, että meillä suomalaisilla on annettavaa maailman kaivosteollisuudelle. Tämän päätelmän mukaan panostukset alan koulutukseen ja teknologian kehitykseen ovat perusteltuja.

influence on maintaining low costs is the high general level of education and on-going training schemes available in Finland. The development work in the field of mining technology and productivity have been quite active.

One difficulty of internationalization met by transplanted Finnish managers and engineers has been how to successfully transfer their Finnish "mining culture". By this is meant how to incorporate their special technologies, management style and decision delegation. The experiences have been both positive and negative but the general feeling is that Finnish mining engineers will succeed in the international mining business.

EAPKY – SALOMONINA KÖSSÖLÄSSÄ

**VUORIMIESYHDISTYS –
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y:n**

VUOSIKOKOUS

pidetään Helsingissä 20.–21.3.1992

Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin postitettavassa kutsussa.

**VUORIMIESYHDISTYS –
BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y:s**

ÅRSMÖTE

hålls i Helsingfors 20.–21.3.1992

Närmare uppgifter meddelas i inbjudan som postas vid senare tidpunkt.

Teollisuusmineraalitalanne ja tulevaisuuden näkymät Kemira Oy:ssä

Fil.tri Heikki Vartiainen, Kemira Oy

JOHDANTO

Geologian tutkimuskeskuksen malmiosasto kutsui viime keväänä kokoon osastonsa geologit ja muuta talon henkilökuntaa ynnä joi-takin teollisuuden edustajia keskustelemaan alustusten pohjalta ai-heesta teollisuusmineraali- ja rakennuskiviteollisuuden tulevaisuu-den näkymät. Eräs aiheista oli yllä näkyvä otsake. Useat alustuk-sista olivat tätä esitystä seikkaperäisempiä ja ne ovat luettavissa Olli Sarapään toimittamasta luentomonisteesta: "Teollisuusmine-raalisektorin koulutuspäivät Virtasalmella 21.-22.5.1991", jota lie-nee ainakin kopioitavana saatavissa Geologian tutkimuskeskussa.

KEMIRAN TEOLLISUUSMINERAALITAUSTAA

Kemira on monialayritys, mutta lähes kaikkia sen toimialoja yhdis-tävänä punaisena lankana on sidonnaisuus kemiallisiin tuotteisiin tavalla tai toisella. Konsernin suurin yksikkö on Kemira Agro eli entinen lannoiteryhmä, jonka käyttämät tärkeimmät raaka-aineet ovat P, K ja N. Myös toiseksi suurin eli TiO₂-ryhmä käyttää teolli-suusmineraaleja raaka-aineena. Paitsi että konserni on jakautunee-na moneen toimialaan, se on jakautuneena myös moneen maahan. Tänä päivänä konsernin yli 11 miljardin markan liikevaihdosta runsaat puolet tulee ulkomailta. Henkilökunnan määrä on noin 15 000.

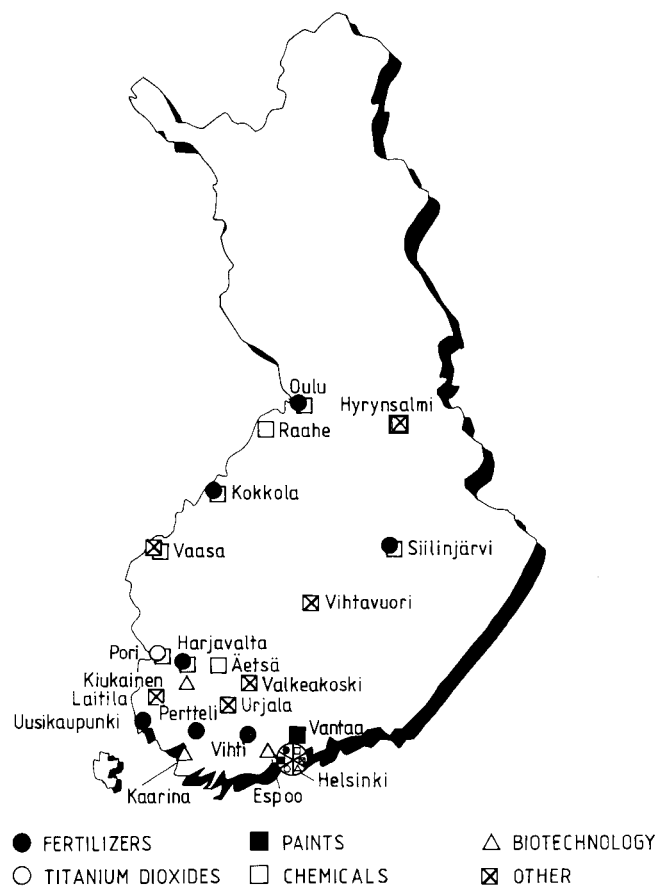
Tässä esityksessä liikutaan vain kotimaan kamaralla. Suomessa Kemira toimii 21 paikkakunnalla, jotka kattavat verraten hyvin eteläisen Suomen (kuva 1). Näistä paikkakunnista teollisuusmine-raalien kannalta on merkitystä Oululla, Kokkolalla, Siilinjärvellä, Harjavallalla, Porilla ja Uudellakaupungilla. Jakauma on laaja, koska tässä lasketaan teollisuusmineraaleiksi kaikki ne, joita Kemira mm. lannoitteita, maaleja, pigmenttejä ja katalysaattoreita valmistavana yhtiönä käyttää.

Tällä hetkellä on käyttötarpeen suhteen kolme mineraalia ylitse muiden: *ilmeniitti*, *apatiitti* ja *rikkikiisu*. Tämän lisäksi hyödynne-tään vähäisemmässä määrin *karbonaattia*, *flogopiittikiillettä*, fosforihappotuotannon jätteenä syntyvää *kipsiä* sekä kasvavassa määrin *platinaa* ja *rhodiumia*.

ILMENIITTI

Kemiran suurin teollisuusmineraaleja käyttävä laitos Suomessa on Porissa sijaitseva, ilmeniittiä raaka-aineena käyttävä Vuorikemia Oy, joka työllistää n. 1000 henkeä. Vuorikemian historia pohjau-tuu Otanmäen kaivoksen tuottamaan korkealaatuiseen ilmeniittiri-kasteeseen. Tämän tuotannon varaan päätettiin perustaa titaani-dioksidipigmenttitehdas. Se aloitti toimintansa v. 1961. Vuorike-mian titaanidioksidipigmentti — Finnititan — osoittautui alusta al-kaen yliveriseksi toisiin valkoisiin pigmentteihin nähden. Tämän vuoksi Vuorikemiassa on ollut mahdollista toteuttaa useita onnistu-neita laajennuksia. Samalla tuotevalikoima on kasvanut neljästä pigmenttilaadusta lähes kahteenkymmeneen.

Laajennusten myötä raaka-ainetarve on alati kasvanut. Taulu-kosta 1 käy ilmi, kuinka Otanmäki pystyi tyydyttämään ilmeniitti-tarpeen vain vajaan kymmenen vuoden ajan ja kuinka vuodesta



Kuva 1. Kemiran toimipaikat Suomessa.
Fig. 1. Kemira in Finland.

Taulukko 1. Ilmeniittirikasteen kulutus Vuorikemian pigmentti-tehtaalla ja Otanmäen kaivoksen tuottama ilmeniitti.

Table 1. The consumption of ilmenite concentrate of Vuorikemia pigment plants and the ilmenite produced from Otanmäki mine.

Year	Consumption of ilmenite concentrate tonnes	Ilmenite from Otanmäki tonnes
1961	46 000	100 000
1967	90 000	110 000
1969	140 000	150 000
1973	200 000	150 000
1984	200 000	167 000
1985	200 000	—
1990	216 000	—

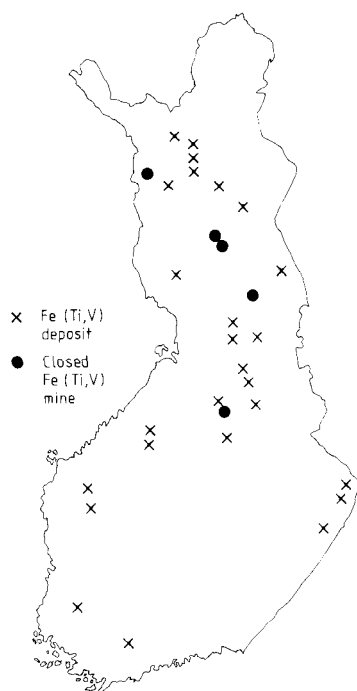
1985 alkaen kaikki ilmeniitti on jouduttu ostamaan ulkomailta. Vaikka maailmalla on tällä hetkellä verraten hyvin ilmeniittiä saatavilla, on luonnollista, että Vuorikemiassa ollaan kiinnostuneita kotimaisesta raaka-aineesta. Kiinnostusta lisää se, että täältä toivotaan löytyvän korkealaatuista, Otanmäki-tyyppistä ilmeniittiä, joka soveltuu parhaiten Vuorikemian sulfaattiprosessiin. Kemiralta kuitenkin puuttuu oma malminetsintäorganisaatio, joten uusien ilmeniittimalmien etsiminen on mahdollista vain Geologian tutkimuskeskuksen suorittamana.

Ilmeniittimalmin löytämiseen on konkreettisia viitteitä mm. opikirjasta otetulla kartalla (kuva 2). Siitä on nähtävissä kuinka kompleksisia ilmeniittimalmeja on löytynyt eri puolilta Suomea. Viimeisimmät GTK:n löydökset ovat pohjoinen Karhujupukka ja eteläinen Kauhajärvi (kuva 2). Samankaltaisten apatiitti-ilmeniittimagneittimalmien hyödyntämismahdollisuuksia tutkitaan eri puolilla maailmaa. Näihin verrattuina suomalaiset aiheet vaikuttavat tasavertaisilta.

SIILINJÄRVI, TUOTTEET JA TARPEET

Kun Vuorikemia Porissa on Kemiran suurin teollisuusmineraaleja käyttävä tehdas Suomessa, on Siilinjärvellä suurin teollisuusmineraaleja tuottava yksikkö. Siilinjärven tehdasta ja kaivosta kuvaavia tietoja:

- Suomen suurin louhinta.
- Malmin ihanteellinen sijainti lannoitetehtaan vieressä on mahdollistanut matalalaatuisten (apatiittipitoisuus n. 10 %) malmin hyödyntämisen.
- Apatiittirikastemäärä kattaa kotimaisen tarpeen ja hieman ylitääkin sen.
- Maatalouskalkki toimitetaan n. 100 km säteellä kaivoksen ympäristöön. Kalkkipiirillä on vain n. 50 % käyttöaste, joten kalkkituotantoa voitaisiin nostaa.
- Kiilteestä käytetään vain murto-osa hyväksi lähinnä erilaisten maalien ja helmiäisten valmistukseen, muovin fillerinä jne.



Kuva 2. Suomen tärkeimmät Fe (Ti, V)-malmiesiintymät ja toimintansa lopettaneet Fe (Ti, V)-kaivokset Suomen Malmigeologian (1986) mukaan.

Fig. 2. The most important Fe (Ti, V) ore deposits of Finland and closed Fe (Ti, V) mines according to Suomen Malmigeologia (1968).

- Tällä hetkellä kipsin käyttö on vaatimatonta, muutama kymmentuhat tonnia vuodessa, mutta sen hyväksikäyttöä tutkitaan jatkuvasti varsinkin pigmenttimateriaaliksi.
- Rikkikiisun tarve rikkihapon valmistamiseksi on huomattava ja sen rahallinen arvo lähes apatiittirikasteen hinnan luokkaa.

Meneillään oleva kaivoksen laajennus takaa apatiittirikasteen saannin pitkälle ensi vuosituhannele, mutta rikkikiisurikasteen saanti Pyhäsalmen kaivokselta loppuu n. 10 vuoden kuluttua. Mistä sitten rikki saadaan? Toivottavinta olisi, että Siilinjärvelle saataisiin kohtuukustannuksin edelleenkin rikkikiisua tai magneettikiisua, jolloin myös näistä pasutettaessa saatava energian tuotto säilyisi. Toinen vaihtoehto nimittäin on ostaa maailmanmarkkinoilta alkuainerikkää.

Onko Sotkamon Talvivaara Siilinjärven rikkihuollon turvaaja tulevaisuudessa, vai löytyisikö muualta Suomesta uusi rikkilähde, siinä haastetta. Toisaalta rikin talteenotto saattaa lisääntyä myös Neuvostoliitossa, mikä voi vaikuttaa pyriittitarpeeseen Suomessa.

PLATINA JA RHODIUM

Kemira on voimakkaasti tutkimukseen ja kehitykseen panostava yhtiö. Eräs viimeaikaisista tuotantoon johtaneista innovoinneista on katalysaattoreiden valmistus, joka on alkanut Vihtavuoreen (kuva 1) rakennetussa tehtaassa. Autokatalysaattoreiden raaka-ainekustannuksista platina ja varsinkin rhodium näyttelevät huomattavaa osaa. Tällä hetkellä ko. komponenttien tarve ei ole vielä suurta. On kuitenkin arvioitu, että katalysaattorituotannon viiden vuoden kuluttua saavuttaessa tavoitteensa 500 000 kpl vuodessa platinaa ja rhodiumia tullaan tarvitsemaan niin suuria määriä, että jo niiden tuottaminen pitäisi käynnissä pienen kaivoksen. Näin ollen Kemirassa ollaan todella kiinnostuneita ko. komponenteista, ja uskoisi yhtiöstä löytyvän myönteistä tahtoa olla mukana kehittämässä uusia kotimaisia platinamalmilöydöksiä.

KAOLIINI, KALKKI JA ALKALIKIVET

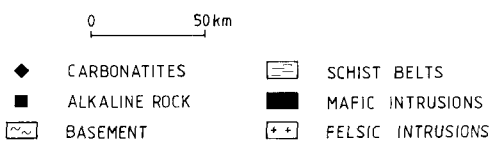
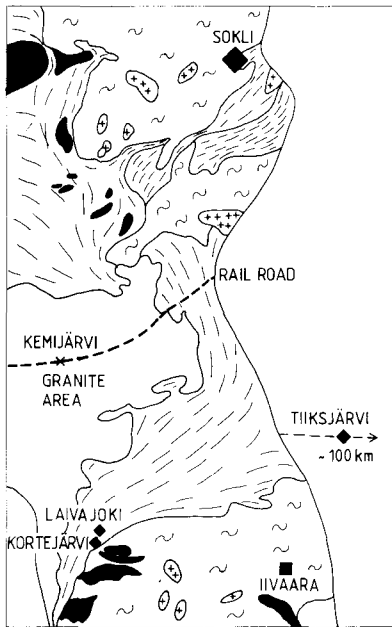
Kiinnostus kaoliiniin on ollut vireillä useamman vuoden ajan GTK:n ja Kemiran välisen yhteistyön puitteissa koskien Virtasalmen kaoliinin rikastamisprosessin tutkimusta. Kemirassa, aivan kuin varmasti muissakin alan yhtiöissä, seurataan mielenkiinnolla kaoliiniprojektin etenemistä. Maatalouskalkkia tuottavana yhtiönä Kemira on kiinnostunut uusista kalkkikivilöydöksistä. Samoin uudet alkalikiviesiintymät, joita yleismaailmallisesti pidetään myös aina uusina teollisuusmineraalimalmiaiheina, kiinnostavat erityisesti kemiralaisia. Uusi alkalikiviprovinssi saattaisi olla kehittämässä Koillismaalle (kuva 3). Siellä tunnetaan kaksi pienehköä karbonaattiesiintymää Suomen puolelta, ja viime vuosina on tietoomme tullut Tiiksijärven karbonaatti Neuvostoliitosta. Ehkä tämä alue olisi potentiaalinen alkalikivietsinnöille.

SOKLI

Sokli huomattavana malmipotentialina on aika ajoin aktivoitunut malminetsintään suorittamista sen ympäristössä. Jotakin on siis tehty ja vähäisiä malmiaiheita on löytynytkin. Ehkä tässä Soklia tukevassa mielessä voisi tulkinnallista tai alueellista malminetsintää suunnata laajemmalle alueelle, esim. Kemijärvi — Salla rautatien ja Soklin väliselle alueelle (kuva 3). Tämän välin geologisesti moni-ilmeinen kallioperä tarjoaa ainakin teoreettisia mahdollisuuksia sekä teollisuus- että malmimineraaliesiintymien löytymiselle.

TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT JA HAASTEET

Kemiran teollisuusmineraalisektorilla tulevaisuuden näkymät ja haasteet kohdistuvat ennen kaikkea ilmeniittimalmien etsintään.



Kuva 3. Koillis-Suomen alkalikivi- ja karbonaattiiesiintymät.
Fig. 3. Alkaline rock and carbonatites in northeast Finland.

rikkiraaka-aineen saannin turvaamiseen vuosituhannen taitteen jälkeen ja kiinnostukseen platinaa ja rhodiumia kohtaan. Konkreettista kiinnostusta tunnetaan myös kaoliiniin, karbonaattikiviin ja alkalikiviin. Kemiran johtoporras painottaa lisäksi, että yhtiössä ollaan aina valmiit tutkimaan myös uusien, vielä tuotannossa olemattomien raaka-aineiden hyväksikäyttöä ja varsinkin sellaisten, joiden prosessoinnissa voitaisiin käyttää raskaan kemiallisen teollisuuden tuotteita.

SUMMARY

THE SITUATION OF INDUSTRIAL MINERALS AND THE FUTURE VIEWS AT KEMIRA OY

Kemira is a large industrial minerals producing and consuming company. Over 200.000 t of ilmenite is needed to make almost 20 different pigment grades at the titanium dioxide pigment plants of Vuorikemia. Siilinjärvi plants and mine produce apatite, carbonate, mica and gypsum and need pyrite or pyrrhotite to make sulphuric acid.

Regarding the future of industrial minerals at Kemira, the most challenging work will be the prospecting of ilmenite and ensuring the availability of sulphur. The company is also interested in platinum and rhodium, kaolin, carbonate rocks and alkaline rocks. Also all kinds of new materials which can be processed especially by the products of the heavy chemical industry will be carefully studied.

OUTOKUMPU FINNMINES OY

Sinkkiä
kuparia
lyijyä
nikkeliä
kulta

outokumpu mining
FINNMINES

Outokumpu Chrome Oy:n sintraamo Torniossa

Ins. Eero Väänänen, Outokumpu Chrome Oy, Tornio

Vuonna 1959 Keminmaasta löydetty kromiittiesiintymä johti ferrokromin valmistuksen aloittamiseen Torniossa vuonna 1968.

Ferrokromi on tärkeä seosaine valmistettaessa ruostumattomia teräksiä. Erilaiset ruostumattomat teräsket sisältävät kromia 12–25 %.

Kemin malmin alhaisesta kromipitoisuudesta, 26 % Cr₂O₃, johtuen se ei sovellu suoraan sulatettavaksi, vaan se on rikastettava. Kaivoksella malmia rikastetaan sekä pala- että hienorikastuksena. Palarikasteen Cr₂O₃ pitoisuus on 34 % ja hienorikasteen 42 %.

Tällä hetkellä kaivoksella louhitaan miljoona tonnia malmia vuodessa. Arvioidut malmivarat Kemissä ovat n. 150 milj. tonnia, joten raaka-aineen osalta FeCr-tehtaan toiminta on turvattu pitkälle tulevaisuuteen.

Köyhästä malmista johtuen Outokumpu on joutunut kehittämään entistä taloudellisempia ja tehokkaampia valmistusprosesseja FeCr:n tuotantoon. Suurimmat muutokset prosessiin tehtiin 1980-luvulla. Kemin kaivokselle rakennettiin hienorikastamon rinnalle palarikastamo vuonna 1984. Torniossa starttasi vuonna 1985 uusi 75 MVA:n sulatuslinja, johon liittyi kokonaan uutena Outokumpun kehittämä syötteen etukuumennuslaitteisto. Seuraavana vuonna saneerattiin vanha 35 MVA:n sulatuslinja laitteistoltaan samantyyppiseksi kuin uusi sulatto. Näin oli vajaassa 20 vuodessa nostettu ferrokromin tuotantokapasiteetti 30.000 tonnista 210.000 tonniin.

FeCr-sulattojen kapasiteetin noustessa jäi vanhan sintraamon pellettituotanto liian pieneksi palarikastetuotannosta huolimatta, joten vuonna 1988 tehtiin päätös uuden sintraamon rakentamisesta ja pellettituotannon kaksinkertaistamisesta 300.000 tonniin/a.

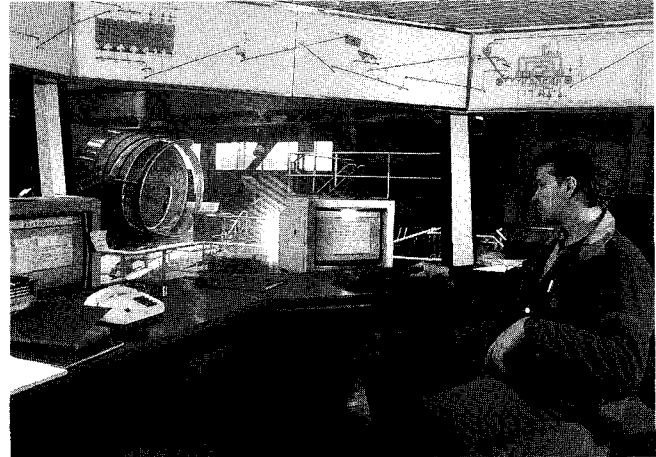
Vanhan, vuonna 1968 rakennetun sintraamon pääprosessilaitteet olivat kuulamylyt jauhatuksessa, suodatuksessa rumpusuotimet, pelletoinnissa pellettilautanen ja sintrauksessa kuilu-uuni. Vanhalla sintraamolla tuotettiin pellettejä 1968 – 1990 välisenä aikana 2.6 milj. tonnia.

Uuden sintraamon suunnitteluvaiheessa sintrausuunivaihtoehtoja oli kaksi, joko kaksi vanhan tyyppistä kuilu-uunia tai LKAB:n vuonna 1985 kehittämä nauhasintrausuuni. Ratkaisu tehtiin nauhauunin hyväksi, ja nyt noin kahden vuoden käyttökokemusten perusteella voi sanoa, että ratkaisu oli oikea. Myös muut pääprosessilaitteet muuttuivat, sillä Kemin hienorikasteen lopulliseen jauhatukseen valittiin valssijauhimet ja pelletointiin tuli lautasen tilalle pelletointirumpu. Valssijauhimien tarkoituksena oli korvata kokonaan vanhantyyppinen märkäjauhatus ja suodatus. Tämä on osoittautunut toistaiseksi mahdolliseksi, sillä valssijauhimilla ei saada tarpeeksi tasaista hienoutta rikasteeseen pelletointia varten. Tämän vuoksi uudella sintraamolla on valssijauhimien lisäksi käytössä myös vanha jauhatus- ja suodatuslinja. Sintraamon prosessi-kaavio on kuvassa 1.

SINTRAUSPROSESSI

JAUHATUS

Kemin kaivoksen hienorikaste, jonka partikkelikoko on 100 % –1 mm, on saatettava uudelleen kappalekokoon sulatusta varten.



Näkymä sintraamon valvomosta.
View from the control room of the sintering plant.

Tätä ennen rikaste on kuitenkin jauhettava vielä hienommaksi pelletointia varten. Tällä hetkellä sintraamalla rikaste jauhetaan siten, että valssijauhimilla jauhetaan noin 40 % ja kuulamylyillä loput 60 % rikasteesta.

Märkäjauhatus ja suodatus

Rikaste jauhetaan kahdella sarjassa olevalla kuulamylyllä, joissa jauhinkappaleina käytetään nykyisin cylpebejä. Niiden kulutus on 2.5 kg/t. Märkäjauhatuksen kapasiteetti on 24–27 t/h riippuen rikasteen kovuudesta. Tällä kapasiteetilla saadaan lopulliseksi hienoudeksi 80–82 % –200 mesh (–74 µm). Lietetiheys vaihtelee välillä 69–75 %. Molemmilla kuulamylyillä on vuorausmateriaalina kumi.

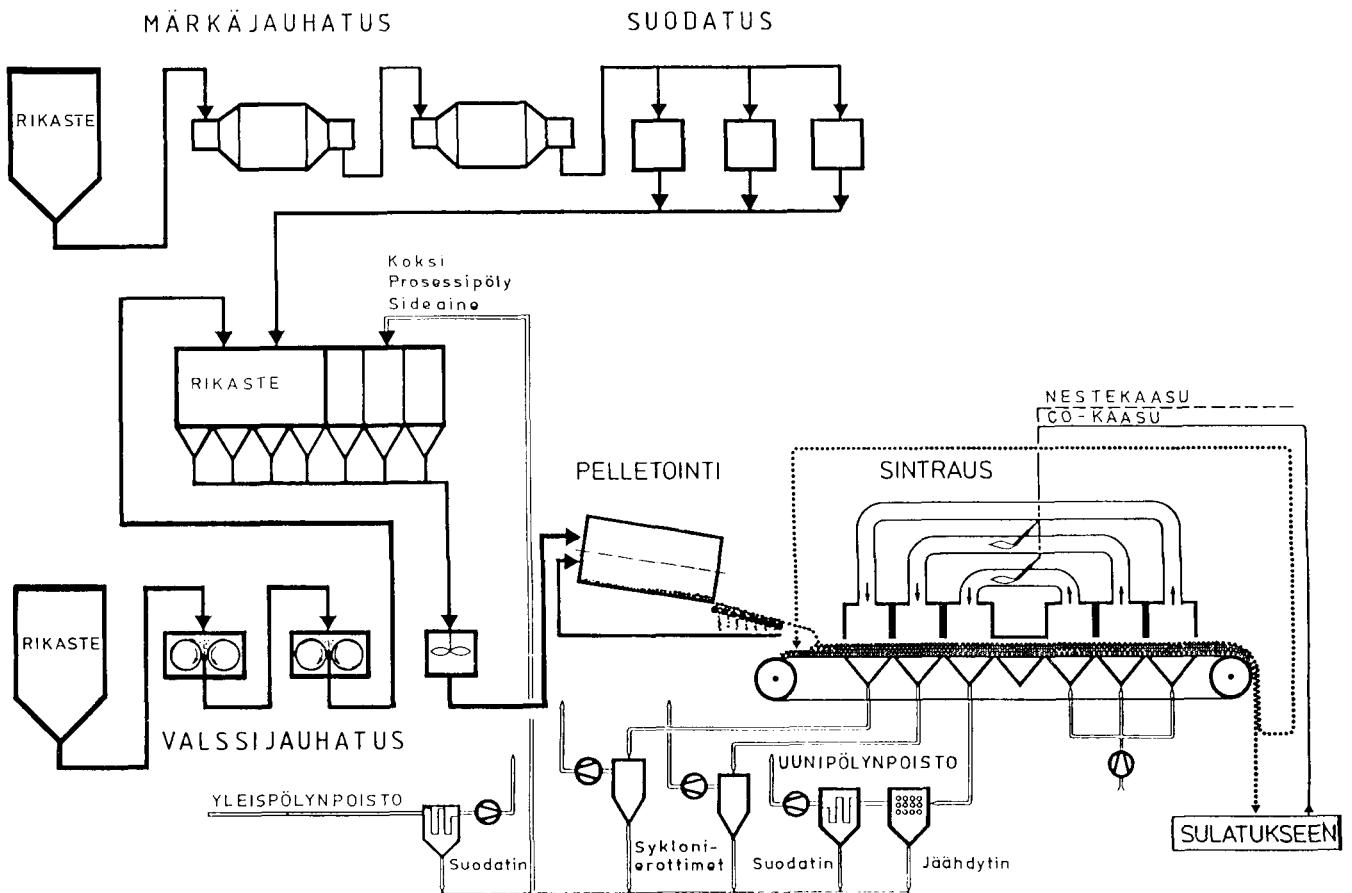
Myllyiltä liete pumpataan rumpusuotimille, joita on kolme, mutta normaalisti vain kaksi on käytössä yhtäaikaan. Suodinkapasiteetti vanhoilla suotimilla on em. hienouksilla ja lietetiheyksillä 500 kg/m²/h ja suodinkakun jäännöskosteus 10 % ilman höyryä. Suodattimilta rikaste siirretään kuljettimilla suoraan pelletoinnin annostelusiilon.

Valssijauhatus

Alkuperäisen suunnitelman mukaan myös uuden sintraamon jauhatuksen piti tapahtua kuulamylyllä, mutta syksyllä 1988 tehtyjen kokeiden perusteella sintraamolle hankittiin kaksi valssijauhinta, joista toinen on kuvassa 2.

Vuodesta 1985 valssijauhimia on käytetty teollisuusmittakaavaisesti esim. sementtiteollisuudessa esijauhimina nostamassa tankotai kuulamylyjen kapasiteettia.

Valssijauhatuksessa valssien väliin syötettävä materiaali muodostaa käytetyistä hydraulikka- ja typpiakun paineista riippuen tietyn paksuisen tiiviin kakun, jossa materiaalipartikkelit jauhautuvat autogeenisesti. Sintraamalla Kemin rikasteelle käytetään hydraulii-



Kuva 1. Sintraamon prosessikaavio.
Fig. 1. Process flow sheet of the sintering plant.

kan paineena 110–140 bar ja typpiakun paineena 25–50 bar. Käytetty paine riippuu valssien kuluneisuudesta ja materiaalisyö-
töstä.

Käytäntö ja myös myöhemmin tehdyt laboratoriokokeet Kemian kromiittirikasteella ovat osoittaneet, että jauhimien kulumiseen vaikuttaa eniten syötteen kosteus. Esimerkiksi täysin kuivalla rikasteella saatiin valssikulutukseksi 4.6 g/t, kun 3 %:n kosteus aiheutti jo 23 g/t kulumisen. Testi tehtiin laboratoriomittakaavan valssijauhimella. Vuonna 1988 syksyllä heti jauhatuskokeiden jälkeen tehtiin valssijauhettulla materiaalilla pelletointitestit ja kokeet osoittivat, että jo 60–65 % –200 mesh:in rikasteella pelletointi

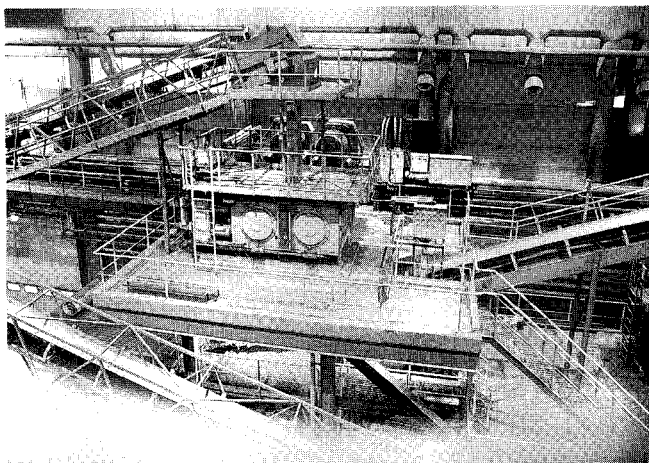
onnistui kohtalaiseen hyvin. Käytännössä valssijauhatusta Kemian kromiittirikasteelle ei ole riittävän hyvä tapa jauhaa rikaste pelletointihienouuteen. Syynä tähän on hienouden jatkuvat vaihtelut 55–65 % –200 mesh:in välillä, kun pelletointiin syötettävän rikasteen hienouden pitäisi pysyä 1 %:n sisällä halutusta. Hienousvaihtelut valssijauhatuksessa johtuvat monista tekijöistä, esim. valssien kuluneisuudesta, lähtötavaran hienoudesta, kovuudesta ja kosteudesta. Se, miksi valssijauhettulla rikasteella esim. hienous 65 % –200 mesh riittää pelletointiin, kun kuulamylyllä jauhettua rikasteen hienousvaatimus on noin 80 % –200 mesh, selviää kuvista 3 ja 4. Kuten kuvista nähdään, raejakaumat ovat hyvin erilaiset. Myös yksittäiset rakeet ovat erityyppisiä, sillä valssijauhettu rae on hyvin epämääräinen, teräväkulmainen ja siinä on mikrohalkeamia, kun taas kuulamylyllä jauhettu rae on vähemmän epämääräinen, siilempi ja ehjä.

PELLETOINTI

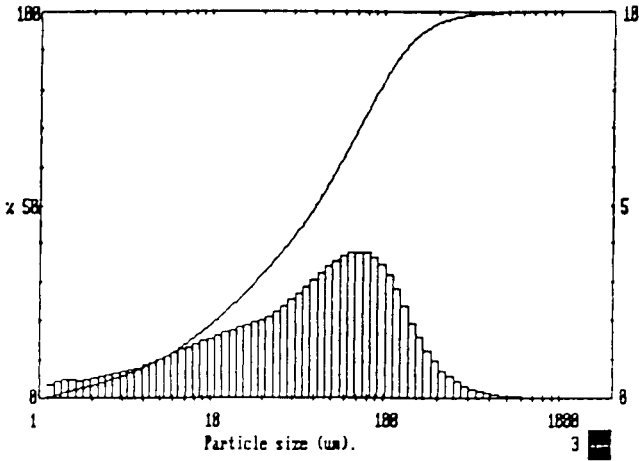
Jauhettu rikaste, sideaine, koksipöly ja prosessin eri vaiheista kerätty yleispöly annostellaan silloista kuljettimelle ja edelleen sekoittimelle, jossa syötteeseen lisätään vesimäärä, joka on lähellä lopullista pelletointikosteutta. Sekoittimelta syöte kuljetetaan pelletointirummulle, jossa tapahtuu syötteen pallottuminen pelleteiksi. Rummulla tehdään myös kosteuden lopullinen säätö pienellä vesilisäyksellä.

Valmiit märkäpelletit seuloetaan heti rummun jälkeen rullaseutalla siten, että sintrausunille saadaan mahdollisimman tasainen syöttö. Alite- ja ylittepelletit palautetaan takaisin pelletointirummulle. Kuvassa 5 näkyy pelletointirumpu purkupäästä päin.

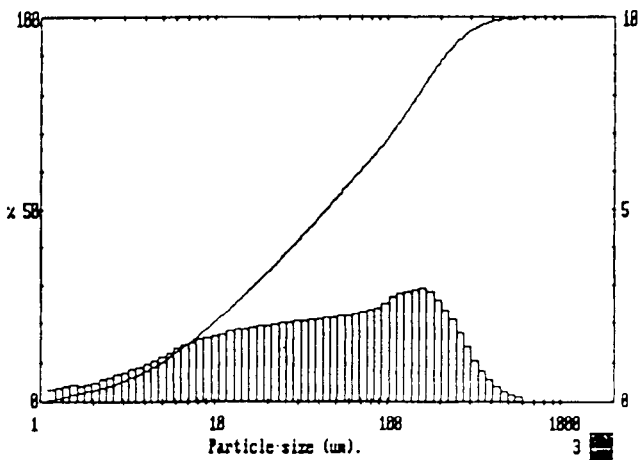
Märkäpellettien täytyy olla tietyn kokoisia ja saavuttaa tietty lujuus, jotta ne kestäisivät ehjinä uunin sintrausvyöhykkeelle asti. Märkäpellettien lujuuteen voidaan vaikuttaa esim. sideaine- ja vesi-



Kuva 2. Valssijauhin.
Fig. 2. High-pressure grinding roll.



Kuva 3. Märkäjauhetun rikasteen raekokojakauma.
Fig. 3. Particle size distribution of the concentrate ground in ball mill.



Kuva 4. Valssijauhetun rikasteen raekokojakauma.
Fig. 4. Particle size distribution of the concentrate ground in roller press.

määrällä, syöterikasteen hienoudella ja viipymääjällä pelletoinnissa.

SINTRAUS

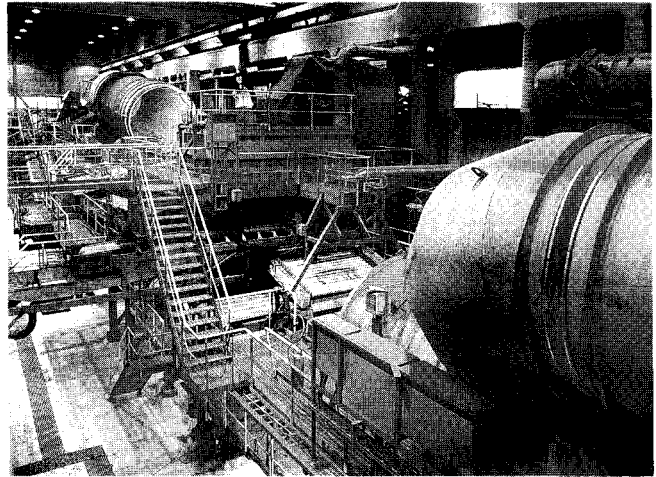
Tornion teräsnauhauuni on tällä hetkellä ainoa laatuaan maailmassa, joka toimii teollisessa mittakaavassa jatkuvasti. LKAB:lla on Malmergetissa hieman pienempi pilottilaitos rautapelleteille. Outokummun Porin tutkimuslaitokselle on valmistumassa pieni teräsnauhauuni tutkimuksia varten.

Teräsnauhauunin muodostaa katettu 1.8 mm paksu ja 3.6 m leveä päättymätön reijitetty teräsnauha. Uunin kokonaispituus on noin 30 m ja sen katettu yläosa on jaettu kuivaus-, esikuumennus-, sintraus- ja jäähdytysvyöhykkeisiin.

Ennen märkäpellettisyöttöä teräsnauhan päälle tulee valmiita sintrattuja pellettejä suojakerrokseksi. Koko patjan korkeus on 450 mm, josta suojapatjan osuus on 190–250 mm kapasiteetista ja halutusta nauhan nopeudesta riippuen.

Lämpötilat uunin eri vyöhykkeillä ovat seuraavanlaisia. Kuivausvyöhykkeellä 320–400°C, esikuumennusvyöhykkeellä 1050–1150°C ja sintrausvyöhykkeellä noin 1350°C. Tämän jälkeen pellettejä jäähdytetään niin, että niiden lämpötila ulostullessaan on enää 50–100°C.

Sintraukseen tarvittavasta energiasta pääosa, 60–80 % saadaan syötteeseen lisätystä koksista. Loput 20–40 % saadaan FeCr-sulaton CO-kaasusta tai nestekaasusta, joka on varapolttoaineena. Teräsnauhauunilla sintraukseen tarvittava kokonaisenergia vaihte-



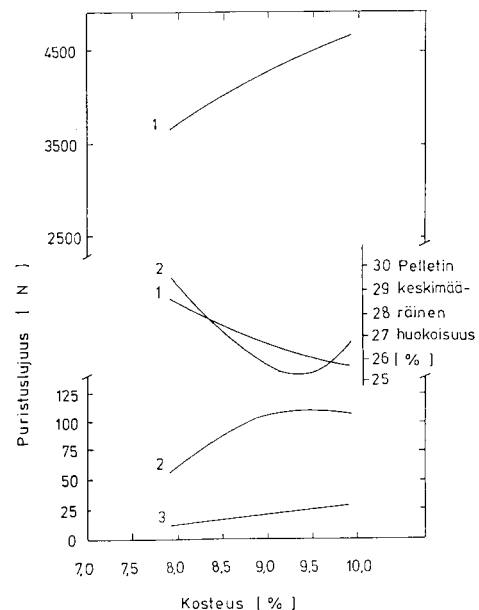
Kuva 5. Pelletointirumpu ja teräsnauhauunin syöttöpää.
Fig. 5. The pelletizing drum and the feed end of the steel belt sintering furnace.

lee välillä 120–190 kWh/t rikasteen laadusta riippuen. Vertailun vuoksi mainittakoon vanhan kuilu-uunin tarvitsema energiamäärä, joka oli noin 250 kWh/t.

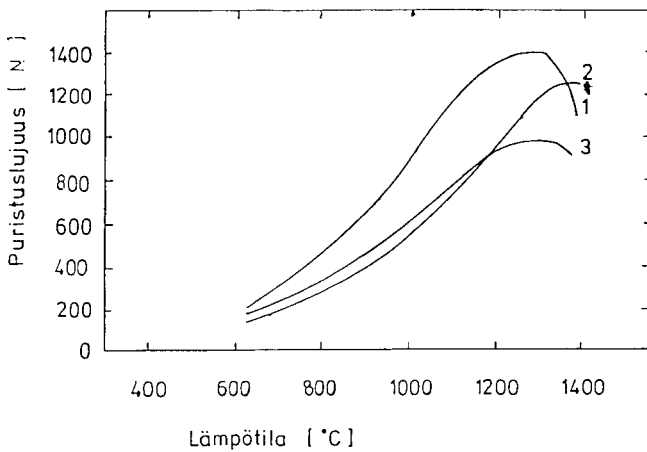
Sintrattujen pellettien täytyy saavuttaa tietty lujuus, jotta ne kestäisivät tulevat jatkokäsittelyt. Tämän vuoksi sintraamalla tehdään jatkuvasti puristus- ja hientoluustestejä. Puristuslujuus on normaalisti 1800–2500 N ja hientolujuus 5–9 %. Kemiallisesti pellettien tulisi säilyttää lujuutensa myös pelkistävässä olosuhteissa 800–1000°C lämpötilassa. Tähän vaikuttaa oleellisesti silikaattinäkseen määrä siten, että mitä vähemmän silikaatteja on mukana, sitä korkeampi on pellettien vaatima sintrautumislämpötila ja sen kestävämpi pelletti on pelkistävässä kuumissa olosuhteissa /1/.

Pellettien lopulliseen lujuuteen vaikuttaa suuresti myös käytetty sideaine ja sen määrä, rikasteen jauhatustaso ja sen raekokojakauma, märkäpellettien kosteus ja sintrauksen lämpötilan nostonopeus sekä sintrausaika, kuten seuraavista kuvista käy ilmi.

Kuvasta 6 nähdään sideaineen määrän vaikutus pelletin puristuslujuuteen märkänä (3), kuivana (2) ja sintrattuna (1), jolloin max. lämpötila on 1400°C /2/.



Kuva 6. Sideaineiden määrän vaikutus pelletin puristuslujuuteen märkänä (3), kuivana (2) ja sintrattuna (1) /2/.
Fig. 6. Influence of the binding material on the CCS of the pellets as green (3), dried (2) and sintered (1) /2/.



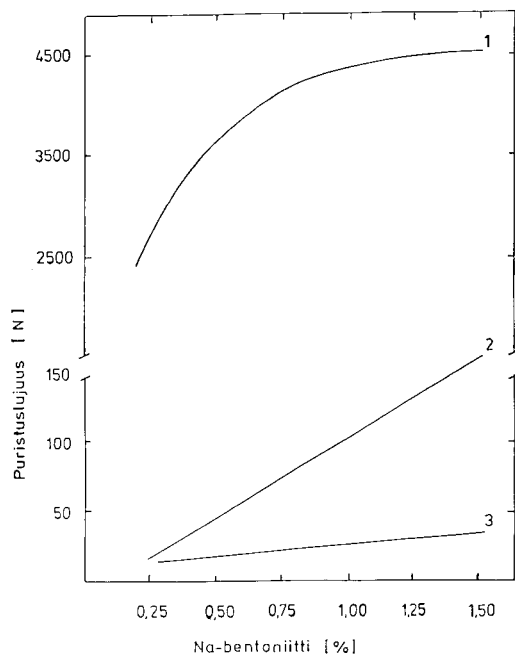
Kuva 7. Jauhatusasteen vaikutus sintrattujen pellettien puristuslujuuteen lämpötilan funktiona Kemian kromiitille, 1 = 92,3 % -74 μm, 2 = 86,1 % -74 μm ja 3 = 72,8 % -74 μm /2/.

Fig. 7. Influence of the grinding degree on the CCS of the sintered pellets vs. temperature. 1 = 92,3 % -74 μm, 2 = 86,1 % -74 μm and 3 = 72,8 % -74 μm /2/.

Kuvassa 7 on esitetty jauhatusasteen vaikutus sintrattujen pellettien puristuslujuuksiin lämpötilan funktiona Kemian kromiitilla. Suurin lujuus saavutetaan 1000–1300°C välillä hienoimmaksi jauhettulla rikasteella. Lämpötilassa 1400°C lujin pelletti saadaan hieinan karkeammalla rikasteella /2/.

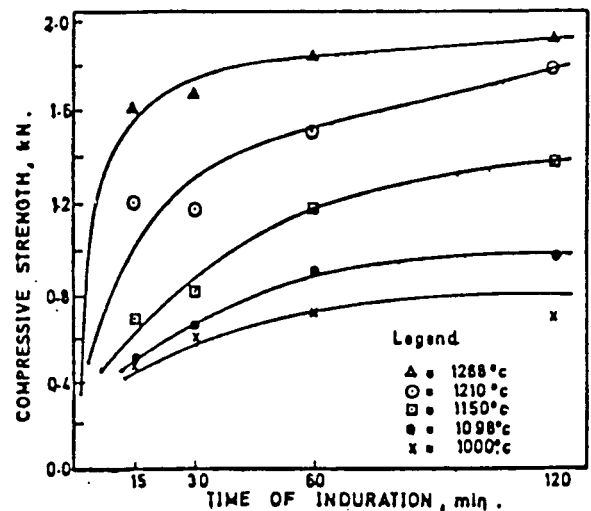
Kosteuden vaikutus pellettien puristuslujuuteen ja huokoisuuteen käy ilmi kuvasta 8. Tämän mukaan Kemian kromiitin sopiva pellettointikosteus on noin 9 % /2/.

Kuvan 9 mukaan korkeimmissa lämpötiloissa saavutetaan lyhyemmällä lämpökäsittelyajalla lähes se lujuus mikä tässä lämpötilassa yleensä voidaan saavuttaa /3/. Toisaalta märkäpellettejä sintrattaessa suurella lämpötilan nostonopeudella pellettien lujuus putoaa melko jyrkästi. Tämä johtuu pellettien läpi ulottuvista huokosista /2/.



Kuva 8. Pellettointikosteuden vaikutus pellettien puristuslujuuteen ja huokoisuuteen, 1 = sintrattu pelletti, 2 = kuivapelletti ja 3 = märkäpelletti /2/.

Fig. 8. Influence of the pelletizing moisture on the CCS and the porosity of the pellets, 1 = sintered pellets, 2 = dried green pellets and 3 = green pellets /2/.



Kuva 9. Kromiittipellettien (85 % - 74 μm, 0,75 % bentoniitti) puristuslujuudet eri lämpötiloissa ajan funktiona /3/.

Fig. 9. CCS of the chromite pellets (85 % - 74 μm, 0,75 % bentonite) in different temperatures vs. time.

KIRJALLISUUS – REFERENCES

1. *Kauppi, M.*, Diplomityö. Kuonafaasien ja kromiitin väliset reaktiot kromiittipellettien sintrauksessa. 1979, s. 39...48.
2. *Honkala, R.*, Muistio kromiittien pellettointiin ja sintraukseen sekä pellettien pelkistykseen liittyvistä laboratorikokeista ja tutkimuksista. Pori 1975. Outokumpu Oy Metallurginen tutkimus, 91024-67/75, 26 s.
3. *McRae, L.B., Selmer-Olsen, S.S.*, An investigation into the pelletizing and prereduction of Transvaal chromites. Proceedings of the 2nd international symposium on agglomeration. Atlanta, Georgia, March 6-10, 1971. Publ. AIME. New York 1977, s. 356...377.

SUMMARY

THE SINTERING PLANT AT OUTOKUMPU CHROME OY IN TORNIO

At the Kemi Mine the chromite ore refined into both lump and fine concentrate. The upgraded lumpy ore can be fed directly into the smelter but the fine concentrate will be remade into lump form in the sintering plant, where it will be at first fine ground to obtain a good pelletizing result. For the time being some 60 % of the fine concentrate is ground with the ball mills of the old sintering plant and the rest with the new high pressure grinding system.

After grinding the concentrate is fed together with the binding agent, coke filter dust and process dust into the mixer where the various materials are mixed for pelletizing. Water is added into the mixer to obtain the correct pelletizing moisture. From the mixer the feed flows in a continuous steady stream into the pelletizing drum where it is pelletized into balls. After the drum the quantity and size of the pellets to be fed into the sintering furnace are adjusted by means of a roller screen.

The pellets are sintered in a steel belt furnace by means of the sintering process developed by LKAB. The sintering furnace consists of a perforated steel belt which is covered. The cover is divided into different zones by means of partition walls. The sintering temperature of the pellets is some 1350°C. The energy required by the sintering process is mainly obtained from coke mixed with the feed before pelletizing. The rest of the sintering energy is obtained from CO-gas.

After sintering the pellets are screened and part of the screened pellets is returned to the sintering plant to be used as a hearth layer on the steel belt. The remainder is transported to the feeding silos of the ferrochrome smelters or to the storage yard.

Jatkuvavalukoneiden modernisointi Rautaruukki Oy:n Raahen tehtaalla

DI Markus Jauhola ja DI Jukka Konttinen, Rautaruukki Oy, Raahen terästehtäs, Raahen

YLEISTÄ

Raahen terästehtäs tuottaa vuodessa 2.0 miljoonaa tonnia terästä. Tuotteet ovat kuumavalssattuja teräslevyjä ja -keloja. Yli puolet tehtaasta tuotannosta käytetään omaan jatkojalostukseen.

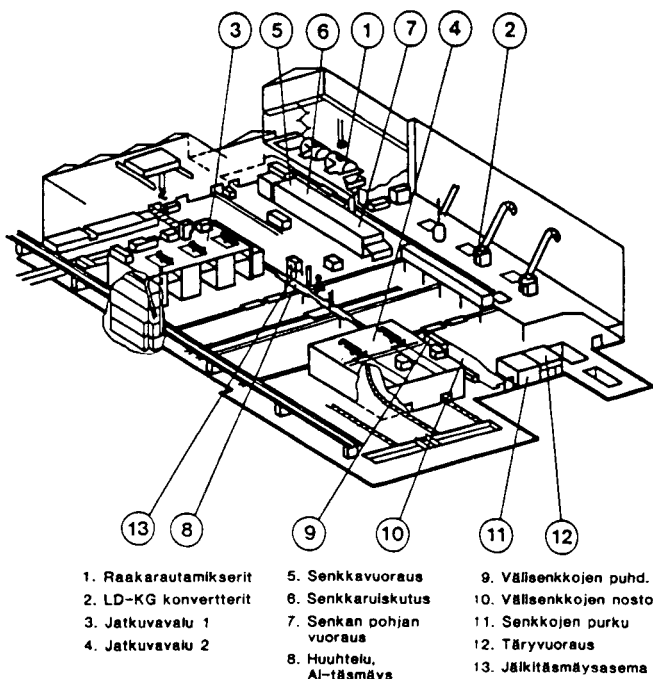
Tehtäs on niisanottu integroitu terästehtäs; koksasmo, sintraamo, masuuni, terässulatto ja valssaamo ovat samalla tehdasalueella. Raahen terästehtäällä on henkilöstöä noin 3900.

TERÄSSULATTO

Kuvassa 1 on esitetty terässulaton layout-kaavio. Sula raakarauta tulee masuuniosastolta avonaisissa kuljetuskennoissa rikinpoistokäsittelyn kautta terässulattoon, missä se varastoidaan kahteen 1300 t:n mikseriin. Terässulatto jakaantuu kolmeen osastoon; konvertterilaitokseen, vuorausosastoon ja jatkuvavaluosastoon. Konvertterilaitoksella on kolme yhdistelmäpuhalluskonvertteria, joiden suurin mahdollinen panoskoko on 100 t.

Terästuotannosta 50 % on alumiinitivistettyjä teräksiä, 40 % Al-Si-tivistettyjä, 7 % mikroseostettuja ja 3 % erikoisseostettuja. Aihioista n. 30 % menee levyvalssaukseen ja n. 70 % kuumanauhavalssaukseen.

Konvertterin panoskoko on 95 t. Panos käsittää 80 % sulaa rautaa ja 20 % romua. Kuonan muodostamista varten panokseen lisätään n. 4 t kalkkia.



Kuva 1. Terässulaton layout.
Fig. 1. The Steel Plant layout.

Ennen kaatoa teräksen lämpötilaa voidaan korjata lisäpuhalluksella tai lisäämällä teräkseen lisäjähdytysaineita. Konvertterista teräs kaadetaan senkkaan ja samalla siihen lisätään seosaineita. Kaadon jälkeen senkka viedään huuhteluasemalle jälkitäsmäykseen, missä hienosäädetään koostumus ja lämpötila. Teräksen rikinpoistoa, sulkeumien määrää ja rakennetta voidaan säätää rikinpoistoasemalla kalsiuminjektointikäsitteilyllä.

Senkkäkäsittelyjen jälkeen teräs viedään jatkuvavalulaitokselle, joita on kaksi; vuonna 1967 käyttöönotetut pystytyypiset jatkuvavalukoneet ja 1976 käyttöönotetut kaarevat jatkuvavalukoneet. Taulukossa 1 on esitetty eräitä valukoneiden suureita.

Pystytyypisiä jatkuvavalukoneita on vuosien saatossa modernisoitu 5 kertaa ja kaarevia koneita 2 kertaa, joista viimeisin tehtiin vuoden 1990 syyskuussa ja marraskuussa.

Taulukko 1. Jatkuvavalukoneiden arvot.
Table 1. Characteristics of the cc-machines.

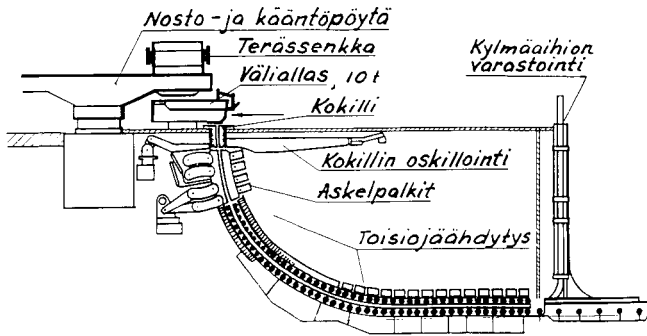
	Jatkuvavalukone	
	Pystykone	Kaareva
	3 konetta	2 konetta
Välisenkka		
- kapasiteetti [t]	10	20
Kokilli		
- pituus [mm]	900/1200	900
- koko [mm]x[mm]	175...270x 1050...1800	210x900...1900
Valunopeus [m/min]	0.45 - 1.10	0.80-1,40
Metallurginen pituus [m]	11.5	25.0

KAAREVIEN JATKUVAVALUKONEIDEN MODERNISOINTI

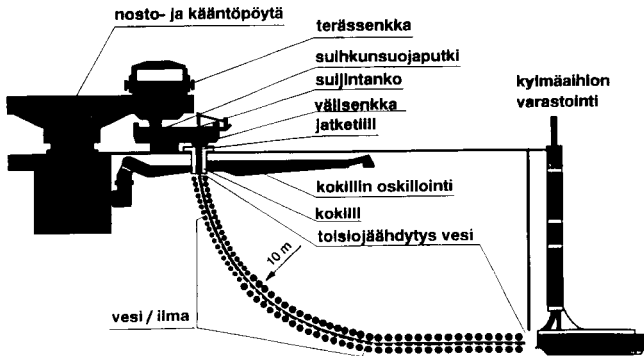
Kuvassa 2 näkyy kaarevan koneen konstruktio ennen modernisointia ja kuvassa 3 modernisoinnin jälkeen. Muutoksien tavoitteena oli parantaa tehtaasta toimitusvarmuutta, mahdollistaa asetettujen toimitusaikojen ja määrien noudattaminen, lisätä terässulaton kapasiteettia ja parantaa tuotteen laatua.

Modernisointi käsitti seuraavat kohteet:

- valutasolla olevien terässenkan kääntöpöytien uusiminen vastaamaan 100 tonnia panoskokoja,
- välisenkkavaunujen ja välisenkkojen uusiminen 20 t sulapainolle,
- valun aikana säädettävät kokillit,
- kokillin alapuolisen askelpalkkijärjestelmän korvaaminen rullasektioilla ja
- koneen toisiojähdytysjärjestelmän muuttaminen ilma-vesi-jähdytykseksi.



Kuva 2. Valukone ennen modernisointia.
Fig. 2. The curved cc-machine before the modernisation.



Kuva 3. Valukone modernisoinnin jälkeen.
Fig. 3. The curved cc-machine after the modernisation.

MODERNISOINNIN PROJEKTIT

Välisenkkojen suurentaminen

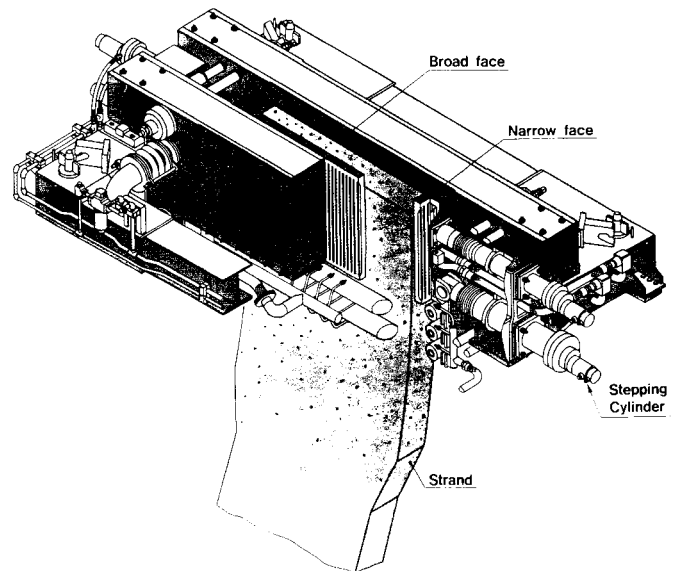
Valannevaluun verrattuna jatkuvavalussa on verrattain vähän aikaa teräksessä olevien epäpuhtauksien, sulkeumien, erottumiseen. Yleisesti pitkiä, suhteellisen kapeita ja syviä välisenkkoja pidetään parempina kuin vastaavilta dimensioiltaan pienempiä välisenkkoja.

Välisenkalla on optimikokonsa. Teräksellä pitää olla riittävästi viipymäaika välisenkassa, jotta sulkeumat ehtivät nousta pintaan, toisaalta liian iso koko johtaa suuriin lämpöhäviöihin. Välisenkankoon tuleekin olla suhteutettuna senkan kokoon ja käytettäviin valunopeuksiin.

Suuri välisenikka mahdollistaa sarjavalussa valunopeuden säilymisen senkanvaihdon yhteydessä ilman vahingollisia vaikutuksia sulkeumien erottumiseen ja tuotteen laatuun. Suuresta välisenkasta johtuen on myös aikaa selvittää mahdollisia häiriötilanteita ilman, että valunopeutta tarvitsee pudottaa.

SÄÄDETTÄVÄT KOKILLIT

JOT-tuotannon mukanaan tuoman lyhyen erittelyajan vuoksi nauhaterästuotteet täytyy valmistaa sulatolla valssausjaksojärjestyksessä. Tämä edellyttää, että valukoneilla on säädettävät kokillit, joilla valunauhan leveyttä voidaan säätää valun aikana. Valunauhan paksuus on vakio 210 mm. Säädettävät kokillit hankittiin Nippon Steel Co.:lta. Valinnan ratkaisi näiden kokillien hyvä säätötarkkuus ja ylivoimainen nopeus verrattuna muihin markkinoilla oleviin vastaaviin laitteisiin. Suuresta säätönopeudesta johtuen on aihoiden leikkaustarve ja siten myös tuotostappio pieni. Kokillien säätöalue on 800-1900 mm. Kokillit ovat hydraulikäyttöisiä (kuva 4). Valunaikaisen säädön nopeutena voidaan käyttää 30 mm/min/sivu.



Kuva 4. Säädettävä kokilli.
Fig. 4. The variable width mould.

Valun aikana säädettävät kokillit mahdollistavat valusarjan pituuden lisäämisen, koska erilevyisiä aihioita voidaan sijoittaa samaan sarjaan. Tällöin tuotos ja aihoiden laatu paranee, sillä aloitus- ja lopetuspäitä on vähemmän. Tulenkestävissä materiaaleissa saavutetaan myös merkittävä säästö. Valukoon vaihto aika käytetään nyt tuotannon tekemiseen. Tuotantokapasiteettia on saatu lisää 10 000 t/a.

ASKELPALKKIEN KORVAAMINEN RULLASEKTIOILLA

Askelpalkkikoneessa terässulan pinnankorkeus kokillissa vaihtelee ja pehmeillä teräsladuilla valunauhan kuori muovautuu. Ensimmäinen aiheuttaa kuonavikoja lopputuotteessa ja viimeksimainittu sisäisiä halkeamia aihioissa. Ennen modernisointia vaativimmat teräsladut valettiin ainoastaan pystykoneilla. Uusien rullasektioiden myötä on kaarevilla koneilla valettavien laatuun määrän kasvanut.

Askelpalkkien kunnossapito vei runsaasti tuotantoa. Pelkästään lyhentyneistä sektioiden vaihtoajoista johtuen saadaan vuodessa lisää tuotantoa 15 vrk/kone, mikä merkitsee 15 000 t:n lisä tuotantoa.

ILMA/VESI -JÄÄHDYTYKSEN

Viime vuosina käyttöön otetuissa jatkuvavalukoneissa on lähes poikkeuksetta toisiojäähdytyslaitteistona ns. ilma/vesi -jäähdytys. Syynä perinteisen vesisuuttimien käytön korvaamiselle on yhä vaativampien teräslaatujen valmistaminen ja jatkuvavaletun teräksen laadun parantaminen.

Tavallisen vesijäähdytyksen suutinten toiminta-alue on 1:3. Ilma/vesi-suuttimilla päästään huomattavasti laajempaan toiminta-alueeseen, jopa 1:20. Kun suutinten toiminta-alue on laaja, taataan valukoneella valunauhan optimaalinen jäähdytys kaikilla valunopeuksilla ja -leveyksillä. Ilma/vesi -jäähdytyksellä saavutetaan tasainen, pehmeä jäähdytys, sillä vesi osuu valunauhan pintaan pieninä pisaroina. Tällöin vältetään suurilta paikallisilta lämpötilaeroilta, jotka varsinkin mikroostetuille laaduilla aiheuttavat pintahalkeamia.

Ilma/vesi -jäähdytyksen jäähdytystehokkuus on yli kaksinkertainen vesijäähdytykseen verrattuna. Kun vesisuuttimilla ominaisvesimäärä pienimmällä valukoolta oli 0.95 l/kg terästä ja suurimmal-

la 0.45 l/kg terästä, ovat vastaavat ominaisvesimäärät nyt 0.55 l/kg ja 0.2 l/kg.

KÄYTTÖKOKEMUKSIA

Uudistukset ovat lisänneet kaarevien koneiden tehokasta tuotantoaikaa ja kapasiteetin kasvu on kokonaisuudessaan n. 40 000 t vuodessa. Käyttökokemukset ovat olleet myönteisiä, tuotteen laatu on parantunut ja laitteistot ovat toimineet hyvin. Ensimmäisenä vuotena saatujen tulosten perusteella investointi maksaa itsensä takaisin 3:ssa vuodessa.

SUMMARY

THE REVAMPING OF THE CONTINUOUS CASTING MACHINES IN RAUHARUUKKI RAAHE STEEL WORKS

The modernization of the continuous casting machines was done in the Raahé Steel Works in September and November 1990. The changes consisted of increasing the capacity of the ladle turret, the tundish car and the tundish, a variable width mould, new roll segments after the mould and air-mist secondary cooling. As a result of the revamping the capacity of the machines has increased about 40 000 t/year and the quality of the product and delivery time have improved significantly.

Geologijaoston matka Eestiin

FM Marjatta Virkkunen, GTK, Espoo

Eestin geologisen seuran ja Eestin tiedeakatemia Geologian instituutin kutsumana teki Vuorimiesyhdistyksen Geologijaosto taloudelliseen geologiaan liittyvän syyskursuksen Eestiin 27.–29.9.1991. Ekskursio-ohjelmasta ja opastuksesta vastasivat prof. Anto Raukaksen ohella mm. Vello Kattai ja Aada Teedumäe sekä eri kohteilla paikalliset asiantuntijat. Geologijaoston puolesta ekskursiojärjestelyt hoiti Maija Haavisto-Hyvärinen. Matkaan osallistui 32 vuorimiestä. Olimmekin tieltävästi ensimmäiset vieraat aikoihin Eestin mineraaliesiintymillä.

Matkan pääkohteina olivat maan itäosassa, Kohtla-järven ympäristössä sijaitsevien palavakiven esiintymien lisäksi Vasalemmen kalkkikivilouhos ja Maardun fosforiittilouhos Tallinnan läheisyydessä. Palavaa kiveä käytetään joko sellaisenaan polttoaineena tai siitä tislataan erilaisia öljytuotteita tai kaasua. Louhitun palavan kiven kerrottiin tyydyttävän paikallisten voimaloiden koko käyttöenergiatarpeen. Maardun fosforiittilouhusta puolestaan käytetään lannoiteteollisuuden raaka-aineena.

Eestin kallioperä on pääosin siluurikautista, veteen kerrostunutta kalkkikiveä. Kerrokset ovat loiva-asentoisia, etelään päin viettäviä. Erityisesti ordovikikautisissa kivissä näkyvät lukuisat fossiilit, kotilot ja muut meren elävät herättivät suurta ihastusta.

Maan huomattavimmat mineraalivarat, kalkkiliuskeisiin liittyvät palavan kiven kerrostumat sijaitsevat Kohtla-järven alueella. Hyödynnettävä alue on kooltaan 20 km × 60 km. Palavan kiven kerros puhkeaa maan pintaan Suomenlahden läheisyydessä, kun taas esiintymän eteläosissa se ulottuu jopa 60 metrin syvyyteen. Palavaa kiveä ja kalkkikiveä sisältävän hyödynnettävän kerrostuman paksuus on 2-3 metriä, josta varsinaista planktonperäistä öljyliusketta on vain 10-50 cm paksuudelta. Vuosilouhinta on peräti 20 milj. tonnia. Joten mahtavia massoja on siirretty ja siirrellään edelleen. Paikoin on korkeille jätekivivuorille istutettu puita ja näin



Vaalea kerrostuma kuvan keskellä on kalkkiliusketta, jonka molemmiin puoliin ohut öljyliuskeisuus. Kohtla-järvi.

Photo: Maija Haavisto-Hyvärinen

korjailtu louhinnan jälkeistä maisemaa.

Kalkkiliuske, johon tutustuimme kaikilla käyntikohteilla, antaa oman leimansa myös Tallinnalle. Sitä oli käytetty rakennuksissa runsaasti tiilikivien tapaan. Sitä nähtiin niin keskiaikaisten rakennelmien kauniisti "patinoituneissa" seinäpinnoissa kuin nuoremmissakin taloissa. Samaa kalkkiliusketta on käytetty mm. kaupungin keskustaan äskettäin valmistuneessa kirjastotalossa.

Antoisasta matkasta monet kiitokset kuuluvat järjestelyistä ja opastuksesta suurimman helteen kantaneille Maijalle ja Aadalle.

Metallien ja keraamien ruiskupuristus

Dipl.ins. Arno Lehtonen, Oy Airam Ab, Espoo

Valmistusmenetelmä, joka yhdistää pulverimetallurgian eksoottiset materiaalivaihtoehdot, muovien monipuoliset muotoilumahdollisuudet, mittatarkkuuden, hyvän pinnanlaadun ja hyvät mekaaniset ominaisuudet taloudellisuuteen suurten sarjojen valmistuksessa. Oy Airam Ab/kovametallin pulvereiden ruiskupuristus-tuotantolin- ja lähtee käyntiin.

TAUSTAA

Puristamalla ja koneistamalla muotoiltujen pulverimetallurgisten tuotteiden valmistuksen rinnalle on viime vuosien aikana noussut uusi menetelmä: pulvereiden ruiskupuristus PIM (Powder Injection Moulding). Ruiskupuristus (-valu) on yleisin muoviteollisuuden muodonantomenetelmä. Pulverimetallurgian varhaisin ruiskupuristussovellus lienee sytytystulppien keraamisen eristeen valmistus 1930-luvulla /1/. Erilaisia kokeita on tehty varmasti paljonkin, kuten Oy Airam Ab/kovametallitehtaalla pursotusmateriaalin puristaminen yksinkertaisilla käsityökaluilla erilaisiksi kovametallinapeiksi 1960-luvulla, mutta varsinaisen tulemisensa pulvereiden ruiskupuristus koki 1970-luvun puolivälin jälkeen Yhdysvalloissa tapahtuneen kehitystyön ansiosta. Ruiskupuristustekniikan ja laitteiden kehitys yhdessä raekooltaan hienojen pulvereiden saatavuuden kanssa loi pohjan useille patentihakemuksille /esim. 2/.

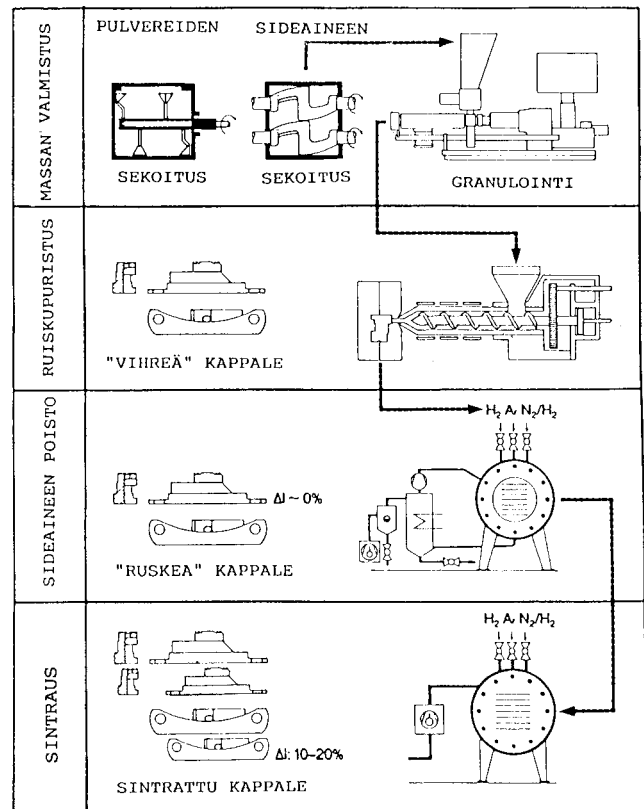
Airam Ab/kovametallitehtaalla varsinainen kehitystyö alkoi 1986 osana pulveriteknologian julkisprojektia. Seuraavana vuonna alkoi TEKES:in rahoittama yhteistyöprojekti VTT:n, TTKK:n sekä yrityksistä WP-Ceramicsin ja uuninrakentaja ELATEK:in kanssa. TTKK osallistui tekemällä sideainepoistokokeita mm. Airam Ab/toimittamille massoille.

Lähtökohdista kehitystyölle Airamilla oli jälleen kovametallien pursotus. Sekoittamalla kovametallipulveriin riittävästi parafiinia saadaan massa, jota lämmitettynä voidaan puristaa suuttimen läpi erilaisiksi profiileiksi. Ruiskupuristuksessa ongelmaksi muodostui massan kapea sulamisalue, ja vaikka yksinkertaisten muotojen valmistus onnistuikin, oli vaikeampia geometrioita varten kehitettävä laajemmalla lämpötila-alueella toimivia vaihtoehtoja. Kovametallille kehitettiin polyeteenipohjainen sideaineseos, joka mahdollisti jäljempänä mainittujen kokorajoitusten puitteissa hyvin erilaisten geometrioiden valmistamisen. Rautapohjaisten materiaalien ruiskupuristuksessa otettiin käyttöön polypropeenipohjainen sideaine.

MENETELMÄKUVAUS

Menetelmä perustuu pulverin sitomiseen sideaineen avulla massaksi, joka kuumennettuna on hammastahnamaisen juoksevaa, mutta huoneenlämmössä kosketuksen- ja varovaisen käsittelykestävää. Sideaineena käytetään vahojen ja muovien yhdistelmää. Muottiin puristamalla voidaan massalle antaa monenlaisia muotoja. Sideaineet poistetaan puristetuista kappaleista, ja painesintraamalla saavutetaan täysi tiheys, kuva 1.

Tarkkojen mittatoleranssien ylläpitäminen edellyttää hyvin varustettua laboratoriotia. Pulverien karakterisointiin on käytettävissä mm. pyyhkäisyelektronimikroskoopi Jeol JSM-T20 SEM, Se-



Kuva 1. Pulverien ruiskupuristusprosessin pääpiirteet /3/.
Fig. 1. Powder Injection Moulding Process /3/.

diGraph ja Microscan raekokomittarit, Monosorb pinta-alamittari sekä Penta Pyknometer tiheysmittari. Tutkimustyöhön on hankittu tietokoneohjattu koeuuni, joka rekisteröi mm. painonmuutos-lämpötilakäyrän sideainepoistossa.

Pulverin ja sideaineen sekoittaminen tehdään Z-teräsekoittimes- sa. Ruiskupuristin on 50 tonnin sulkuvoimalla varustettu JSW JC 50 SS II. Kappaleiden painesintraus mahdollistaa täysin tiiviin rakenteen. Muottisuunnittelussa konsulttina toimii Kauko Holmström Consulting Ky, jonka kehittämää muottien pikavaihtojärjestelmää käytetään työkalunvaihdon nopeuttajana. Muotit valmistetaan vakiorungoista ja -osista tehtaan omalla työkaluosaustolla. Kovametallitehtaana Airamilla on yli 40 vuoden tietotaito pulveriteknologiassa ja valmis tuotantolaitteisto.

MATERIAALIT

Ruiskupuristettavia materiaaleja Airamilla ovat rakenneosiin yleisesti käytetty rauta-nikkeli FeNi eri seossuhteilla, korroosionkestoa vaativiin kohteisiin ruostumaton teräs 316 L, kulutusta tai korkeata

Taulukko I: Ruiskupuristettavia metallilaituja.
Table I: Injection Moulded Metal Materials.

Materiaali	FeNi2	FeNi8	FeNi8 hiiletys- karkaistu	316L	kovamet 13 % Co
Tiheys g/cm ³	7,56	7,63	7,63	7,70	14,28
Murtolujuus N/mm ²	344	454	1388	510	
Myötölujuus N/mm ²	186	323	972	227	
Venymä %	33	20	5	45	
Kovuus		52HRC	56HRC	42HRB	1220 HV10

lämpötilaa kestäviin kappaleisiin kovametallit ja keraamit, sekä erikoismateriaalit, kuten piin kanssa saman lämpölaajenemiskertoimen omaava elektroniikan pakkauksena ja jäähdysalustana käytetty seos, taulukko I. Keraami- ja komposiittiruiskupuristustietaitoa ja -laitteistoa hankittiin yritysostolla. Lisäksi tutkimuksen kohteina ovat työkaluteräspulveri ASP 23, stelliitti ja rauta-titaanikarbidikomposiitit. Periaatteessa kaikki materiaalit ja materiaalien yhdistelmät, joista valmistetaan rackooltaan hienoja (materiaalista riippuen noin -40 µm asti), sintrattavia pulvereita soveltuvat ruiskupuristettaviksi.

EDUT JA VAIKEUDET

PIM:n etuja ovat materiaalivalikoiman lisäksi monipuolinen muotilumahdollisuus yhdessä työvaiheessa: kevennykset, tapit, monen muotoiset kolot ja reiät (myös ristikkäin), jäykistysrivat, kierreet, pyällykset, numerot ja kirjaimet; kaikki mitä muotista vain saadaan ulos. Samalla saadaan hyvä pinnanlaatu (R_a luokkaa 1,2) ja suuri mittatarkkuus, noin 0,2 % geometriasta ja dimensioista riippuen. Usein on myös mahdollista yhdistää useita kokoonpanoa vaativia kappaleita yhdeksi (kuva 2). Parhaiten muodonannon vapautta pystytään hyödyntämään, kun koko konstruktio on alun perin suunniteltu PIM:n mahdollisuudet huomioonottaen. Menetelmän taloudellisuutta lisää materiaalin kierrätys. Muottikanavissa oleva materiaali voidaan käyttää uudelleen ja jälkityöstön tarve on

minimaalinen, joten pulverihukkaa ei ole.

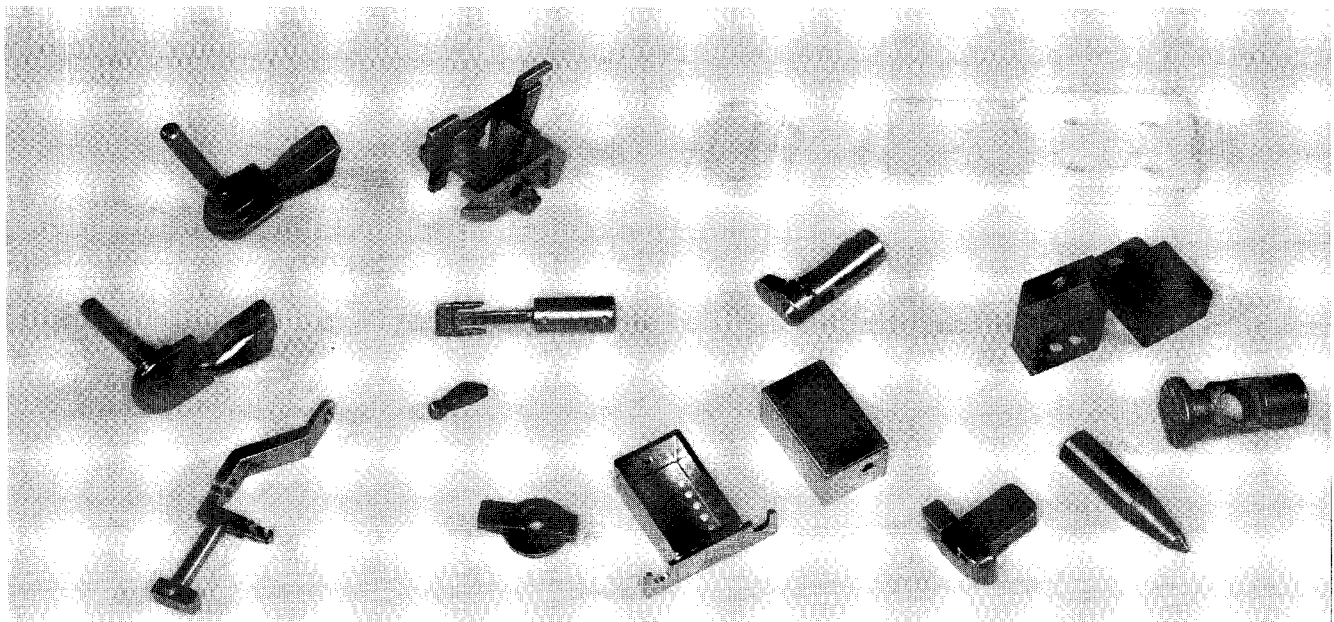
Ongelmana PIM:ssä on muottikustannus, joka edellyttää riittävä sarjakokoa tai monimutkaista muotoa. Sarjakorajoitusta pystytään kiertämään keräämällä samantapaisia kappaleita tuotepereiksi, joille hankitaan yhteinen muottirunko ja vaihdettavat muottipesät. Muotit valmistetaan käyttämällä mahdollisuuksien mukaan vakio-osia, kuten muottiosavalmistaja DME:n runkoja ja varusteita, jolloin säästetään kustannuksissa ja ylläpidetään standardointia eri muottiperheiden välillä helpottaen suunnittelu- ja asennustyötä. Toinen ongelmakenttä on sideaineenpoiston vaikeus. Paitsi runsaasti aikaa vievänä ja kapasiteettia sitovana sideaineenpoisto luo kappaleen koko- ja paksusrajoituksia: ihanteellinen PIM-kappaleen koko on 5-100 mm, ihanteellinen paksuus on 1-5 mm. Mini- ja maksimiseinämänpaksuus on noin 0,3-10 mm. Suurin PIM:n ongelma on kuitenkin menetelmän uutuus; suurin hyöty saavutetaan, kun tuotteet alun perin suunnitellaan ruiskupuristettaviksi.

KÄYTTÖKOHEET

Kaikissa tuoteryhmissä on kohteita, joissa PIM-teknologiaa voidaan taloudellisesti hyödyntää. Koneet ja laitteet: avaruussukkulan eristetilien kiinnittimet, lukkojen, aseiden ja autojen osat, kulutus-kappaleet, työkalut, suuttimet jne. Lääketiede: puristimet, pinsetit, hammastuet ja nastat, kiinnittimet, silmälasien saranat jne. Elektroniikkateollisuus: jäähdysalustat, hermeettiset pakkaukset, magneettiset osat, viihde-elektroniikan laitteiden osat jne. Toimistoautomaatio: printterin vasara ja muut vastaavat laiteosat.

KILPAILUTILANNE

Oy Airam Ab/kovametalli on pohjoismaiden ainoa PIM-osia valmistava tuotantolaitos. Euroopassa toimii runsas puolenkymmentä PIM-tehdasta ja koko maailmassa viitisenkymmentä. On kuitenkin huomattava, että japanilaisissa tuotteissa on usein PIM-osia, joista ei erikseen ole mainintaa, joten luku voi olla suurempi. Maailman kokonaisliikevaihdon 1988 on arvioitu olleen noin 20 ja 1989 noin 40 miljoonaa dollaria /4/. Kasvun on arveltu olevan 20-50 % vuosittain /5/.



Kuva 2. PIM kappaleita.
Fig. 2. PIM parts.

KIRJALLISUUS-REFERENCES

1. *Schwarzwalder K.*: "Injection Moulding of Ceramic Materials", Am. Ceram. Soc. Bull., 23 (11) 459-61 (1949).
2. *Wiech Jr, R.*: "Manufacture of Parts from Particulate Material", U.S. Patent 4., 197, 118, April 8, 1980.
3. *Poniatowski & Will*: "Injection Moulding of Tungsten Carbide Base Hard Metals", Metal Powder Report, 43, (12) 812-15 (1988).
4. *Pease III, L.*: "Overview of MIM in North America, World Market Size and Forecast", Metal Powder Report, 45 (5) 345-354 (1990).
5. *Merhar, J.*: "A Personal Perspective on Metal Injection Moulding, The International Journal of Powder Metallurgy 27 (2) 105-6 (1991).

SUMMARY

POWDER INJECTION MOULDING (PIM) IN OY AIRAM AB/CEMENTED CARBIDES

Powder injection moulding combines the form-giving capability of plastics industry to the exotic materials of powder metallurgy. It provides a method for cost-effective production of complex precision components with good mechanical properties and surface finish in high run volumes. The powder is mixed with waxes and thermoplastics to form a feedstock, which when heated flows and fills the cavities of a mould, but is firm enough for manipulation when cooled. After debinding and pressure sintering the parts can be fully dense, fig. 1. Almost any fine particle material, that can be sintered, can be used for PIM, but normally the materials chosen are iron-nickel alloys, stainless steel, tungsten-carbide and co-

balt alloys, table I. Difficulties in debinding restrict part size to 1-100 mm and thickness to 0.3-10 mm. Because the runners are reusable and there is very little need for secondary operations, there is almost no loss of material. Greatest benefits of PIM are obtained, when parts are from beginning designed for this method. It is often possible to combine small assemblies to a single PIM-part, fig. 2. The list of possible applications is almost endless.

Airam has over 40 years experience in powder metallurgy and has a well equipped laboratory to ensure tight tolerances and high quality for its products.

**VUORITEOLLISUUS
BERGSHANTERINGEN**

toivottaa kaikille
lukijoilleen ja
ilmoittajilleen
Hyvää Joulua ja
Onnellista Uutta Vuotta



**VUORITEOLLISUUS
BERGSHANTERINGEN**

tillönskar alla sina
läsare och
annonsörer
God Jul och
Gott Nytt År



1890
M

**HANGON KIRJAPAINO OY
HANGÖ TRYCKERI AB**

God Jul
och Framgångsrikt
Nytt År

Hyvää Joulua
ja Menestyksellistä
Uutta Vuotta



**JOKA PÄIVÄ
VIIDELLÄ MANTEREELLA
KÄYTETÄÄN
OUTOKUMMUN
METALLURGISTA
HUIPPUTEKNOLOGIAA
MAAILMAN
MALMIVAROJEN
HYÖDYNTÄMISEEN**

**KOULUTUS, KOKEMUS JA
YRITTÄMISENHALU
MUODOSTAVAT
KÄYNTIKORTIN
JOSSA LUKEE..**

Outokumpu engineering
CONTRACTORS

Tunnelointimikroskoopin käyttö metallurgisessa tutkimuksessa

Ass. K. A. Pischow, Teknillinen korkeakoulu, Materiaalien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio, Espoo

JOHDANTO

Kymmenen vuotta sitten suorittivat G. Binnig, H. Rohrer, Ch. Gerber ja E. Weibel^[1,2] IBM:n Zürichin tutkimuslaitoksessa ensimmäiset onnistuneet kokeet scanning tunneling microscope (STM) laitteella. Keksintöä pidettiin niin merkittävänä, että vuonna 1986 jakoivat fysiikan Nobelin palkinnon elektronimikroskoopin keksijä Ernst Ruska ja STM mikroskoopin keksijät Gert Binnig ja Heinrich Rohrer.

Kuluneen kymmenen vuoden aikana STM:stä on muodostunut pintafysiikan käyttöön tehokas tutkimusväline AES:n, LEED:in, SEM:in,... .. SIMS:in ja muiden lyhenteiden joukkoon. Alunperin yliopistojen itsevalmistetuista laitteista on kehitys kulkenut useiden eri valmistajien tarjoamiin sarjavalmisteisiin mikroskooppeihin, joihin oleellisena osana sisältyvät mikroskoopin ohjauksesta ja kuvankäsittelystä huolehtivat tietokoneohjelmat. Tutkimuksen painopiste on samana aikana siirtynyt ilmiön ja laitteen tarkastelusta laitteen soveltamiseen mitä erilaisimmille tutkimuksen alueille DNA koodista puolijohdetekniikkaan.

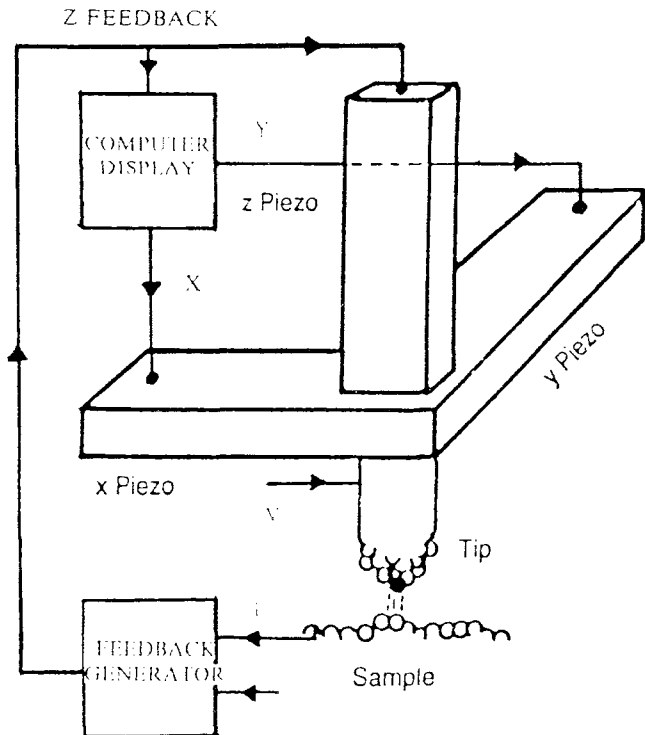
Atomaarinen erotuskyky on se ominaisuus, joka aina ensimmäisenä mainitaan STM:stä puhuttaessa. Atomaariseen erotuskykyyn onkin päästy lukuisilla materiaaleilla ja pinnoilla. Näille pinnoille yleensä on ominaista, että ne ovat stabiileja, kuten grafiitti ja Au, jolloin voidaan toimia myös ilma-atmosfäärissä, ja että materiaalista on mahdollista valmistaa atomaarisen tasaisia pintoja, kuten grafiitti ja Si.

Puolijohdetekniikkaan liittyvien ohutkalvojen tutkimuksessa STM:n käyttö onkin tällä hetkellä varsin yleistä^[3]. Atomaarisella tasolla liikuttaessa on UHV-vakuumi yleensä useimmilla pinnoilla välttämätön edellytys luotettavien tulosten saamiseksi ja aktiivisen pinnan aiheuttamien häiriöitten välttämiseksi. Mielenkiintoinen esimerkki STM:n atomaarisen erotuskyvyn hyväksikäyttämisestä metallurgian alalla on tutkimus^[4], jossa hapen kemisorption edistymistä Cu(110) pinnalla on kuvattu, ja ydintymiseen ja kasvuun liittyvät mekanismit on kyetty selvittämään. Myös hiilikuitujen tutkimuksessa on STM:a käytetty kuitujen pinnan atomaarisen rakenteen selvittämiseen^[5].

TKK:n materiaalien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratoriolta on ollut puolen vuoden aikana mahdollisuus testata tanskalaisvalmisteista Struers Tunnelscope 2400 mikroskooppia. Koska STM ei vielä ole täysin kotiutunut suomalaisen metallurgin laitefaunan osaksi, katsottiin aiheelliseksi jo tässä vaiheessa raportoida saaduista käyttökokemuksista ja kertoa tulevasta käyttösuunnitelmista.

STM:n toimintaperiaate

STM mikroskooppi perustuu kvanttimekaaniseen elektronin tunnelointi-ilmiöön. Kun pietsosähköisesti liikulteltava kärki tuodaan tarpeeksi lähelle (5–10 Å) tutkittavaa positiivisesti tai negatiivisesti biasoitua johtavaa näytettä, alkaa näiden välillä kulkea tunnelointivirta, jonka suuruus riippuu eksponentiaalisesti näytteen ja



Kuva 1. STM:n toimintaperiaate.

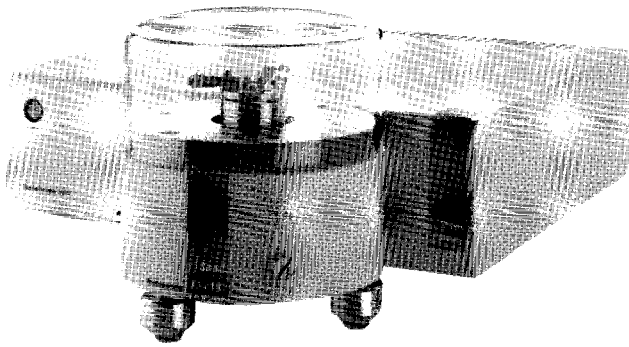
Fig. 1. Schematic of scanning tunneling microscope.

kärjen välisestä etäisyydestä. On syytä huomata, että STM toimii yhtä hyvin niin ilmassa, öljyssä kuin vakuuimissakin. Se tilavuus jossa elektronivirta kulkee on luokkaa 0.1 nm³ ja ilma-atmosfäärissä tässä tilavuudessa on alle 0.003 molekyyliä, vedessä vastaava luku on 3. Näin ollen elektronien sirontaa ei juurikaan tapahdu. Tunnelointivirtaa mittaamalla voidaan kärjen ja näytteen välinen etäisyys pitää vakiona erittäin suurella 0.1 Å:n tarkkuudella. Kuvassa 1 on esitetty STM:n toimintaperiaate yksinkertaisena kaaviona^[6]. Käytössä on yleensä kaksi eri toimintatapaa, joissa pidetään joko etäisyys vakiona (constant high mode) ja mitataan jännitteen muutosta tai tunnelointi virta vakiona (constant current mode) ja mitataan z-pietson jännitettä. Kummassakin tapauksessa mitattu jännite piirtää topograafisen kuvan näytteen pinnasta skannattaessa kärkeä pietsosähköisesti näytteen pintaa pitkin.

Struers Tunnelscope 2400

Tunnelscope 2400 mikroskooppi muodostuu kolmesta komponentista: mikroskooppiyksiköstä, säätöyksiköstä ja ohjelmistosta.

Mikroskooppiyksikkö on erittäin pienikokoinen, korkeudeltaan 21 cm ja halkaisijaltaan 19 cm. Kuvaa 2 katsoessa ymmärtää hy-



Kuva 2. Tunnelscope 2400 mikroskooppi.
Fig. 2. Tunnelscope 2400 microscope.

vin, että laite on laboratoriossa saanut lempinimen ”mehulinko”. Käytössä olevan laitteen pietsosähköisen skannerin pyyhkäisyala on $6\ \mu\text{m} \times 6\ \mu\text{m}$ ja lateraalinen erotuskyky luokkaa $0.1\ \text{Å}$. Kärjen suurin liike pystysuunnassa on $1.5\ \text{mm}$. Näytteenpidin on yksinkertainen muodostuen metallijousesta, jonka alle näyte sijoitetaan, ja kahdesta manuaalisesti mikrometrillä toimivasta näytteesiirtäjästä. Näytteenpidin on selvästi laitteen huonoimmin onnistunut osa ja esimerkiksi mikrokovuuskokeen painauman kuvaaminen muistuttaa neulan etsimistä heinäsuovasta. Mikroskoopissa käytetään varsin karkeaa mekaanisesti Pt-Ir langasta katkaisemalla valmistettua kärkeä. Kärjen vaihtaminen on helppoa ja nopeata.

Kärki on myös osoittautunut käytössä erittäin pitkäikäiseksi, nyt käytössä oleva kärki on toiminut jo yli viisi kuukautta. Kärjen pitkäikäisyys selittyy paitsi sen ”massiivisuudella” niin myöskin ”Clean tip” toiminnosta jossa lyhytaikaisella jännitepulsilla saadaan kärki puhdistettua.

Mikroskooppi toimii ilma-atmosfäärissä. Pietsosähköinen skanneri näytteenpitimiseen on eristetty kuoresta ja ulkoisista värähtelyistä tehokkaasti ja sen terminen stabiilisuus on poikkeuksellisen hyvä. Usean vuorokauden kestäneiden skannausten aikana on kuvan ryömiminen ollut esim. $3\ \mu\text{m} \times 3\ \mu\text{m}$, joka on kuva-alalla tuskin havaittavaa. Mikroskooppi on asennettu kevytrakenteiselle puupöydälle ja vasta pöydän tönäiseminen onnistuu aiheuttamaan häiriön kuvaan.

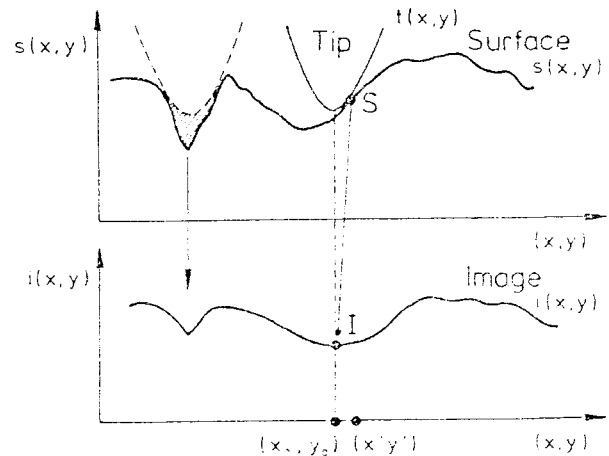
Säätöyksikkö yhdistää mikroskoopin ja tietokoneen, ohjaa pietsoskannerin liikettä ja kerää mittausdatan, josta tietokoneessa ohjelmallisesti muodostetaan kuva näytölle.

TSCOPE ohjelmisto on monipuolinen ja hiiriohjattuna helppokäyttöinen. Mikroskoopin toimintojen ohjaaminen on selkeää ja ohjelma on osoittautunut varmatoimiseksi, sen kaatuminen on koeaikana ollut harvinaista. Kuvat tallennetaan kovalevyille myöhempää tarkastelua varten, hardcopy saadaan helpoimmin videoprintterillä, sillä ohjelma tukee vain yhtä matriisikirjoitinta ja yhtä laserprintteriä.

Ohjelma mahdollistaa pinnan profiilikäyrän määrittämisen mieltävaltaisten pisteiden välillä ja ohjelma laskee pintakarheuden R_a -, R_q - ja R_y - arvot. Edellä esitetystä seuraa, että käyttökynnyksensä tämän laitteen kohdalla on harvinaisen matala.

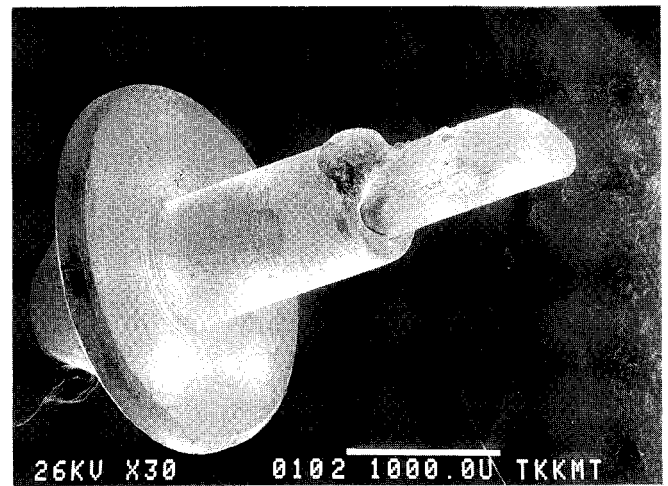
STM:N KÄYTTÖ METALLURGISISSA TUTKIMUKSESSA

Tarkoituksenamme on ollut tutkia tunnelointimikroskoopin soveltuvuutta metallurgiseen tutkimukseen. Koska käytössämme olevassa laitteessa ei tällä hetkellä ole vakuumimahdollisuutta on ollut luonnollista keskittyä laitteen soveltamiseen nanomaariseen maailmaan. Atomaarinen erotuskyky metallinäytteillä edellyttää yleensä UHV olosuhteita, koska tutkittavan pinnan aktiivisuus vaikeuttaa kuvanmuodostumista.



Kuva 3. Todellisen pinnan ja STM topografiakuvan välinen riippuvuus, kun otetaan huomioon kärjen dimensiot.

Fig. 3. Sketch of the typical situation of STM measurements on microscopically rough surfaces [10].

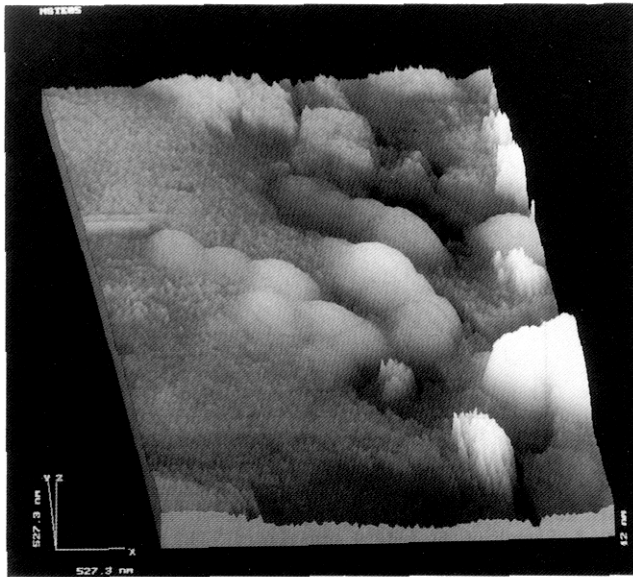


Kuva 4. SEM kuva STM-mikroskoopin Pt-Ir kärjestä.
Fig. 4. SEM picture of the STM Pt-Ir tip.

Normaali, syövytetty metallograafinen näyte on usein varsin huonosti STM-kuvaukseen soveltuva, sillä topograafiset erot saatavat olla liian suuria ja syövytyksen jäljiltä pinnassa voi olla erilaisia oksideja. Huolellisella näytteenvalmistuksella ja esim. ionisyövytystä käyttämällä on kuitenkin mahdollista päästä kuvaamaan näytteen mikrorakennetta muutaman kymmenen Å:n erotuskyvyllä. Kaikesta huolimatta metallograafisen näytteen pinta on kuitenkin STM:n kannalta aina ”rough surface” ja kärjen makroskooppinen koko ja muoto on pidettävä mielessä kuvaa tulkittaessa. Kuvassa 3 on esitetty Reiss et al. [7] mukaan todellisen pinnan ja mitatun topografiakuvan eron syntyminen makroskooppisen kärjen vaikutuksesta. Kuvassa 4 on nähtävissä Tunnelscope 2400 mikroskoopissa käytettävä Pt-Ir kärki SEM:illä kuvattuna.

Terästen metallografia

Nykykaisten rakenneterästen kehittämisessä on erkaumilla, niiden koolla, morfologialla ja jakautumisella merkittävä osa. Tutkittavat erkaumat ovat usein pieniä, kymmenien nanometriä luokkaa ja niiden havaitseminen edellyttää elektronimikroskoopin käyttöä ja ohuthien tai replikan valmistusta. Tätä taustaa vasten tuntui luonnolliselta pyrkiä soveltamaan STM:ää nimenomaan terästen erkaumien tutkimiseen pyrkimyksenä välttää TEM:in käyttämiseen liittyvä näytteenvalmistus.



Kuva 5. STM kuva HSLA-teräksestä, jossa kuvan keskellä on nähtävissä pyöreitä Nb(C) erkaumia.

Fig. 5. STM picture of a HSLA steel showing clusters of Nb(C) precipitates in the middle.

Ensimmäinen mikroseosteisen teräksen erkaumia tarkasteleva tutkimus on valmistunut. Saatujen tulosten perusteella voidaan todeta STM:n soveltuvan varsin hyvin tämäntyyppiseen tutkimukseen. Näytteen pinnan hapettuminen ei ollut ongelma, kuten oli odotettu, vaan niin nital-syövytyksen kuin elektrolyyttisen kiilloituksen ja syövytyksenkin jälkeen näytteen pinta oli tarkastellulla tasolla varsin stabiili. Näytteenpitimestä johtuen erkautumien löytyminen oli ongelma, mutta kun ne löytyivät, kuten kuvan 5 [8] tapauksessa, ne vastasivat hyvin näytteestä otettuja TEM-kuvia. Eri-

laisilla näytteenvalmistustekniikoilla saatiin erkaumat näkyviin. Lisätutkimuksia kuitenkin tarvitaan, jotta menetelmän toistettavuutta voidaan arvioida. Ionihionta ja syövytys vaikuttavat selvästi lupaavimmilta näytteenvalmistustekniikoilta.

HSLA-teräksen bainiittisen rakenteen tutkimuksessa STM on myöskin jo osoittautunut käyttökelpoiseksi ja mikrorakenteesta on saatu tarkkoja kuvia.

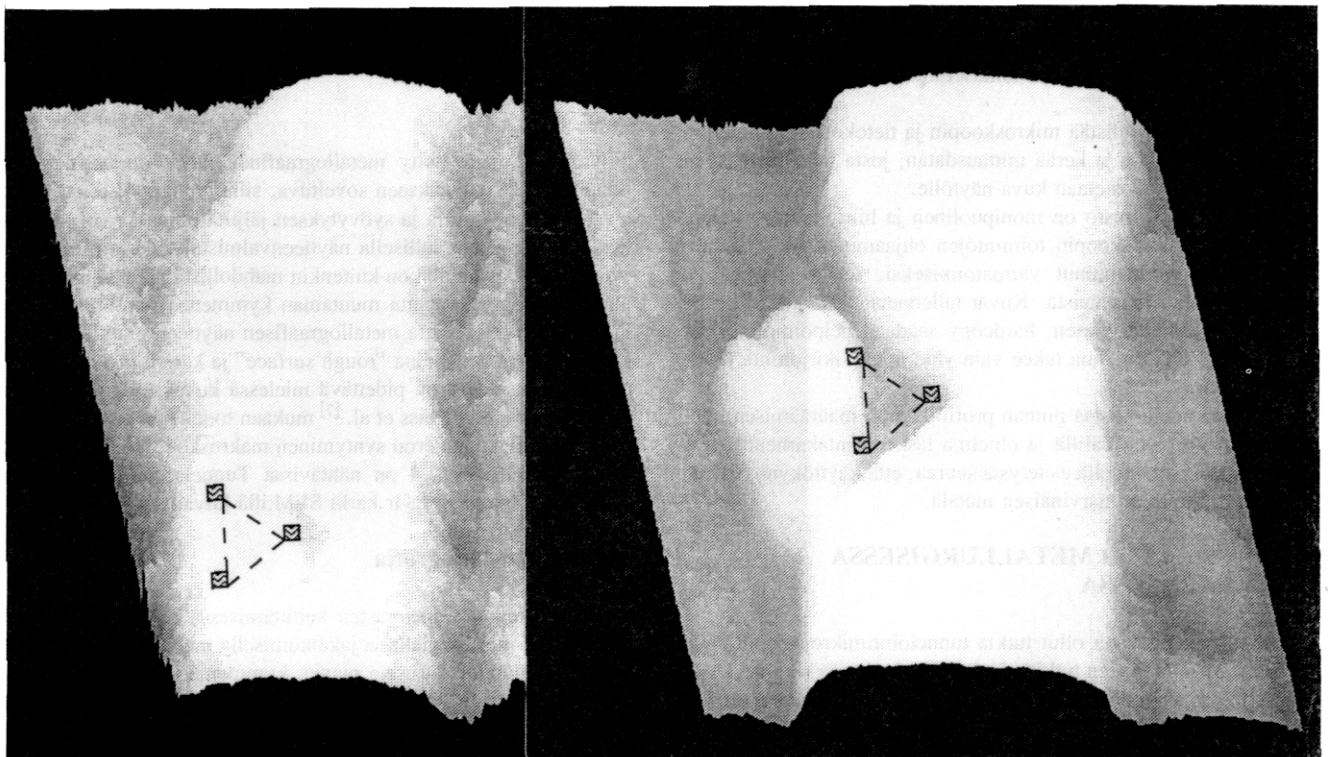
Erkaumien kvalitatiivinen määrittäminen STM:llä

Tutkittaessa tunnelointikärjellä aikaansaatavan lyhytaikaisen korkeajännitteisen pulssin vaikutusta mikroseosteisen teräksen pinnalla oleviin erkaumiin havaittiin kuvan 6 [9] mukaisesti pulssin sulattavan erkaumat. TiN erkaumien sulattamiseen ei käytetty energiaa riittänyt, mutta muut erkaumat sulivat ja näin voitiin kvalitatiivisesti määrittää TiN-erkaumat. Mikäli pulssin energiaa pystyttäisiin ohjelmallisesti säätämään, olisi ilmeisesti mahdollista erottaa muutkin erkaumat toisistaan. Efektin fyysikaalisen perustan, erkauman muodon ja muiden ilmiöön vaikuttavien tekijöiden sekä pulssin säätöön liittyvien kysymysten selvittämistä jatketaan.

Ruostumattomia teräksiä on kuvattu STM:llä lähinnä pinnoitetutkimusten yhteydessä ja on havaittu, että myös passivoituneen teräksen pinnalta saadaan häiriötön kuva. Samoin saadaan erittäin hyvä kuva sputteroidusta pinnasta noin tunnin ajan vakuumista poistamisen jälkeen. Tämän jälkeen tapahtuu pinnassa niin aktiivista oksidien muodostumista, että mikrorakenteen kuvaaminen ei enää onnistu.

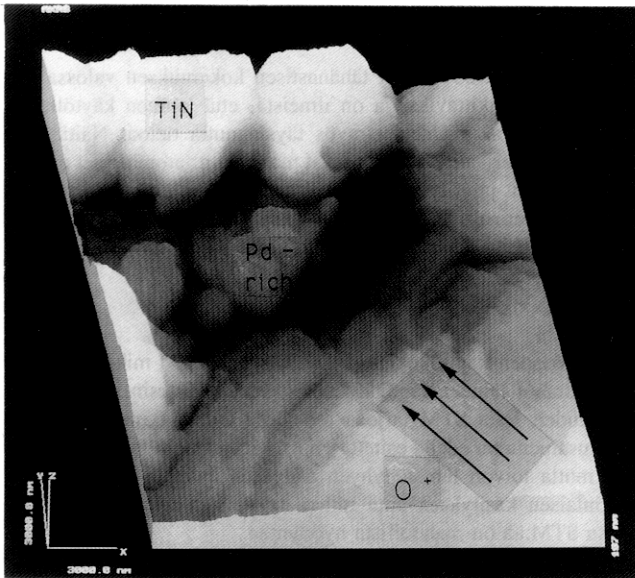
Ohuet kulutusta kestävät pinnoitteet

STM soveltuu ennen muuta pinnoituksen alkuvaiheiden sekä pinnoitteen ja substraatin välisen rajakerroksen tutkimiseen. Rakeenkasvun alkuvaiheiden selvittäminen auttaa ymmärtämään pinnoitteen ominaisuuksiin vaikuttavia prosessiparametrejä ja mahdollistaa entistä parempien pinnoitteiden suunnittelun. Rajakerroksen merkitys on puolestaan oleellinen pinnoitteen adheesion ja korroo-



Kuva 6. STM kuva kolmen korkeajännitepulssin vaikutuksesta HSLA teräksen pinnassa olevaan erkaumaan.

Fig. 6. STM figure showing the effects of three short voltage pulses on the precipitate of a HSLA steel.



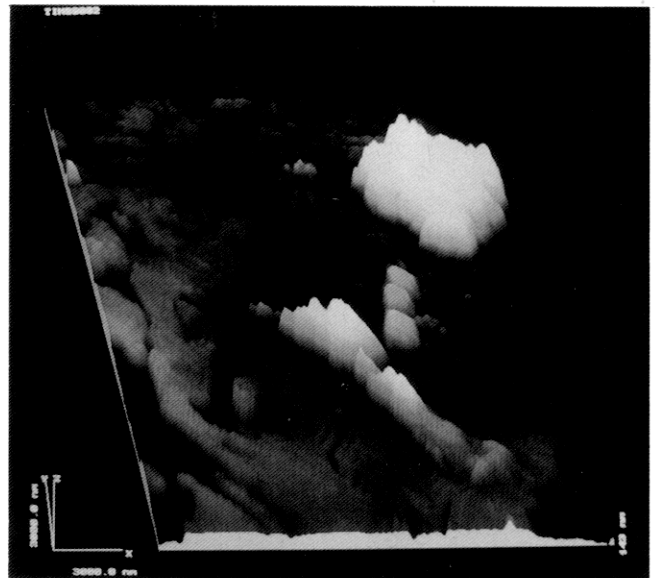
Kuva 7. SIMS:ssä sputteroitu TiN-pinnoitettu ruostumaton teräs, jossa sputterointi on edennyt pinnoitteen lävitse paljastaen substraatin pinnan. Välissä oleva Pd-rikas kerros on myös näkyvässä.
Fig. 7. The effects of SIMS O-ion sputtering on TiN coated stainless steel (SS), Pd-rich interlayer is clearly visible.

sio-ominaisuuksien kannalta. Rajakerros on erittäin ohut, yleensä kymmenistä ångströmeistä kymmeniä nanometreihin, ja sen rakenteen tutkiminen HRTEM:llä edellyttää pinnoitteen hauraudesta johtuen poikkeuksellisen hankalaa ohuthieen valmistamista. Alustavat kokeet SIMS:llä sputteroiduista näytteistä osoittavat, että ionihennusta ja selektiivistä sputterointia käyttämällä voidaan STM:llä tutkia rajakerroksen rakennetta, kuva 7.

Olemme käyttäneet STM:ää tutkiessamme titaaninitridillä (TiN) pinnoitetun ruostumattoman teräksen mekaanisia ja korroosio-ominaisuuksia sekä pinnoitteen ja substraatin välistä adheesiota. Kuvassa 8 nähdään ennen pinnoitusta suoritettun Ar^+ ionisputteroinnin vaikutus ruostumattomasta teräksestä valmistetun näytteen pintaan.



Kuva 8. STM kuva Ar^+ ionisputteroidusta ruostumattomasta teräksestä, jossa raerajat ovat sputteroituneet selektiivisesti.
Fig. 8. STM picture of the effects of Ar-ion sputtering on stainless steel surface.



Kuva 9. STM kuva TiN pinnoitteen kasvun alkuvaiheista ruostumattomalla teräksellä.

Fig. 9. STM picture of the initial stage of the TiN growth on stainless steel substrate.

Sputteroinnin selektiivisyys näkyy kuvasta selkeästi. Kuvassa 9 on vastaavalla tavalla sputteroidulle ruostumattomalle teräkselle pinnoitettu TiN:ä lyhyen ajan. Kuvassa erottuu alueita, jotka ovat erittäin pienirakeisen TiN:n peittämiä, paikkoja joissa on varsin suurikokoisia rakeita ja ilmeisesti syvälle sputteroituneita kohtia, joissa pinnoittumista ei ole tapahtunut. Kuvan mukainen rakenne on seurausta paitsi pinnoitusta edeltäneen substraatin sputteroinnin seurauksena syntyneestä topografiasta niin myöskin pinnoituksen aikaisesta sputteroitumisesta.

Ohuiden kulutustakeävien TiN pinnoitusten osalta on meneillään useampia tutkimuksia, joissa STM:ää käytetään apuna ja se on osoittautunut hyvin soveltuvan tämäntyyppiseen tutkimukseen.

Korroosiotutkimus

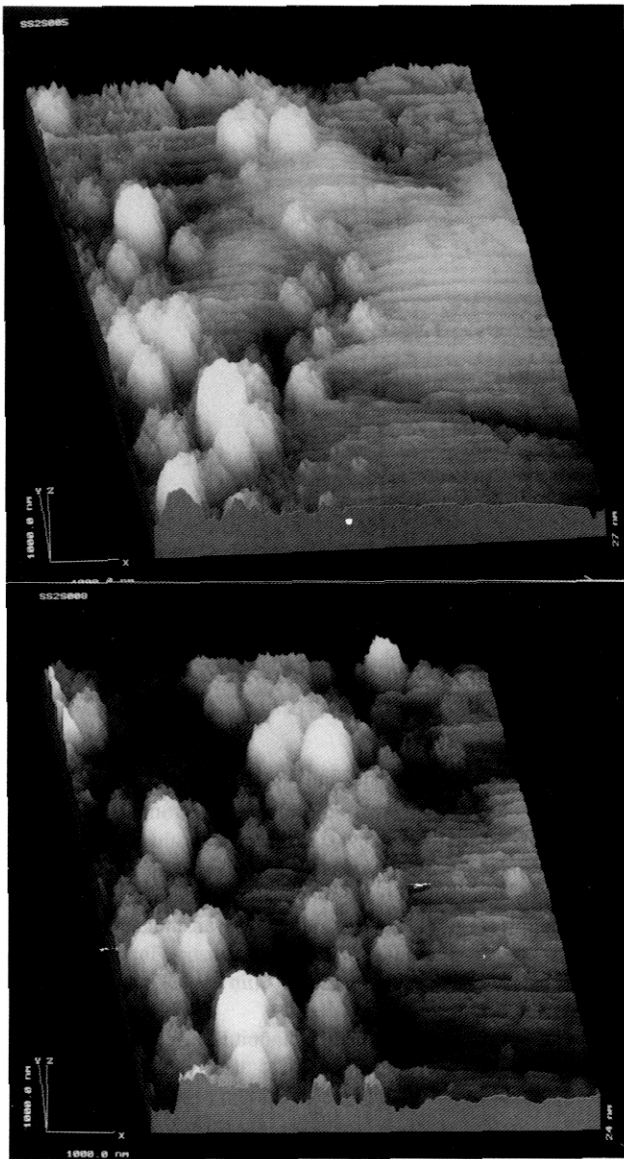
Korroosio on pintailmiö ja näin ollen STM soveltuu sen tutkimiseen erinomaisesti. Mahdollista on suorittaa myös in situ-tutkimuksia, jotka kuitenkin vaativat laitteessa käytettävän kärjen modifioimista.

Ongelmana pitemmälle edenneissä korroosioprosesseissa voi olla korroosiotuote, joka ei ole johtava. Passiivikerroksen muodostumista on pystytty kuvaamaan sputteroidulla puhdistetun ruostumattoman teräksen pinnalla. Kuvassa 10 nähdään oksidikerroksen kasvua skannauksen aikana. Ensin kasvaa raerajoilta alkaen huokoinen ilmeisesti rautarikas oksidikerros ja myöhemmin ohuempi tasainen kromioksidikerros.

Raudan passiivoitumista tutkitaan STM:llä yhdessä TKK:n korroosion ja materiaalikemian laboratorion kanssa. Tutkimalla edelleen binääristen Fe-Ni-, Fe-Si- ja Fe-Cr-seosten passiivoitumista on tarkoituksena pyrkiä selvittämään ruostumattoman teräksen passiivoitumisen erilaisia mekanismeja.

Magneettimateriaalien tutkiminen

Neomagneettien raerajafaasit ovat erittäin hankalasti tutkittavissa, koska ne ympäröivät matriisikiteitä erittäin ohuina ångströmiä tai nanometrien luokkaa olevina kalvoina ja ohuthieiden valmistaminen ko. materiaalista on vaikeaa voimakkaan hapettumisen vuoksi. STM tarjoaa mahdollisuuden raerajafaasin tutkimiseen, mutta alustavat tulokset osoittavat, että suoja kaasun tai tyhjiön käyttäminen



Kuva 10. STM kuvat oksidikerroksen syntymisestä sputteroidun ruostumattoman teräksen pinnalle.

Fig. 10. STM figures showing oxide growth process on a sputter cleaned stainless steel surface.

on tarpeellista. Pinnan hapettumista on mahdollista seurata kuvauksen aikana. Alustavissa tutkimuksissa on käytetty Outokumpu Magnets Oy:n magneetteja.

SUMMARY

THE USE OF SCANNING TUNNELING MICROSCOPY IN METALLURGY

A Struers Tunnelscope 2400 microscope has been used during six months time for metallurgical research. The aim of this study was to investigate the reliability of the instrument, which proved to be excellent, and to find the particular fields of metallurgical research which should benefit from the use of this particular type of STM

SUUNNITTEILLA OLEVAT TUTKIMUSKOHTEET

Seuraavat alueet soveltuvat tähänastisen kokemuksen valossa hyvin STM:illä tutkittaviksi ja on ilmeistä, että laitteen käytöllä on saatavissa kultakin alueelta myös täysin uutta tietoa. Näitä ovat mm. nanomateriaalit, suprajohtavat materiaalit, atomaariset murtumamekanismit ja erityisesti vetyhauraus, superplastisuus ja superplastiset materiaalit ja jäämösjännitykset. Edellämäinuituista aiheista on meneillään laaja kirjallisuustutkimus.

YHTEENVETO

Puolen vuoden käyttökokemus Tunnelscope 2400 mikroskoopista on osoittanut laitteen luotettavuuden, sekä ne varsin suuret mahdollisuudet, joita STM tarjoaa metallurgiselle tutkimukselle. Sovellusalueita on edellä esitettyjen lisäksi tietenkin lukuisia muitakin, mutta toivon tämän lyhyen esityksen antavan lukijalle edes jonkinlaisen käsityksen siitä minkä tyyppisten ongelmien ratkaisuissa STM:ää on mahdollista hyödyntää.

KIRJALLISUUS – REFERENCES

1. Binnig, G. et al., "Surface Studies by Scanning Tunneling Microscopy.", Appl. Phys. Lett. 49, 1982 pp. 57.
2. Binnig, G. and Rohrer, H., "Scanning tunneling microscopy.", Helv. Phys. Acta Vol. 55 1982 pp. 726–35.
3. Neddermeyer, H., "STM Studies of Nucleation and the Initial Stages of Film Growth.", Solid State and Mat. Sci. 16, 1990 pp. 309–35.
4. Chua, F. M. et al., "Oxygen Chemisorbtion on Cu (110): An Atomic View by Scanning Tunneling Microscopy.", Phys. Rev. Lett. 63, 4, 1989 pp. 386–9.
5. Hoffman, W. P. et al., "The surface topography of non-shear treated pitch and PAN carbon fibers as viewed by the STM.", J. Mater. Res. Vol. 6 No. 6, 1991 pp. 1685–94.
6. Wickramasinghe, H. K., "Scanning probe microscopy: Current status and future trends.", J. Vac. Sci. Technol. A 8 (1) 1990 pp. 363–8.
7. Reiss, G. et al., "Scanning tunneling microscopy on rough surfaces: Deconvolution of constant current images.", Appl. Phys. Lett. 57 (9) 1990 pp. 867–9.
8. Pischow, K. A., Haraldsen, A. K. and Korhonen, A. S., "Scanning Tunneling Microscopic Study of Precipitations in a Microalloyed Steel." to be published.
9. Pischow, K. A. and Korhonen, A. S., "Effects of Short Voltage Pulses on the Precipitates of a Microalloyed Steel Surface during Scanning Tunneling Microscope Operation.", to be published.
10. Reiss, G. et al., "Scanning tunneling microscopy on rough surfaces: Deconvolution of constant current images.", Appl. Phys. Lett. 57 (9) 1990 pp. 867–9.

Supaflo High Rate Thickeners

Neil D. Jagger, Managing Director, Supaflo Technologies Pty Ltd, Sydney, Australia

The high rate thickener concept (HRT) was first patented in 1968, after several years of development work in the sugar industry, and over the past 23 years has gained widespread acceptance in the minerals processing, chemical and other industries. The successful operation of HRT's is normally dependent on the use of high molecular weight polyelectrolyte type flocculants and it is no coincidence that their development occurred shortly after these polymers became readily available. The characteristic features of an HRT which distinguish it from a conventional thickener are:

- a deep feedwell
- a de-aeration chamber which is either separate from or integral with the feedwell
- a means of deflecting the feed from the vertical and distributing it within the body of the thickener
- a controlled floc or mud level.

The result of these design features taken together, is that an HRT is usually capable of achieving between 5 and 30 times the throughput per unit area than that which is used for design of conventional thickeners.

OPERATION

In a Supaflo High Rate Thickener (Fig. 1), feed slurry is introduced into a large diameter feedwell typically with a retention time of approximately one minute (Fig. 2). Flocculant is added to the

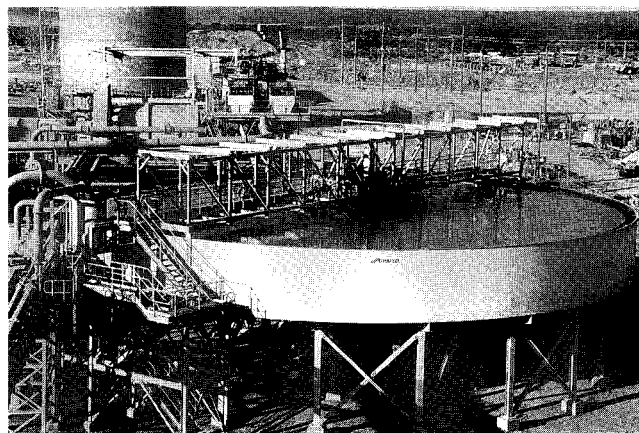


Fig. 1. North Kalgurlie gold mines. 27 m diameter Supaflo High Rate Thickener.

Kuva 1. Supaflo HR-sakeutin North Kalgurlie kultakaivoksella. Sakeuttimen halkaisija on 27 m.

feed slurry either in the feed line prior to entering the feedwell or through flocculant spargers into the feedwell. The Supaflo feedwell has two primary functions:

- de-aeration of the feed. Any air entrained with the feed slurry

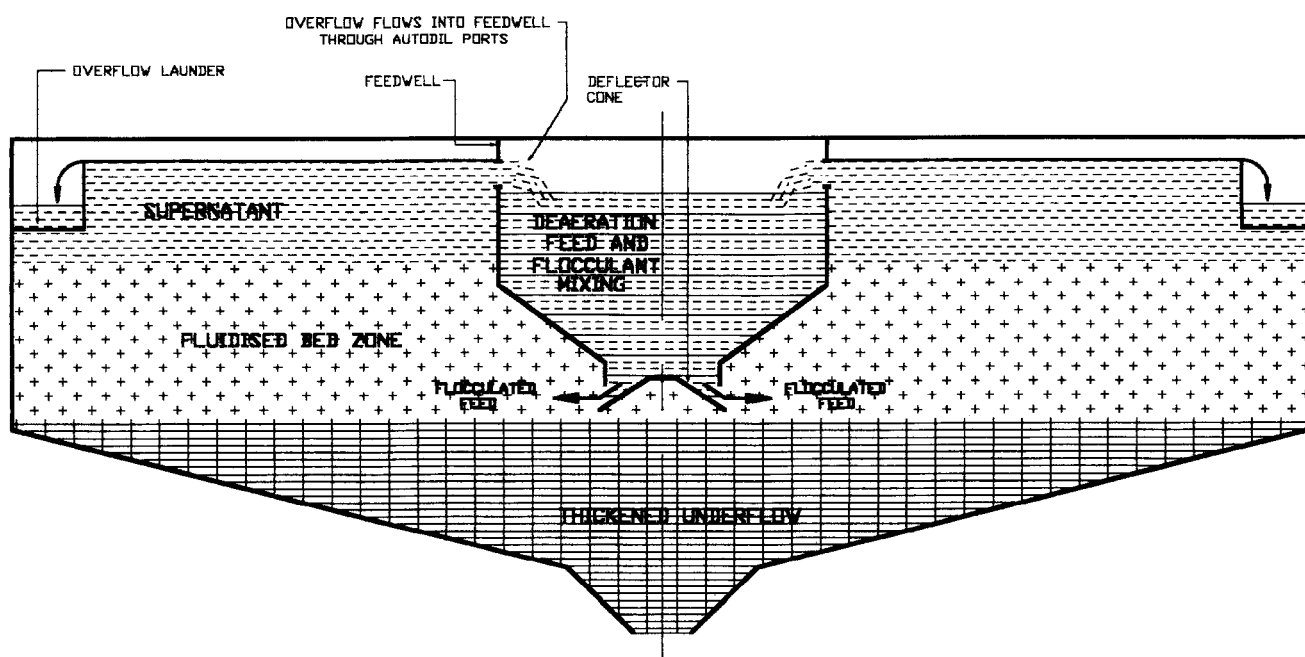


Fig. 2. A schematic representation of Supaflo's patented method for diluting thickener feed overflow.

Kuva 2. Kaaviokuva Supaflo'n patentoimasta järjestelmästä, jossa syöte laimennetaan sakeuttimen ylitteellä.

which is not removed before the feed enters the thickener, attaches to flocculant particles causing them to float and report to overflow.

b) mixing of feed slurry and flocculant in a controlled fashion.

The flocculated feed is discharged from the feedwell through an annulus formed by a conical deflector plate and the bottom of the feedwell. The gap between the deflector plate and the feedwell can be varied to ensure that the feed injection velocity is sufficient to ensure proper distribution of feed over the complete thickener area. The feed is injected into the flocculated solids bed in the thickener with the injection velocity being varied depending on, amongst other things, feed SG floc size and thickener diameter.

Three clearly identifiable zones (Fig. 2) exist within an HRT:

- a) Supernatant liquor
- b) A fluidised bed from the feed injection point to the bed/supernatant interface.
- c) A thickened sludge or compression zone below the deflector plate.

A step change in percent solids occurs at each of the zone interfaces.

Feed slurry is injected into the fluidised bed zone and thus interacts with the floc structures already formed in the bed. Any unflocculated particles or small flocs have many opportunities to contact other flocculated particles in the fluidised bed to form larger flocs which settle out of the fluidised zone into the compression zone. This "filtration effect" normally results in very clear overflow from an HRT as the bed level is continuously maintained above the feed injection point.

In the author's opinion the main reason for the operation of HRT's at higher rates than conventional thickeners is that the flocculated feed slurry is projected through the feeds gap to cover the full area of the thickener in a horizontal plane prior to separation taking place. This flocculated feed is injected into a zone of similar density to the feed density and tends to move easily in a horizontal direction through this zone. In a conventional thickener the feed is placed into a feedwell at the centre and allowed to determine its own path to either the overflow launder or underflow cone. Almost all of the separation process takes place in the middle one third of the thickener area with the rest acting as storage.

DEVELOPMENT

Although a large number of HRT's were installed in the U.S.A. during the 1970's, there were certain difficulties in operation which occurred and created some nervousness among prospective users. These were primarily:

- a) High flocculant usage
- b) Poor de-aeration of feed resulting in poor overflow clarity
- c) Poor bed level control
- d) Frequent bogging due to high torque

Supaflo has systematically approached these problems and designed an HRT system to eliminate them. These design improvements include:

- a) Flocculant addition spargers and a flocculant slurry mixing regime which is specifically designed to minimize flocculant usage.
- b) A large central feedwell which is open at the top and acts as a de-aerator and flocculant chamber in one. Earlier units used primarily in the U.S.A. were supplied with external de-aerating tanks, either rectangular or cylindrical, which block easily with solids and become ineffective.
- c) Supaflo has developed two reliable bed level sensors specifically for this application. The cheaper system is based on a ball float arrangement and can be used for applications where there is a substantial SG difference between the supernatant and the fluidised bed. The second and more expensive system is based on an ultrasonic head and is used where there are small

SG differences between the bed and the supernatant.

- d) An inexpensive and reliable control system developed for HRT's
- e) A reliable and accurate hydraulic torque control system, incorporating a rake arm design which minimizes torque problems. The rakes are designed to operate in a flocculated bed and do not make use of a truss structure as it was found in practice that this resulted in torque problems particularly when the bed was over-flocculated.

FLOCCULATION

It is the commonly held belief that, because the separation of liquids from solids takes place considerably faster in an HRT than in conventional thickeners, HRT's must use more flocculant than conventional thickeners. Prior to the development of a proper flocculant mixing regime and thickener control system, HRT's were high flocculant users. The "normal" way of running an HRT used to be to set the flocculant dosage for the worst case conditions and to make the thickener easier to control. This resulted in substantial over-usage of flocculant and in some cases also resulted in bogging of the thickener as a result of over-flocculation. Data collected from a wide range of thickener users in Australasia and data presented in the literature was recently analysed /1/. This data and pilot plant data, with direct comparisons between HRT's and conventional thickeners, showed that the flocculant consumption for both thickener types is in the same range. The reasons for this are probably more efficient use of both flocculant and thickener area in HRT's.

CONTROL

It was a commonly held belief in the 1970's and early 1980's that HRT's were always five minutes away from disaster during operation. There is in fact a lot of truth in this statement because of the high rates at which these thickeners are operated and consequently their short retention time. However unlike conventional thickeners this short retention time means that HRT's can be properly controlled using instruments rather than operators.

Control systems used in the 70's and 80's were expensive to install and thus most HRT's were installed without any control system at all. Supaflo set out to develop an inexpensive control system specifically for HRT's, with the target of maintaining a set underflow density and minimizing flocculant usage. Many systems were tried including mass flow for feed forward control of flocculant with either underflow density or rake torque being used as a feedback signal to trim flocculant dosage. Attempts were also made to use an underflow density signal to control flocculant addition rate as this is the desired control variable, or to use rake torque as this is proportional to underflow density within a limited range. Whilst these systems generally worked in some circumstances they either had the disadvantage of being too expensive, responded too slowly or were inherently unstable.

A very successful control strategy for high rate thickeners has now been developed where both the mass of solids in the thickener and the bed level are controlled /2,3/. A pressure transducer is mounted on the discharge cone of the thickener in direct contact with the pulp flowing into the discharge cone (Fig. 3). As the height of the pulp column above the transducer is constant, variations in the pressure measurement are directly proportional to the mass of solids in the thickener. The underflow withdrawal rate is controlled by changes in the thickener inventory level with the aim of maintaining a constant mass of solids in the thickener.

A second loop is used to complete the control strategy. This loop regulates the amount of flocculant added to the feed pulp entering the thickener. Once the solids inventory in the thickener is under control, any change in the interface level between the bed

Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaförening ry:n tutkimuslustoet, kirjat ja julkaisut

Tutkimuslustoet: sarja A

	hinta
A 9 "Rikastamoiden jätealueiden järjestely Suomen eri kaivoksilla"	20,—
A 10 "Kuilorakenteet"	20,—
A 20 "Rikastamoiden instrumentointi"	20,—
A 22 "Tulenkestävät keraamiset materiaalit"	20,—
A 24 "Kaivosten ja avolouhosten geologinen kartoitus"	20,—
A 25 "Geofysikaaliset kenttätöet I — Painovoimamittaukset"	20,—
A 27 "Kallion rakenteellisten ominaisuuksien vaikutus louhittavuuteen"	45,—
A 32 "Seulonta"	40,—
A 34 "Geologien joukonäytteiden analysointi"	50,—
A 36b "Pakokaasukomitea — uusimpien julkaisujen sisältämät tutkimustulokset dieselmoottorien saastetuoton vähentämiseksi"	50,—
A 39 "ATK-menetelmien käyttö kallioeräkartoituksissa"	25,—
A 42 "Kaivosten työympäristö"	50,—
A 47 "Murskeen varastointi talviolosuhteissa"	40,—
A 50 "Kaukokartoitus malminetsinnässä"	100,—
A 52 "Suunnattu kairaus"	50,—
A 53 "Kivilajien kairattavuusluokitus"	50,—
A 54 "Nykyaikaiset murskauspöyrät"	50,—
A 55 "Murskaus- ja rikastusprosessien asettamat tekniset olosuhdevaatimukset Suomessa"	50,—
A 56 "Pölyntorjunta kaivoksissa"	50,—
A 57 "Palontorjunta kaivoksissa"	50,—
A 58 "Paikan ja suunnan määrittäminen geofysikaalisissa tutkimuksissa"	50,—
A 59 "Utveckling av seismiska metoder för geologiska och bergmekaniska undersökningar"	50,—
A 60 "Holvautuminen purkumenetelmät"	50,—
A 61/I "Rakeisen materiaalin kosteuden mittaus"	50,—
A 62 "Luettelo Suomessa olevista ja tänne helposti saatavista elementtiohjelmistoista"	30,—
A 63 "Avolouhoksen seinämän kaltevuuden optimointi"	50,—
A 64 "Suomessa tehdyt kallion jännitystilän mittaukset"	50,—
A 65 "Kiintoaineen ja veden erotus"	50,—
A 66 "Pohjavesikysymys kallioitoilissa"	50,—
A 67 "Crosshole seismic investigation"	70,—
A 68 "Automation of a drying process"	70,—
A 69 "Rakeisen materiaalin jatkuvatoiminen kosteuden mittaus"	50,—
A 70 "Happamien ja intermediaaristen magmakivien kivilajimäärittäminen pääalkuainekoostumuksen perusteella"	50,—
A 71 "Kallion tarkkailumittaukset"	50,—
A 72 "Elementtimenetelmien käyttö kaivostilojen lujuuslaskennassa"	50,—
A 73 "Crosshole seismic method"	50,—
A 74 "Pölynerotus ja ilmansuojelu"	70,—
A 75 "Heikkousvyöhykkeiden geofysikaaliset tutkimusmenetelmät"	90,—
A 76 "Teollisuusmineraaliesiintymien raaku- ja malmityyppikartoitukset geofysikaalisten menetelmien avulla"	50,—
A 77 "Kaivosten jätevedet, kiinteät jätteet ja ympäristönsuojelu"	50,—
A 78 "Suomen kaivokset ja ympäristönsuojelu"	50,—
A 79 "Kaivosten kiinteiden jätteiden ja jätevesien käsittely — Ohjeita ja suosituksia"	50,—
A 80 "Hienojen raaluokkien rikastus"	100,—
A 81 "Measurement of Rock Stress in Deep Boreholes"	50,—
A 82 "Avolouhosseinämien puhdistus"	70,—
A 83 "Economic Blastings in Open Pits"	50,—
A 84 "Näytteenotto ja havainnonteko kaivosteknisten kallio-ominaisuuksien selvityksessä"	50,—
A 85 "Mineralisaatioiden luokittelu taajuusalueen spektri-IP-mittauksia käyttämällä"	100,—
A 86 "Kalliokaivojen paikantaminen"	30,—
A 87 "Syvä sähköiset malminetsintämenetelmät"	100,—
A 88 "Suomen nikkelimalmien petrofysikaaliset ominaisuudet."	150,—
A 89/I "Näytteenotto jauheista"	70,—
A 89/II "Näytteenotto jauheista"	70,—
A 91 "Panostuksen mekanisointi ja automatisointi"	70,—
A 92 "Painevalssimurskain — kirjallisuus selvitys"	70,—
A 93 "Kallioerän atmo-geokemiallinen tutkimus Testiprojekti 1989-90"	80,—
A 94 "Geological waste rock dilution"	100,—
A 95 "Mineraalipölyt"	80,—
A 96 "Pohjoismainen datamalliprojekti"	80,—
A 97 "Malmiarvion laatiminen"	100,—

Koulutus- ja seminaarimonisteet, kallio- ja kalliomekaniikan päivien esitelmämonisteet sekä muut julkaisut: sarja B

	hinta
B "Kallio- ja kalliomekaniikan päivät 1967-78, 1983-84"	50,—
B 12 "Kallio- ja kalliomekaniikan sanasto"	10,—
B 14 "Kaivossanasto"	8,—
B 16 INSKO 106-73 "Terästen lämpökäsittelyn erikoiskysymyksiä"	45,—
B 17 INSKO 49-74 "Skänkmetallurgi-Senkametalurgin"	45,—
B 18 INSKO 90-74 "Investoinnit ja käyttöläskenta metallurgisen teollisuuden toiminnan ohjauksessa"	45,—
B 19 INSKO 45-75 "Materiaalitoimitusten laadunvalvontakysymyksiä metalliteollisuudessa"	45,—
B 23 "Laatokan-Perämeren malmivyöhyke"	40,—
B 25 "Raakkulaimennus ja sen taloudellinen merkitys kaivostoiminnassa"	50,—
B 27 "Uraaniraaka-ainesymposiumi"	50,—
B 29 "Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja"	90,—
B 30 "Teollisuusmineraalisesinaari"	50,—
B 32 "Valtakunnallisen geologisen tietojenkäsittelyn kehittämisesinaari"	50,—
B 37 "Kaivoskohteiden urakkasopimusjärjestelmä"	50,—
B 38 "Tuotantomineralogian seminaari 16.1.1986"	60,—
B 39 "Maanalaisen louhintatyömaan sähköistys ja automaatio"	100,—
B 40 "Vuorimiesyhdistyksen tutkimuslustoeston kirjoitusohjeet"	—
B 41 "Mineraalitekniikan tutkimuksen valtakunnallinen kehittämissuunnitelma 1988"	50,—
B 42 "Malminetsinnän tehtävä ja tarkoituksenmukainen organisointi Suomessa yhteiskunnan ja vuoriteollisuuden kannalta"	30,—
B 43 "Mineraalisten raaka-aineiden tarve ja saatavuus Suomessa"	50,—
B 44 "Kallio- ja kalliomekaniikan tutkimus- ja kehittämissuunnitelma"	50,—
B 45 "Kairaus -89 koulutuspäivät"	100,—
B 46 "Kallio- ja kalliomekaniikan päivä 89"	80,—
B 47 "Suomalainen kivi — rakennuskivipäivät Oulussa 26.-27.4.90"	100,—
B 48 "Kallio- ja kalliomekaniikan päivä 1990"	120,—
B 49 "Tuotantomineralogian seminaari 1990"	100,—
B 50 "Geokemian päivät Oulussa 28.-29.11.90"	150,—
VMY:n solmio { sininen, 100% silkki viininpunainen, —"	70,— 70,—
"PETSAMON NIKKELI — Taistelu metallista"	loppuunmyyty
toimittajat Eugen Autere ja Jaakko Liede ISBN 951-95999-7-5	
Vuoriteollisuus — Bergshanteringen lehti vuosikerta Suomessa vuosikerta ulkomaille	95,— 130,—
Eero Mäkinen-mitali	200,—

Vuoriteollisuus — Bergshanteringen-lehden vanhempi numeroita myytävänä vuosikertojen täydennykseksi jäsenille hintaan 2,50/numero.

Julkaisuja ja lehtiä voi tilata yhdistyksen rahastonhoitajalta kirjallisesti osoitteella:

**Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.
c/o Outokumpu Oy/M. Parkkinen
PL 280, 02101 ESPOO
tai telefax 90-4213888**

LuK Marjatta Parkkinen hoitaa Vuorimiesyhdistyksen jäsenrekisteriä. Mikäli osoite, tehtävät tai vakanssi on muuttunut, pyydämme lähettämään muutostiedon kirjallisena siinä muodossa, jossa haluatte sen "Uutta jäsenistä" palstalle.

Os.: Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y.
c/o Outokumpu Oy/M. Parkkinen
PL 280, 02101 ESPOO
tai telefax 90-4213888

NatK Marjatta Parkkinen sköter om Bergsmannaföreningens medlemsregister. Om er adress, arbetsuppgifter eller tjänst har ändrats, anholder vi om skriftlig ändringsanmälan, till "Nytt om medlemmarna" spalten.

Adr.: Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y.
c/o Outokumpu Oy/M. Parkkinen
PB 280, 02101 ESBO
eller telefax 90-4213888

ILMOITTAJAT – ANNONSÖRER

- DALSBROK Oy Ab
- Oy FORCIT Ab
- GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS
- HANGON KIRJAPAINO Oy
- KEMIRA Oy
- LAROX Oy
- ORION Yhtymä Oy, NORMET
- OUTOKUMPU ENGINEERING CONTRACTORS
- OUTOKUMPU FINNMINES Oy
- OUTOKUMPU HARJAVALTA METALS Oy
- OUTOKUMPU MINING SERVICES –
Geoanalyttinen laboratorio
- OUTOKUMPU ZINC Oy
- OUTOMEK Oy
- OVAKO Oy Ab
- Oy PARTEK Ab
- RAUMA Oy, Nordberg-ryhmä
- RAUTARUUKKI Oy
- ROTATOR-yhtiöt
- Insinööritoimisto SAANIO & RIEKKOLA Oy
- TAMROCK Oy
- TEHOKAASU Oy
- Oy TRELLEX Ab
- VIHTAVUORI Oy

OHJEITA KIRJOITTAJILLE

Lehden painatuskustannusten pienentämiseksi ja ulkoasun yhtenäistämiseksi kirjoittajia pyydetään noudattamaan seuraavia ohjeita:

Käsikirjoitukset on kirjoitettava koneella yhdelle puolelle arkkiä 2-välillä. Otamme myös pc-diskettinä kirjoituksenne. Silloin pyydämme liittämään mukaan yhden paperikopion. On pyrittävä lyhyeen ja ytimekkääseen esitystapaan. Artikkelien **suositeltava enimmäispituus kuvineen, taulukkoineen ja kirjallisuusviitteineen** on 4 painosivua. Toimituksen mielestä lyhennettäviksi mahdolliset käsikirjoitukset palautetaan kirjoittajille korjausta varten. 3 konekirjoitusarkkia = noin 1 sivu.

Päätöskot ja alaotsikot erotetaan toisistaan selkeästi.

Kuvat ja taulukot numeroidaan jatkuvasti ja niiden tekstit sekä näiden **englanninkieliset käännökset** kirjoitetaan erilliselle arkille. Kuvien olisi mahdollista yhden palstan leveydelle (**85 mm**), mutta ne on piirrettävä vähintään kaksinkertaiseen kokoon ottaen viivapaksuuksia ja kirjainkokoja valittaessa huomioon pienennyksen vaikutus. Kuvia ei varusteta kehysviivoin. Kuvien paikat on merkittävä käsikirjoitukseen. Kuvien ja piirustusten tulisi mieluummin olla musta-valkoisia.

Kaavat ja yhtälöt on kirjoitettava selvästi ja yksinkertaiseen muotoon, mahdollisuuksien mukaan välttämällä ala- ja yläindeksien, erikokoisten merkien ja vieraiden kirjainten käyttöä. On 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 bergbauischer Rohstoffe, Bd 1. Verlag Gronau, Jena 1953.

Jokaiselle artikkelille on ilmoitettava **englanninkielinen otsikko** sekä laadittava kielellisesti tarkistettu englanninkielinen yhteenveto — **summary** — pituudeltaan enintään noin 20 konekirjoitusriviä.

Palauttakaa **aina** käsikirjoitus yhdessä korjatun oikovedoksen kanssa takaisin toimitukseen.

Keväällä ilmestyvään lehteen tarkoitetut artikkelit on lähetettävä toimitukselle **13.3.** mennessä, syysnumeroon tarkoitetut **14.10.** mennessä.

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

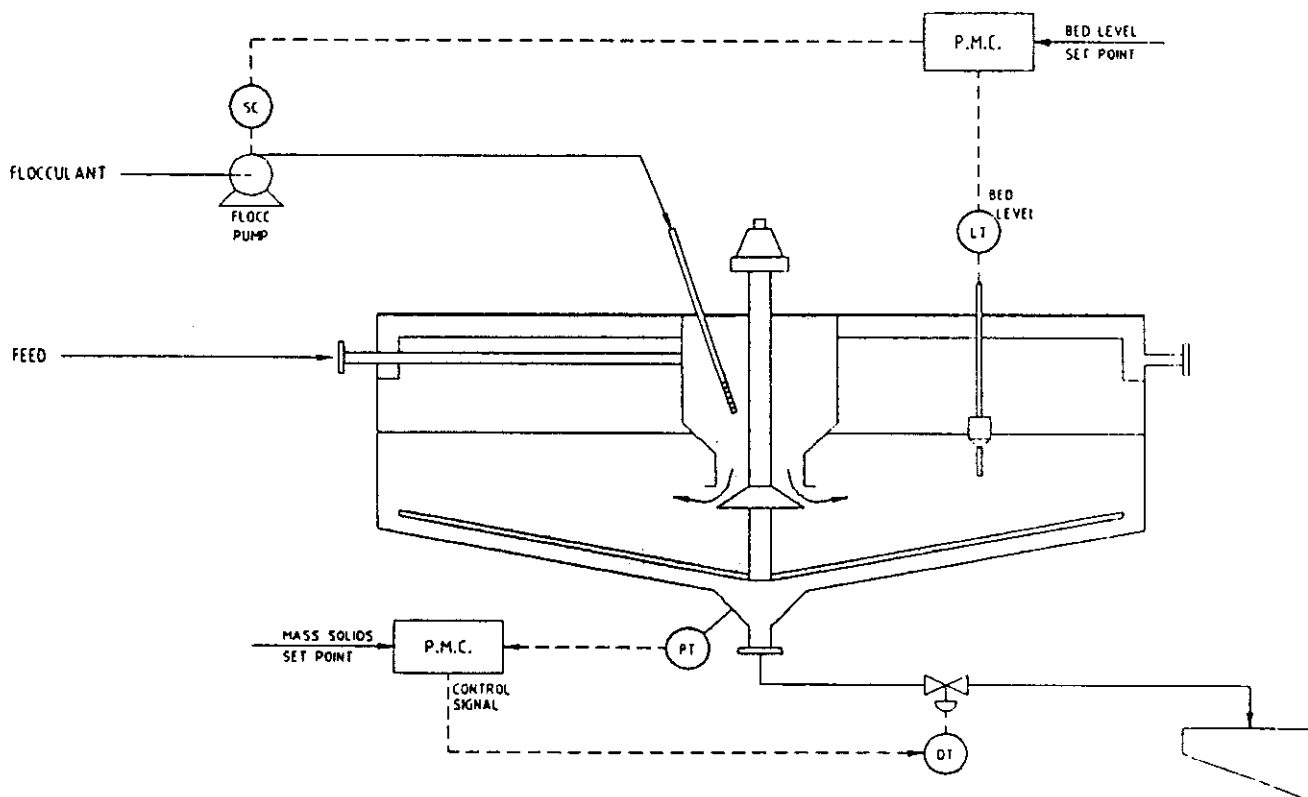


Fig. 3. Supaflo High Rate Thickener control system based on maintaining constant mass with flocculant addition determined by bed level.
Kuva 3. Supaflo HR-sakeuttimen säätöjärjestelmä laitteen sisältämän massan vakioimiseksi flokkulantin määrällä, jota säädetään sedimentin pinnankorkeuden mukaan.

and the supernatant indicates that some change has occurred in the settling characteristic of the flocculated solids. As the solids in this zone of the thickener are fluidised, the system is very responsive to changes in particle settling rate. Thus, for example, if the bed level rises the flocculant addition rate is increased to increase the settling rate of the solids such that the bed level interface returns to the preset level.

The response of the thickener control system to an increase in feed solids rate would be as follows:

The inventory in the thickener would immediately begin to rise and this would be sensed by the increased pressure signals. The control action would be to open the underflow valve, thus increasing the solids withdrawal rate. This will reduce the inventory, gradually returning it to the set point. Increased solids inflow to the thickener will result in the flocculant dosage (in terms of g/t) being reduced. The solids will not be as fast settling and this will manifest itself as an increase in bed level. The control system will increase the flocculant addition rate, bringing the bed level back down to the set point.

AUTO DILUTION

Most mineral processing tailings pulp are at a density of 35-40 % solids and it is necessary to dilute them in order to achieve good flocculation in the thickener feedwell to reduce flocculant costs. A significant development which has been patented by Supaflo is the Auto Dilution facility. This is an internal recirculation system, based on the principle that a hydraulic head differential exists being the inside and the outside of the feedwell because of the higher SG of the pulp inside the feedwell (Fig. 2). By installing non return ports in the feedwell wall at the appropriate level, supernatant flows into the feedwell and dilutes the feed, without any need for external recirculation of overflow. This significantly improves the economics of a tailings thickener installation as the capital cost

of the recirculation pumps, piping and instruments is eliminated in addition to the power cost being considerably reduced.

CONCLUSION

Significant advances in HRT technology have been developed by Supaflo over the past five years. The most significant of these developments are in the area of rake design, HRT control, reduced flocculant usage and automatic dilution of feed pulps.

REFERENCES — KIRJALLISUUS

1. Jagger N.D. and Arbuthnot I.M., 1991: Flocculant Usage in High Rate and Conventional Thickeners, Aus. I.M.M. Fourth Mill Operators Conference, Burnie, Australia.
2. Johnson G.,: High Rate Thickener Control, 1991, Randol Gold Symposium, Cairns 1991.
3. Johnson G., Jackson S., and Arbuthnot I., 1990: Control of High Rate Thickeners on Gold Plant Tailings, Aus. I.M.M. Annual Conference, Rotorua New Zealand 1990.

YHTEENVETO

SUPAFLO HIGH RATE SAKEUTIN

Supaflo on viimeisen viiden vuoden aikana kehittänyt merkittävästi HR-sakeutustekniikkaa. Huomattavimmat kehitysskeleet ovat harran konstruktion parantaminen, sakeuttimen säätö, flokkulantin tarpeen pieneminen ja syötteen automaattinen laimennus.

IFAC WORKSHOP ON EXPERT SYSTEMS IN MINERAL AND METAL PROCESSING

August 26-28, 1991
Helsinki University of Technology, Espoo, Finland

TkT Sirkka-Liisa Jämsä-Jounela, Outomec Oy

Otaniemessä järjestettiin elokuussa IFAC seminaari aiheena "Expert Systems in Mineral and Metal Processing". Seminaarin yhteydessä järjestettiin myös kaksi kurssia: "Building Expert Systems" järjestäjinä the Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CANMET) ja Suomen Automaation Tuki ry sekä "Artificial Intelligence in Mineral and Metal Processing" järjestäjänä Outokumpu Electronics Oy.

IFAC WORKSHOP

Teknillisessä korkeakoulussa järjestetty kansainvälinen seminaari tietämystekniikan käytöstä kaivos- ja metallurgisessa teollisuudessa keräsi noin 100 luennoitsijaa ja kuulijaa 22 maasta. Tilaisuuden takana oli IFAC (International Federation of Automatic Control), jota edusti paikallisena järjestäjänä Suomen Automaation Tuki ry.

Seminaarin esitelmät vahvistivat näkemystä, että asiantuntijajärjestelmät ovat jo oleellinen osa tämänpäivän rikastus- ja metallurgisen teollisuuden automaatiojärjestelmää. Valmiita kaupallisia asiantuntijajärjestelmiä ei kuitenkaan paljoa sovelleta, vaan asiantuntijajärjestelmät ovat kullekin prosessille räätälöityjä, yksilöllisiä sovellutuksia.

Alallamme seurataan myös tiukasti kehitystä, jota esitelmät neuraaliverkkojen käytöstä osoittivat. Tällä alueella on kuitenkin vielä matkaa teoriasta käytäntöön, jota tähdensi pääpuhujaksi kutsuttu Leo K. Nenonen National Research Councilista (NARC) Kanadasta. Nenonen luottaa kuitenkin asiantuntijajärjestelmien mahdollisuuksiin: ne auttavat työntekijöitä valitsemaan oikeat asiat suuresta tietomassasta. Uuden tietämystekniikan avulla parhaiden asiantuntijoiden päättelysäännöt ja menettelytavat voidaan ohjelmoida ohjausjärjestelmään, jossa ne ovat työntekijöiden käytettävissä.

WORKSHOPIN ESITELMÄT

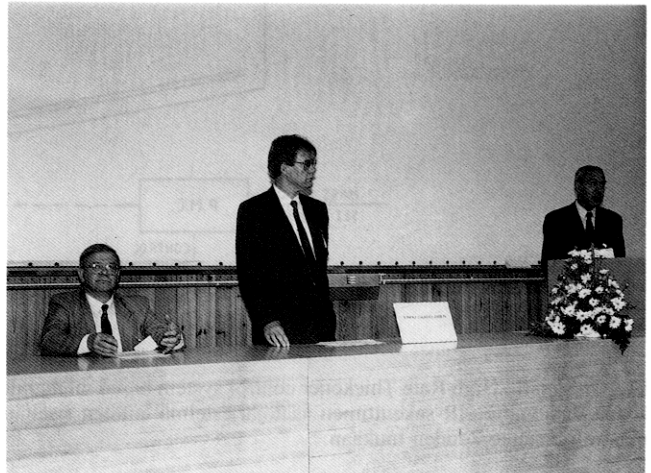
Kolmen päivän aikana kuultiin neljäkymmentä esitelmää, jotka oli karsittu kuudenkymmenen abstraktin joukosta. Esitelmät oli jaettu viiteen eri luontosarjaan aiheidensa perusteella.

I esitelmäsarjan aiheena oli **GRINDING AND SEPARATION**. Puheenjohtajina toimivat prof. M Aubrun Ranskasta ja johtaja T. Niitti Outomec Oy:stä.

Esitelmät käsittelivät pääasiassa jauhatus- ja vaahdotusprosessien asiantuntijajärjestelmiä. Esitelmäsarjassa esitettiin myös ensimmäiset ideoinnit neuraaliverkkojen käytöstä rikastusprosessien ohjaukseen. Kansainvälinen ohjelmatoimikunta (IPC) valitsikin istunnon esitelmän "Modelling and Control of Mineral Processing Plants using Neural Networks" (J. Thibault, F. Flament ja D. Hodouin, Lavalin yliopisto, Kanada), yhdeksi seminaarin parhaista esitelmistä.

II luontosarjan aiheena oli **IRON AND STEELMAKING**. Puheenjohtajina toimivat J. Paiuk Argentiinasta ja Matti Kongas Outokumpu Electronics Oy:stä.

Tämän luontosarjan esitelmät käsittelivät masuunin ja LD-konvertterin asiantuntijajärjestelmiä. K. Stohl ja W. Snopek VOEST-



Kuva 1. IPC:n puheenjohtaja prof. A. Niemi, TKK:n vararehtori P. Uronen ja ATU ry:n puheenjohtaja E. Saarelainen avaavat IFACin seminaarin.

Fig. 1. Chairman of the IPC, prof. A. Niemi, Vice-Rector of the Helsinki University of Technology P. Uronen and Chairman of the Organizing Committee E. Saarelainen open the Workshop.

Alpinelta Itävallasta esittivät terästehtaan tuotannonohjausjärjestelmän, joka oli toteutettu käyttäen asiantuntijajärjestelmää. Esitelmässä korostettiin kaupallisten asiantuntijajärjestelmien modifioitavuutta ja liitettävyyttä muihin ohjelmistoihin ja tietokantoihin, jotta niitä voitaisiin tehokkaasti soveltaa teollisessa ympäristössä. Luontosarjassa esitettiin myös P. Kuposen, R. Viherman, T. Rämön ja P. Urosen esitelmä "Control of Electric Energy Consumption in Steel Industry using Knowledge based Techniques". Julkaisu kuvaa asiantuntijajärjestelmän, joka tasaa energian käytön huipuja ja ajoittaa tuotannon energiatalouden kannalta edulliseksi.

III esitelmäsarjan aiheena oli **CONTINUOUS CASTING AND ROLLING**. Puheenjohtajina toimivat prof. J. Heidepriem Saksasta ja Erkki Saarelainen Ovako Oy:stä.

Tässä luontosarjassa esitettiin seuraavat esitelmät, jotka kaikki herättivät suurta mielenkiintoa: "Expert Systems in the Automatic Surface Inspection of Steel Strip" (R. Haataja, M. Kerttula, T. Piironen ja T. Laitinen); "Applying Knowledge-based Technique to the Scheduling of Steel Rolling" (O. Lassila, P. Mattila, L. Pesonen, M. Syrjänen ja S. Törmä), sekä "An Expert Advisor for the Desired Properties of Some Low Carbon Steels" (J. Yli-Niemi).

IV luontosarjan teemana oli **GENERAL APPLICATIONS**, puheenjohtajina prof. K. Rajamani Utahin yliopistosta Yhdysvalloista ja Seppo Ketola Outokumpu Electronics Oy:stä.

Tässä luontosarjassa esitettiin eräs seminaarin parhaista asiantuntijajärjestelmän teollisista sovellutuksista: "Supervisory Control System of the Copper Electrorefining Process" esittäjinä R. Jakuszewski, T. Legierski ja J. Moscinski Silesian teknillisestä korkeakoulu-

koulusta Puolasta. Esitetty asiantuntijajärjestelmä on toiminut kahdessa kuparielektrolyysiprosessissa vuodesta 1988 lähtien ja tuloksina mainittiin keskimääräisen virtaahyötysuhteen kasvu 0,7 %, korkealaatuisen katodimäärän kasvu 10-20 % ja energian kulutuksen pieneminen 2-4 % sekä anodiromumäärän pieneminen 2 %. D. Ginsberg JK:n tutkimuskeskuksesta Australiasta esitelmöi klusterianalyysin käytöstä prosessidatan luokittelussa. Kyseistä menetelmää rikastustulosten luokittelumiseksi ja menetelmän soveltamiseksi rikastamon asiantuntijajärjestelmään tutkitaan aktiivisesti muissakin alamme tutkimuskeskuksissa, myös Suomessa. E. Juuso ja K. Leiviskä esitelivät ”Adaptive Expert Systems for Metallurgical Process” toivat esille suomalaista osaamista tässä esitelmäsarjassa.

V esitelmäsarjan aiheena oli **NEW METHODS** puheenjohtajina B. Cronhjort Ruotsista ja prof. K. Heiskanen TTKK:lta.

Tämän luontosarjan esitelmät käsittelivät tietämystekniikan uuden tutkimusalueen neuraaliverkkojen käyttöä metallurgisessa teollisuudessa. A. Bulsarin, M. Sillanpään ja H. Saxenin esitelmän aiheena oli ”An Expert System for Continuous Steel Casting Using Neural Networks”. Muut luontosarjan esitelmät käsittelivät neuraaliverkkojen soveltamista hahmontunnistukseen ja prosessien staattisen tilan mallintamiseen.

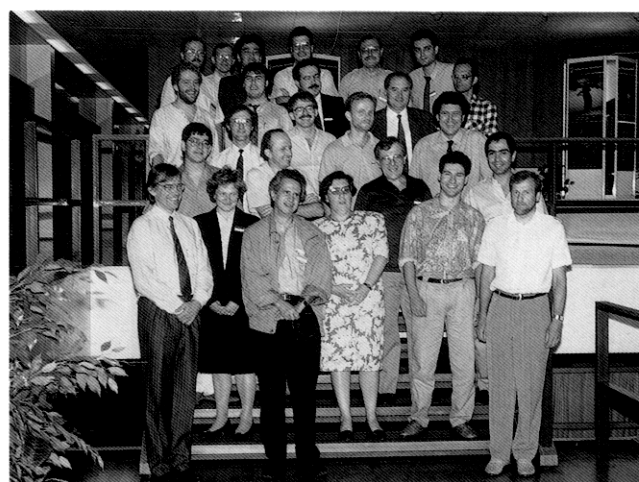
TUTORIAL KURSSIT

Apul.prof. J. A. Meech British Columbian yliopistosta ja C. A. Harris Comdale Technologies Inc:stä toimivat CANMETin järjestämän kurssin luennoijina. Kurssilla esitettiin asiantuntijajärjestelmien perusteet sekä opeteltiin rakentamaan asiantuntijajärjestelmä COMDALE/X järjestelmää käyttäen. Osanottajia kurssilla oli kymmenen. Outokumpu Electronics Oy:n järjestämä kurssi keskittyi ensimmäisenä päivänä tekoälyn uuden alueen neuraaliverkko-teorian käsittelyyn. Luennoijana toimi prof. Heikki Koivo Tampereen teknillisestä korkeakoulusta, jossa hänen johdollaan kyseinen tutkimusalue on tunnetusti kansainvälisesti korkealla tasolla. Toinen kurssipäivä sisälsi tuloksia asiantuntijajärjestelmien soveltamisesta rikastamoympäristössä, luennoijina J. Miettunen Pyhäsalmen kaivokselta ja allekirjoittanut. Tässä yhteydessä haluan kiittää erityisesti prof. Heikki Koivoa oppilaineen TTKK:sta ja DI Lauri Karhua työtovereineen Outokumpu Electronics Oy:stä. Osanottajia kurssilla oli kolmekymmentä.

SUMMARY

IFAC WORKSHOP ON THE 26-28 OF AUGUST, 1991

IFAC Workshop on Expert Systems in Mineral and Metal Processing was held at Helsinki University of Technology, Espoo, Finland on the 26-28 of August, 1991. Two tutorial courses were also organized: Building Expert System organized by CANMET and Expert Systems in Mineral and Metal Processing organized by Outokumpu Electronics. Because the use of expert systems for



Kuva 2. Outokumpu Electronics Oy:n järjestämän kurssin osanottajia ryhmäkuvassa.

Fig. 2. The group photo taken during the course organized by Outokumpu Electronics Oy.

VAPAA-AJAN OHJELMA

Seminaarin vapaa-ajan ohjelma käsitti Espoon kaupungin vastaanoton Bembölen kartanossa sekä Outokumpu Electronics Oy:n järjestämän laivaristeilyn Sipoon saaristossa. Johtaja Seppo Kreula toivotti Outokumpu Oy:n puolesta osanottajat tervetulleeksi seminaariin. Kyseiset vapaamuotoiset tilaisuudet antoivat väriä seminaarin ohjelmaan ja ennenkaikkea mahdollistivat osanottajien keskinäiset tapaamiset ja uusien kontaktien solmimiset.

YHTEENVETO

Järjestetty seminaari ja kurssit antoivat mielestäni osanottajille hyvän kokonaiskuvan tietämystekniikan käytöstä kaivos- ja metallurgisessa teollisuudessa. Seminaarin seuraavana mahdollisena järjestäjämaana mainittiin Kanada.

monitoring and control has increased rapidly also in the mineral and metal industries, the developers and users of such applications were invited first time to exchange information and experiences at an IFAC workshop. About one hundred participants from 22 different countries were attending the workshop and courses.

In Memoriam



VÄINÖ VEIKKO JUNTUNEN
24.2.1934 – 19.6.1991

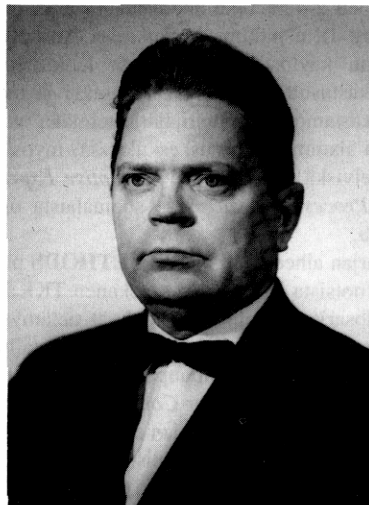
Väinö Veikko Juntunen kuoli 19.6.1991. Hän oli syntynyt 24.2.1934 Suomussalmella. Ylioppilaaksi hän pääsi Nurmijärven yhteiskoulusta v. 1952. Vuonna 1956 hän valmistui diplomi-insinööriksi Teknillisen korkeakoulun vuoriteollisuusosastolta. Hän siirtyi Otanmäki Oy:n palvelukseen joulukuussa 1956. Väinö Juntunen toimi Otanmäen kaivoksella käyttöinsinöörinä, mutta melko pian hänen kokemustaan ja suunnittelukykyään tarvittiin Raajärven kaivoksen suunnittelussa sekä Kolarin Rautuvaaran kaivoksen rakentamisessa.

Vuodesta 1965 alkaen hän toimi projekti-insinöörinä Lohjan Kalkkitechdas Oy:ssä keskittyen hänelle luonteenomaisella tarmolla ja perusteellisuu-della eri teollisuusmineraalien mahdollisuuksiin teollisessa tuotannossa. Hänen elämäntyöstään muodosti suuren osan nykyaikaisen suomalaisen talkkiteollisuuden luominen, jonka hän toteutti ensin projekti-insinöörinä Lohjalla ja vuosina 1968–74 Suomen Talkki Oy:n toimitusjohtajana Sotkamossa sekä Vuonoksen tehtaan talkkirikasteen tuotannon aloittamisessa v. 1977 Outokummussa. Teollisuusmineraalien parissa hänen työpäivänsä jatkuivat, kun hän vv. 1975–89 toimi mineraali- ja kemianteollisuuden tuoteryhmäjohtajana Lohja Oy:ssä. Hän siirtyi eläkkeelle helmikuussa 1989.

Väinö Juntunen oli ihmisenä monipuolinen. Hän oli työssään uupumaton uurastaja ja teki päätöksensä hänelle ominaisella tavalla nopeasti. Usein raskaita työrupeamia keventävänä vastapainona hänellä oli laaja ystävä- ja tuttavapiiri, jonka keskuudessa hänet tunnettiin erinomaisena seuramiehenä. Ystävät nivoutuivat myös harrastuksiin, joista metsästys oli häntä lähinnä. Raviurheilu, joka varsinkin myöhemmällä iällä kiinnosti häntä ja innosti hankkimaan omiakin ravihevosiä, tuotti hänelle kaksi ravuria. Luonnonystävänä Väinö Juntunen oli patriootti ja rakasti Kainuun luontoa, johon hänen juurensa ja tärkeä osa elämäntyöstä oli sidoksissa.

Väinö Juntunen oli Vuorimiesyhdistyksen toiminnassa mukana aktiivisesti vuodesta 1957, jolloin hän liittyi jäseneksi yhdistyksen sekä kaivos-että rikastusjaostoon. Hän oli rikastusjaoston puheenjohtaja vv. 1977–80, yhdistyksen hallituksen jäsen vv. 1976–79 sekä Vuorimiesyhdistyksen puheenjohtaja vv. 1985–88. Näistä ansioista hänelle myönnettiin v. 1989 Eero Mäkinen-mitali. Väinö Juntunen kuului Vuorimiesyhdistyksen edustajana Suomen Luonnonvaraintutkimussäätiön hallitukseen sekä toimi Geologian tutkimuskeskuksen valtuuskunnan jäsenenä. Hän oli toiminut myös Suomen Malmi Oy:n hallituksen jäsenenä.

Henrik Eklund



OLLI VEIKKO URMÄS RUNOLINNA
11.4.1919 – 26.6.1991

Professori, TkT Olli Veikko Urmäs Runolinna kuoli kesähuvilallaan Tyrvännössä 26.6.1991. Hän oli syntynyt Helsingissä 11.4.1919.

Urmäs Runolinna kuului siihen vuorimieskukupolveen, joka pääsi aloittamaan opintonsa vasta useiden sodassa kestätyjen vuosien jälkeen ja jolla oli toimialan nopeaan sodanjälkeiseen kehittymiseen perustavan laatuista merkitystä. Sotilasarvoltaan Urmäs Runolinna oli kapteeni.

Urmäs Runolinna, joka oli päässyt ylioppilaaksi 1938, valmistui diplomi-insinööriksi erikoismaininnalla oivallisesti Teknillisen korkeakoulun vuoriteollisuuden opintosuunnalta 1947. Tekniikan tohtoriksi hän väitteli magneettisesta kuivarikastuksesta 1961.

Urmäs Runolinna aloitti ammattiuransa VTT:n palveluksessa toimien Helsingissä Lönnrotinkadulla sijainneessa vuoriteknilisessä laboratoriossa prof. Risto Hukin assistenttina ja tutkimusinsinöörinä 1946–51. VTT:llä tehtiin suurta kiinnostusta herättäneen Otanmäen malmin tutkimuksia, ja oli luonnollista, että Urmäs Runolinna siirtyi perustetun Otanmäki Oy:n palvelukseen. Hän oli avainhenkilöitä Otanmäen kaivoksen ja myöhemmin Kärvasvaaran kaivoksen perustamisvaiheissa. Otanmäki Oy:n rikastusosaston päällikkönä hän toimi 1951–61.

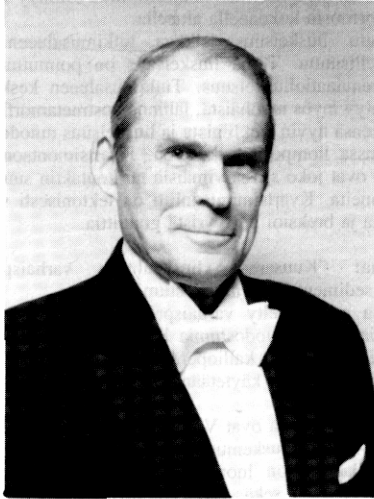
Urmäs Runolinna valittiin Oulun yliopiston mekaanisen prosessitekniikan professoriksi 1961. Tämä merkitsi uutta aktiivista vuosikymmentä opetuksen ja tutkimuksen kehittämisessä yliopistossa. Tässä yhteydessä mainittakoon Sotkamon Lahnaslammen esiintymään ja siten talkkiteollisuuden syntymiseen Suomessa liittyneet rikastustutkimukset. Professorin virasta Urmäs Runolinna jäi sairaseläkkeelle 1971.

Urmäs Runolinna oli kaikissa tehtävissään erittäin energinen, ja henkilöinä hänet muistetaan avoimena ja humorintajuusena. Hän oli mukana myös lukuisissa luottamustoimissa, Vuorimiesyhdistys – Bergsmannaföreningen r.y.:ssa mm. hallituksen jäsenenä 1957–59 ja yhdistyksen tutkimustoiminnan käynnistämisyvaiheissa tutkimusvaltuuskunnan puheenjohtajana 1959–62. Vuorimiesyhdistyksen kaivosjaoston samoin kuin rikastus- ja prosessijaoston jäsen hän oli vuodesta 1947 lähtien.

Risto Rinne

UUSIA JÄSENIÄ – NYA MEDLEMMAR

Vuorimiesyhdistys-Bergsmannaföreningen r.y:n hallitus on hyväksynyt seuraavat henkilöt yhdistyksen jäseniksi:



PAAVO VEIKKO MAIJALA
5.12.1911 – 11.10.1991

Sympaattinen ja aina ystävällinen Paavo Majjala on poissa joukostamme. Hän oli yksi niistä alan miehistä, jotka vaikuttivat työpanoksellaan Suomen vuoriteollisuuden voimakkaaseen kasvuun sotien jälkeen. Hän valmistui diplomi-insinööriksi Teknillisestä korkeakoulusta Kemian osastolta v. 1937 ja suoritti MSc (Mining) tutkinnon Michigan Technical Universityssä v. 1942 ollessaan opintomatalla USA:ssa v. 1939–46. Tekniikan lisensiaattiksi hän valmistui v. 1970.

Paavo Majjala palveli Outokumpu Oy:ssä useissa vastuullisissa tehtävissä kuten Outokummun kaivoksen suunnitteluinsinöörinä v. 1946–47, Ylöjärven kaivoksen isännöitsijänä v. 1947–52, yhtiön pääkaivosinsinöörinä v. 1952–55 ja turvallisuusinsinöörinä v. 1956–71. Teknillisen korkeakoulun louniteknikan professoriksi hänet nimitettiin v. 1971, josta tehtävästä hän jäi eläkkeelle v. 1979.

Ulkomailla tapahtunut opiskelu avarti varmasti hänen näkemyksiään kaivostoiminnasta ja toi samalla tullessaan tänäänkin niin ajankohtaisen kansainvälisen vaikutuksen. Turvallisuusinsinöörinä hän uudisti yleistä suhtautumista työsuojeluun, jonka uranuurtaja hän oli kaivosteollisuudessa. Suomen kalliomekaniikkatoimikunnan toimintaan hän osallistui alusta alkaen ollen sen kantavia voimia jo Outokumpu Oy:n aikana ja edelleen professorin virassaan. Maanalaisten tilojen rakentamisyhdistyksen (MTR) toiminnassa hän oli yhdistyksen perustamisesta lähtien.

Teknillisessä korkeakoulussa hänen aikanaan opetusta suunnattiin ja laajennettiin uudelleen ajan vaatimusten mukaisesti, mistä osoituksena oli myös oppituolin nimen muuttaminen kaivostekniikasta louniteknikkaan. Kalliomekaniikan opetus saavutti hänen aikanaan sille kuuluvan tärkeän roolin louniteknikan olennaisena osana.

Paavo Majjalan sympaattista, ystävällistä ja valoisaa elämänsenettä kuvaa erinomaisella tavalla hänen eläkevuosiin liittyvä viulunrakkennusharastuksensa, joka vaati rauhallisuutta, pitkäjänteisyyttä ja sydäntä. Hän sai tämän herkän ja vaativan instrumentin soimaan oikealla tavalla oikeissa käsissä.

Raimo Matikainen

Vuorimiesyhdistys r.y:n geologijaoston sekä kaivosjaoston jäsen Paavo Veikko Majjala oli vuodesta 1946 lähtien. Vuorimiesyhdistys r.y:n rahastonhoitajana Paavo Majjala toimi vuosina 1957–72. Vuoriteollisuus-lehden päätoimittajana Paavo Majjala toimi vuosina 1968–72 sekä sen jälkeen lehden toimittajana vuosina 1973–74.

Toimitus

Kokouksessa 20.08.1991

- Ahveninen, Raimo** Ilmari, 112, 5 ov, s. 08.03.1966, opiskelija, TKK, Os.: Kivalterintie 22 B 21, 00640 HELSINKI, Jaosto: rik.
- Alander, Tom** Kurt Robert, DI, s. 15.07.1964, vs metalliopin assistentti, TKK, Os.: Albertinkatu 14 B 38, 00120 HELSINKI, Jaosto: met.
- Arponen, Mikko** Juhani, FK, s. 03.07.1945, tutkimusinsinööri, Rautaruukki Oy Raahe, Os.: Ruskontie 12 B, 92120 RAAHE, Jaosto: met.
- Elf, Tarja** Helena, DI, s. 20.4.1963, tuotannosuunnins., Outokumpu Polarit Oy, Os.: Kirkkoputaant. 6–8 A 1, 95450 TORNIO, Jaosto: met.
- Haimi, Eero** Johannes, DI, s. 7.12.1962, vs metalliopin yliass., TKK Metalli- ja materiaaliopin lab., Os.: Hirvitie 6 D, 00800 HKI, Jaosto: met.
- Heikkilä, Veikko** Antero, DI, s. 9.6.1946, markkinointijoht./NL-aluekeskus, Tamrock Oy Tampere, Os.: Ollinpolku 2, 33400 TRE, Jaosto: kai.
- Heiskanen, Hannu** Tapani, DI, s. 30.03.1965, prosessi-ins., Outokumpu Castform Oy, Os.: Kilonrinne 10 A 11, 02610 ESPOO, Jaosto: met.
- Hindström, Sami** Petter Tapio, 130 ov, s. 12.06.1966, opiskelija, TKK, Os.: Servinmajantie 6 G 108, 02150 ESPOO, Jaosto: rik.
- Huttunen, Kari** Olavi, DI, s. 11.09.1961, kehitysinsinööri, Outokumpu Polarit Oy, Os.: Kortepolku 8, 95410 TORNIO, Jaosto: met.
- Härmä, Paavo** Antero, FM, s. 05.11.1958, geologi/kiviainestutkimukset, GTK Espoo, Os.: Muotialantie 25 B 11, 33800 TAMPERE, Jaosto: geo.
- Ihalainen, Pekka** Erkki, FK, s. 11.08.1955, assistentti, TTKK, Os.: Ota-valankatu 8 B 9, 33100 TAMPERE, Jaosto: geo.
- Itävuori, Erkki** Tapio, TkL, s. 21.10.1955, materiaaliopin yliass., TTKK Materiaaliopin laitos, Os.: Pispank. 1 A 15, 33240 TRE, Jaosto: met.
- Karvonen, Seppo** Sakari, DI, s. 5.12.1955, toimitusjohtaja, Finska Australia Pty (Outokumpu Group), Os.: 319 Riverton Drive, SHELLEY, 6155 WA, AUSTRALIA, Jaosto: kai.
- Kemppi, Juha** Ensio, DI, s. 31.05.1955, teräsrakennesuunnittelun osastopäällikkö, Teollisuussuunnittelu Oy Kouvola, Os.: Tanhuanatie 3 A, 45150 KOUVOLA, Jaosto: met.
- Kivipuro, Markku** Veli, DI, s. 16.05.1956, tutkimuspäällikkö, Tamrock Oy, Os. Asemantie 14 A 2, 33470 YLÖJÄRVI, Jaosto: kai.
- Liimatainen, Jari** Ilmari, TKT, s. 29.06.1962, tutkimus- ja kehityspäällikkö, Rauma Oy Materiaalitekniikka, Os.: Vuokonraitti 5 A 6, 33270 TAMPERE, Jaosto: met.
- Nieminen, Kirsi**, DI, s. 07.11.1961, Os.: Avaruuskatu 3 F 102, 02210 ESPOO, Jaosto: kai.
- Niskanen, Pasi** Arto, FM, s. 20.04.1958, geologi, Viatek Oy Tampere, Os.: Tähkäniitynkatu 6 F, 33610 TAMPERE, Jaosto: geo.
- Parviainen, Aako** **Tuomas**, DI, s. 13.5.1965, tutkimusins., Outokumpu Poricopper Oy, Os.: Koivulantie 16 as 56, 28360 PORI, Jaosto: met.
- Pekkarinen, Heikki** Juhani, DI, s. 24.1.1964, tutkija, TKK/Mineraali- ja partikkelitekn. lab., Os.: Kala-Matti 3 A 16, 02230 ESPOO, Jaosto: rik.
- Perä, Pekka** Heikki Juhani, 160 ov, s. 19.08.1964, opiskelija, insinööriharjoittelija, Outokumpu Mining Services Enonkoski, Os.: JMT 6 A 16, 02150 ESPOO, Jaosto: kai.
- Pikkuaho, Ari** Kaarlo, DI, s. 20.06.1959, tuotepäällikkö, Rautaruukki Oy Nordisk Simplex A/S Tanska, Os.: Bäverbo 19, DK-2665 VALLENBÄCKSTRAND, DANMARK, Jaosto: met.
- Ruikka, Eero** Matti Olavi, DI, s. 27.09.1957, johtaja/raudoitustehtaat, Dalsbruk Oy Ab Espoo, Os.: Liljatie 18 H, 01300 VANTAA, Jaosto: met.
- Siltari, Tapio** Johannes, DI, s. 07.11.1963, tutkija, TKK materiaalien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio, Os.: Juhannusmäki 9 as 7, 02200 ESPOO, Jaosto: met.
- Tuuminen, Martti** K, KTM, s. 10.11.1948, varatoimitusjohtaja/kaivoskoneyksikön johtaja, Orion-yhtymä Oy Normet, Os.: Toppelundintie 5 C 14, 02170 ESPOO, Jaosto: kai.
- Vehkaperä, Hannu** Eino, FL, s. 07.11.1949, assistentti, Oulun Yliopisto Geologian laitos, Os.: Eskonpolku, 90820 KELLO, Jaosto: geo.
- Vilpas, Leeni** Annika, FGA, s. 18.03.1961, gemmologi, Oy Tillander Ab, Os.: Kotkantie 37, 04320 RIIHIKALLIO, Jaosto: geo.

Kokouksessa 31.10.1991

- Cronvall, Timo** Juhani, 115 ov, s. 18.07.1966, Oy Suoraplan Ltd, Os.: Lauranpolku 8 A 10, 01360 VANTAA, Jaosto: kai.
- Julkunen, Arto** Juhani, DI, s. 16.05.1959, geofyysikko, Suomen Malmi Oy, Os.: Kirstinmäki 17 E 90, 02760 ESPOO, Jaosto: geo.
- Kuula, Harri** Juhani, DI, s. 07.06.1963, suunnitteluinsinööri, Saanio & Riekkola Oy, Os.: Jahtimiehentie 2 as 4, 03100 NUMMELA, Jaosto: kai.
- Nieminen, Jarmo** Raimo Artturi, DI, s. 03.10.1964, projekti-insinööri, Saanio & Riekkola Oy, Os.: Tallbergin puistotie 6 B 31, 00200 HELSINKI, Jaosto: kai.
- Valli, Tuire** Pauliina, DI, s. 02.12.1958, geofyysikko, GTK, Espoo, Os.: Kimmeltie 26 C 20, 02100 ESPOO, Jaosto: geo.
- Vironmäki, Jouko** Juhani, DI, s. 1.3.1949, toimialapääll., erillistoimintot, GTK, Espoo, Os.: Krattivuorent. 12 G 13, 02320 ESPOO, Jaosto: geo.

**SUORITETTUA TUTKINTOJA —
AVLAGDA EXAMINA**

HELSINGIN YLIOPISTO

**Geologian laitos
Geologian ja mineralogian osasto**

Filosofian tohtori:

Joulukuun 3. päivänä 1990 tarkasteittiin julkisesti FK **Veijo Pirhosen** väitöskirja "Porosity and focused dissolution of granitic rocks in two study areas in southern Finland. Aspects of methodology". Vastaväittäjänä toimi professori Heikki Niini ja valvojana professori Ilmari Haapala. Väitöskirja on julkaistu sarjassa Technical Research Centre of Finland, Publications 69.

Filosofian lisensiaatit:

Kohonen, Jarmo: "Jatuli-muodostumien litostratigrafia, paleosedimentologia ja rakenne Herajärven alueella Pohjois-Karjalassa".

Alaproterotsooisien Jatuli-ryhmän metasedimentit jaetaan tutkimusalueella neljään muodostumaan. Alin mineralogisesti kypsä ja tekstuurisesti epäkypsä Vesivaaran muodostuma (maksimipaksuus 60 m) syntyi alluviaalisessa ympäristössä. Kolin muodostuma (maksimipaksuus 250 m) kerrostui palmikkojokiympäristössä, jossa laaja-alaiset salamatulvat olivat yleisiä. Jeron muodostuman (maksimipaksuus 1000 m) kerrostumisympäristö vaihtui kiihtyvän sedimentaation myötä palmikkojokiympäristöstä nopeasti hautautuvaksi alluviaalitasangoksi. Muodostuman yläosa kerrostui pitkittäisen jokitoiminnan tuloksena alluviaaliseen altaaseen. Ylin Pusun muodostuma (maksimipaksuus 1200 m) syntyi epikontinentaaliseen merelliseen altaaseen rannanläheisissä oloissa.

Paleovirransuuntien perusteella kahden alimman muodostuman sedimenttien kuljetussuunta oli vallitsevasti länsi. Siirrostumisen tuloksena syntyneen Jeron muodostuman kerrostumisaltaan akselisuunta oli NNW-SSE. Pusun muodostuma kerrostui transgression tuloksena kohti luodetta. Vesivaaran muodostuman ja Kolin muodostuman lähdealue koostui kemiallisesti pitkälle rapautuneista pohjakompleksin graniitoista ja Sariola-ryhmän sedimenteistä. Jeron muodostuman kerrostuessa siirrostuminen paljasti vähitellen rapautumattoman pohjan. Pusun muodostuman lähdealueen tulkitaan koostuneen vanhemmista sedimenteistä. Granitoidivaltainen lähdealue pienentää sedimenttisyntyisten kulta-mineralisaatioiden esiintymistodennäköisyyttä tutkimusalueella.

Rakenteellisesti kvartsiittialue edustaa imbrikaatiovyöhykettä taipuisesti deformoituneiden kiilleliuskeiden ja jäykän pohjakompleksin välissä. Pienoispöimutus on harvinaista ja alueelliset poimut ovat avoimia. Liikunnot tapahtuivat pääosin pitkän kerroksellisuuden suuntaisia pintoja. Sekä haarniskapintojen lineaatit että hallitsevan liuskeisuuden ja hierontovyöhykkeiden geometrinen suhde kuvastavat kohti koillista tapahtunutta tektonista kuljetusta kuoren paksuuntumisvaiheessa. Imbrikaatiota seuranneiden pystysten liikuntojen vaikutus geologiseen yleiskuvaan on vähäinen.

Mäkitie, Hannu: "Progressiivinen metamorfoosi ja deformaatio Seinäjoen-Ilmajoen alueella".

Seinäjoen alueella, Pohjanmaan svekofemialaisessa liuskejaksossa, kallioperän metamorfoosiaste vaihtelee. Seinäjoen kaupungista lounaaseen metamorfoosiaste kohoaa n. 20 km matkalla amfiboliittifasiuksen keskiosista granulitiittifasiuksen alaosan. Metamorfinen fasia-sarja on Buchan-tyyppinen. Metapeliittien indeksimineraaleina tavataan yleisesti andalusittiä, sillimaniittia, kordieriittia ja granaattia. Hypersteeniä esiintyy harvoin, yleensä vain intermediaarisissa gneisseissä ja tonaliiteissa. Voimakkaasti metamorfoituneella alueella sijaitsee lähes deformaation porfyryinen oliivipitoinen kvartsimontsoniittistokki, jonka kontaktissa on alhaisen Al/Ca-suhteen omaaviin peliittisiin kiviin kiteytyneet satunnaisesti hypersteeniä. Metamorfoosiasteen kohoamisen myötä metapeliitit vaihtuivat andalusitti-kiilleliuskeista migmatiittisiin granaatti-kordieriitti-sillimaniitti-kiillegneiseihin. Voimakkaasti metamorfoituneella alueella esiintyy kuitenkin melko vähän anatektisia neosomeja, mikä indikoi suhteellisen alhaista metamorfoositämpötilaa.

Granaatti-kordieriitti-parin geotermo- ja geobarometriset määrittelyt antavat metamorfoosiolosuhteiksi n. 620-700 °C ja n. 5.5 kbar. Metamorfoositämpötila ei ole kohonnut zirkonin "blokkautumisen" lämpötilaan asti.

Aluemetamorfoosi on kiillegneisien monastiitin radiometrisen iän perusteella vanhempi kuin kvartsimontsoniitin intrudoituminen. Maankuoren jäähtymisen oli monastiitin perusteella n. 1875 Ma sitten laskenut 600°C alapuolelle. Tämän jälkeen intrudoitiin voimakkaasti metamorfoituneelle alueelle n. 1871 Ma sitten kvartsimontsoniitti, joka paikoin aiheutti ympäröiviin kiviin kateyn kontaktimetamorfinen aureolin. Isobaraarisen jäähtymisen aikana kiteytyi gneisseissä satunnaisesti kyanitiittia, staurolitiittia

ja hypersteeniin ympärille granaattia. Eri-ikäisten andalusittien ja granaatin ulkokehän perusteella ovat Seinäjoen-Ilmajoen alueen kivet kokeneet ainakin kaksi metamorfista vaihetta.

Heikosti metamorfoituneella alueella, erityisesti andalusitiittikiilleliuskeissa, esiintyy runsaasti kompleksipegmatiitteja. Kompleksipegmatiittien sijainnilla on metamorfinen kontrolli; niitä esiintyy vain suhteellisen alhaisen metamorfoosin kokeneella alueella.

Vanhin tavattu liuskeisuus leikkaa tutkimusalueen pohjoisosassa primäärikerroksellisuutta. Tämä liuskeisuus on poimuttunut, jolloin on muodostunut krenulaatioliuskeisuus. Tutkimusalueen keski- ja eteläosan gneisseissä esiintyy myös myöhäistä, lähinnä postmetamorfaattista poimutusta. Poimutus on yleensä hyvin isokliinista ja liuskeisuus muodostaa litologisen raitaisuuden kanssa kompositiorakenteen. Kvartsimontsoniitin lähiympäristössä liuskeet ovat joko syväkivimäisiä tai kontaktin suunnassa diapiiriksi deformaatioita. Kvartsimontsoniitti on tektonisesti varsin nuori; se leikkaa tonaliittia ja breksioi porfyryistä graniittia.

Veki, Jaana: "Kuusamon liuskealueen varhaisproterotsooisista vulkaanisista ja sedimenttisistä muodostumista".

Tutkimuksessa on käsitelty varhaisproterotsooisia metavulkaanisia ja metasedimenttisiä kivilajimuodostumia Kuusamon liuskealueelta. Pohjana ovat olleet alueelta julkaistut kallioperäkartat 4524 + 4542 (Kuusamo) ja 4613 (Rukatunturi). Jatkossa käytetään termejä vulkaaniset ja sedimenttiset muodostumat.

Vulkaanisia muodostumia ovat Vihreäkivi muodostumat I, II, III (VKM I, II, III) ja Amfiboliiliuskemuodostuma (ALM). Alueella runsaana esiintyvä albiittidiabaasi on luonteeltaan intrusiivi. AFM-diagrammissa albiittidiabaasi, VKM III sekä ALM sijoittuvat tholeiittiseen kenttään ja VKM:t I ja II kalkkialkaliselle kenttään. VKM II muistuttaa geokemialtaan nykyisiä valtamerten keskiselänteiden basaltteja, VKM:t I ja III saarikaari-tholeiitteja ja albiittidiabaasi laattojen sisäisiä basaltteja. Toisaalta VKM III muistuttaa geokemialtaan myös valtamerten keskiselänteiden basaltteja. Albiittidiabaasi, VKM:t II ja III sijoittuvat AFM-diagrammilla merelliseen ja VKM I ei-merelliseen kenttään.

VKM I:n sisällä esiintyy paikoitellen biotiitti- ja kloriittiliuskeita (vihreäliuskeita), jotka ovat hydrotermisesti muuttunutta VKM I:ä. Niitä esiintyy ruhjeisilla alueilla ja ne ovat ilmeisesti olleet hydrotermisten liusosten kulkuväyliä. Ne saattavat olla alkujaan myös VKM I:n tufttiivälikerroksia.

Eri vulkaniittimuodostumat ja albiittidiabaasi ovat hydrotermisesti muuttuneita. Selvin muutosilmiö on Na-metasomatoosi, jonka seurauksena plagioklaasi on albiittunut ja vapautunut kalsium on sitoitunut epidootiin tai muodostanut karbonaattia.

Albiittidiabaasi voidaan jakaa kahteen eri ryhmään petrofysikaalisten ja geokemiallisten ominaisuuksien perusteella. Korkean susceptibiliteetin omaavalla ferromagneettisella albiittidiabaasilla on myös korkeat titaani- ja rautapitoisuudet sekä alhainen kromipitoisuus. Alhaisen susceptibiliteetin omaavalla paramagneettisella albiittidiabaasilla vastaavat pitoisuudet ovat päinvastaisia. Ensiksi mainittu albiittidiabaasi esiintyy tummetujen mineralisaatioiden ympäristössä.

Silttikivimuodostumasta, joka sijaitsee VKM II:n yläpuolella, on erotettu omiksi kivilajeiksi albiittikvartsiitti, kvartsiitti, albiitti-karbonaattikivi, albiitti-serisiittiliuske, albiittikivi, albiitti-biotiittiliuske ja fylliitti. Albiittikivi muistuttaa mineralogisesti ja geokemiallisesti muualta kuvattuja albiittirikkaita tuffeja ja laavoja. Silttikivimuodostuma, kuten myös VKM II:n alapuolinen ja malminetsinnällisesti mielenkiintoinen serisiittikvartsiittimuodostuma, on voimakkaasti hydrotermisesti muuttunutta (pääosin albiittinutunutta). Natrium on mahdollisesti peräisin muinaisista evaporaateista.

Kuusamon liuskealue kokonaisuudessaan edustaa vulkaanis-sedimenttistä ympäristöä arkeisen graniittigneisikkompleksin reunalla. Liuskealueella on tapahtunut useita mantereen tai merenpohjan repeämiä, jotka ovat tuottaneet vulkaniitteja. Vedenpinnan korkeusvaihtelut ovat osaltaan vaikuttaneet alueen sedimenttikivien luonteeseen. Lisäksi hydroterminen toiminta on muuttanut liuskealueen kivilajien kemiallista koostumusta.

Filosofian kandidaatit:

Hulikki, Helena: "Sodankylän Sattasvaaran komatiittikompleksin Au-kriittinen muuttumisvyöhyke".

Leveinen, Jussi: "Tampereen liuskevyöhykkeen kerrostumat Pulesjärven profiilissa".

Lintala, Jaana: "Viipurin batoliitin rapakivigraniiteista sekä havaintoja niiden syntyolosuhteista kahden maasälvan termometrin valossa".

Lonka, Harriet: "Suomusjärven siirrosvyöhykkeeseen liittyvät mikro-rakenteet".

Melamed, Avner: "Mineralogical stability of compacted sodium-bentonite in nuclear waste disposal conditions: An experimental approach".

Nissinen, Pasi Petri: "Sodankylän Riestovaaran graniittibatoliitin petrografia ja rakenne".

Reinikainen, Jukka: "Virtasalmen-Rummukan alueen karbonaattikivet".

TEKNILLINEN KORKEAKOULU, OTANIEMI

Materiaali- ja kallioteknikan laitos

Tekniikan tohtori:

Diplomi-insinööri **Pekka Pokelan** väitöskirja "Amorfiset diffuusionestokerrokset puolijohdetekniikan sovelluksissa" tarkastettiin perjantaina 14.6.1991 Teknillisen korkeakoulun Materiaali- ja kallioteknikan laitoksella Otaniemessä. Virallisina vastaväittäjinä toimivat Ph.D. David Fraser, Intel Corporation, USA ja dosentti Martti Mäenpää, Helsingin Yliopisto. Kustoksena toimi professori Veikko Lindroos, Teknillinen korkeakoulu.

Puolijohdepiirin metallointimateriaalin (alumiini) ja substraattina olevan piin välinen metallurginen reaktio johtaa jo melko alhaisissa lämpötiloissa (~ 450°C) komponentin suorituskyyvyn nopeaan heikkenemiseen ja lopulta sen vikaantumiseen. Puolijohdekomponentti joutuu ko. suuruusluokkaa oleviin lämpötiloihin piirin prosessoinnin aikana ja/tai korkealämpötilasovelluksissa. Diffuusionestokerroksen tehtävänä metalloinnin ja puolijohdepiiriin väliin prosessoituna on hidastaa tätä vahingollista ilmiötä ja näin parantaa komponentin luotettavuutta.

Komponenttitiheyden kasvaessa johdintilat kaventuvat ja metallikon-taktien koko pienenee, mikä puolestaan asettaa diffuusionestokerroksille yhä kovempia stabiilisuusvaatimuksia. Al-metalloinnin elektromigraatio-ongelma myös korostuu ja pakottaa etsimään vaihtoehtoisia materiaaleja (esim. Cu, Au) metallointisovelluksiin. Mutta myös nämä metallit reagoi-vat piin kanssa ja vaativat näin ollen diffuusionestokerroksen käyttöä.

Amorfiset binääriset ja ternääriset ohutkalvot (nitridit) ovat osoittautu-neet erittäin stabiileiksi materiaaleiksi kyseisissä diffuusionestovelluksis-sa. Tutkimustulokset ovat osoittaneet, että tämä erinomainen suorituskyyky on kombinaatio niiden kemiallisesta ja rakenteellisesta stabiiludesta moni-kerrosrakenteissa sekä amorfisen materiaalin poikkeuksellisista diffuusion-esto-ominaisuuksista.

Tekniikan lisensiaatti:

Lankila, Arimo Sakari: "Ohutlevyterästen jatkuvatoiminen hehkutus".

Ohutlevyterästen jatkuvatoiminen hehkutus sisältää useita metallurgisia tavoitteita, kuten kylmävalssauksessa muokkautuneen rakenteen rekristalli-sointi, raakoon kasvattaminen ja ferriittiin liuenneen hiilen erkauttaminen. Hehkutusprosessin kokonaisuuden hallitseminen helpottuu, jos erilaiset metallurgiset ilmiöt voidaan mallintaa matemaattiseen muotoon ja sovittaa yhteen. Tämän työn tavoitteena oli jatkuvaherkutuksen metallurgian tutki-minen ja mallintamismahdollisuuksien selvittäminen.

Työn kirjallisuusosassa esitetään ohutlevyterästen jatkuvaherkutuspro-sessit ja jatkuvaherkutuksella valmistettavat teräslajit. Lisäksi selvitetään hehkutuskesittelyn eri vaiheiden metallurgiaa ja seostuksen sekä hehkutus-tavan vaikutuksia teräksen lujuuteen. Työn kokeellisessa osassa tutkittiin jatkuvatoimisen hehkutuksen metallurgiaa sekä laboratorio- että tuotanto-kokeilla.

Kokeellisen osan tulokset osoittivat kirjallisuudesta saatujen laskenta-mallien käyttökelpoisuuden kuumasinkittyjen terästen valmistuksessa. Kun teräskohtaiset vakiot on määritetty laboratoriokokeiden avulla, voidaan ter-räksessä hehkutusprosessin eri vaiheissa tapahtuvat muutokset laskea. Työssä esitetyt laskentamallit ovat melko yksinkertaisia eikä niitä voida käyttää hehkutusprosessin tarkkaan simulointiin. Niitä voidaan kuitenkin hyödyntää prosessilinjojen suunnittelussa ja tuotekehityksessä.

Mäkinen, Ilpo: "Tillämpligheten av 2D-elementmetoder i samband med dimensionering av brytningsrum och pelare under jord".

Den primära målsättningen med forskningsarbetet var att utreda tillämp-ligheten av befintliga tvådimensionella-elementmetoder i samband med di-mensionering av brytningsrum och bergpelare under jord.

I arbetet har också jämförts resultaten mellan nya och befintliga material-modeller och modelltekniker. Forskningsarbetets andra syfte var att ta fram

bästa analysmodell för bergmekanisk dimensionering.

Arbetet har utförts i Kiirunavaarugruvan, där skivpall-brytning med massbrytningsteknik har provats av LKAB. För att skivpallbrytningen skall bli konkurrenskraftig gentemot tillämpad skivrasbrytning bör skivpall-lay-outen vara optimalt utformad.

Vid arbetet har fyra olika elementmetoder använts: linjär-elastisk finita-elementmetod (FEM), elasto-plastisk finita-elementmetod (FEM), linjär-elastisk finita-differensmetod (FDM) och distinkt-elementmetod (DEM), som är en diskontinuerlig metod. För dimensioneringen av takpelare har empiriska formler för pelardimensionering använts.

Dimensioneringen av bergpelare är nästan alltid ett 3D-problem, och därför är tillämpligheten av 2D-element-metoderna dålig. Om man har flera olika brytnings-alternativ, kan det bästa alternativet ur bergmekanisk synpunkt beräknas m.h.a 2D-analysmetoderna. För dimensionering av skivpal-len ger distinkt-elementmetoden de bästa resultaten. Fördelen med den dis-kontinuerliga metoden är att den simulerar bergets beteende under ras i sprickiga berg bättre än de övriga metoderna.

Ranta, Heikki: "Kuumavalssaushilse ja sen vaikutus nopeutettuun jäähdytykseen".

Tutkimuksessa selvitettiin eri tavalla suoritettujen hilsepesujen vaikutus-ta hilsepesun tulokseen ja hilsekerroksen vaikutusta nopeutetun jäähdytyk-sen aikana. Erityisesti tutkittiin hilsekerroksen vaikutusta jäähdytyksen jäl-keiseen lämpötilajakaumaan ja mikrorakenteeseen heti hilsekerroksen ala-puolella ja 1/4 syvyydellä.

Eri tavalla suoritettujen hilsepesujen vaikutusta hilsekerroksen paksuu-teen ja painohäviöön tutkittiin myös. Jäähdytyksen jälkeen levyistä sahatiin näytekappallct, jotka peitattiin. Tämän jälkeen näytekappaleiden pin-nanlaatu mitattiin.

Valssauskokeissa käytettiin Rautaruukki Oy:n toimittamia aihioita, jotka oli polttoleikattu täysimittaisista koelatusaihiosta. Valssauskokeita suori-tettiin kymmenellä eri tavalla, mutta samalla tavalla valssattiin aina kolme aihioita koetulosten tulkinnan luotettavuuden parantamiseksi. Kokeet suori-tettiin MEFOS/BTF:n pilot plant-kokoisella laitteistolla Luleässä.

Tutkimustulokset osoittavat hilsekerroksen toimivan tehokkaana läm-pöeristävänä kerroksena, jonka paksuus vaikuttaa suuresti jäähdytyksen jälkeiseen lämpötilajakauman tasaisuuteen ja mitattuihin lämpötiloihin. Hilsekerroksen paksuus vaikuttaa myös peitaton levyin pinnanlaatuun.

Pitoaika ennen hilsepesun suorittamista vaikuttaa paljon hilsepesun on-nistumiseen. Pitoajan kasvaessa pesutullos paranee.

Diplomi-insinöörit:

Aarnio, Pasi Petteri: "Maanalaisen louhintatyömaan räjäytysten suunnitte-lu".

Aartolahti, Jyrki-Veli: "Kalliorakenteen tutkimus- ja mitoitusmenetel-mät".

Korhonen, Kari J.: "Tunnelinporauksen mahdollisuudet Suomessa".

Levander, Jari: "Jännepunoksen lujuuden, sitkeyden ja tuotantonopeuden nostamisessa huomioitavien tekijöiden selvittäminen".

Mattsson, Annina: "Geofysikaalisten mittausten menetelmien käyttömahdolli-suuksista pohjavesialueiden kartoituksessa".

Nieminen, Jarmo: "Viikinmäen keskuspuhdistamon louhinnan aikainen kalliomekaaninen seuranta".

Perä, Pekka Heikki Juhani: "Exploitation of Marginal Ore Using Dense Media Separation at Tara Mines".

Salminen, Leo: "Kiviainestutkimusprojektin tiedonhallintaohjelmisto".
Savolainen, Petri: "Anisotrooppisesti johtavien liimojen käyttö TAB-piirin ja elektroluminenssinäytön lasin liittämiseen".

Soikkeli, Jyrki: "Liitostietojen hallinta liittämisen asiantuntijajärjestelmäs-sä".

Vilanti, Ulla: "Ammoniumkloridin aiheuttama korrosio öljynjalostamon reformointiyksikössä".

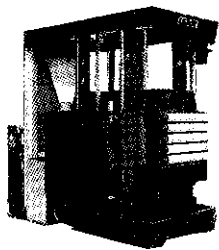
Virtanen, Jorma Veikko Antero: "Ferrokromin liuottaminen".



KEMIRA

PAINESUODATUS

**Larox-menetelmä
alentaa kustannuksia
jopa 70 prosenttia.**



Larox-painesuodatus — muita tehokkaampi ja taloudellisempi

Olivatpa kyseessä kemikaalit, rikasteet, mineraalit, pigmentit, lääkeaineet tai erilaiset jätelietteet, Larox-suodattimet

tuottavat kuivaa kakkua, *täysin automaattisesti*. Larox-menetelmä antaa jopa 94 %:n kuiva-ainepitoisuuden.

Larox — korkeata teknologiaa

Laroxin PF-painesuodattimia käytetään eri puolilla maailmaa. Aika on testannut ja koetellut niitä maapallon rankimmissa olosuhteissa. Larox PF-suodattimet toimivat luotettavasti viidessä maanosassa. Ne on suunniteltu ja rakennettu kestäväksi. Prosessin jokainen vaihe: suodatus, kalvopuristus, kakun pesu, ilmakeuhkaus,

kakun poisto sekä kankaan pesu tapahtuu nopeasti ja automaattisesti.

Suodatuskoe todistaa Larox-painesuodatuksen edut

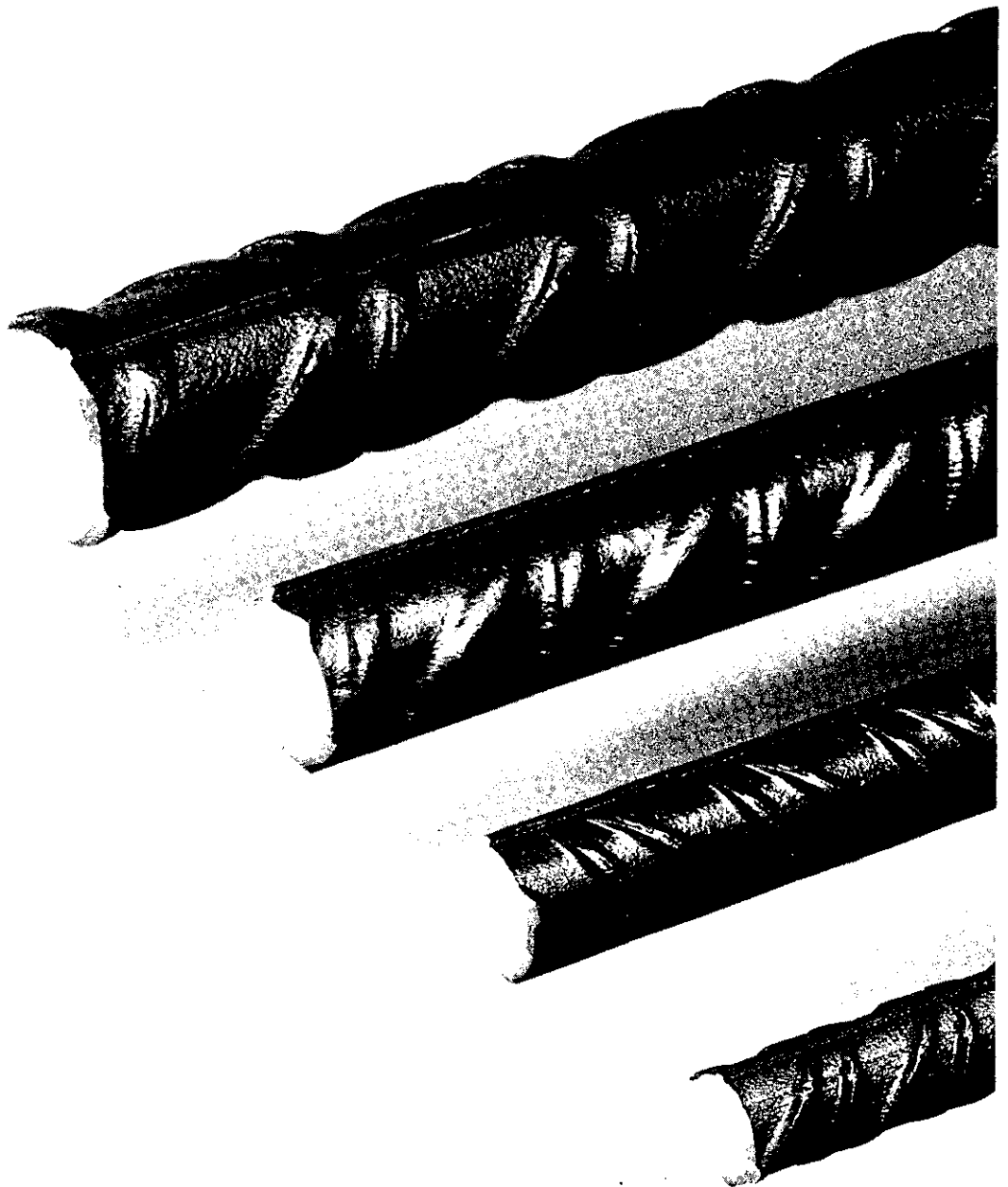
Vallankumouksellinen Larox PF -suodatin alentaa huomattavasti energiakustannuksia, antaa poikkeuksellisen kirkkaan suodoksen ja tuottaa jatkuvasti puhtaamman tuotteen. Joka päivä, vuodesta vuoteen. Kun haluat varmistua Larox-suodatusmenetelmän eduista, ota yhteyttä! Soita ja kysy lisätietoja koesuodatusjouk-sestamme, lähettämme samalla esitteemme.

LAROX®

PL 29, 53101 Lappeenranta
Puhelin (953) 5881, telefax (953) 588 277, telex 58 233

Vahva ote raudoittamiseen

• Betoniteräkset • Betoniteräsverkot • Raudoituksen erikoistuotteet



Suomalainen teräksen tekijä ja jalostaja



DALSBRUK

Dalsbruk Oy Ab

Raatihuoneentori

PL 66, 10601 Tammisaari Puh. (911) 62 400

Telefax (911) 15 053 Telex 13190 dbruk sf

Raudoitustuoteyksikkö:

Juvan teollisuuskatu 19 PL 24, 02921 Espoo

Puh. (90) 84 901 Telefax (90) 853 1957

Trellex

TRELLSTEP SEULAVERKKKO

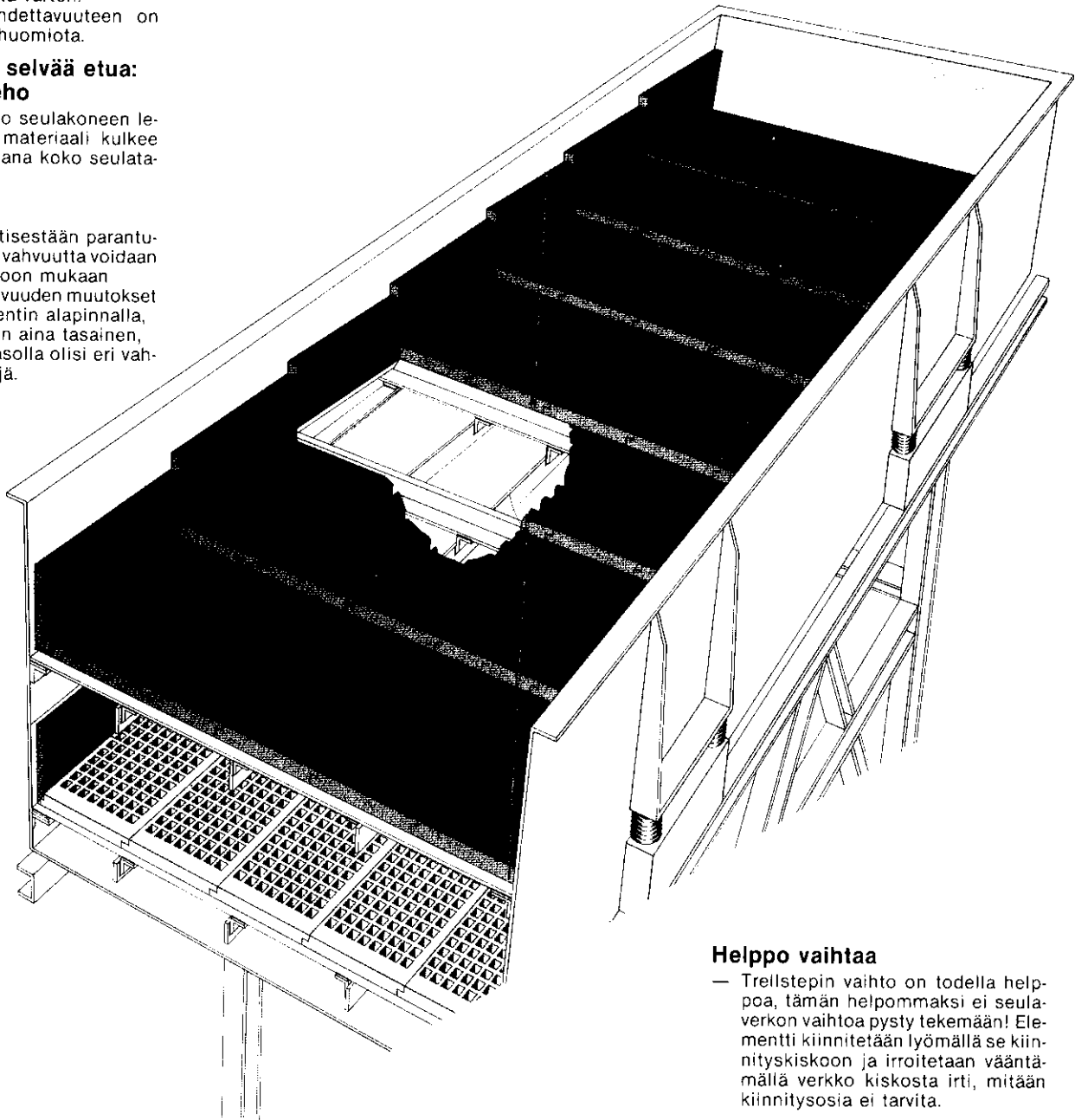
Trellexin uusi **TRELLSTEP**-kumiseula-verkko on kehitetty nimenomaan murskaulaitosten tarpeita varten. Seulaverkkojen vaihdettavuuteen on kiinnitetty erityistä huomiota.

Portaista kolme selvää etua: Hyvä seulontateho

- Täysin suora taso seulakoneen leveyssuunnassa, materiaali kulkee tasavahvana patjana koko seulatason leveydellä.

Pitkä kestoikä

- Kestävyys on entisestään parantunut ja Trellexin vahvuutta voidaan vaihdella aukkokoon mukaan 15—45 mm:n, vahvuuden muutokset tapahtuvat elementin alapinnalla, jolloin yläpuoli on aina tasainen, vaikka samalla tasolla olisi eri vahvuisia elementtejä.



Helppo vaihtaa

- Trellexin vaihto on todella helppoa, tämän helpommaksi ei seulaverkon vaihtoa pysty tekemään! Elementti kiinnitetään lyömällä se kiinnityskiskoon ja irroitetaan vääntämällä verkko kiskosta irti, mitään kiinnitysosia ei tarvita.

Oy Trellex Ab:n myyntikonttorit

Tampereen myyntikonttori

Kolmihaarankatu 3—5
33330 TAMPERE
Puh. 931-281 8111
Fax. 931-430 122

Vuoksenlaakson myyntikonttori

Paatsamakatu 4
53810 LAPPEENRANTA
Puh. 953-251 311
Fax. 953-251 301

Oulun myyntikonttori

Toivoniementie 9
90500 OULU
Puh. 981-377 847
Fax. 981-373 849

Kymenlaakson myyntikonttori

Rautatiekatu 2
48100 KOTKA
Puh. 952-184 880
Fax. 952-184 881

Helsingin myyntikonttori

Salmitie 4
02430 MASALA
Puh. 90-297 6122
Fax. 90-297 7518

Service Pieksämäki

Helmintie 6
76150 PIEKSÄMÄKI
Puh. 958-232 50
Fax. 958-232 51