

VUORITEOLLISUUS

BERGSHANTERINGEN

JULKAISIJA: VUORIMIESYHDISTYS — BERGSMANNAFÖRENINGEN R.Y.

Sisältö - Innehåll

Hans Allenius:

Hienojauheiden raekoon määrittäminen
Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen vuoritekniikan laboratoriossa

Heimo Kahlos:

Radonongelma Suomen kaivoksissa

Jarl Förstén:

Ydinvoimalaitosmateriaalien valinta

Heikki Kleemola:

Ohutlevyn kylmämuovattavuus

Lylyan Ivanchev:

Void nucleation during high-temperature deformation

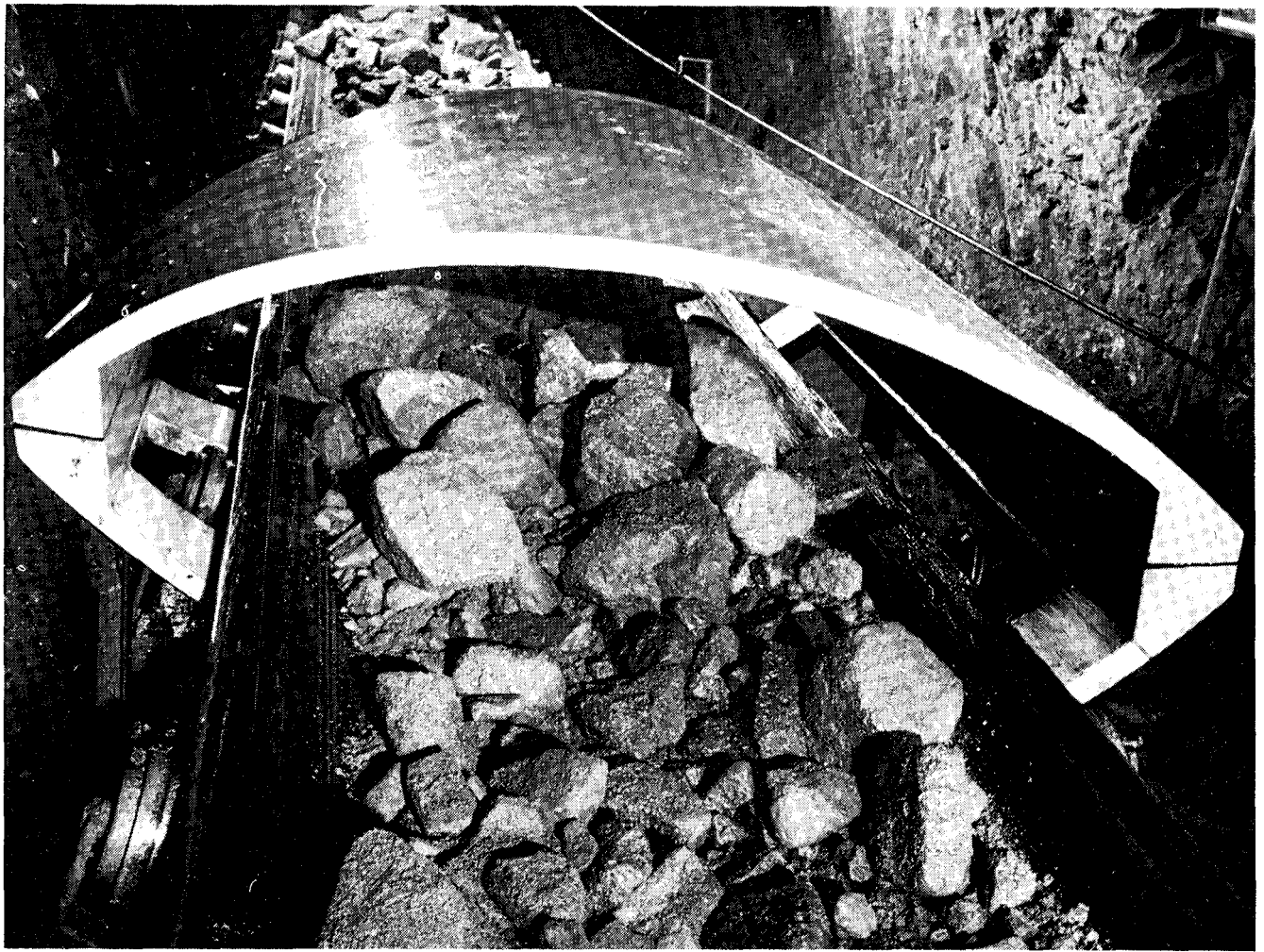
Kalle Hakalehto:

Kalliomekaniikan kongressi Denverissä

Pekka Purra:

Metallurgien täydennyskoulutus kehittyä

Uutisia — Nyheter



Stop Tramp Metal Damage

You can separate all the harmful metals including pieces of manganese steel from ore using the Outokumpu METOR[®] metal detector. Its structure and operating principle make the METOR[®] the most effective detection system available. METOR[®] prevents the damage caused by tramp metal in the crushers and does not give false alarms.

METOR[®] is patented all over the world and is used in over 30 countries.

Outokumpu is a well-known mining company with a world-wide reputation. Outokumpu does research and produces applications — it has contributed greatly to progress in mining. Outokumpu has the know-how.



OUTOKUMPU OY
INSTRUMENT DIVISION, TAPIOLA FINLAND

Representatives in AUSTRALIA, CANADA, PERU, PHILIPPINES,
SOUTH AFRICA, SPAIN, USA, MEXICO, ZAMBIA and ZAIRE.

Suodattimia ja sakeuttimia kaivosteollisuudelle

ENSO valmistaa the Eimco Processing Machinery Division of Envirotech Corporationin lisenssillä erilaisia kaivosteollisuuden tarpeisiin suunniteltuja suodattimia ja sakeuttimia sekä muita laitteita kiinteiden aineiden erottamiseksi nesteistä.

- EimcoBelt suodattimia
- Extractor suodattimia
- Agidisc kiekkosuodattimia
- Tilting Pan suodattimia
- Rumpusuodattimia
- Painesuodattimia
- Top Feed suodattimia
- Precoat suodattimia
- Sakeuttimia
- Selkeyttimiä

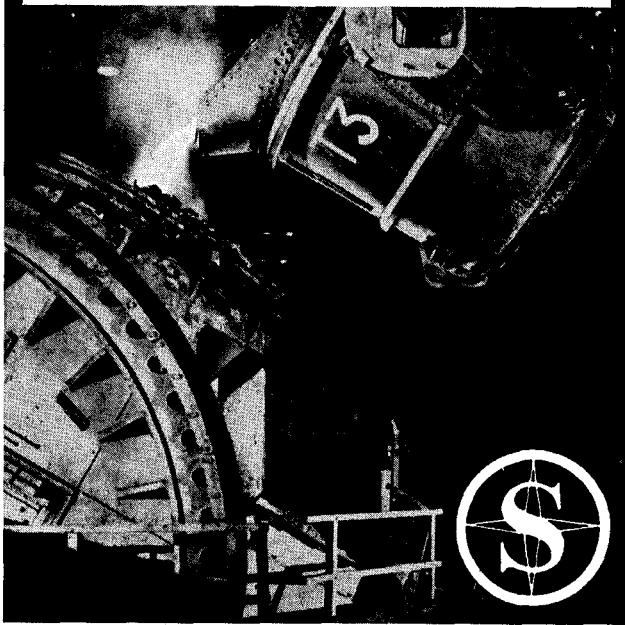
Teollisuuteen suodattimet, Outokumpu Oy, Tornio.



ENSO

ENSO-GUTZEIT OSAKEYHTIÖ
KONEPAJARYHMÄ • PL 34 • 57101 SAVONLINNA 10
PUHELIN 957-21 936 • TELEX 5613 enso sf

STEETLEY



huippuluokan tulenkestäviä aineita

Euroopan suurimpana magnesiitti- ja dolomiitti-tuotteiden valmistajana Steetley on jatkuvasti seurannut teräsprosessien nopeata kehitystä voidakseen täyttää kaikki korkealuokkaisille tulenkestäville aineille asetettavat vaatimukset. Uusista ajanmukaisista tuotantolaitoksistaan Steetley voi nyt toimittaa kaikki viimeisimmät tulenkestävien aineiden tyypit Kaldo-, LD- ja valokaariuuniprosesseihin.

Nämä uudet Steetleyn tuotteet vastaavat kaikkia nykyisten teräsprosessien vaihtelevia vaatimuksia erilaisissa käyttöolosuhteissa. Käyttäkää Tekin Steetleyn laajaa kokemusta hyväksenne. Steetleyn asiantuntijoilta saatte oikeat vastaukset — ja nopeasti. Steetleyn palveluun liittyy myös täydellinen vuoraus- asennus sekä neuvonta tuotanto- ja varastointikysymyksissä.

Ottakaa yhteys,
annamme mielellämme lisätietoja.

DEVCON muoviteräs



Devcon muoviteräs tilapäisiin ja pysyviin korjauksiin.

Devcon-tuotteita on käytetty menestyksellisesti ympäri maailmaa rikkoutuneiden pumppujen, venttiilien, valukappaleiden, murtuneiden putkien, kompressoreiden, teräs-, lasi- tai puusäiliöiden, hydraulikkasyntereiden, leikkautuneiden kierteiden, kuljetushihnojen ym. korjaamiseen. Näitä käytetään myös kulutus- pintojen uusimiseen tai vanhojen laitteiden kunnostamiseen, tiivisteiden valmistamiseen, säiliöiden vuoraamiseen tai yleensä laitteiden suojaamiseen hankaavalta ja kemialliselta kulutukselta.

Ottakaa yhteys, kerromme mielellämme lisää Devcon tuotteiden monipuolisista käyttö- mahdollisuuksista.



OY AXEL VON KNORRINGIN TEKNILLINEN TOIMISTO

00380 HELSINKI 38
KARVAAMOKUJA 6
PUH. 90-55 44 88

TURKU, PUH. 921-33 77 55

OULU, PUH. 981-24 312

JYVÄSKYLÄ, PUH. 941-14 100

TAMPERE, PUH. 931-31 230

Kolme kovaa

Kallioporauksessa porauslaitteen alusta ja puomijärjestelmät muodostavat tärkeän perustekijän. Todella raskaaseen kulutukseen joutuu kuitenkin itse porakone.

Atlas Copco

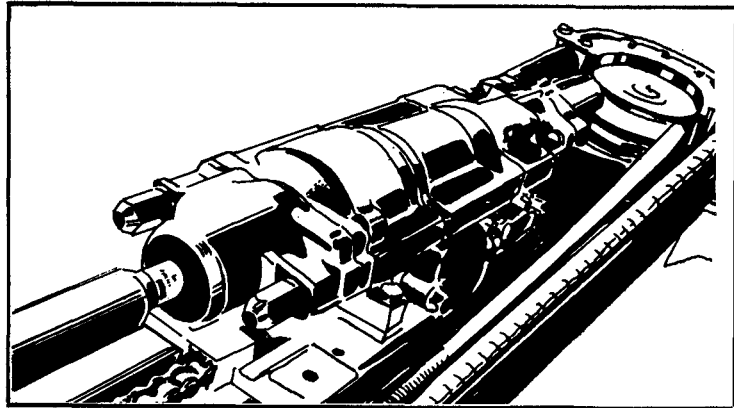
Atlas Copco on viime vuosina suunnitellut ja kehittänyt uusia kallioporakoneita eri käyttötarkoituksiin. Tässä muutama esimerkki:

Hydraulinen kallioporakone COP 1038 HD

on suunniteltu tunneliajoon. Se edustaa viimeisintä kehitystä tehonlisäyspyrkimyksissä.

Verrattuna vastaavanlaiseen paineilmakoneeseen tämän koneen teho on huomattavasti suurempi, mutta silti poratankoon kohdistuvat rasitukset eivät ole kasvaneet. Melutaso on pienempi, käyttö miellyttävämpää ja koneen soveltuvuus eri kalliolajeihin on ainutlaatuinen iskuenergiaa, iskunpituutta ja pyörittämisnopeutta muuttamalla. Syöttövoiman säätöautomaattikka kuuluu myös koneen etuihin.

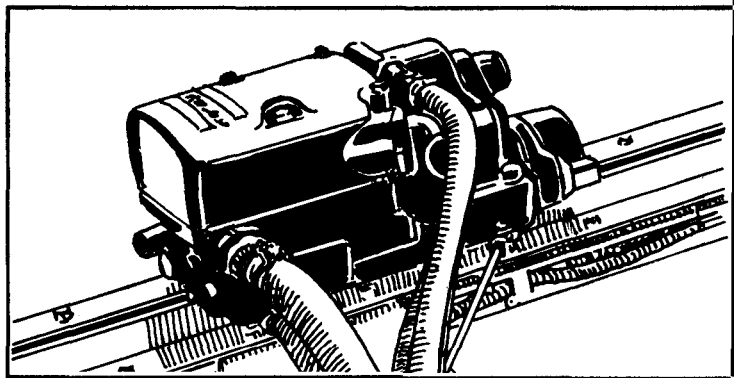
COP 1038 HD hydraulisten kallioporakoneiden teho, käyttövarmuus ja ihmisystävällisyys ovat huippuluokkaa.



COP 1038 HD tunneliajoon

Kallioporakone COP 130 EL

on suunniteltu erityisesti pitkäreikäporausta varten. Kun takana on uusi BMS 180 syöttölaite, tämä kallioporakone on todellinen teholaite tuotantoporaukseen. Se on erittäin vähän riippuvainen ilmanpaineen vaihtelusta. Tunkeutumisnopeuden pieneminen reiän pituuden kasvaessa on hämmästyttävän vähäinen riippumatta poraussuunnasta. COP 130 EL kallioporakoneen äänenvaimennus leikkaa myös matalan jaksoluvin melua, johon kuulosuojaimet eivät tehoa. Koneeseen on kehitetty myös pitkäreikäporauksessa tarkkuuden takia erittäin tärkeä porausaloitusautomaattikka.



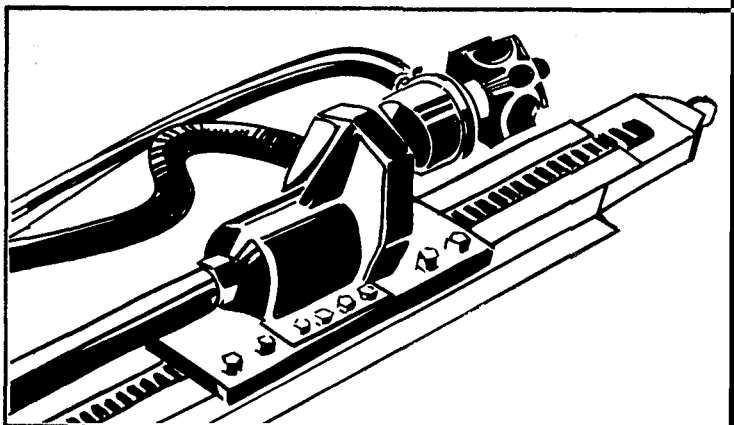
COP 130 EL pitkäreikäporaukseen

Uppoporakoneet

on suunniteltu suureikäporausta varten (4"-8"). Niille on ominaista pysyvä tunkeutumisnopeus riippumatta reiän pituudesta, samoin alhainen melutaso, koska itse porakone on porareian pohjalla.

Korkeapaineen käyttömahdollisuus (esim. 10,5 baria) suurentaa tunkeutumisnopeutta, pidentää hiontavälejä ja porakruunun kestoikää.

Maan päällä niitä käytetään pengerialuehintaan, maaporaukseen ja kaivonporaukseen. Maan alla avaus-, kaapeli- ja tuuletusreikien poraukseen ja viime aikoina entistä enemmän myös tuotantoporaukseen.



COP 4 ja COP 6 suureikäporaukseen

TALLBERG

ATLAS COPCO

Vattuniemenkatu 2, 00210 Helsinki 21
Puh. 670 112, telex 12-1601

Myyntikonttorit:

Tampere,

Järvensivuntie 71, puh. 56 955

Kuopio,

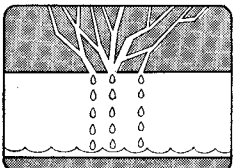
Likolammentie 16, puh. 82 418 ja 82 419

Kokkola, Niittykatu 2, puh. 11 185 ja 11 186

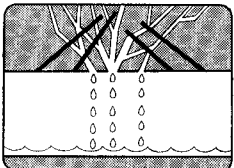
Turku, Lieto, Vanhalinna, puh. 373 777



Siellä missä paikat eivät pidä on injektointi paikallaan



Kallioruhje tunnelissa



Injektioreiät porattuna ruhjeisiin



Injektointi on suoritettu

Injektoinnin tarkoitus on stabiloida ruhjeista kalliota tai heikkolaatuista maaperää.

Jos veden virtaamisnopeus ja sen virtaava määrä aikayksikössä on niin suuri, että sementti-injektioseos hajaantuu ennen kovettumista on seokseen lisättävä muita aineita kovettumisen nopeuttamiseksi.

Erikoisinjektiokemikaalit AM-9 on kahden orgaanisen aineen sekoitus, monomeriacylamidin ja N,N'-metyleeni-bisacrylamidin. Nämä saavat aikaan hyvin jäykkiä geelejä laimennetuista

vesiliuoksista oikein kiihdytettyinä. Erikoiskemikaalit AM-9 kuuluvat The American Cyanamid Co:n injektioaineisiin.

Osakeyhtiö Ekströmin Koneliikkeellä on menetelmään yksinoikeus Suomessa ja Ruotsissa.

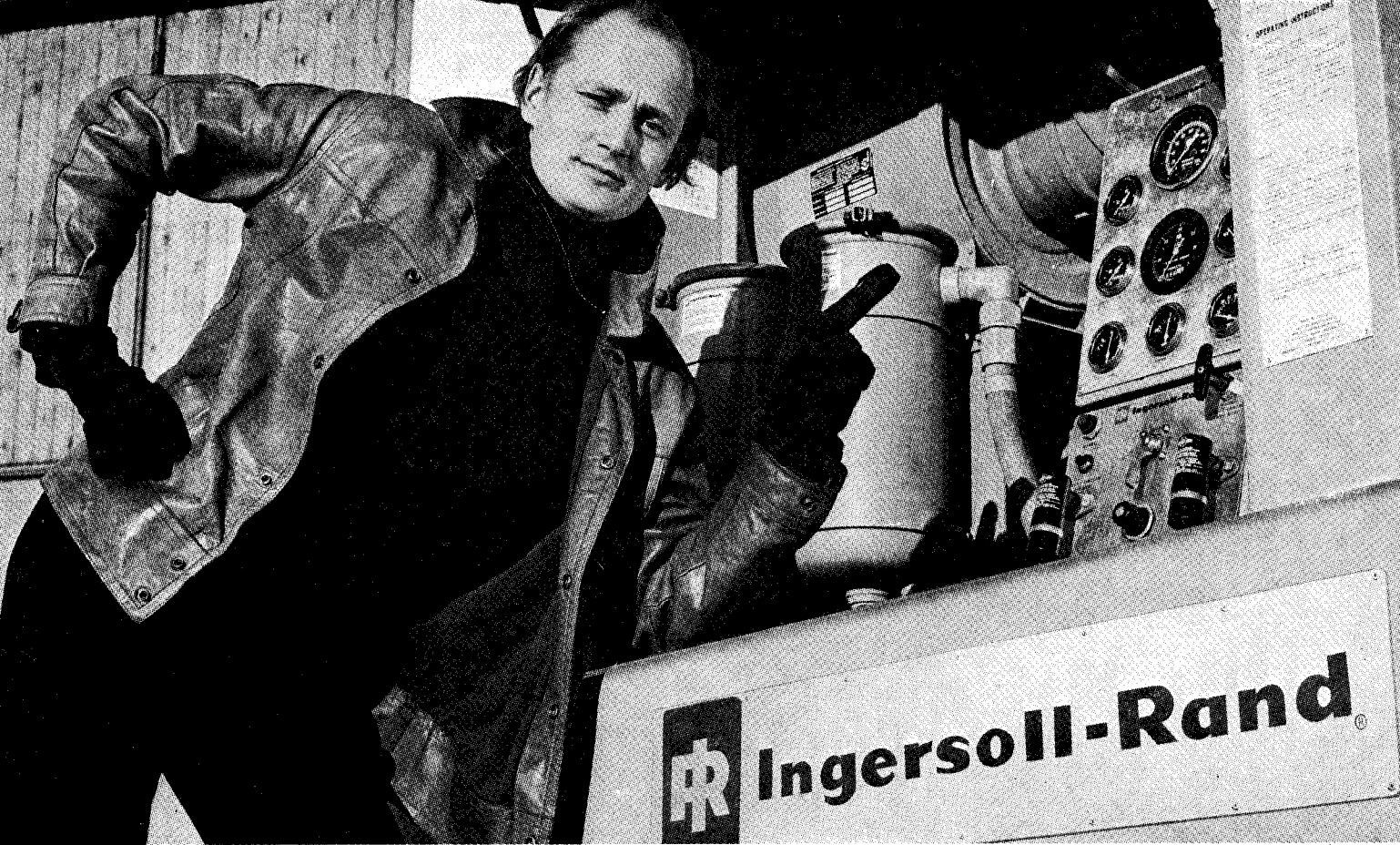
OSAKEYHTIÖ

Ekströmin

KONELIIKE

00101 Helsinki 10 • PL 310
Puh. 90-11 421

Katastrofin jälkeenkkin injektointi



Voittajamerkit.

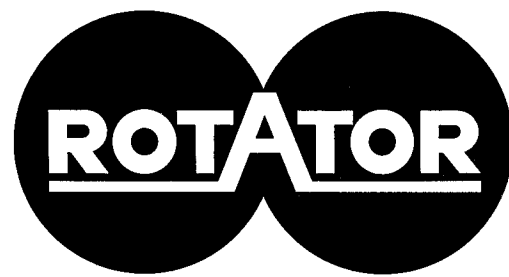
Viekkä Ingersoll-Rand kompressorit sinne missä tarvitsette taloudellista paineilmaa - rakennustöihin, kaivoksiin, teollisuuteen.

Super Spiro-Flo sarjan siirrettävät ruuvikompressorit on suunniteltu kestävään. Uusi epäsymmetrinen roottorin poikkileikkausmuoto ja ruuvikompressorin yksinkertainen rakenne lisäävät hyötysuhdetta. Kaksoisvoitelujärjestelmä varmistaa roottorin pintojen ja laakereitten täysitehoisen voitelun riippumatta kierrosnopeudesta ja öljyn lämpötilasta. Ja Air Glide määräsäädin huolehtii vakioaineesta - moottori ja kompressorit käyvät aina kulloisenkin ilmantarpeen vaatimalla kierrosluvulla. Ja säästävät samalla polttoainetta. Kun tarvitsette taloudellista paineilmaa, vertailkaa eri merkkien ominaisuudet ja päätykää voittajamerkkiin. Se on Ingersoll-Rand - siirrettävä ruuvikompressorit. Teidän voitoksenne. Saatte Super Spiro-Flo sarjan ilmakompressorit myös äänieristettynä sekä sähkökäyttöisenä.

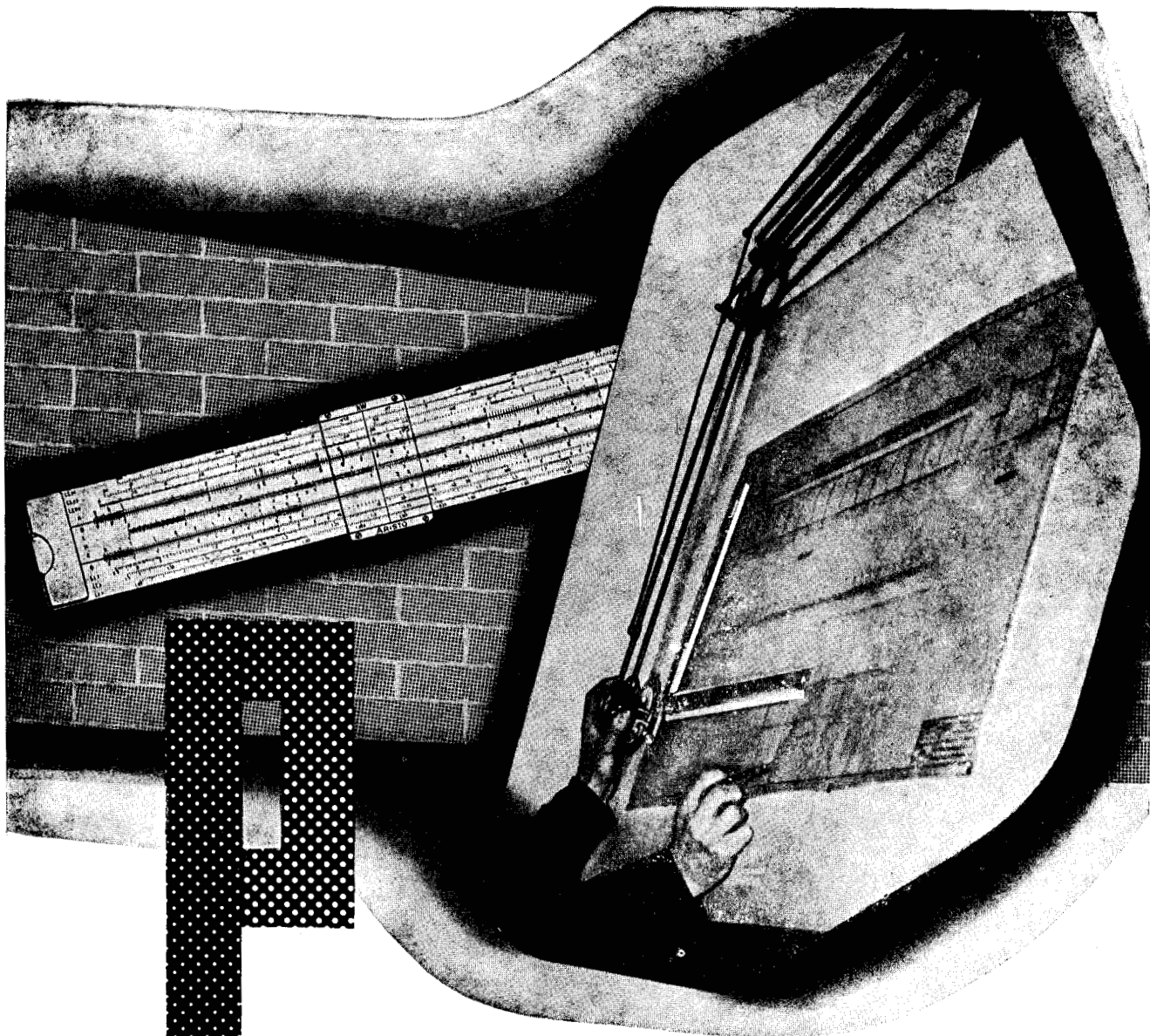


Super Spiro-Flo-kompressorisarjan ilmantuottoalueet:
21,3 - 56,6 m³/min.

Palveluksessanne



Tampere puh. 931-65 33 11
Helsinki puh. 90-821 011



RÄZISION

ist im modernen Industrie-Ofenbau und bei der Fertigung feuerfester Steine eine wesentliche Voraussetzung für rationelle und qualitativ einwandfreie Erzeugung von Stahl und Metall.

RADENTHEINER MAGNESITERZEUGNISSE

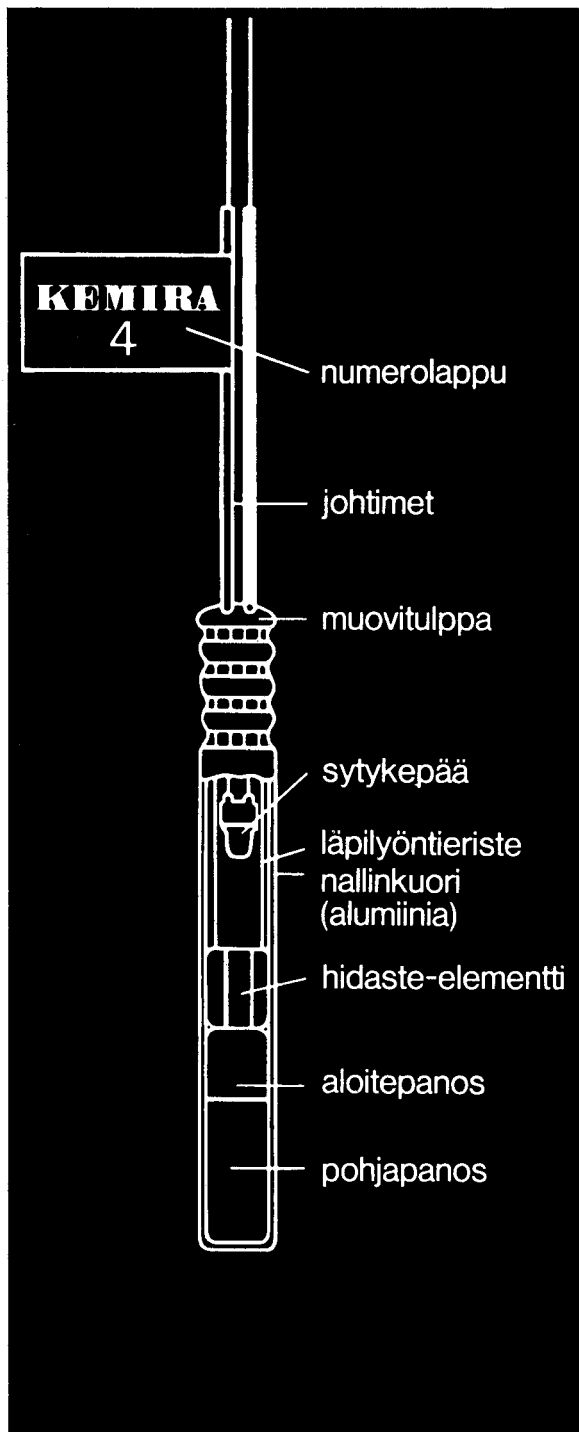
verdienen in dieser Hinsicht Ihr volles Vertrauen, denn sie haben sich seit langen Jahren im In- und Ausland — auch höchsten Ansprüchen gegenüber — hervorragend bewährt.

Oy Tulenkestävät Tiilet Ab

Bulevardi 17 C 14 00120 Helsinki 12 — Puh. 645341 — 645342 — 645249 — telex 12—1015

Bulevarden 17 C 14 00120 Helsingfors 12 — Tel. 645341 — 645342 — 645249 — telex 12—1015

VIHTAVUOREN sähkörajäytysnalleja



Pienvirtanalli

on korkealaatuinen, toimintavarma sähkönalli. Sen ominaisuuksia kehitetään ja seurataan jatkuvasti tehokkaan tutkimustyön ja tiukan laadunvalvonnan avulla tuotannon kaikissa vaiheissa.

UR-sähkönalli

on entistä turvallisempi pienvirtanalli. Tavalliseen pienvirtanalliin verrattuna staattisia varauksia vastaan 16 kertaa turvallisempi. Hajavirtojen, radiolähettimien ja korkeajännitejohtojen aiheuttamia tahattomia syttymisiä vastaan yli 5-kertainen varmuus.

VA-sähkönalli

on varmuusominaisuuksiltaan huomattavasti turvallisempi kuin pienvirtanalli. Ei syty ihmisen kehon sähkövarauksesta. Voimajohtojen, radio- ja tutkalähettimien sekä ukonilman aiheuttama vaara on pienempi kuin pienvirtanalleja käytettäessä.

SEA-sähkönalli

on vaativiin louhintaolosuhteisiin tarkoitettu erikoisnalli, erityisesti vedenalaisiin louhinta-kohteisiin. Valmistettu vedenkestäväksi suurissakin vesipaineissa.

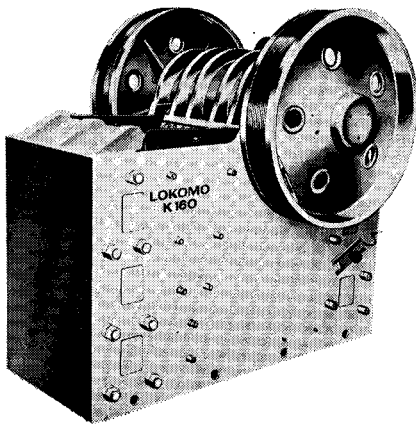
KEMIRA



Luonnonsuojeluyleistävällinen Lokomo-murskauslaitos vaikka kallion sisään.

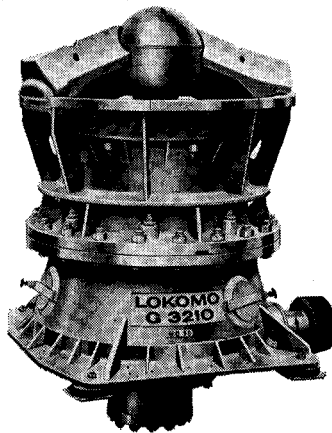
KIERTOMURSKAIN LOKOMO K 160

Kita-aukko 160 × 1300 mm
Kiinteän leuan pituus 2950 mm
Alapään min. asetusalue 250—400 mm
Kapasiteetti e.o. asetuksilla 250—400 m³/h
Paino 107 tonnia



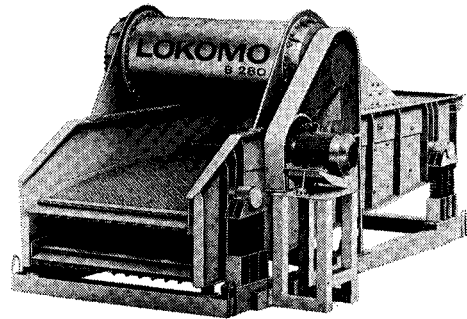
KARAMURSKAIN LOKOMO G 3210

Sisäkartiön suurin läpimitta 1000 mm
Syöttöaukko 320 mm
Iskuliike 16—25 mm
Asetusalue 35—70 mm
Kapasiteetti 70—160 m³/h
Paino 16 tonnia



VAAKATASOSEULA LOKOMO B 280

Tasoluku 2 (vaihtoehtoisesti 3)
Tason pinta-ala 8 m²/taso
Moottori 22 kW/1445 rpm



Maailman lujin kivilaji — jääkauden paljastama graniitti ja pohjoisen arktiset olosuhteet — vuoden keskilämpötila 70. leveysasteella nollan alapuolella asettavat murskainkalustolle erittäin suuret vaatimukset. Koneiden on säilytettävä toimintakykynsä vielä yli 40°C pakkasessa. Ja murskattava samalla maailman lujinta kiveä. Siksi käytettävät rakenteet ja materiaalit on tutkittava ja testattava perinpohjaisesti. Kuten Lokomolla. Lokomon murskausyksiköitä käytetään mm. LKAB:n ja Boliden AB:n kaivoksissa Ruotsissa ja Outokummun kaivoksissa Suomessa. Maailman lujinta kiveä murskaamassa.

Viidenkymmenen vuoden kokemus murskainten valmistajana ja tuhannet toimitetut yksiköt ovat nostaneet Lokomo-murskainkaluston maailman huippuluokkaan. Oman terästehtaan ansiosta ei laadusta missään vaiheessa ole tarvinnut tinkiä. Yksittäisten murskain-, seula- ja syötinyksikköjen lisäksi valmistamme myös pitkälle automatisoituja murskain- ja seulantaseimia. Teemme myös suunnitelmia asiakkaittemme kokonaisprojekteista ja olemme aina valmiit auttamaan murskausalan ongelmassa.

LOKOMO

Rauma-Repola Oy
Lokomon Tehtaat
Tampere puh. 931—33 100

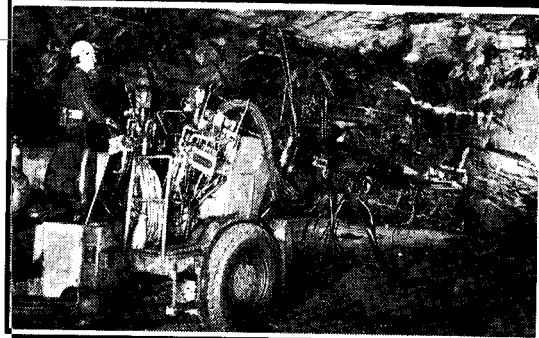
Kovaan työhön Kometa

M&S

AIRAM



Poraaminen on kovien miesten kova työtä. Taistelussa kalliota vastaan vaaditaan myös poralta paljon. Vain paras on kyllin hyvää. Tämä on lähtökohtana tehokkaiden Kometa-jatkotankokaluvojen ja -kiintoporien valmistamisessa. Kometa-porat ovat oikea ratkaisu silloin, kun pyritte taloudelliseen tulokseen ja yrityksenne menestymiseen.



KOMETA

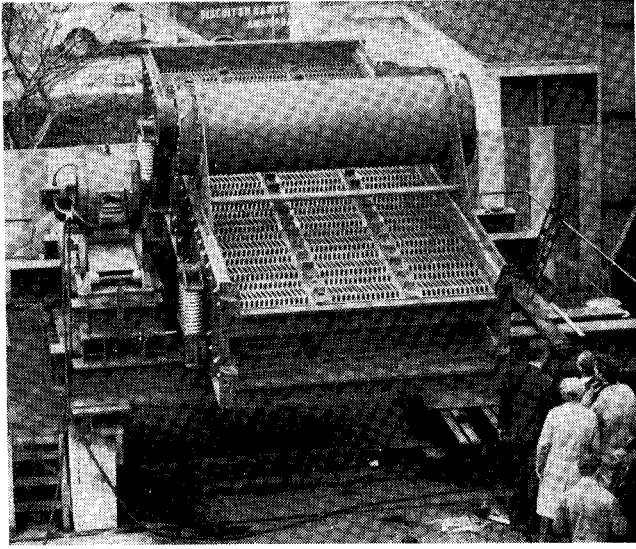
Kiintoporat,
jatkotankokalustot,
tarvikkeet.

AIRAM
on paljon muutakin

Oy Airam Ab, Kometa tehtaas, 02660 Lintuvaara, puh. 90-514 066, Telex Helsinki 12-1257

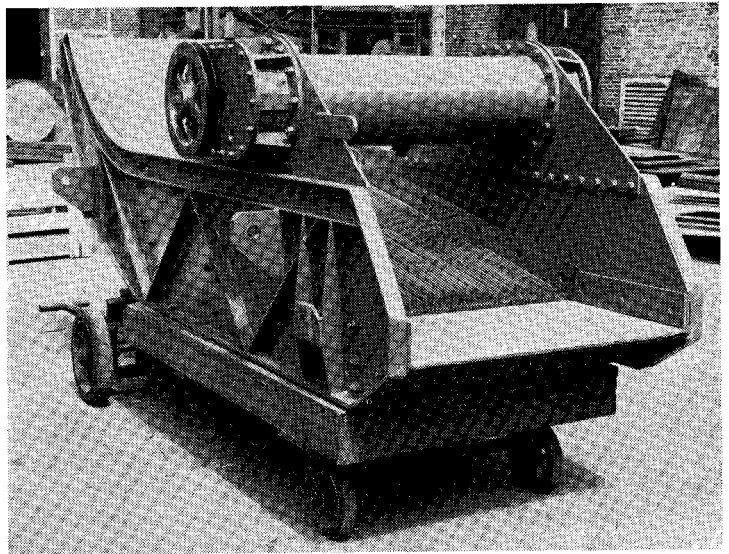
HEWITT-ROBINS

TÄRYLAITTEITA KAIKKIIN TARKOITUKSIIN



Kylmäsinteriseula, tyyppi 2 E-13, 2486 mm×7420 mm, kaksikantinen. Raskaaseen käyttöön. Paino 20.400 kg. Käytössä Intiassa 1965 lähtien. Seulalevyjen kesto yli milj. tonnia sinteriä.

Raakapellettiseula, tyyppi LPE-6, 1200 mm×3600 mm. Kapasiteetti 30 t/h. Kansi ruostumattomista, helposti vaihdettavista tankolevyistä. Muotoiltu pellettien murskautumisen estämiseksi. Käytössä Suomessa 1973 lähtien.

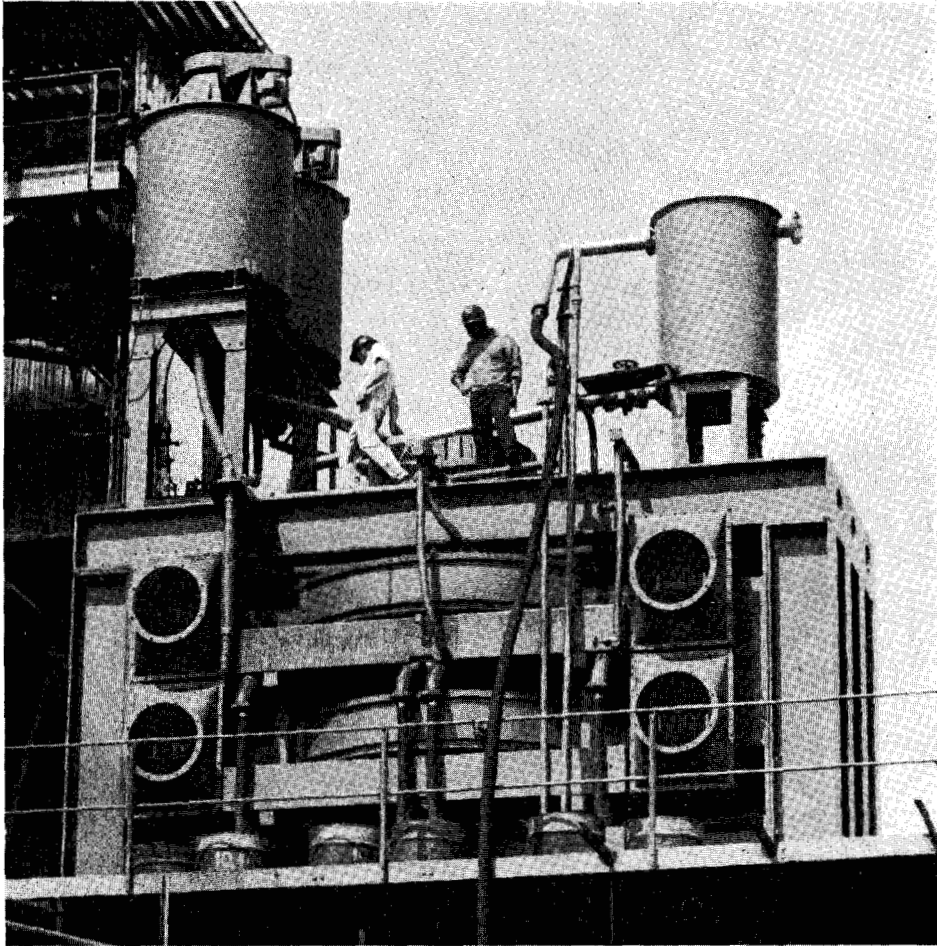


osasto
K M

OY GRÖNBLÖM AB

Mekaanikonkatu 6 — Helsinki 81 — Puh. 7554411

'JONES' Vahvakenttä-märkä- magneettierotin tarjoaa uusia mahdollisuuksia



Se on mahdollistanut heikosti magneettisten, raeko'oltaan alle 1 mm olevien materiaalien taloudellisen märkäerotuksen. Se antaa korkeapitoisia magneettisia tuotteita tai hyvin puhtaita epämagneettisia tuotteita ja sen kapasiteetti on aina 150 t kiintoaineita tunnissa.

Vieläpä sellaisia mineraaleja, joita on pidetty epämagneettisina, voidaan 'JONES'-issa erottaa. Monet vielä arvottomat esiintymät voidaan nyt hyödyntää. Jätkekatkin merkitsevät usein rahaa.

Monista myydyistä 'JONES'-suurtehoerottimista yksistään Brasilian rautateollisuus käyttää 28 yksikköä itabiriitin rikastukseen. 'JONES' vahvakenttä-märkämagneettierotin tarjoaa useita etuja:

Magneettinen rikastus

Hematiitti, sideriitti, ilmeniitti, sinkki-, kromi-, mangaanioksiidit, eräät kupari- ja nikkelyhdisteet sekä muut heikosti magneettiset mineraalit.

Mineraalien puhdistus

poistamalla magneettiset epäpuhtaudet.

Esim. lasihiekka, apatiitti, savi, talkki, maasälpä, kaoliini, grafiitti, bauksiitti.



KHD Industrieranlagen AG

HUMBOLDT WEDAG

VUORIKONE OY

Mekaanikonkatu 6 - Helsinki 81
Puh. 75 54 420

VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN

Julkaisija: VUORIMIESYHDISTYS — BERGSMANNAFÖRENINGEN r.y.

Hallitus: Joht. Heikki Tanner, puh.joht., joht. Nils Gripenberg, varapuh.joht., prof. Kauko Korpela, yli-ins. Simo Seppänen, DI Rolf Söderström, joht. Esko Pihko, toim.joht. Erkki Heiskanen, TT Kalevi Kiukkola, TL Seppo Yläsaari, DI Juhani Tanila, joht. Esko Nermes.

1. siht.: DI Pekka Lähteenoja, Outokumpu Oy, Töölönkatu 4, 00100 Helsinki 10, puh. 90-4031.

2. siht.: DI Erkki Ström, Ovako Oy, Imatran terästehdas, 55100 Imatra 10, puh. 954-63 688.

Rahastonhoitaja: TL Heikki Aulanko, Outokumpu Oy, PL 27, 02101 Espoo 10, puh. 90-421 3502.

Geologijaosto: FT Lauri Hyvärinen, puh.joht., FM Marjatta Virkkunen, siht., Geologinen tutkimuslaitos, 02150 Espoo 15, puh. 90-461 011.

Kaivosjaosto: Joht. Reino Kurppa, puh.joht., DI Antero Hakapää, siht., Outokumpu Oy, Töölönkatu 4, 00100 Helsinki 10, puh. 90-4031.

Metallurgijaosto: DI Reijo Antola, puh.joht., DI Seppo Härkönen, siht., Ovako Oy, Lauttasaarentie 48, 00200 Helsinki 20, puh. 90-670 091.

Rikastus- ja prosessitekn. jaosto: Joht. Timo Heikkinen, puh.joht., DI Olli Korhonen, siht., Outokumpu Oy, Tesu, 02101 Espoo 10, PL 27, puh. 90-4211.

Vuoriteollisuuslehden toimitus: Prof. Martti Sulonen, päätoimittaja, TKK, 02150 Espoo 15, puh. 90-460 144, prof. Paavo Majala TKK, rouva Kaija Marmo, toimitussihteeri, puh. 90-462 192.

Toimituksen osoite: 02150 Espoo 15, Otakallio 2 B 19.

Toimitusneuvosto: TT Kalevi Kiukkola, puh.joht., FM Marjatta Virkkunen, TT Kalle Hakalehto, DI Matti Palperi, DI Olli Korhonen.

Ilmoitushinnat: Kansisivut 850:—, muut sivut 750:—, 1/2 s. 500:—, 1/3 s. 400:—, 1/4 s. 300:—, Irtonumero 5:—.

Lehti ilmestyy toukokuussa ja joulukuussa.

N:o 2

1974

32. VUOSIKERTA

Hienojauheiden raekoon määrittäminen Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen vuoritekniikan laboratoriossa

Dipl.ins. H. Allenius, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, vuoritekniikan laboratorio

Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen vuoritekniikan laboratoriossa on jo useamman vuoden aikana tutkittu menetelmiä, joilla raekoon määrittäminen voitaisiin ulottaa seulomalla aina mikronialueelle asti.

Ennen mikroseulonnan esittelyä lienee paikallaan lyhyesti tarkastella VTT:n vuoritekniikan laboratoriossa käytettyjä ja osittain vieläkin käytössä olevia muita raekoon määrittämenetelmiä.

Tavanomainen seulonta

Karkeiden materiaalien raekoon määrittäminen suoritetaan kuivaseulonalla Tylerin tai ISO-TC 24 sarjaa käytäten. Ensin mainitun seulasarjan hienoin seula on 400 mesh 1. 37 μm , ISO-TC 24 sarjan 44 μm . On kuitenkin

todettava tavanomaisen seulonnan olevan epätarkan hienoimmassa raeluokissa; kuivaseulonnan alarajaksi voidaan katsoa 200—270 mesh 1. 74—53 mikronia. Mikäli normaaliseuloilla halutaan päästä luotettaviin tuloksiin hienoissa raeluokissa, on näytteelle ensin suoritettava liettoseulonta sarjan hienointa seulaa käytäten. Liettoseulonta terävöittää, mutta ei alenna seulontarajaa.

Tavanomainen luokitusanalyysi

Luokitusmenetelmille on yhteistä se, että ne perustuvat mineraalirakeiden laminaariseen vajoamiseen sopivassa väliaineessa Stokesin lain mukaisesti.

Laitteiston osalta yksinkertaisin ja halvin menetelmä on lietto ja dekantointi. Tarvittavat laitteet ovat dekantterilasi, lappo sekä sekuntikello laskeutumisaajan mittaamiseksi. Tiettyä raekokoa vastaava laskeutumisaika lasketaan Stokesin lain mukaan (1).

Menetelmällä saadut tulokset alueella 5—50 μm ovat kohtalaisen vakuuttavia ja toistettavuudeltaan hyviä. Lisätuna on, että luokitteet saadaan talteen erillistuotteina.

Andreasenin pipettimenetelmällä voidaan raekoon jakautuma määrittää aina 1—2 mikroniin saakka termostaattia käyttäen. Näytteen dispergointi on suoritettava erittäin huolellisesti. Kuten lietto- ja dekantointimenetelmässään koeaika muodostuu pitkäksi analysoitaessa hienoja raeluokkia. Menetelmästä todettakoon sen soveltuvan hyvin olosuhteissa, joissa näytteen määrä on pieni eikä luokitteita tarvitse ottaa talteen (1).

Areometrinen menetelmä soveltuu raekokoalueelle 40—5 μm (2). Menetelmä perustuu lietetiheyden mittaamiseen geometrisena aikasarjana. Luotettavien tulosten saamiseksi näyte on dispergoitava huolellisesti esim. ultraäänikäsitteilyn avulla. Lisäksi on käytettävä dispergoivia reagensseja. Areometrin lukema otetaan 0.0001-yksikön tarkkuudella ja lietteen lämpötila mitataan 0.5° C tarkkuudella.

Areometrinen menetelmä on nopeasti opittavissa ja suoritustavaltaan yksinkertainen.

Pneumaattisessa Micromerograph-laitteessa analysoidut rakeet vajoavat ilmassa. Servosähköisellä vaa'alla rekisteröidään vaakalevylle kertyvän materiaalin määrä ajan funktiona piirturin piirtämänä käyränä. Kutakin ajankohtaa vastaava raekoko lasketaan Stokesin kaavan mukaan. Tarvittavan näytteen määrä on 30—150 mg materiaalin hienoudesta riippuen. Näyte dispergoidaan laskeutumisputkeen laitteen oman dispergointisysteemin avulla. Esidispergointi voidaan suorittaa esim. ultraäänikäsitteilyn avulla. Rakeiden varautuminen vaikuttaa tuloksia huonontavasti.

Micromerograph-analyysi voidaan ulottaa noin 5 mikroniin, jolloin tulosten toistettavuus vielä on melko hyvä. Menetelmä on hidas vaikka se onkin pitkälle automatisoitu (3).

Tarkasteltaessa luokitusmenetelmien yleistä käyttökelpoisuutta todetaan, että:

— edellytyksenä on rakeiden vajoamisen laminaarisuus. Käytettäessä vettä väliaineena on maksimikoko kvartsilla 50 μm ja lyijyhohteella 32 μm . Ilmassa vastaavat arvot ovat 27 ja 19 μm (4).

— rakeiden vajoamisnopeus on riippuvainen niiden ominaispainosta. Tämä on luokitusanalyysin vakavin virhelähde, koska näytteet ovat harvoin monomineraalisia. Näytteen koostuessa ominaispainoiltaan eroavista mineraaleista luokitusanalyysin antama raekoon jakautuma on kyseenalainen. Ainakin siihen olisi suhtauduttava kriittisesti. Ihmetellen voidaan todeta, että eräät vaikutusvaltaisetkin laboratoriot esittävät yhä vielä luokitusanalyysin tuloksena kaksi- tai useampikyttäisiä läpäisykäyriä.

— laskeutumisaikaa määritettäessä oletetaan rakeet palloiksi, mikä tilanne toteutuu vain harvoin.

— väliaineen viskositeetti on riippuvainen lämpötilasta, ja tämä on otettava huomioon tarkkoja analyysijä tehtäessä.

— lietetiheyden on oltava pieni, koska vajoaminen muuten muuttuu hidasteiseksi.

— menetelmät ovat poikkeuksetta aikaa vaativia. Lietto ja dekantointimenetelmää käyttäen laskeutumisaika esim. 4.6 μm :n kvartsirakeille on noin 1.5 h, mikä jo rajoittaa menetelmän käyttöä, koska menetelmä on toistettava 5—6 kertaa.

— hienon näytteen dispergointi tuottaa usein vaikeuksia.

Muita menetelmiä

Coulter-Counter-menetelmässä näyte lietetään sopivaan elektrolyyttiin. Osa saatua suspensiota ohjataan pienen reiän läpi, jonka molemmin puolin on sijoitettu elektrodit. Rakeen kulkiessa aukon kautta se aiheuttaa elektrodien välisessä kentässä jännitepulssin, jonka suuruus on verrannollinen rakeen tilavuuteen. Laskijalaitteen avulla rekisteröidään ja lasketaan tietyn jännitekynnyksen ylittävät pulssit.

Kullekin raeluokka-alueelle on valittava sopiva virtausaukko. Periaatteessa voidaan analysoida raekokoja alueella 400—0.4 μm (5). Menetelmän hyviä puolia ovat:

— hyvinkin hienoihin raeluokkiin ulottuva mitausalue

— suhteellisen nopea ja pitkälle automatisoitu tekniikka.

Menetelmän varjopuolia ovat:

— käytettävän reiän halkaisijasta riippuen jäävät tiettyä kokoa pienemmät rakeet laskematta.

— ylisuuret rakeet on etukäteen poistettava näytteestä, koska ne muuten voivat tukkia reiän.

Elektrolyytin lämpötila vaikuttaa elektrodien väliseen vastukseen, joten se on pidettävä mittausten aikana mahdollisimman vakiona. Huolellisesti suoritettu dispergointi on edellytyksenä luotettavien tulosten saamiseksi.

Kokeellisten raekoon jakautuman määritysten lisäksi VTT:n vuoritekniikan laboratorioissa on käytetty professori R. T. Hukin kehittämää matemaattista menetelmää jatkettaessa raekokoanalyysiä alueelle, jolle muut menetelmät eivät ulotu (6).

Menetelmää varten määritetään esim. seulomalla muutama integraalikuvaajan piste sekä näytteen ominaispinta-ala. Pisteiden kautta piirretään tasaisesti alaspäin kaartuva integraalikäyrän estimaatti. Vertaamalla laskettua raeluokkien kokonaispinta-alojen summaa mitattuun ominaispinta-alaan todetaan kuinka hyvin piirretty käyrä edustaa oikeata integraalikuvaajaa.

Kun raeluokkien ominaispinta-alat on taulukoitu, määrittäminen on melko nopea. Tietokonetta käyttäen tulos saadaan muutamassa minuutissa.

Jatkettaessa seula-analyysin kuvaajaa kokeellisilla luokitus- tai muilla menetelmillä saaduilla arvoilla kokonaiskuvaaja harvoin noudattaa tasaista jatkuvaa viivaa. Seulonnan ja muiden menetelmien periaatteellisesta erosta johtuen muodostuu raja-alueelle kynnyksen, joka varsinkin heterogeenisiä näytteitä analysoidessa voi olla huomattava.

Raekoon kokonaisjakautumaa analysoidessa tulisi välttää siirtymistä menetelmästä toiseen. Mikäli seulonta on ulotettavissa mikroalueelle asti, kokonaistulos muodostuu entistä paljon luotettavammaksi. Tämän

muutoksen on tehnyt mahdolliseksi seulojen valmistuksessa tapahtunut merkittävä kehitys.

Mikroseulonta

a) Seulonta kuivana.

Tavanomaiset seulat on valmistettu kutomalla. Valmistustavasta johtuen voivat aukot poiketa melkoisesti nimellisarvoista. Tarkkuutta vaativaan mikroseulontaan ei niitä ole voitu soveltaa.

Erään ratkaisun tarkkuusseulojen valmistukseen tarjoaa Buckbee Mears Co:n, St. Paul, käyttämä elektrolyyttinen menetelmä (7). Viivoituskoneella, jolla voidaan piirtää jopa 8000 viivaa tuumalle, tehdään vahalla päällystetyille lasilevyille seulaverkon negatiivi. Syövytysvaiheen jälkeen negatiivista valmistetaan valokuvausmenetelmällä matriisi. Matriisi upotetaan nikkelöintikylpyyn, jossa elektrolyyttisesti valmistetaan neliömäisillä aukoilla varustettu kolmen mikronin paksuinen seulaverkko. Seulan tukiverkon valmistus tapahtuu samalla tavalla harvempaa matriisiä käyttäen. Saadut verkot yhdistetään niinikään elektrolyyttisesti. Viimeisessä päällystysvaiheessa seula-aukot tehdään tarkasti halutun kokoisiksi. Näin syntynyt mikroseula on erittäin tasalaatuinen. Mikroseulojen seula-aukot ovat neliömäisiä. Valmistaja takaa seulojen tarkkuudeksi $\pm 2 \mu\text{m}$. Todelliset tarkkuudet lienevät kuitenkin huomattavasti parempia, jopa $0.5 \mu\text{m}$.

Mikroseulojen ilmestyttyä markkinoille voidaan ehkä hieman kärjistetysti sanoa, että seulojen laatu paranee seula-aukon pienetessä. Onhan $74 \mu\text{m}$:n kudottu seula huomattavan epäsäännöllinen verrattuna mihinkään tahansa mikroseulaan.

Elektrolyyttitekniikalla voidaan valmistaa karkeitakin yli $100 \mu\text{m}$:n seuloja. VTT:n vuoriteknikan laboratoriossa kiinnostus on kohdistunut kuitenkin varsinaisiin mikroseuloihin, $30 \mu\text{m}$ ja sitä pienempiin. Tällä hetkellä on käytössä $30, 20, 15, 10, 8, 6$ ja $4 \mu\text{m}$:n mikroseulat. Seulojen läpimitta on $3''$ ja ruostumattomasta teräksestä valmistettujen kehysten korkeus $1''$.

Koska seulonta voidaan mikroseuloja käyttäen nyt ulottaa käytännöllisesti katsoen samalle hienousalueelle kuin normaali luokitusanalyysi, on tämä muuttanut VTT:n vuoriteknikan laboratorion raekoon jakautuman määritysruutiinia melkoisesti.

Karkean materiaalin seulonta tehdään edelleenkin Ro-Tap koneella periaatteessa 200 meshiin. Tästä eteenpäin seulonta tapahtuu materiaalista riippuen Alpine-, Sonic-Sifter- tai ultraääniseulontaa käyttäen. Alpine-ilmasuuhkuseulan toimintaperiaate on esitetty kirjallisuudessa (1). Vuoriteknikan laboratoriossa seulotaan Alpinella alueella $105\text{--}15 \mu\text{m}$. Seulat $105\text{--}32 \mu\text{m}$ ovat kudottuja ja läpimitaltaan 190 mm . Hienoimmat seulat ovat 70 mm :n läpimittaisia mikroseuloja.

Verrattaessa Alpine-analyysin tulosta tavanomaiseen RoTap analyysiin esim. $74 \mu\text{m}$:n seulalla todetaan ensinmainitun menetelmän olevan selvästi tehokkaamman.

Seulottaessa Alpine-koneella isoja kudottuja seuloja käyttäen normaali näytemäärä vaihtelee $10\text{--}50 \text{ g}$ ja seulonta-aika $3\text{--}6 \text{ min}$. Mikroseuloja käytettäessä vastaavat luvut ovat $1\text{--}5 \text{ g}$ ja $10\text{--}15 \text{ min}$. Ilmasuuhkuseulonnassa saadut tulokset sopivat hyvin normaali-

seulonnassa saadun kuvaajan jatkeeksi ja ovat luotettavia 15 mikroniin asti.

Alpine-analyysin hyviä puolia ovat ennen kaikkea sen nopeus ja saatujen tulosten luotettavuus. Vastapainoksi on todettava, että menetelmä, ainakin hienoja näytteitä seulottaessa, vaatii kokeen jatkuvaa seuraamista. Seulan läpi mennyttä ainetta ei saada täydellisesti talteenotetuksi, vaikkakin laitteeseen kuuluu suodatusjärjestelmä tätä tarkoitusta varten.

Rinnan Alpine-seulonnan kanssa käytetään eräissä erikoistapauksissa Allen-Bradley Co:n kehittämää Sonic-Sifter-laitetta, jolla eri seulafraktiot voidaan ottaa talteen (8).

Seulat pysyvät liikkumattomina. Pystysuunnassa alhaisella taajuudella värähtelevä ilmapatas kuljettaa seulottavan materiaalin hienot rakeet seulan tai seulasarjan läpi. Seulonnan aikana syntyneet agglomeraatit rikotaan napauttamalla mekaanisesti seulasarjan tukevaa kehikkoa. Toimenpide on automaattinen.

Värähtelevän ilmapatsaan ja mekaanisen pulssin amplitudit säädetään sopiviksi. Seulonta-aika valitaan näytteen hienouden mukaan.

Laitteen käyttöalue on valmistajan mukaan $2000\text{--}10 \mu\text{m}$. Vuoriteknikan laboratoriossa on kokeiltu $30, 20, 10$ ja $5 \mu\text{m}$:n mikroseuloja. Allen-Bradley Co:n valmistamat seulat eroavat Buckbee Mears Co:n seuloista siinä, ettei niissä ole tukiverkkoa.

Mikroseuloilla seulottaessa on näytteen määrä $0.5\text{--}10 \text{ g}$ hienoudesta riippuen; tavallinen lähtöarvo on 1 g . Pienet näytteet punnitaan Mettler H-15 analyysivaivalla, jonka lukematarkeus on 0.1 mg . Seulonta-aika voidaan valita kellolaitteesta välillä $0\text{--}18 \text{ min}$. Kokeissa on todettu analyysiajan pikemminkin olevan $30\text{--}60 \text{ min}$, jopa enemmänkin.

Laitteen rakenteesta ja toimintaperiaatteesta johtuen seulonnassa syntyneet materiaalihäviöt ovat pienet. Seulonta vaikeutuu ja hidastuu käytettäessä hienoimpia seuloja. Jo 10 mikronin seula tukkeutuu nopeasti. Näytteen, jopa seulojenkin ympäröivästä ilmasta imevä kosteus saattaa vaikuttaa tuloksiin. Näytteet ja seulat on syytä säilyttää esim. eksikaattorissa ennen punnitusta ja seulontaa.

Sonic-Sifter-laitte soveltuu periaatteessa samalle raekokoalueelle kuin Alpine-ilmasuuhkuseulakin. Mikäli seulonnan alarajaa halutaan siirtää vielä pienemmille mikroniluvuille on käytettävä märkäseulontamenetelmää.

b) Seulonta märkinä

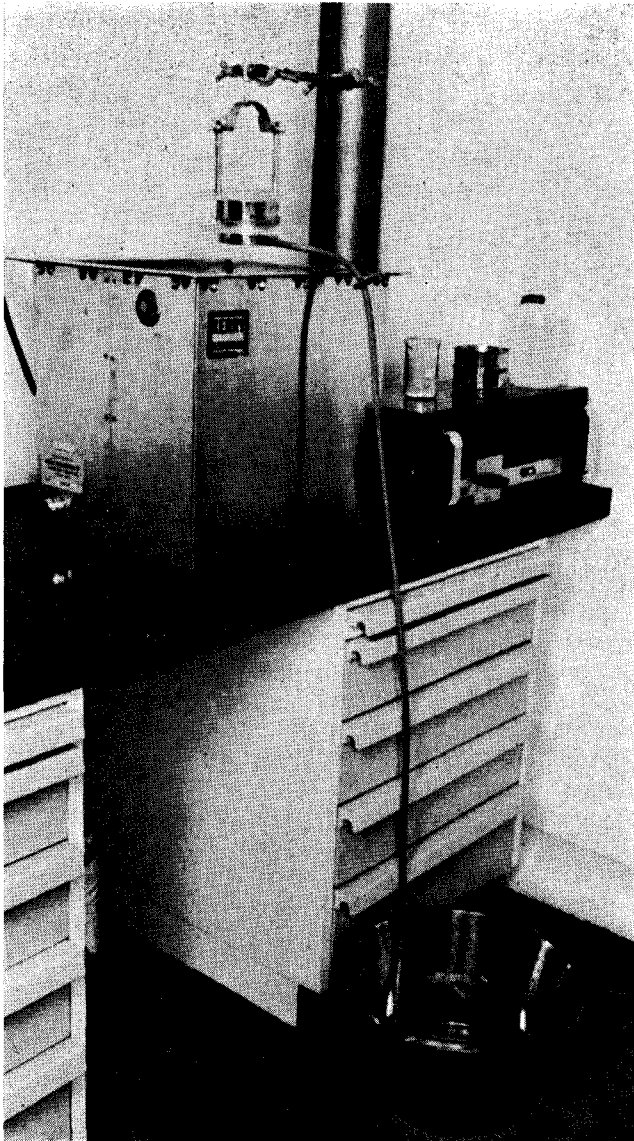
Suorittamalla mikroseulonta ultraäänikylvyssä prosessi voidaan ulottaa jopa alle 10 mikronin alueelle.

Seuloina käytetään Buckbee Mears Co:n valmistamia mikroseuloja. Ultraäänilaitteiston muodostavat Kerry Ultrasonics Ltd:n generaattori KS 400/800 A sekä käsittelyallas KS 411. Generaattorin antamat taajuudet ovat 25 ja 45 kHz (Kuva 1).

Seulottaessa noudatetaan pääpiirteissään kirjallisuudessa (9) esitettyä menettelytapaa:

Ultraääniallas täytetään vedellä, johon on lisätty pintajännitystä alentavaa reagenssia.

Seulatelineseen asetetaan imuputkella varustettu pohja ja sen päälle seula. Pohjan ja seulan välinen liitos tiivistetään käyttämällä O-rengasta. Rakennelma pidetään koossa kiristämällä seulatelineen kansirengasta kevyesti seulan yläreunaa vasten. Seulan alle ei



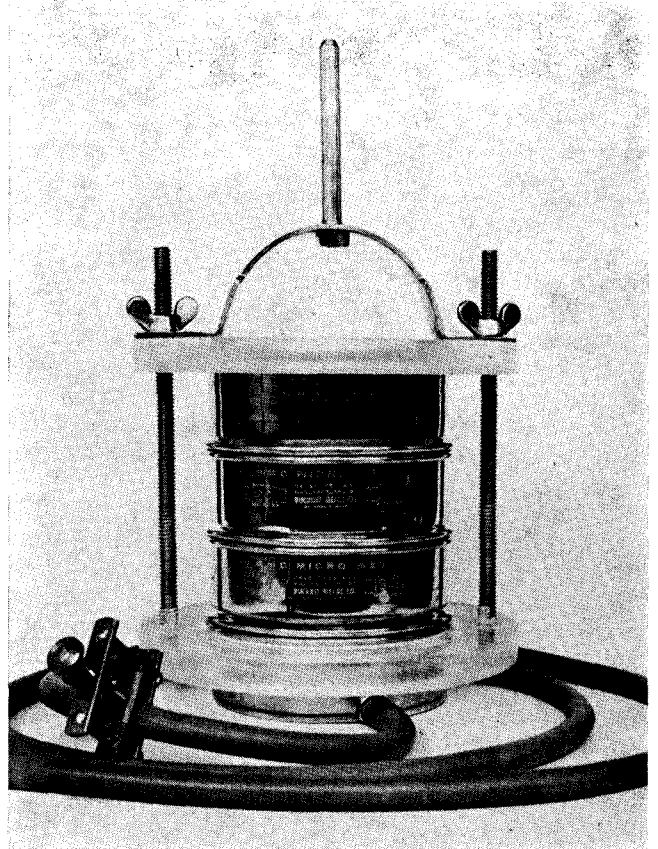
Kuva 1. Yleiskuva ultraääniseulonnassa käytetystä laitteistosta.
Fig. 1. General view of the ultra-sonic sieving apparatus

saa jäädä ilmaa, koska tarkoituksena on aikaansaada imu lappoperiaatteella seulan läpi. Käytännöllisintä on koota seulasarja veden alla (Kuva 2).

Seulontaa varten punnitaan 0.5—2 g näytettä, joka lietetään käytettävään väliaineeseen, esim. veteen. Tässä vaiheessa voidaan tarvittaessa lisätä näytteeseen dispergoivaa reagenssia. Dekanterilasi, johon näyte on lietetty, upotetaan muutamaksi minuutiksi ultraäänialtaaseen, jolloin näyte dispergoituu tehokkaasti. Tämän jälkeen näyte kaadetaan seulalle.

Valitaan sopiva generaattorin ulostuloteho ja taajuus ja aloitetaan nesteen sifonoinen seulan läpi. Seulalle jäänyt materiaali huuhdotaan huolellisesti puhtaalla väliaineella useamman kerran. Vasta kun seulan läpäissyt neste on täysin kirkas annetaan seulapinnan valua kuiviin ja seulonta lopetetaan.

Näyte kuivataan ja punnitaan seuloineen. Lämpäisyprosentti kyseisen seulan kohdalla voidaan laskea kun tyhjän seulan paino tiedetään. Näytteiden ja seulojen käsittelyssä on syytä käyttää eksikaattoria. Seulotta-



Kuva 2. Seulasarja koottuna seulatelineeseen.
Fig. 2. Assembled sieve stack

essa ultraäänimenetelmällä voidaan seulafraktiot ottaa erillisinä talteen.

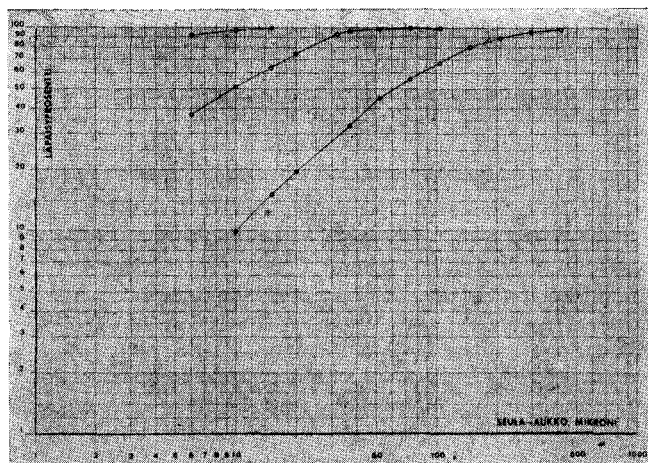
Edellä esitetyssä menetelmän kuvauksessa käytettiin seulonnan väliaineena vettä. Parempia tuloksia saadaan käyttämällä veden sijasta esim. metanolia, jolla on alhaisempi viskositeetti. Metanolia käytettäessä voidaan seulonta suorittaa jopa 6 mikronin seulalla. Neljän mikronin seula on useimmissa tapauksissa osoittautunut liian hienoksi. Ultraääniseulonta on melko hidasta. Itse seulonta kestää 15—30 min. seulaa kohti. Seulatelineeseen voi kiinnittää useampia seuloja kerrallaan. Näytteiden ja seulojen

Taulukko 1. Eräiden näytteiden raekoon jakautuma Ro-Tap-, Alpine- ja ultraääniseulontamenetelmillä määritettynä.

Seula μm	Lämpäisy %	Lämpäisy %	Lämpäisy %
417	98.1		
295	95.2		
208	89.0		
147	80.2		
104	67.1	99.6	
74	56.0	99.2	
52	44.8	98.5	
37	32.8	96.3	
32		93.0	
20	19.7	74.7	
15	15.2	63.6	99.8
10	9.9	50.9	97.1
6		37.3	91.8

kuivaaminen vie oman aikansa, joskin esim. metanoli haihtuu melko nopeasti.

Seulapinnat pysyvät kohtalaisen hyvin auki ultraään-
nen ansiosta. Näytteiden dispergointikin on ilmeisen
tehokas ultraääniseulonnassa. Taulukossa 1 on esitetty
muutaman näytteen raekoon jakautuma Ro-Tap-, Al-
pine- ja ultraäänimenetelmällä seulottuna. Kuvassa 3
nähdään em. näytteiden integraalikuvaajat.



Kuva 3. Ro-Tap-, Alpine- ja ultraäänimenetelmällä seulot-
tujen kolmen eri näytteen integraalikuvaajat.

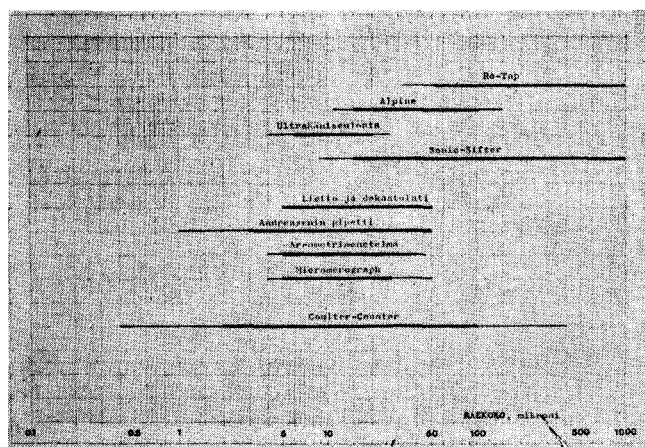
Fig. 3. The particle size distribution of three different mi-
neral samples determined using combined Ro-Tap, Alpine
and ultra-sonic sieving.

Mikroseuloja käytettäessä ne on puhdistettava riit-
tävän usein, mieluummin jokaisen seulonnan jälkeen.
Herkästi särkyvien seulojen pesu tehdään upottamalla
ne 10–60 sekunnin ajaksi ultraäänikylpyyn, jonka
jälkeen kuivaus suoritetaan lämminilmapuhaltimella
tai lämpökaapissa. Ultraäänipesu soveltuu myös kudo-
tuille seuloille.

Yhteenveto

Kuvassa 4 on esitetty raekoon määrittämiseen käytetty-
jen eri menetelmien soveltuvuusalueet.

Hankittaessa laitteita raekoon jakautuman määrit-
tämistä varten tulisi vakavasti harkita VTT:n vuori-
tekniikan laboratoriossa käytetyn seulontamenetelmän
soveltamista, joka käsittää Ro-Tap-, Alpine- ja ultra-
ääniseulonnan.



Kuva 4. Eri raekoon määrittämenetelmien soveltuvuus-
alueet.

Fig. 4. The applicability of some methods for analyzing
particle size distribution.

Tällä menetelmällä voidaan neliömäisillä aukoilla
varustetuilla seuloilla peittää koko jakautuma-alue,
kymmenistä millimetreistä ainakin kuuteen mikroniin
asti. Saadut tulokset ovat luotettavia eikä siirtyminen
seulontamenetelmästä toiseen aiheuta kynnyksiä lä-
päisykäyrään.

Tarvittavien laitteiden tämänhetkiset hinnat ilman
seuloja ovat:

RoTap kone ilman moottoria	5 000 mk
Alpine-seula + pölynimuri	5 000 „
Ultraäänigeneraattori + allas	6 000 „

Yhteensä 16 000 mk

Tavanomaiset seulat maksavat noin 65 mk kappa-
leelta, Alpinen 74 µm:n seula noin 140 mk, 32 µm:n
seula noin 400 mk ja 15 µm:n mikroseula noin 2500
mk. Ultraäänimenetelmässä käytettyjen seulojen hinta
on noin 500 mk/kpl.

Hyvin pienten rakeiden koon ja jakautuman määrit-
tämiseksi on käytettävä muita menetelmiä, sillä kuu-
desta mikronista eteenpäin seulonta vaikeutuu ratkai-
sevasti.

Kirjallisuusluettelo:

1. **R T Hukki:** "Mineraalien hienonnuks ja rikastus" 1964.
2. **E J Järvinen:** "Tutkimus hienojen materiaalien raekoon
jakautuman määrittämisestä ja niiden tuottamisesta
luokittamalla" 1971.
3. **T U Niitti:** "Tutkimus jauheiden raekoon jakautuman ja
ominaispinta-alan määrittämisestä" 1964.
4. **E J Pryor, H N Blyth, A Eldridge:** "Purpose in fine siz-
ing and comparison of methods" Recent developments
in mineral dressing 1953 ss. 11–30.
5. Instruction manual for Coulter-Counter Model A Indus-
trial.
6. **R T Hukki, J E Venho:** "Evaluation of sub-sieve size dis-
tribution of ground products by computer" 1971.
7. **H W Daeschner, E E Seibert, E D Peters:** "Application of
electroformed precision micromesh sieves to the de-
termination of particle size distribution" ASTM Special
technical publication 234, 1959 ss. 26–50.
8. Allen-Bradley Company publication P5 1967.
9. **J M Carter:** "Method of wet sieving by use of precision
microsieves" Transactions vol. 81 1972 Bulletin 787 June
1972 ss. C 113–117.

Summary

In the Mineral Engineering Laboratory of the State Re-
search Centre of Finland extensive work has been carried out
to extend the method of screen analysis beyond the conven-
tional limits for determination of particle size distribution of
micro-powders.

The advantages and disadvantages of other commonly used
methods for particle size analysis including sizing by classifi-
cation, Coulter-Counter analysis and the mathematical meth-
ods are briefly discussed.

The development of electro-formed micro-sieves has chan-
ged the analyzing routine completely. With these the deter-
mination of particle size distribution can now be extended to
about six microns.

The coarser fractions are sieved with e.g. the Ro-Tap ma-
chine to about 200 mesh. The Alpine air sifter can be used to
about 15 microns. Beyond that the powders are analyzed
with micro-sieves in ultra-sonic bath.

The said sieving methods combined give dependable re-
sults. The changing from one sieving method to the other
does not cause mysterious features in the distribution curve
as is the situation when changing from screening to classifi-
cation analysis.

Radonongelma Suomen kaivoksissa

Dipl.ins. Heimo Kahlos, Säteilyfysiikan laitos
(1. 3. 1975 Iukien Säteilyturvallisuuslaitos)

Radonongelman taustaa

Viime aikoina on maamme kaivoksissa jouduttu pohtimaan uutta työsuojeluongelmaa, kaivosilmassa olevan radonin vaikutuksia. Uraanikaivoksissa radonin aiheuttama terveysongelma on ollut tunnettu vuosikymmeniä. Näissä kaivoksissa työssä olleiden kaivosmiesten havaittiin keskimääräistä useammin sairastuvan keuhkosityöpään. Tunnetuimmat esimerkit ovat Joachimstalissa ja Schneebergissä työskennelleiden kaivosmiesten keuhkosityöpätapaukset, joiden aiheuttajaksi todettiin kaivosilmassa runsain määrin esiintyvä radon. Sen vuoksi päädyttiin radonin määrää rajoittaviin kansainvälisiin suosituksiin. Myöhemmin 1950- ja 1960-luvulla havaittiin, että radonia saattoi esiintyä haitallisia määriä sellaisissakin kaivoksissa, joissa uraanimineraleja oli vain vähäisessä määrin. Tällaisia olivat mm. eräät fluorisälpä-, wolframi-, litiumi-, rauta- ja sulfidimalmikaivokset Kanadassa, Englannissa, Tšekkoslovakiassa ja Ruotsissa. Tehdyissä epidemiologisissa tutkimuksissa todettiin, että myös näissä kaivoksissa työskennelleet miehet kuolivat tavallista useammin keuhkosityöpään.

Keuhkosityövän syyksi on todettu kaivosilmassa olevat

ns. radonin lyhytikäiset hajoamistuotteet, jotka kulkeutuvat hengitysilman mukana keuhkoihin ja aiheuttavat radioaktiivisella hajoamisellaan keuhkoille suuren säteilyannoksen. Radonista itsestään aiheutuva annos on vähäinen hajoamistuotteiden annokseen verrattuna. Sairastumismahdollisuutta lisäävät kaivosilmassa olevat muut ärsykkeet sekä runsas tupakointi. Kun keuhkosityöpään sairastuminen usein johtaa ennenaikaisen kuolemaan, säteilyrasituksen epäsuorana seurauksena on kaivosmiesten keskimääräisen eliniän lyhentyminen.

Radoniin ja sen hajoamistuotteisiin liittyviä käsitteitä ja määryksiä

Radon-alkuaineen yleisimmästä isotoopista, ^{222}Rn :sta käytetään tavallisesti alkuaineen yleisnimeä radon. Niin on menetelty tässäkin esityksessä. Radon on luonnossa esiintyvä radioaktiiviseen uraanisarjaan kuuluva jalokausu. Se on väritön, hajuton ja mauton, ja se voidaan havaita vain radioaktiivisuuden mittaamiseen käytetyillä erikoislaitteilla. Sen hajoamistuotteet (eli tytäraineet) ovat raskaita metalleja, poloniumin, lyijyn ja vismutin isotooppeja. Radonin ja sen hajoamistuotteiden välistä yhteyttä kuvaa seuraava uraanisarjan osa:

	Rn	RaA	RaB	RaC	RaC'	RaD
Säteilylaji, jota aine hajoessaan lähettää:	α	α	β, γ	β, γ	α	β
Klassillinen nimi:	radon	radium A	radium B	radium C	radium C'	radium D
Isotooppi-merkintä:	^{222}Rn	^{218}Po	^{214}Pb	^{214}Bi	^{214}Po	^{210}Pb
Puoliintumisaika:	3,8 vrk	3 min	27 min	20 min	0,0002 s	22 v
	radiumin hajoamistuote	radonin lyhytikäiset hajoamistuotteet			radonin pitkäikäiset hajoamistuotteet, joista ensimmäinen on RaD	

Puhuttaessa radonin hajoamistuotteista tarkoitetaan sen lyhytikäisiä hajoamistuotteita. RaD:tä voidaan sen pitkän puoliintumisajan vuoksi pitää radonongelman kannalta katsottuna stabiilina isotooppina.

Radonpitoisuus ilmoitetaan aktiivisuusyksiköissä ilman tai veden tilavuusyksikköä (esim litraa) kohti laskeutena. Aktiivisuuden yksikkö on Curie (lyhennetään

Ci). Radonpitoisuutta ilmoitettaessa käytetään siitä johdettua pienempää yksikköä pikocurie (pCi). 1 pCi on aktiivisuus, jossa tapahtuu 2,22 ytimen hajoamista minuutissa (1 Ci = 10^{12} pCi).

Ilmassa olevien radonin hajoamistuotteiden pitoisuudella tarkoitetaan radonin lyhytikäisten hajoamistuotteiden aktiivisuutta ilman tilavuusyksikköä (litraa) koh-

ti laskettuna. Elleivät hajoamistuotteet ole keskenään radioaktiivisessa tasapainossa, jolloin niiden pitoisuudet voidaan ilmoittaa yhdellä lukuarvolla, tulee kunkin hajoamistuotteen pitoisuus ilmoittaa erikseen. Tavallisesti hajoamistuotteet eivät ole tasapainossa, eikä epätasapainotilan määrittäminen ole helppoa. Mitattaessa epätasapainossa olevien hajoamistuotteiden määrää saatu tulos voidaan muuttaa tasapainotilaa vastaavaksi, ekvivalenttipitoisuudeksi. Tämä ekvivalenttipitoisuus tarkoittaa sellaista radioaktiivisessa tasapainossa olevien hajoamistuotteiden pitoisuutta, jonka terveydellinen haittavaikutus on sama kuin ilmassa todellisuudessa olevilla hajoamistuotteiden pitoisuuksilla. Kaivosilmassa hajoamistuotteiden pitoisuus on yleensä pienempi kuin radonpitoisuus. Vain tuulettamattomissa paikoissa hajoamistuotteiden pitoisuus voi kasvaa radioaktiiviseen tasapainoon radonpitoisuuden kanssa.

Radonin tai sen hajoamistuotteiden **pitoisuusrajalla** tarkoitetaan sellaista pitoisuutta, joka ilmassa enintään voidaan sallia olevan sen aiheuttamatta säteilyvahinkoa ilmaa jatkuvasti hengitettäessä. Pitoisuusraja on radonille ja sen kanssa tasapainossa oleville hajoamistuotteille 30 pCi/l, kun päivittäinen työaika on 8 tuntia. Vaikka keuhkojen saama säteilyannos aiheutuukin lähes kokonaan hajoamistuotteista joudutaan käytännössä rajoittamaan myös hengitysilman radonpitoisuutta.

Kaivosilman radonpitoisuutta koskevat rajoitukset on annettu Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä kaivoksien säteilyturvallisuudesta (n:o 289/460/72, 28. 2. 1973), ja ne perustuvat säteilysuojuslainsäädäntöön (laki 174/57, muutos 1/65, asetus 328/57, muutos 545/68, sosiaali- ja terveysministeriön päätös 594/68). Näiden lisäksi on säteilyfysiikan laitos, joka on ionisoivan säteilyn käyttöä valvova viranomainen, antanut kaivosmiesten terveystarkkailusta ohjeen "Säteilyaltistus ja terveystarkkailu kaivostyössä" Dn:o 7/74, 7. 1. 1974. Säteilyfysiikan laitos suorittaa myös radonpitoisuuden valvontaa kaivoksissa.

Radonia esiintyy kaikkialla luonnossa. Kaasumaisena, kemiallisesti reagoimattomana aineena se kulkeutuu maankamarasta suoraan ilmaan sekä liukenee pohjaveen. Ulkoilman radonpitoisuus on keskimäärin 0,1 pCi/l. Sisätiloissa pitoisuus on tavallisesti hieman suurempi 0,5—2 pCi/l ja maanalaisissa tiloissa jopa useita pCi/l. Pohjavedessä 1000—5000 pCi/l suuruinen radonpitoisuus on varsin tavallinen.

Suomen kaivoksissa tehdyt radonmittaukset

Kaivosten radonpitoisuuden mittaukset aloitettiin säteilyfysiikan laitoksen toimesta kesällä 1972. Kaivoksissamme on tehty radonmittauksia tätä aikaisemmin. Varhaisimmat tiedot ovat Paukkajanvaaran uraanikaivoksesta, joka oli lyhyen aikaa toiminnassa vv. 1958—61. Dipl.ins. K. Räisäsen mukaan (Vuoriteollisuus n:o 2, s. 42, 1961) kaivoksessa tehtiin viikottain radonpitoisuuden mittauksia. Hän kirjoittaa lisäksi:

"Tulokset verrattiin Ranskasta saatuihin turvallisuusmääräyksiin ja voimakkaalla tuetuksella voitiin pysyttää arvot turvallisuusrajojen sisällä. ... Radon-kysymys osoittautui vaikeammaksi kuin malmin laatu edellytti, mahdollisesti siksi, että sekundäärisillä ja paljon vapaata pintaa omaavilla uraanimineraaleilla on voimakas radonin muodostumistaipumus."

Korsnäsin lyijykaivoksessa tehtiin Outokumpu Oy:n

toimesta säteilyn säteilytysnopeusmittauksia sekä ilman radonpitoisuuden mittauksia, kun kaivoksesta oli tasolta + 61 löydetty toriumia ja urania sisältävää thukoliittia. V. 1965 mitatut radonpitoisuudet olivat eräissä osissa kaivosta Ranskan uraanikaivoksissa noudatettujen raja-arvojen tasoa.

Turvallisuusraja antaa epäsuorasti kuvan näiden kaivosten radonpitoisuudesta. Kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan (ICRP:n) v. 1955 suosituksiin perustuen käytettiin useissa maissa radonille ja sen kanssa tasapainossa oleville hajoamistuotteille pitoisuusrajaa 300 pCi/l, kun altistusaika on 8 tuntia päivässä. Nykyisen ICRP:n suosituksen mukainen pitoisuusraja 30 pCi/l otettiin käyttöön uudessa säteilysuojauspäätöksessä v. 1968. Vanhassa päätöksessä rajaa ei ollut määrätty.

Kauppa- ja teollisuusministeriön kehoitettua v. 1971 kaivosyhtiöitä kiinnittämään huomiota mahdolliseen radonin esiintymiseen kaivoksien maanalaisissa tiloissa Outokumpu Oy (fil.maist. R. Sarikkola) suoritti omissa kaivoksissaan radonpitoisuuden mittauksia. Tähän tarkoitukseen yhtiöllä on käytettävissä alunperin uraaninetsintään hankittu kanadalaisvalmisteen emanometri, jolla voidaan mitata sekä ilma- että vesinäytteen radonpitoisuus. Outokumpu Oy:n mittaustulokset olivat samaa tasoa, kuin mitä myöhemmin säteilyfysiikan laitoksen tekemissä mittauksissa saatiin. Rautaruukki Oy suoritti vastaavanlaisesti radonpitoisten vesien kartoituksia kaivoksissaan Ab Atomenergin valmistamalla, aktiivihiihen hyväksikäyttöön perustuvalla mittauslaitteistolla. Säteilyfysiikan laitoksen ensimmäisenä mittauskohteena oli Korsnäsin kaivos, jossa tuolloin oli viimeiset louhintavaiheet käynnissä. Mittauksia jatkettiin loppuvuodesta 1972 muissa kaivoksissa, ja vuoden 1973 kuluessa saatiin läpikäydyksi kaikki kaivokset, joissa oli maanalaisia tiloja.

Kaivoksissa, joissa on pelkkä avolouhos, ei tehty mittauksia, koska oletettiin, että avolouhoksissa ilman radonpitoisuus on käytännössä sama kuin ulkoilman normaali radonpitoisuus. Tämä pitäneekin paikkansa avolouhoksissa, jotka ovat laajoja ja matalia. Sen sijaan syvän ja kuilumaisen avolouhoksen pohjalla ilman radonpitoisuus voi olla suuri, jos louhokseen virtaa radonpitoista pohjavettä, koska radon on noin kahdeksan kertaa raskeampaa kuin ilma.

Mittauksia tehtiin 23 kaivoksessa, joista kaksi on tähän mennessä lopettanut malmivarojen ehtymisen vuoksi toimintansa ja kaksi muuta lopettanee lähiaikoina.

Mittausmenetelmät ja -laitteet

Kaivoksissa tehtiin sekä radonpitoisuuden että hajoamistuotteiden pitoisuuden mittauksia. Samoin kuin radonin mittausta myös hajoamistuotteiden mittausta edellyttää radioaktiivisuuden määrittämenetelmiä ja -laitteita.

Radonpitoisuus määritettiin seuraavalla tavalla:

Kaivoksessa otettiin n. 20 litran suuruinen ilmanäyte, joka mitattiin maan pinnalla olevassa laboratoriossa. Mittauslaitteena käytettiin 1-kanavaista pulssinkorkeudenanalysointilaitetta (malli Wallac AS-11), johon on liitetty alfa-aktiivisen kaasun mittaamiseen soveltuva detektor. Detektorin, joka on konstruoitu säteilyfysiikan laitoksessa, muodostavat valomonistin ja akryylilasiin sorvattu pallonmuotoinen kammio, johon tutkittava näyte ohjataan. Kammion sisäpinta on peitetty ohuella, alfahiukkasten havaitsemiseen soveltuvalla ZnS(Ag)-kerroksella.

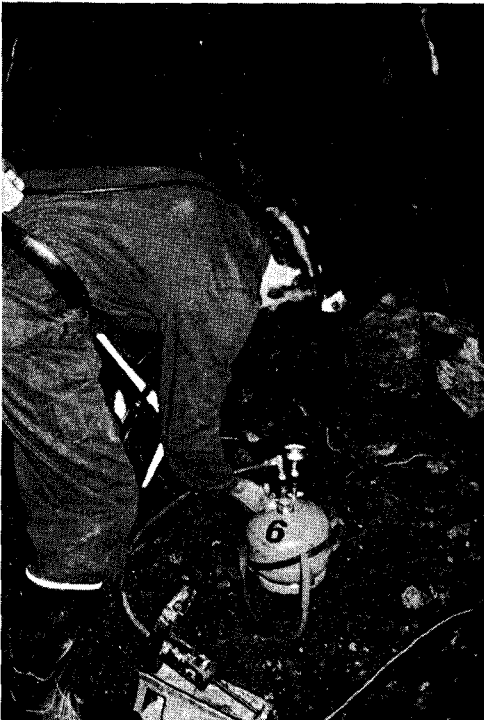
Huomattava osa ilmanäytteestä käytettiin detektorin kammion huuhtelemiseen vanhasta näytteestä. Mittaukseen käytetty ilmamäärä oli vain 50 cm³, joten suurin osa jäi varalle tarkistusmittauksia varten.

Hajoamistuotteiden pitoisuus määritettiin kaivoksessa. Näytteen keräykseen käytettiin paristolla toimivaa pölynkerääjää (Rotheroe-Mitchell L 10 B). Laite imee ilmaa 10 l/min nopeudella lasikuitusuodattimen läpi, jolloin ilmassa olevat kiinteät hiukkaset, niiden mukana myös radonin hajoamistuotteet, jäävät suodattimelle. Suodattimen aktiivisuus mitattiin alfahajoamisten rekisteröimiseen soveltuvalla mittaustilteistolla, ja aktiivisuudesta laskettiin hajoamistuotteiden pitoisuus.

Aktiivisuuden mittaamiseen käytettiin aluksi pintakontaminaatiomonitoria (Wallac RD-11), jossa oli alfa-hiukkasten havaitsemiseen soveltuva geigerputki. Kun myöhemmin haluttiin päästä parempaan tarkkuuteen mittaessa muutamien pCi/l suuruisia hajoamistuotepitoisuuksia, siirryttiin käyttämään paristoilla toimivaa pulssinkorkeudenanalysaattoria (Nuclear Enterprises NE 5013), johon on liitetty ZnS(Ag)-detektori. Mittaussysteemi on periaatteessa samanlainen kuin se, mitä käytetään laboratoriossa radonpitoisuuden määrittämiseen. Sillä ei ole eräitä pintakontaminaatiomonitorin haittapuolia, mutta sen sijaan se on suurikokoinen ja melko raskas kenttäkäyttöön.

Kuva 1 esittää ilmanäytteen ottoa kaivoksessa ja kuva 2 hajoamistuotteiden mittausta 1-kanavaisella pulssinkorkeudenanalysaattorilla.

Radonin hajoamistuotteiden pitoisuuden määrittäminen perustuu ns. Kusnetzin menetelmään. Menetelmää on käytetty uraanikaivoksissa lähes kaksi vuosikymmentä, ja vielä nykyisinkin se on modifioituna rutiininomaisessa käytössä. Menetelmä on periaatteeltaan seuraava:



Kuva 1. Ilmanäytteen otto kaivoksessa radonpitoisuuden mittausta varten.

Fig. 1. Air sampling in a mine for radon concentration measurement.



Kuva 2. Hajoamistuotteiden pitoisuuden mittaaminen kaivoksessa 1-kanavaisella pulssinkorkeudenanalysaattorilla.

Fig. 2. Measuring of radon daughter concentration in mine by using a portable single-channel analyser.

Kaivosilmasta kerätään lyhyen ajan kuluessa (5—10 minuutissa) pölynäyte suodattimelle, jonka alfa-aktiivisuus mitataan n. tunnin kuluttua keräämisestä. Aktiivisuus muutetaan menetelmässä annettuja kertoimia hyväksikäyttäen hajoamistuotteiden pitoisuudeksi, joka ilmoitetaan ns. WL-yksiköissä (Working Level).

Radonin lyhytikäisten hajoamistuotteiden pitoisuus on 1 WL, jos 1 litrassa ilmaa on sellainen yhdistelmä RaA-, RaB-, RaC- ja RaC'-atomeja että niiden hajotessa vapautuva kokonaisalfaenergia on $1,3 \times 10^5$ MeV. Tämä kokonaisalfaenergia vapautuu radonin hajoamistuotteista silloin, kun 100 pCi RaA:ta, 100 pCi RaB:tä, 100 pCi RaC:tä ja 100 pCi RaC':a täydellisesti hajoaa RaD:ksi eli pitoisuus

$$1 \text{ WL} \hat{=} 100 \text{ pCi/l RaA, } 100 \text{ pCi/l RaB,} \\ 100 \text{ pCi/l RaC ja } 100 \text{ pCi/l RaC'}$$

$$\hat{=} 1,3 \times 10^5 \text{ MeV potentiaalista alfaenergiaa litrassa ilmaa.}$$

WL-yksikön määrittämisen perusteella mittaustulos voidaan muuttaa yksiköiksi pCi/l kertomalla se 100:lla. Tu- loksena ei siten saada hajoamistuotteiden todellisia pitoisuuksia, joita ei oikeastaan tarvitakaan, vaan ekvivalenttipitoisuus, jonka potentiaalinen kokonaisalfaenergia (eli jonka terveydellinen haittavaikutus) on sama kuin mitatun pitoisuuden. Kusnetzin menetelmän yksinkertaisuus ja hienous onkin juuri siinä, että se mittaa hajoamistuotteiden haittavaikutusta kuvaavaa potentiaalista alfaenergiaa. Jos halutaan määrittää hajoamistuotteiden todelliset pitoisuudet, suodattimen alfa-aktiivisuuden hajoamista joudutaan seuraamaan heti näytteen keräyksen jäl-

keen. Kusnetzin menetelmän haittapuolena on se, että tulos saadaan vasta noin tunnin kuluttua näytteen ottamisesta.

Näytteenottoaikkojen valinta

Näytteenottoaikat pyrittiin valitsemaan siten, että mittauksilla pystyttäisiin muodostamaan selvä kuva koko kaivoksen radonpitoisuuden tasosta. Paikoiksi valittiin kaivoksen eri osista mm. seuraavia kohteita:

- Sellaiset kaivoksen osat, joissa arveltiin olevan runsaasti radonia, kuten huonosti tuuletetut tutkimusperät, käytöstä poistettut louhitut alueet, jos tuuletusilma kulkee niiden kautta sekä alueet, joissa on runsaasti pohjaveden vuotoa kaivokseen. Näissä paikoissa tehdyistä mittauksista voitiin päätellä kaivoksessa esiintyvät suurimmat radonpitoisuudet.
- Kaivokseen tulevan raittiin ilman mittaus sellaisissa tapauksissa, joissa tuloilma ohjataan ilman lämmittämiseksi vanhojen louhosten kautta. Näillä mittauksilla pyrittiin selvittämään, joutuuko kaivokseen tuotavaan ilmaan jo alkuvaiheessa niin runsaasti radonia, että kaivoksen tuuletusjärjestelmää olisi muutettava.
- Kaivoksesta poistuvan käytetyn ilman tai laajojen alueiden läpi kulkeneen ilman mittaus, jolloin näyte usein otettiin kuilusta tai sen läheisyydestä tasoilta. Näillä mittauksilla saatiin käsitys kaivoksessa vallitsevasta keskimääräisestä pitoisuudesta.
- Tyypilliset työ- ja oleskelupaikat, kuten tutkimusperissä olevat syväkairauskohteet, louhinta- ja lastauspaikat, murskaamo, kappalastausasema, kuljetusperät, huoltohallit ja ruokatuvat. Mittauksia ei voitu suorittaa kaikissa työpaikoissa, vaan tutkimuskohteiksi jouduttiin valitsemaan kaivoksen tuuletuskaavion perusteella muutamia tyypillisiä työpaikkoja.

Näytteenottoaikkojen lukumäärä vaihteli kaivoksen suuruuden ja siellä havaitun radonpitoisuuden mukaan muutamasta paikasta aina yli kolmeenkymmeneen paikkaan. Kussakin paikassa otettiin ensin näyte hajoamistuotteiden mittausta varten. Jos tämä näyte alustavassa mittauksessa, joka tehtiin välittömästi näytteenoton jälkeen, osoitti paikassa olevan radonin hajoamistuotteita muutamia pCi/l paikasta otettiin myös ilma-näyte radonpitoisuuden määrittämistä varten.

Mittaustulokset

Tutkituista 23 kaivoksesta 19:ssä voitiin löytää ainakin yksi sellainen paikka, jossa radonpitoisuus oli yli 30 pCi/l. Kuitenkin on heti todettava, että tällaiset paikat eivät välttämättä olleet työpaikkoja, vaan usein olivat käyttämättömissä ja tuulettamattomissa kaivoksen osissa. Havaituista radonpitoisuuksista n. 80 % oli pienempiä kuin 30 pCi/l ja n. 50 % pienempiä kuin 10 pCi/l. Kun näytteenottoaikat valittiin siten, että radonpitoisuuden kannalta katsottuna kaivoksen pahimmat alueet tutkittiin huolellisimmin, paikkoja, joissa pitoisuus oli yli 30

pCi/l on luonnollisesti runsaammin, kuin jos tutkittavina kohteina olisivat pelkästään säännölliset tai tilapäiset työpaikat.

Taulukko 1. Kaivosten ryhmittely työkohteessa tai tilapäisessä oleskelupaikassa havaitun suurimman hajoamistuotteiden pitoisuuden mukaan kaivoksessa tehdyssä ensimmäisessä tutkimuksessa.

Table 1. Grouping of the mines based on the highest radon daughter concentration found in regular or occasional working areas.

Radonin hajoamistuotteiden pitoisuus pCi/l Radon daughter concentration in 0.01 WL	Kaivosten lukumäärä No. of mines	Kaivostyöntekijöitä v. 1973 maan alla *) No. of underground miners in 1973
< 10	8	469
10—30	4	246
30—100	4	247
100—300	2	32
>300	4	337
Yhteensä Total	22	1331

a) Vuoriteollisuus 1/74 mukaan

Ryhvät ja kaivokset

Groups and mines

< 10 pCi/l:
Otanmäki, Keretti, Hällinmäki
Petolahti, Hammaslahti, Parainen, Ruokojärvi, Förby

10—30 pCi/l:
Vuonos, Kotalahti, Metsämonttu, Ihalainen

30—100 pCi/l:
Raajärvi (Leveäselkä), Luikonlahti, Kylmäkoski, Tytyri

100—300 pCi/l:
Montola, Sipoo

>300 pCi/l:
Vihanti, Pyhäsalmi, Rautuvaara, Korsnäs

Taulukossa 1 on kaivosten ryhmittely tehty sen mukaan, mikä oli työkohteessa tai tilapäisessä oleskelupaikassa havaittu suurin hajoamistuotteiden pitoisuus kaivoksessa tehdyssä ensimmäisessä tutkimuksessa. Ryhmittely ei anna kaivoksista aivan oikeata kuvaa sen vuoksi, että radonin hajoamistuotteiden pitoisuus on tyypillisissä työkohteissa tavallisesti huomattavasti alhaisempi kuin suurin havaittu hajoamistuotteiden pitoisuus. Usein tällainen suuri pitoisuus on ollut kaivoksessa yhdessä ainoassa työpaikassa tai hyvin rajoitetulla alueella. Kaivosmiesten säteilyrasituksen kannalta tärkeimmät paikat ovat kuitenkin ne, joissa hajoamistuotteiden pitoisuudet ovat suurimmat.

Kaivoksissa tehtyjen ensimmäisten mittausten jälkeen on pitoisuuksia saatu alennetuksi monin paikoin huomattavastikin. Tämänhetkistä tilannetta kuvaa parhaiten taulukko 2, jossa on esitettyä yhteenveto Suomen, Ruotsin ja Norjan kaivosten pitoisuuksista. Suomen kaivosten osalta ryhmittely on tässä taulukossa tehty suurimman

Taulukko 2. Radonin hajoamistuotteiden pitoisuuden vertailu Suomen, Ruotsin ja Norjan kaivoksissa

Table 2. Radon daughter concentrations in mines in Finland, Sweden and Norway.

	Radonin hajoamistuotteiden pitoisuus pCi/l Radon daughter concentration in 0.01 WL	Kaivosten lukumäärä No. of mines	Kaivostyöntekijöiden lukumäärä No. of miners
Suomi ^{a)} Finland	<10 10—30 >30	13 5 2	898 310 119
Yhteensä Total		20	1327
Ruotsi ^{b)} Sweden	<10 10—30 >30	26 19 10	1400 2700 610
Yhteensä Total		55	4710
Norja ^{c)} Norway	< 3 3—10 10—30	11 9 3	933 590 349
Yhteensä Total		23	1872

- a) Ryhmittely suurimman pitoisuuden mukaan, joka on mitattu tyypillisessä työpaikassa tai osassa kaivosta.

Grouping based on the highest representative concentration found in the typical working place or part of a large mine.

- b) Ryhmittely suurimman pitoisuuden mukaan, joka on mitattu työkohteissa kaivoksessa tai osissa kaivosta

Viite: J. O. Snihs, The approach to radon problems in non-uranium mines in Sweden, IRPA, Washington 1973.

Grouping based on the highest representative concentration found in the working areas or parts of a large mine.

- c) Ryhmittely työpaikkojen keskimääräisen hajoamistuotteiden pitoisuuden mukaan.

Viite: Arsprapport 1972 for Statens Institutt for Strålehygiene, Oslo.

Grouping based on the average daughter concentration found in the working areas.

hajoamistuotepitoisuuden mukaan, joka on mitattu koko kaivoksen kannalta tyypillisessä työkohteessa tai laajassa osassa suurta kaivosta. Kaivoksessa on voinut olla tilapäisiä tai lyhytaikaisia työkohteita, joissa hajoamistuotteiden pitoisuus on suurempi kuin kaivoksen luokan yläraja. Radonpitoisuus on luonnollisesti voinut olla huomattavasti suurempi kuin hajoamistuotteiden pitoisuus. Ruotsin kaivosten ryhmittely on tehty suurimman hajoamistuotteiden pitoisuuden perusteella, joka on havaittu työkohteissa tai osissa suurta kaivosta. Norjan kaivosten osalta ryhmittelyperusteena on työpaikoilla mitattu hajoamistuotteiden keskimääräinen pitoisuus, jonka vuoksi Norjan kaivoksissa pitoisuudet näyttävät pienemmiltä kuin Ruotsin tai Suomen kaivoksissa.

Havaintoja suurista radonpitoisuuksista

Tavallisin syy kaivosilman suureen radonpitoisuuteen oli radonpitoinen pohjavesi, joka valui kaivokseen kairanrei'istä tai kallionhalkeamista. Korsnäsän kaivoksessa oli pohjaveden lisäksi syynä myös radioaktiivisen thukoliitin mineralisaatio ("hiilipussit"). Muissa kaivoksissa satunnaisesti tehdyissä taustasäteilyn säteilytysnopeuden mittauksissa ei havaittu normaalitasoa (0,01—0,03 mr/t) suurempia arvoja, jotka viittaisivat kallioperässä oleviin radioaktiivisiin aineisiin. Niissä muutamissa perissä, joissa säteilytysnopeus oli n. 0,1 mr/t, taustasäteilyn tason kohoamisen syyksi voitiin todeta perässä valuvan veden sekä ilman radonpitoisuus.

Suurimmat ilman radonpitoisuudet havaittiin huonosti tuuletetuissa tai tuulettamattomissa tutkimusperissä, joissa virtasi runsaasti vettä. Veden radonpitoisuus oli useimmiten muutamia tuhansia pCi/l. Sellaisissa paikoissa, joissa ilman kulkeutuminen kaivoksen muihin osiin oli hidasta, radon oli paikallinen ongelma. Joissakin tapauksissa perissä oli käynnissä tutkimuskairaus, jolloin työpaikan ilmassa hajoamistuotteiden pitoisuus saattoi olla jopa muutamia satoja pCi/l. Suurin radonpitoisuus tällaisessa työpaikassa oli yli 1000 pCi/l. Syväkairauskooneen paineilmalla aikaansaatu ilmanvaihto on riittämättömän alentamaan radonpitoisuutta, jota varten tarvitaan tehokas paikallistuuletus. Syväkairaajat ovatkin se kaivosmiesten ryhmä, joka käytännössä joutuu suurimman säteilyrasituksen kohteeksi.

Muut työpaikat, joissa radonia tai sen hajoamistuotteita oli yli 30 pCi/l olivat tavallisimmin louhinta- ja lastauspaikkoja, joissa tuuletus oli huono. Tällaisissa paikoissa pitoisuudet olivat yleensä lähellä pitoisuusrajaa, joskin muutamissa paikoissa myös runsaasti yli 100 pCi/l.

Kaivoksissa, joissa sama tuuletusilma kiertää useiden työpaikkojen kautta tai tasolta toiselle, havaittiin radonpitoisuuden kumuloitumista kaivosilmaan. Tällaisissakin tapauksissa radonpitoisuuden aiheuttajaksi voitiin usein todeta jossakin kohden aluetta vapaasti virtaava radonpitoinen vesi. Syynä saattoi myös olla puutteellisesti toteutettu ilmanvirtauksen ohjaus, jonka vuoksi käytetty ilma pääsi sekoittumaan alueelle tulevaan ilmaan (paikalliskierto). Radonia esiintyi tällöin laajoissa osissa kaivosta, joskin yleensä melko pieninä pitoisuuksina. Radonpitoisuuden kannalta pahimmat kaivokset olivat Rautuvaaran, Vihannin ja Korsnäsän kaivokset, joissa pitoisuudet olivat suuria ja radonia oli laajalla alueella kaivosta.

Suurin radonpitoisuus, yli 3000 pCi/l, mitattiin Rautuvaaran kaivoksen vanhassa osassa, joka mittaussajankohdaksi oli ollut käyttämättömänä useiden vuosien ajan. Tähän liittyvässä kuilun rakennuskohteessa radonpitoisuudet olivat huomattavan suuret. Voimakkaalla tuuletuksella on kuilussa olevan ilman radonpitoisuutta saatu myöhemmin alennetuksi. Lopullinen parannus saadaan aikaan, kun kaivoksen käytön aikainen tuuletusjärjestelmä on valmis. Tuuletusjärjestelyillä ja vesivuotojen tukinnalla saatiin Vihannin kaivoksessa radonpitoisuuden taso alennetuksi niin, ettei työpaikoilla radonpitoisuus ylitä pitoisuutta 30 pCi/l. Korsnäsän kaivoksen radonpitoisuuden mittaus tehtiin louhinnan loppuvaiheessa, jolloin tuuletusolosuhteet olivat kaivoksessa oleellisesti huonontuneet. Muissa kaivoksissa radonia esiintyi rajoitetulla alueella tai pitoisuudet laajoissa kaivoksen osissa olivat pieniä.

Ydinvoimalaitosmateriaalien valinta

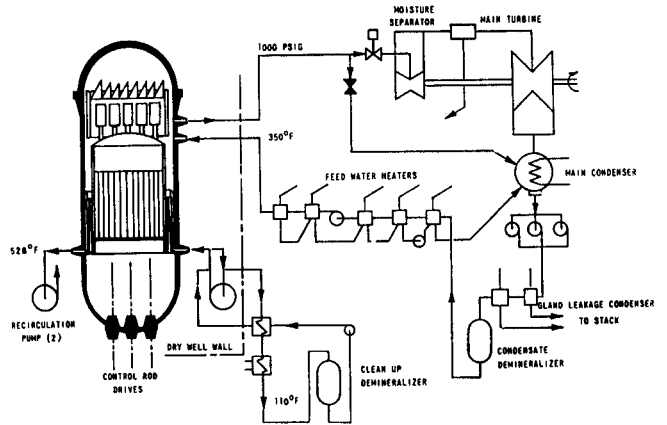
Tekn. tri Jarl Forstén, Reaktorimateriaaliryhmä (VTT)

Esitelmä Vuorimiespäivillä 1974-03-22

I JOHDANTO

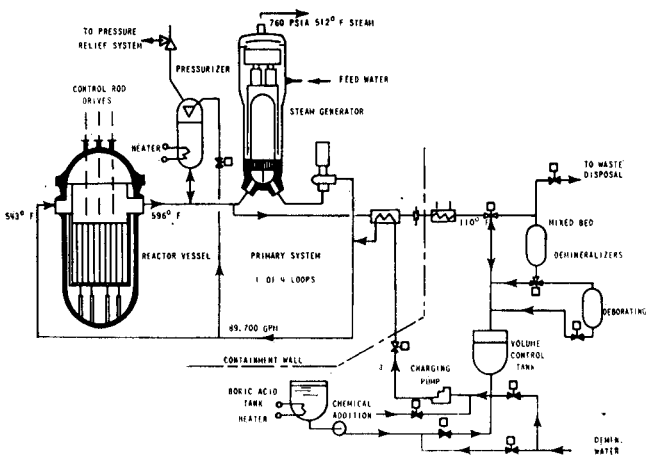
Ydinvoimalaitosten suunnittelun ja rakentamisen alkuaikoina 1940-luvun loppupuolella saattoivat yksittäiset materiaaleja koskevat keksinnöt ja kehitysvaiheet saada aikaan mullistavia muutoksia koko ydinvoimalaitostekniikassa. Materiaalikeksintöjen kulta-aika kuuluu nyttemmin historiaan, mikä on luonnollista, koska tietyn alueen kehittyminen aina hidastaa innovaatiotahtia. Lisäksi ydinvoimalaitosten turvallisuus, luotettavuus ja taloudellisuus ovat nousseet etualalle. Materiaalitutkimuksen luonne poikkeaa nyt eksploatiivisesta tutkimuksesta, vaikkakin perusilmiöt — kuten mekaaniset ominaisuudet, säteilykestävyys, korroosionkestävyys jne. — pysyvät samoina. Ydinvoimalaitoksista saatujen käyttökokemusten perusteella voidaan materiaalitutkimus tänä päivänä ohjata realistisille alueille.

Suurin osa tällä hetkellä rakenteilla olevista ydinvoimalaitoksista on joko PWR-laitoksia (painevesireaktori) tai BWR-laitoksia (kiehutusvesireaktori). Eri-tyyppisten laitosten pääasialliset rakenneratkaisut ilmenevät kuvista 1 ja 2. Myös Suomeen tilatut laitokset edustavat molempia tyyppiä; Loviisaan rakennetaan kaksi noin 440 MW:n tehoista PWR-laitosta (kuvat 3 ja 4) ja Olkiluotoon yksi noin 660 MW:n tehoinen BWR-laitos (kuvat 5 ja 6).



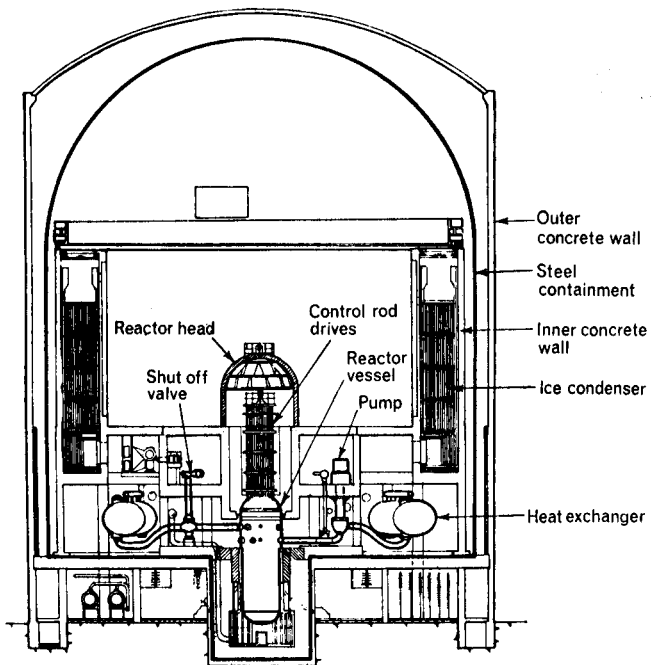
Kuva 2. Kiehutusvesireaktorin periaatekaavio

Fig. 2. Scheme of a boiling water reactor



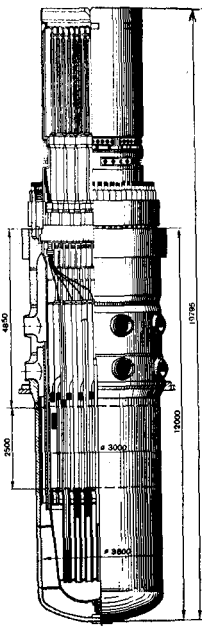
Kuva 1. Painevesireaktorin periaatekaavio

Fig. 1. Scheme of a pressurized water reactor



Kuva 3. Loviisa I:n rakenneratkaisu (Imatran Voima Oy)

Fig. 3. Loviisa I (Imatran Voima Oy)



Kuva 4. Loviisa I:n reaktoripaineastia (Imatran Voima Oy)

Kuva 5. Periaatekuva kiehuvesireaktorin toiminnasta (Teollisuuden Voima Oy/Asea-Atom)

Kuva 6. Olkiluoto I:n reaktoripaineastia (Teollisuuden Voima Oy/Asea-Atom)

Kuva 7. Polttoaine-elementti (Teollisuuden Voima Oy/Asea-Atom)

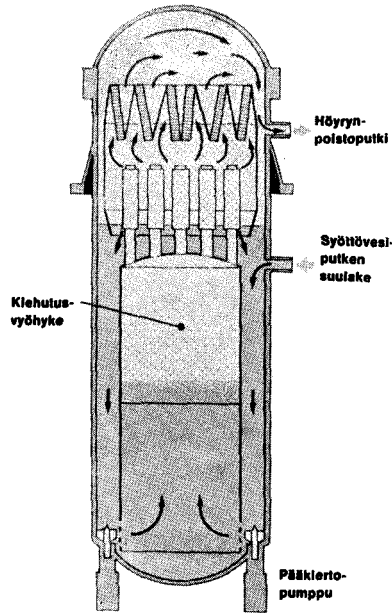
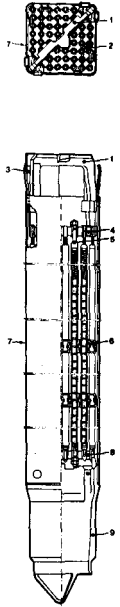
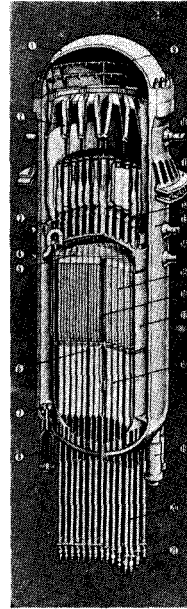


Fig. 4. The reactor pressure vessel of Loviisa I (Imatran Voima Oy)

Fig. 5. Operational principles of a boiling water reactor (Teollisuuden Voima Oy/Asea-Atom)

Fig. 6. The reactor pressure vessel of Olkiluoto I (Teollisuuden Voima Oy/Asea-Atom)

Fig. 7. A fuel element (Teollisuuden Voima Oy/Asea-Atom)



II YDINVOIMALAITOKSEN MATERIAALIT

Ydinvoimalaitoksissa käytettävien materiaalien lukumäärä on erittäin suuri. Seuraavassa esitettävä tarkastelu koskee lähinnä reaktorisydämen ja pääkomponenttien materiaaleja, koska ne poikkeavat eniten konventionaalisissa voimalaitoksissa käytettävistä materiaaleista.

II. 1 Polttoaine

Ydinvoimalaitosten polttoaineena käytetään lievästi väkevöityä uraania. Polttoaine on melkein kaikissa kevytvesireaktoreissa sintrattua UO_2 :a. Viimeaikaisten käyttökokemusten, ts. polttoaineaurioiden, perusteella on käynyt ilmi, että luonnostaan huokoisen, sintrattun UO_2 :n tiheys kasvaa käyttöjakson alussa, mutta fissiossa syntyvät kaasumaiset alkuaineet pyrkivät pienentämään UO_2 :n tiheyttä. Seurauksena siitä, että tiheys kasvaa alkuperäisestä, ympäröivä suojakuori voi lisääntyneen tilan takia lommahtaa, varsinkin mikäli UO_2 -pellettien väliin jää aukkoja. UO_2 :n ulkohalkaisijan pieneneminen heikentää myös lämmön poistumista UO_2 :sta, mikä varsinkin jäädytteenmenetysonnettomuuksissa saattaa aiheuttaa erikoistimenpiteitä.

II. 2 Sirkoniseokset

Polttoaineena käytettävä UO_2 on eristettävä tiiviillä suojakuorella, jotta estetään fissiotuotteiden leviäminen sekä polttoaineen ja ympäröivän veden kemiallinen reaktio (kuva 7). Lisäksi suojakuoren tulee kantaa polttoainesauvaan kohdistuvat voimat sekä säilyttää muotonsa, mieluummin onnettomuustilanteissakin. Suojakuorimateriaalilta edellytetään näin ollen mm. seuraavia ominaisuuksia:

- pieni neutroniabsorptio
- riittävä lujuus ja sitkeys
- hyvä korroosionkestävyys
- hyvä lämmönjohtokyky

Kevytvesireaktoreissa suojakuoren materiaalina käytetään sirkonipohjaisia seoksia, kuten zircaloy-2, zircaloy-4, Zr-1 %Nb, joiden analyysit ovat taulukossa 1.

Suojakuoren valmistuksen yhteydessä pyritään saamaan aikaan sellainen tekstuuri, että heksagonisen sirkonihilan anisotrooppisia ominaisuuksia käytetään optimaalisella tavalla hyväksi. Sirkonin mekaanista kestävyttä heikentävä tekijä on vety, joka voi vapautua kosteasta UO_2 :sta tai syntyä ulkopuolisessa korroosio-

TAULUKKO 1 SIRKONISEOKSET

Materiaali	Kemiallinen koostumus, p-%					
	Sn	Fe	Cr	Ni	Nb	O
Zircaloy-2	1,20—1,70	0,07—0,20	0,05—0,15	0,03—0,08	—	0,10—0,15
Zircaloy-4	1,20—1,70	0,18—0,24	0,07—0,13	—	—	0,10—0,15
Zr-1 % Nb	—	<0,070	—	<0,025	0,90—1,10	<0,10
Zr-2,5 % Nb	—	—	—	—	2,30—2,70	—
Zr-Cr-Fe (Valloy)	—	0,08—0,12	1,15—1,55	—	—	—
Ozhennite 0,5	0,15—0,25	0,05—0,15	—	0,08—0,12	0,08—0,12	—

TAULUKKO 2 RUOSTUMATTOMAT TERÄKSET

Kemiallinen koostumus, p-%	Materiaali				
	A240Type304	A240Type304L	A240Type316	Valuteräs CF-8M	OX18H10T
C	<0,08	<0,03	<0,08	<0,08	<0,08
Mn	<2,00	<2,00	<2,00	<1,50	1,00... 2,00
P	<0,045	<0,045	<0,045	<0,040	<0,035
S	<0,030	<0,030	<0,030	<0,040	<0,020
Si	<1,00	<1,00	<1,00	<1,50	<0,80
Cr	18,0... 20,0	18,0... 20,0	16,0... 18,0	18,0... 21,0	17,0... 19,0
Ni	8,0... 12,0	8,0... 20,0	10,0... 14,0	9,0... 12,0	9,0... 11,0
Mo	—	—	2,00... 3,00	2,00... 3,00	—
Ti	—	—	—	—	5.C... 0,60



Kuva 8. Sirkonihydridi, x 30 000.

Fig. 8. Hydrides in zirconium. x 30 000

reaktiassa. Jo hyvin pieninä pitoisuuksina vety erkaantuu hauraana sirkonihydridinä (kuva 8). Viime aikoina on kiinnitetty erikoista huomiota sirkoniseosten jännityskorroosioon, joka aiheutuu jodin vaikutuksesta, koska fission yhteydessä UO_2 :ssa muodostuu jodia. On erittäin vaikeaa määrittellä polttoainesauvan sisällä vallitsevia todellisia olosuhteita, ja tämän takia teh-

dään eri puolilla maailmaa simuloivia kokeita jännityskorroosiotaipumuksen selvittämiseksi.

Yksittäiset polttoainesauvat kootaan ns. polttoaineelementeiksi (kuva 7), joissa rakennemateriaalit yleensä ovat ruostumattomia 18/10-tyyppisiä teräksiä.

II. 3 Ruostumattomat teräket

Ruostumattomia teräksiä käytetään kevytvesireaktoreissa kahdesta syystä; niiden korroosionkestävyys on selvästi hiiliteräksiä parempi ja säteilyvauriot ovat pieniä. Valittaessa ruostumattomia teräksiä ydinvoimalaitoskäyttöön on kiinnitettävä huomiota mm. seuraaviin ominaisuuksiin:

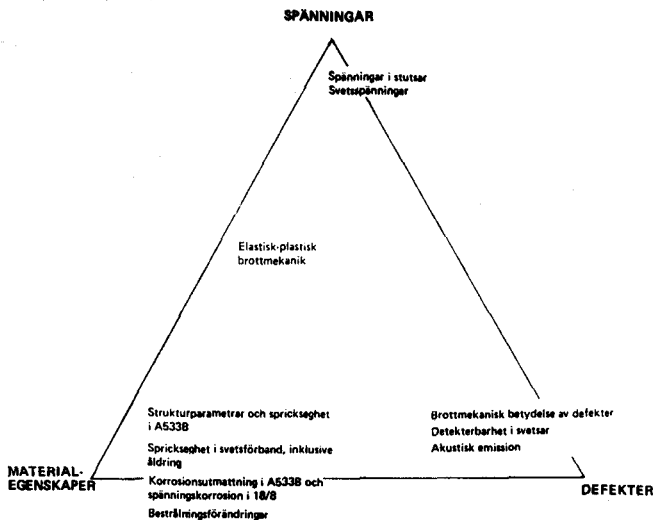
- korroosionkestävyyteen
- herkistymiseen ja
- lujuteen.

Yleisimmin ovat käytössä 18/10-tyyppiset austeniittiset ruostumattomat teräket (taulukko 2). Näiden terästen yleinen korroosio vallitsevissa olosuhteissa on pieni eikä aiheuta vaikeuksia. Sen sijaan raeraja- ja jännityskorroosiot voi tietyissä olosuhteissa esiintyä erityisesti stabiloimattomilla teräksillä. Varsinkin höyrykehittimien lämmönvaihtoputkissa on tapahtunut tämän tyyppisiä korroosiovaurioita. Osasyynä kaikkiin tapauksiin on ollut myös huonosti hoidettu vesikemia, koska lähinnä sekundaariveden kloridipitoisuus on jostain syystä ylittänyt sallitun arvon.

Erityisesti hitsattaessa saattaa hitsin vieressä tapahtua herkistymistä, millä tarkoitetaan kromikarbidin erkautumista raerajoille. Herkistyminen voidaan eliminoida alentamalla terästen hiilipitoisuutta tai käyttämällä titaanilla tai niobilla stabiloituja teräksiä. Hitsien kuumahalkeilutaipumuksen vähentämiseksi valitaan ruostumattomien austeniittisten terästen hitsauslisäaineet siten, että hitsiaineen ferriittipitoisuus on 5...15 %.

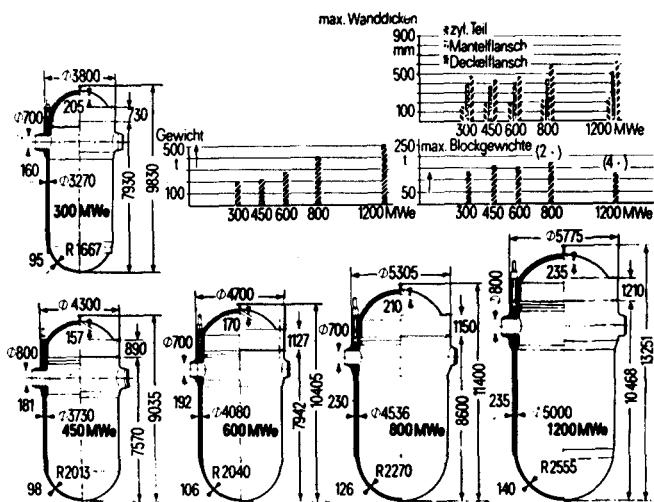
Ruostumattomia austeniittis-ferriittisiä valuteräksiä käytetään mm. venttiili- ja pumppupesin. Paksujen valujen myötörajat jäävät valetussa tilassa alhaisiksi. Myötölujuuden lisäämiseksi käytetään teräslaatuja, joiden ferriittipitoisuus on 5...15 %. Samoin kuin hitsien kohdalla, yläraja määräytyy sitkeysvaatimusten kautta, koska ferriittimäärän ylittäessä 15 % ferriittialueet saattavat muodostaa yhtenäisiä verkkoja.

Ruostumattomille austeniittisille teräksille asetetaan säteilynalaisissa osissa tietyt analyysirajoitukset. Teräksen booripitoisuuden tulee olla pieni, koska boori hajoaa heliumiksi neutronipommituksessa. Myös koboltti on vahingollinen aine voimakkaan aktivoitumisensa vuoksi.



Kuva 10. Materiaalimomaisuusien, jännitystilän ja materiaalivikojen välinen yhteys

Fig. 10. The interrelation between materials properties, stresses and defects



Kuva 9. Reaktoripaineastian dimensiot

Fig. 9. The dimensions of reactor pressure vessels

II. 4 Nikkelivaltaiset teräkset

Koska ruostumattomat teräkset eivät kaikissa olosuhteissa kestä jännityskorroosiota, käytetään seoksia, joiden käyttöikä mm. höyrykehittimien lämmönvaihtoputkissa olisi pitempi. Tällöin tulevat lähinnä kysymykseen Inconel 600 (75 % Ni, 16 % Cr) ja Incoloy 800 (35 % Ni, 20 % Cr). Nämä nikkelivaltaiset seokset ovat määrättyissä olosuhteissa myös taipuvaisia jännityskorroosioon, minkä toteaminen vastaanottokokein ei toistaiseksi ole ollut mahdollista, koska sopivat korrosiokokeet puuttuvat.

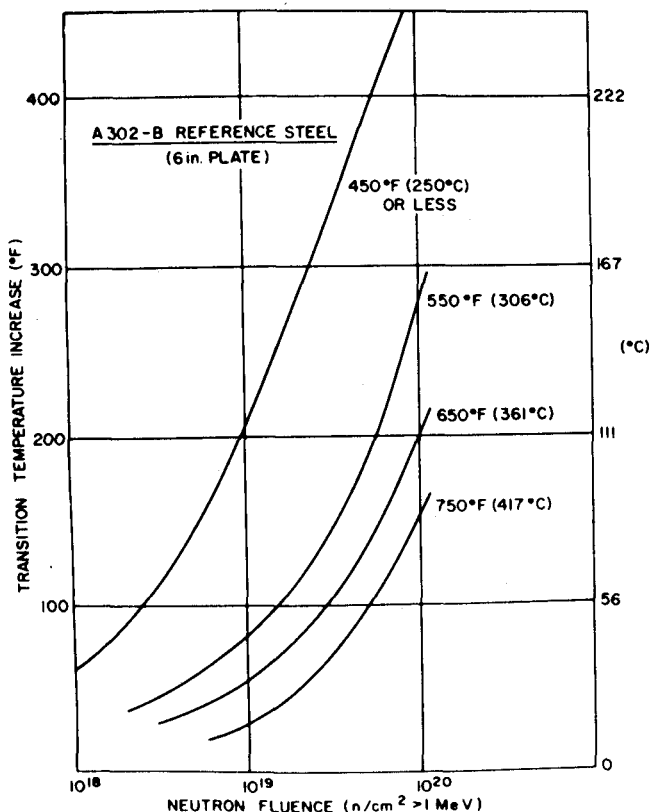
Hitsattaessa nikkelivaltaisia teräksiä voi esiintyä myös kuumahalkeilua. Paineastiatäräksen päällehtäminen nikkelivaltaisella lisäaineella voi tapahtua käyttämällä pienempää esikuumennuslämpötilaa kuin päällehitsattaessa ruostumattomalla teräksellä. Nikkelivaltaisia teräksiä käytetään niiden korkeahkon hinnan vuoksi vain sellaisissa paikoissa, joissa erikoisesti pelätään korrosiovaurioita.

II. 5 Paineastiatäräkset

Viimeaikainen kehitys ydinvoimalaitosten tehon lisäämiseksi on johtanut reaktoripaineastian koon ja aineenpaksuuden kasvuun (kuva 9). Koska aineenpaksuudet reaktoripaineastian laippa-alueella lähentelevät 500 mm:ä, on selvää, että materiaalin valmistuksessa, hitsauksessa ja rikkomattomassa tarkastuksessa kohdataan suuria vaikeuksia. Reaktoripaineastian dimensioiden kasvaessa myös sen käsittely ja kuljetus vaikeutuvat. Lisääntyvä aineenpaksuus aiheuttaa entistä suurempia, lämpötilagradienteista johtuvia jännityksiä ja suurempaa taipumusta haurasmurtumiseen. Näin ollen siirtyminen lujempiin paineastiatäräksiin on edullisempaa huolimatta suuremmista raaka-ainekustannuksista.

Turvallisuutta ajatellen on erityistä huomiota kiinnitetty siihen, että nopeasti etenevä epästabiili halkeama ei pääsisi tuhoamaan reaktoripaineastiaa tai muuta primaariipiirin komponenttia. Murtumien syntymisedellytykset (kuva 10) voidaan arvioida, mikäli on olemassa riittävästi tietoja

- teräksen murtumismekaanisesta käyttäytymisestä
- rikkomattoman aineenkoetuksen tarkkuudesta sekä
- vallitsevasta jännitystilasta.



Kuva 11. Teräksen transitiolämpötilan nousu neutronisäteilytyksessä

Fig. 11. The increase in transition temperature as a function of neutron irradiation

Suuren reaktoripaineastian voidaan aina olettaa sisältävän materiaalivikoja, jotka eivät kuitenkaan saa johtaa turvallisuuden pienemiseen edes käyttöäin

loppupuolella, vaikka reaktoripaineastia on ollut jaksottaisen (väsyttävän) kuormituksen alaisena.

Reaktoripaineastian käytettävältä teräkseltä vaaditaan mm. seuraavia ominaisuuksia:

- riittävä lujuus sekä huoneenlämpötilassa että korotetussa lämpötilassa (n. 300°C)
- riittävä sitkeys myös neutronisäteilytyksen jälkeen
- vanhenemis- ja säteilynkestävyys
- väsymyskestävyys varsinkin hitaalla kuormanvaihdolla.

Riittävät lujuusominaisuudet saavutetaan yleensä helposti, mutta se, että pyritään haurasmurtumistapumuksen huomattavaan pienentämiseen, asettaa suuret vaatimukset mm. teräksen valmistajalle.

Teräksen haurasmurtumisalttiuden ottaminen huomioon on laajan keskustelun alaisena. Pitkäaikaisen toimintavarmuuden saavuttamiseksi ei vaativissa komponenteissa yksinomaan Charpy-V-kokeeseen perustuva mitoitus ole riittävä. Haurasmurtumaa varten suoritettavan mitoituksen tulisi lähinnä perustua murtumissitkeys-kokeisiin tai näistä johdettuihin korrelaatioihin, jotka ovat teräskohtaisia. Reaktoripaineastian suunnittelussa on lisäksi tarkasteltava neutronisäteilyn haurastavaa vaikutusta (kuva 11). Eri teräslaaduilla — jopa saman teräslaadun eri sulatuserillä — saattaa säteilyn aiheuttama transitiolämpötilan nousu olla eri suuri. Merkittävä vaikutus transitiolämpötilan nousuun on tietyillä seosaineilla tai epäpuhtauksilla. Tämän perusteella erityisen haitallisia epäpuhtauksia, kuten kupari, fosfori ja vapaa typpi, rajoitetaan. Teräksen haurasmurtumisalttiuteen vaikuttaa säteilyn termien vanheneminen. Nykyisin käytetyillä teräksillä termien vanheneminen reaktiolosuhteissa (40 vuotta, 300°C) aiheuttaa suhteellisen vähäisen nousun transitiolämpötilassa. Reaktoripaineastiatäräksessä

TAULUKKO 3 PAINEASTIATERÄKSET

Kemiallinen koostumus P-%	Materiaali							
	A212B	A302B	A508 Class2	A533B Class1	A542 Class2	A543	12X2MØA	22NiMoCr37
C	<0,31	<0,25	<0,27	<0,25	<0,15	<0,23	0,13 ... 0,18	0,17 ... 0,23
Mn	0,85 ... 1,20	1,15 ... 1,50	0,50 ... 0,80	1,15 ... 1,50	0,30 ... 0,60	<0,40	0,30 ... 0,60	0,50 ... 1,00
Si	0,15 ... 0,30	0,15 ... 0,30	0,15 ... 0,35	0,15 ... 0,30	0,15 ... 0,30	0,20 ... 0,35	0,17 ... 0,37	<0,35
P	<0,035	<0,035	<0,025	<0,035	<0,035	<0,020	<0,025	<0,020
S	<0,040	<0,040	<0,025	<0,040	<0,035	<0,020	<0,025	<0,020
Mo	—	0,45 ... 0,60	0,55 ... 0,70	0,45 ... 0,60	0,90 ... 1,10	0,45 ... 0,60	0,60 ... 0,80	0,50 ... 0,80
Ni	—	—	0,50 ... 0,90	0,40 ... 0,70	—	3,00 ... 4,00	<0,40	0,60 ... 1,20
Cr	—	—	0,25 ... 0,45	—	2,00 ... 2,50	1,50 ... 2,00	2,50 ... 3,00	0,30 ... 0,50
V	—	—	<0,05 %	—	—	<0,03 %	0,25 ... 0,35	—

TAULUKKO 4 PAINEASTIATERASTEN LUJUUS HUONEENLÄMPÖTILASSA

Materiaali	Myötö- lujuus kp/mm ²	Murto- lujuus kp/mm ²	Murto- venymä %	Iskusitkeys- vaatimus kpm
A 212	> 26,7	49,2—59,8	> 22	> 2,8 Charpy-V
A 302 B	> 35,2	56,2—70,2	> 18	> 4,1 Charpy-V
A 508	> 35,2	56,2	> 18	> 4,1 Charpy-V
Class 2				
A 533 B	> 35,2	56,2—70,2	> 18	> 4,1 Charpy-V
Class 1				
A 542	> 59,8	> 74,0	> 16	> 4,8 Charpy-V
Class 1				
A 543	> 59,8	> 74,0	> 16	> 4,8 Charpy-V
Class 1				
22 NiMoCr 37	> 45,0	60,0—75,0	> 18	
12X2MØA	> 44,0	> 58,0	> 14	> 8 Mesnager

tapahtuvia muutoksia valvotaan reaktoripaineastian sisään sijoitetuilla isku- ja vetosauvoilla.

Ensimmäiset reaktoripaineastiat valmistettiin C-Mn-teräksestä (A 212) ja C-Mn-Mo-teräksestä (A 302), joiden analyysi ja mekaaniset ominaisuudet ovat taulukoissa 3 ja 4. Reaktoripaineastioiden koon kasvassa on jouduttu ottamaan käyttöön teräksiä, joiden lujuus on suurempi. Nykyisin käytetään melkein yksinomaan Ni-Mo-teräksiä (A 533, A 508 ja 22 Ni-MoCr 37). Tulevan sukupolven materiaaleja ovat todennäköisesti runsaammin seostetut Cr-Mo-teräkset (A 542) tai Ni-Cr-Mo-teräkset (A 543). Neuvostoliitossa on yleisesti käytössä Cr-Mo-V-teräs (12 x 2 MØA).

Ydinvoimalaitoksissa käytettävien paineastioiden määrä on hyvin suuri. Lukuunottamatta reaktoripaineastiaa materiaalivalinta on niiden kohdalla samantapainen kuin konventionaalisissa paineestioissa. Lujuusvaatimusten mukaan käytetään C-Mn-teräksiä, hienoraeteräksiä tai voimakkaammin seostettuja teräksiä.

III LAADUNVARMISTUS

Ydinvoimalaitosmateriaalien korkean laadun varmistamiseksi laaditaan ns. laadunvarmistusasiakirja, joka sisältää kaikki ne toimenpiteet, jotka tullaan suorittamaan. Yksi osa laadunvarmistusasiakirjaa on ns. laadunvalvontaohjelma. Materiaalien mekaanisia ominaisuuksia ja virheettömyyttä valvotaan jatkuvasti niiden valmistuksen sekä paineastian valmistuksen, asennuksen ja käytön yhteydessä. Materiaalien virheettömyyden toteamiseksi suoritetaan useilla, toisiaan täydentävillä rikkomattomilla aineenkoetuksilla täydellinen tarkastus.

Summary

Selection of materials for nuclear power plants

In principle, a nuclear power plant differs from a conventional power plant only in respect that the energy is released in a controlled fission reaction. The fission energy can be converted into electric energy by conventional means. However, the radioactivity and the operational safety aspects have led to special requirements for the design and materials of nuclear power plant components.

Materials for the nuclear steam supply system can be divided into three categories: cladding materials of fuel, reactor internals and pressure vessel steels. The cladding material protects the UO₂-fuel from contact with the coolant (water). Zirconium-based alloys are the most suitable for cladding purposes.

The internals of the reactor are generally made of austenitic stainless steel. The inner surface of the reactor pressure vessel is overlay welded with a stainless steel layer. Austenitic stainless steels are superior to ferritic stainless steels due to much better corrosion resistance and smaller radiation sensitivity. The disadvantage of using austenitic stainless steels in nuclear environments is that they are susceptible to stress corrosion cracking. In addition, when austenitic stainless steels are welded certain difficulties may arise. These difficulties, however, can be avoided by using low carbon or stabilized steels. The ferrite content of the welds has to be within certain limits. As a result of the development towards larger unit sizes, thicker and larger pressure vessels must now be used. Certain problems concerning the choice of materials and manufacturing of pressure vessels have thus arisen. The pressure vessel steel must have high strength at operational temperatures and good ductility at low temperatures. Large wall thickness, strength requirements and irradiation embrittlement present quite a challenge to the steel manufacturer to achieve good ductility. Low cycle fatigue and thermal aging should also be taken into consideration when choosing materials for nuclear power plants.

Ohutlevyn kylmämuovattavuus

Heikki Kleemola, dosentti, Teknillinen korkeakoulu, Vuoriteollisuusosasto,
Metallien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorio

Johdanto

Suurin osa maailman metalleista käytetään levynä. Levymateriaaleista puolestaan niukkahiiliset teräkset ovat ylivoimaisesti eniten käytetty materiaalityyppi. Käyttötarkoituksen mukaan teräslevyt voidaan luokitella kahteen pääryhmään: rakenneteräksiin, joiden on kestävä kuormaa, oltava sitkeitä jne., sekä ohutlevyteräksiin, joiden tärkeimpänä ominaisuutena pidetään hyvää muovattavuutta kylmänä. Samoin esim. ruostumattomilta teräksiltä ja kuparilta vaaditaan usein hyvää muovattavuutta, mikä takaa tuotteen helpon valmistettavuuden. Tällöin ovat lujuus- ja sitkeysominaisuudet toissijaisia ja konstruktioissa lujuus- ja jäykkyyksymykset hoidetaan muilla komponenteilla, jos tällaisia seikkoja on ollenkaan otettava huomioon. Tavallisimpia ohutlevyn käyttökohteita ovat autot (yli puolet henkilöauton painosta on ohutlevyä), kotitalouskoneet ja -tavarat, LVI-tarvikkeet, säiliöt, tölkit, sähkötarvikkeet yms. tuotteet, joita valmistetaan massatuotantomenetelmillä. Tällöin tärkeimpiä valmistusmenetelmiä ovat syväveto, venytysmuovaus, taivutus ja painosorvaus.

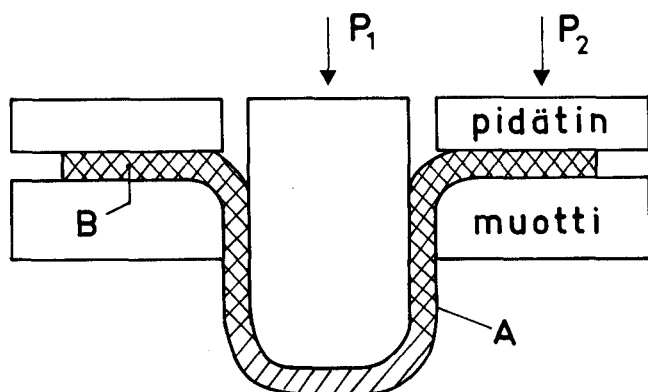
Tässä kirjoituksessa tarkastellaan muovattavuuskäsitettä, muovattavuuden ilmoittamista sekä selostetaan materiaalin muovattavuuden parantamismenetelmiä.

Muovattavuus

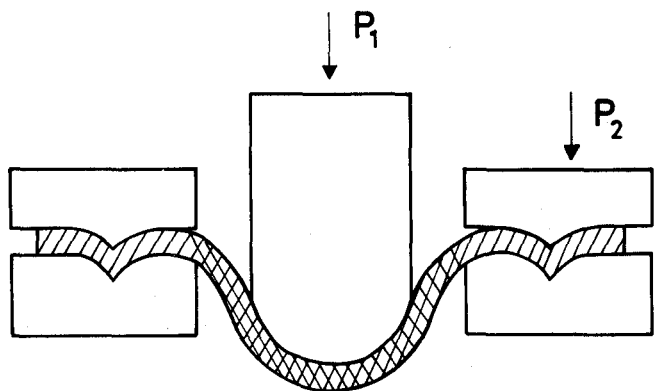
Ohutlevyn muovattavuus on melko epämääräinen käsite, joka voidaan parhaiten määrittellä materiaalin kyvyksi kestää kylmänä plastista deformaatiota ilman paikallista kuroumaa tai murtumaa. Ts. materiaali kestää muovauksen monimutkaiseksi tuotteeksi turmeltumatta. Muovattavuus liittyy muovausprosessin onnistumiseen, eikä ole olemassa mitään tiettyä materiaaliveikettä, joka ilmoittaisi materiaalin hyvyyden kaikissa muovausprosesseissa. Ohutlevyjen hyvyyden luokittelueroaakin täysin esimerkiksi rakenneterästen valinnasta. Rakenneterästen luokittelun perustana ovat yksikäsitteiset lujuusarvot (myötölujuus ja murtolujuus), joita pidetään suunnittelussa materiaaliveikteinä.

Muovattavuutta puolestaan on kauan pyritty vaihtelevalla menestyksellä arvioimaan levyn analyysin ja vetokokeen antamien arvojen perusteella. Toisena, vieläkin yleisesti käytettynä mahdollisuutena, on todellisen muovausprosessin matkiminen erilaisilla kupinvetokokeilla. Ratkaiseva kehitysaskel muovattavuuden ymmärtämisessä tapahtui vuonna 1950, jolloin Lankford, Snyder ja Bauscher [1] jakoivat levynmuovausprosessit kahteen ryhmään, syvävetoon ja venytysmuovaukseen. Todellisessa muovaustapauksessa on usein yhtäaikaista sekä syvävetoa että ve-

 muokkautuva osa
 muokkautumaton osa



a) syväveto



b) venytysmuovaus

Kuva 1. Kaavamainen esitys syvävedosta ja venytysmuovauksesta.

Fig. 1. Schematic representation of deep drawing and stretching.

nytyistä siten, että niiden määrä vaihtelee pisteestä toiseen. Kuvassa 1 on esitetty kaavamaisesti em. prosessien tärkeimmät erot. Syvävedossa pidätinvoima (P_2) on valittu sellaiseksi, että levyaihio luistaa männän mukana muotin läpi. Muokkautuminen tapahtuu männän pään ulkopuolisella alueella, ja se on kombinaatio tyssäyksestä, taivutuksesta ja venytyksestä. Venytysmuovauksessa on levyaihion luistaminen muotin sisään kokonaan estetty, ja muovautuminen tapahtuu täten vain siinä osassa aihiota, joka on muotin sisäpuolella. Levyssä on koko muovauksen ajan vetojännitystilä, joten kupin syvetessä levy samalla ohenee.

Syväveto

R-arvo

Syvävedossa vedettävän kupin syvyydelle asettaa tavallisesti rajoituksensa murtuman syntyminen kupin seinämään kohtaan A (vrt. kuva 1). Syynä tähän on se, että materiaalin on seinämän alueella kestävä reunuksen (kohta B) sisäänvetämisen vaatima voima, joka on sitä suurempi mitä lujempaa levy on taso-suunnassa. Sisään vedettävän pyörylän koon kasvassa vaaditaan samoin yhä enemmän voimaa ja kupin seinämä pyrkii ohenemaan. Edellä esitetyn mukaisesti syvävedossa käytettävän levyn tulisi olla paksuussuunnassa lujaa ja tason suunnassa mahdollisimman helposti myötäväää. Levyn paksuussuunnassa on vaikea määrätä ohuiden levyjen lujuusarvoja, joten syvävedettävyyden mittana on alettu käyttää lujuuksien asemesta vetosauvan paksuus- ja pinnan-suuntaisten venymien suhdetta. Tätä suhdetta kutsutaan R-arvoksi ja se voidaan määrätä vetosauvaan ennen koetta piirretyistä mittapituuksista vedon (useimmiten 20 %) jälkeen kuvassa 2 esitetyllä tavalla. R-arvo, kuten useat muutkin ominaisuudet, vaihtelee levyn tasossa suunnan mukaan. Tämän takia mitataan R vetosauvoista, jotka leikataan levystä valssaussuuntaan (R_0), 45° :n kulmassa (R_{45}) ja 90° :n kulmassa (R_{90}) siihen nähden. Keskimääräinen R-arvo on

$$\bar{R} = \frac{R_0 + 2R_{45} + R_{90}}{4} \quad (1)$$

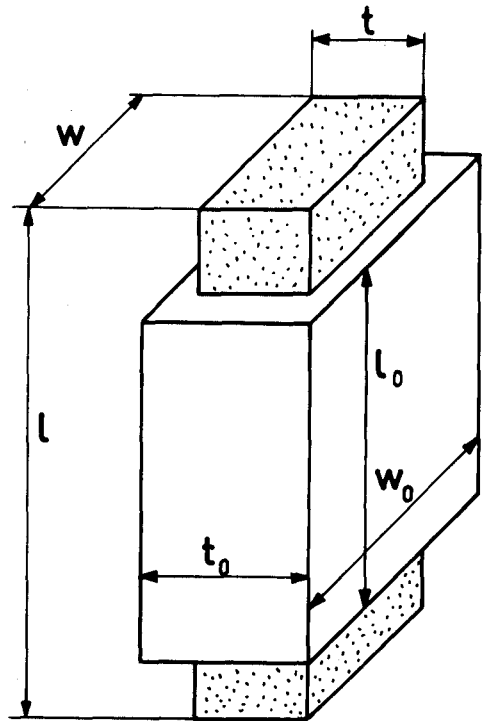
Seuraavassa tekstissä merkitään keskimääräistä R-arvoa yksinkertaisuuden vuoksi R:llä.

Levy on täysin isotrooppista, kun R on 1. Mikäli saataisiin onnistumaan täydellinen tekstuuri, olisi R:n arvo maksimissaan teräksellä noin 3—4. Käytännössäkin on päästy jo 2,3—2,4:ään. Vähemmän symmetrisen hilan omaavilla materiaaleilla, kuten titaanilla, voidaan helposti saavuttaa jopa R:n arvo 6.

Suuren R-arvon lisäksi on levyn tasossa eri suunnissa tärkeää saada tasaisia arvoja. Tasossa oleva tasoanisotropia ei nimittäin ole edullinen, koska silloin levy muovautuu eri suunnissa eri tavoin. Tällöin tuote voi mennä pilalle tai ainakin "korvien" poistamisesta aiheutuu lisäkuluja. Tasoanisotropiaa voidaan mitata ΔR :llä seuraavasti

$$\Delta R = \frac{R_0 + R_{90} - 2R_{45}}{2} \quad (2)$$

Kun ΔR on nolla, levy on tason suunnassa isotrooppista ja syvävedettävyyden kannalta ihanteellista. Käytännössä Al-tiivistetyillä teräsohutlevyillä



$$R = \frac{\epsilon_{\text{leveys}}}{\epsilon_{\text{paksuus}}} = \frac{\ln\left(\frac{W}{w_0}\right)}{\ln\left(\frac{l_0 w_0}{l W}\right)}$$

Kuva 2. R-arvon määrittäminen vetokokeella.

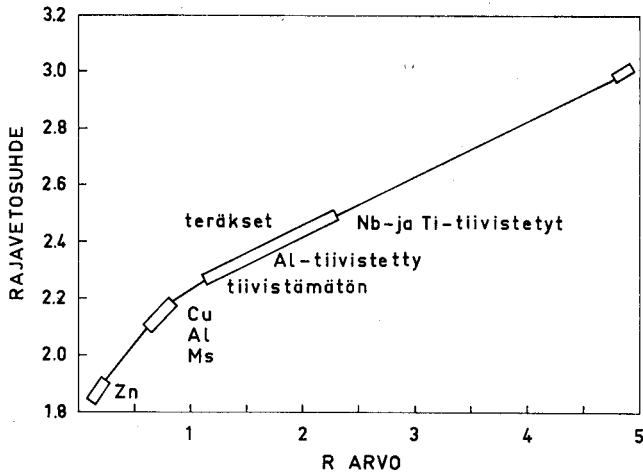
Fig. 2. Determination of the R-value by a tensile test.

R-arvot ovat suurimmat 0 ja 90° :n kulmassa valssaussuuntaan, joten näissä suunnissa pyrkii syntymään korvia. Neliskulmaisella kupilla saadaan paras tulos, kun nämä suunnat menevät kulmasta kulmaan. Tämä johtaa kuitenkin huomattavaan materiaalin tuhlaamiseen ja parempi keino on parantaa R_{45} :tä.

Rajavetosuhde

Syvävedettävyyden mittana käytetään yleisesti R-arvon rinnalla rajavetosuhdetta (limiting drawing ratio, lyhennettynä LDR). Se määrätään ns. Swiftin kupinvetokokeella, jossa koejärjestely on kuvassa 1a esitetyn kaltainen. Vedettäessä yhä suurempia pyörylöitä saavutetaan lopulta tilanne, jolloin levy murtuu kohdasta A, koska reunuksen (kohta B) sisäänvetämisen vaatima voima tulee liian suureksi. Rajavetosuhde on tällöin D/d , kun D on suurin mahdollinen pyörylän halkaisija ja d on männän halkaisija. On selvää, että tällaisen simuloivan kokeen tuloksiin vaikuttavat materiaalin ominaisuuksien lisäksi myös voitelu, työkalujen kunto yms. Tästä huolimatta on teräksellä saatu erinomainen, lähes lineaarinen korrelaatio R-arvon ja rajavetosuhteen välille (kuva 3). Kuvaan on merkitty myös eri metallien tavalliset R-arvot. Täten titaanista voidaan valmistaa syvävetämällä lähes kolme kertaa syvempi kuppi kuin alumiinista.

Rajavetosuhteen määrittäminen on työlästä, koska



Kuva 3. Rajavetosuhteen riippuvuus R-arvosta.

Fig. 3. Relationship between the LDR and the R-value.

joudutaan valmistamaan suuri määrä eri kokoisia pyörylöitä ja suorittamaan puristimessa vastaava määrä syvävetoja. Koska tulos lisäksi ei ole pelkästään materiaalia kuvaava suure, ollaankin yhä enemmän siirtymässä R-arvon käyttöön syvävedettävyyden mittana.

Venytysmuovaus

Syvävedosta poikkeava levynmuovausmenetelmä on venytys, jonka periaatteet on esitetty kuvassa 1b. Venytysmuovauksessa tärkein materiaalin ominaisuus on aineen muokkauslujittumiskyky. Muovattaessa ei venymäjakauma ole koskaan aivan tasainen, vaan syntyy venymähuippuja. Jos materiaalilla ei ole muokkauslujittumiskykyä, keskittyy deformaatio pienelle alueelle kunnes murtuma tapahtuu. Muokkauslujittuvalla materiaalilla "venymävaurio" korjautuu itsestään, sillä deformaatio ei pääse jatkumaan lujittuneessa kohdassa vaan siirtyy muualle. Täten hyvän muokkauslujittumiskyvyn omaavalla materiaalilla venymäjakauma on tasaisempi ja muovausta voidaan jatkaa pidemmälle kuin heikosti muokkauslujittuvalla materiaalilla.

n-arvo

Metallien muokkauslujittumiskykyä mitataan tavallisesti muokkauslujittumiseksponentilla eli n-arvolla, joka on vetokäyrää kuvaavan Hollomonin yhtälön

$$\sigma = K\epsilon^n \quad (3)$$

eksponentti. Yhtälössä σ ja ϵ ovat todellinen jännitys ja venymä sekä n ja K vakioita. Vaikka yhtälö (3) ei aina kuvaakaan vetokäyrää kovin tarkasti, on n-arvo silti tullut tärkeimmäksi venytettävyyden parametriksi varsinkin teräksillä. Mikäli metallia on muokattu tai sen käyrä muuten poikkeaa yhtälön edellyttämästä, on parempi käyttää tasavenymää (ϵ_n) venytettävyyden mittana. Mitä suurempi on n-arvo, sitä paremmin materiaali vastustaa paikallista kuroutumista ja sitä enemmän voidaan venyt-

Taulukko I: Tyypillisiä n-arvoja.

Table I: Typical n values.

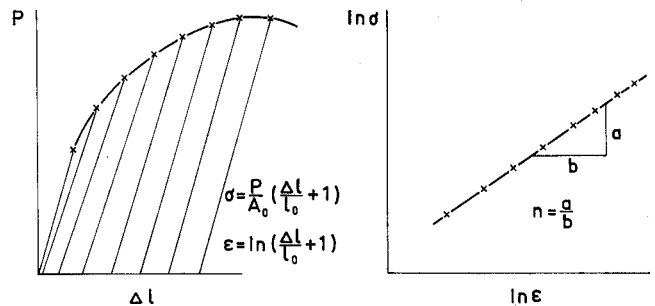
Metalli	n
alumiini	0.2
teräs	0.20–0.30
kupari	0.35
messinki	0.40
ruostumaton teräs	0.50

tää. Taulukkoon I on kerätty muutamien metallien tyypillisiä n-arvoja. Karkeasti luokiteltuna on ruostumaton teräs venytettävyydeltään paras ja alumiini heikoin tavallisista metalleista.

Materiaalin n-arvo voidaan määrätä usealla eri tavalla, joista useimmat perustuvat logaritmin ottamiseen yhtälöstä (3). Tällöin saadaan

$$\ln \sigma = \ln K + n \ln \epsilon \quad (4)$$

Yhtälö esittää suoraa $\ln \sigma$, $\ln \epsilon$ -koordinaatistossa ja n saadaan välittömästi suoran kulmakertoimena.



Kuva 4. Muokkauslujittumiseksponentin (n-arvon) määrääminen vetokäyrästä.

Fig. 4. Determination of the strain-hardening exponent, n , from a tensile curve.

Kuvassa 4 on esitetty menetelmän käytännön toimenpiteet. Poimitaan vetokäyrältä arvopareja (vähentäen kimmoinen venymä), jotka muutetaan kuvassa annettuja kaavoja käyttäen todelliseksi jännitys- ja venymäarvoiksi. Ottamalla näin saaduista arvopareista logaritmi ja piirtämällä ne kuvassa 4b esitetyllä tavalla logaritimpaperille voidaan pisteiden kautta piirtää lineaarinen regressiosuora, jonka kulmakerroin on n . Menetelmä on helposti sovellettavissa lasku- tai tietokoneelle.

Usein käytetään myös erikoisvetosauvoja n-arvon määrittämiseen, ja tällöin oletetaan vetokäyrän noudattavan yhtälöä (3). Mahdolliset poikkeamat ideaalisesta vetokäyrästä jäävät tällöin huomaamatta, koska vetosauvoista mitataan vain muutama venymä-arvo.

Tasavenymä

Tasavenymää ϵ_n voidaan käyttää venytettävyyden arvostelussa n-arvon asemesta, koska plastisen instabilisuuden tapahtuessa

$$\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = \sigma, \quad (5)$$

joka yhtälön (3) ollessa voimassa antaa

$$\frac{d\sigma}{d\varepsilon} = nK\varepsilon_u^{n-1} = \sigma = K\varepsilon_u^n \text{ eli} \quad (6)$$

$$n = \varepsilon_u. \quad (7)$$

Tasavenymä voidaan mitata suoraan vetokäyrästä, mutta tavallisesti vetokäyrien loppuosa on hyvin laakea eikä ε_u :n määrittystä voida tehdä samalla tarkkuudella kuin n -arvon mittausta.

Erichsen arvo

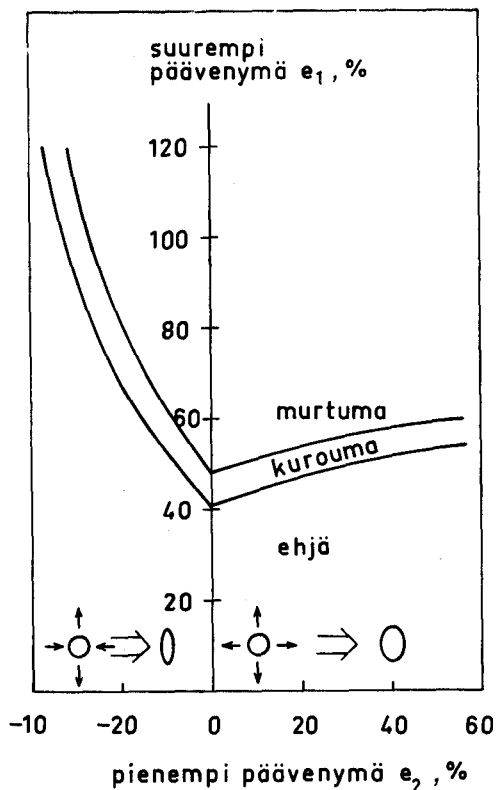
Venytettävyyden arvioinnissa käytettävistä kupinvetokokeista on tärkein ns. Erichsen testi, joka on periaatteeltaan kuvan 1b kaltainen. Tiukasti kiinnitettyä levyä venytetään puolipallon muotoisella painimella kunnes se murtuu. Murtuneen kupin syvyys millimetreinä on ns. Erichsen-luku eli Erichsen-indeksi, jota voidaan käyttää levyjen vertailuun. Erichsen-luvun ja n -arvon välillä on havaittu olevan lineaarinen riippuvuus. Erichsen kokeen laaja käyttö perustuu standardien vaatimuksiin sekä kokeen helpouteen. Koetta voidaan käyttää myös voitelun ja muovausnopeuden tutkimisessa.

Rajamuovattavuuspiirros

Muovattavan materiaalin ominaisuuksia kuvaavat parhaiten edellä selostetut n - ja R -arvot, mutta mikäli tarkastellaan muovausprosessia kokonaisuudessaan, on käyttökelpoisin menetelmä venymäanalyysi. Mittaamalla muovatusta levyä venymäjakautuman ns. ympyräverkkoanalyysin avulla kehitti Keeler /2/ vuonna 1965 rajamuovattavuuspiirroksen, jota Goodwin /3/ täydensi vuonna 1968.

Ympyräverkkoanalyysin suorittamista sekä rajamuovattavuuspiirroksen määrittämistä on kuvannut Korri /4/, joten seuraavassa esitetään vain lyhyesti menetelmän käyttö. Kuvassa 5 on kaavamainen rajamuovattavuuspiirros. Todellisuudessa piirros konstruoidaan suorittamalla iso määrä erilaisia muovauksia siten, että osa murtuu ja osa jää ehjäksi. Mittaamalla ennen muovausta levyyn tehdystä ympyräverkosta päävenymät voidaan onnistuneet ja epäonnistuneet venymäyhdistelmät erottaa toisistaan rajakäyrällä. Rajakäyrän asemaan vaikuttavat R - ja n -arvot.

Käytännössä piirrosta voidaan käyttää avuksi mm. seuraavasti. Muovattavaan levyyn tehdään ympyräverkko, muovaus suoritetaan ja mitataan kriittisten kohtien venymäjakautuma. Kun saatu e_1/e_2 suhde merkitään piirroksen nähden välittömästi minkälaisella turvallisuusmarginaalilla toimitaan. Jos e_1/e_2 -piste jää paljon rajakäyrän alapuolelle kriittisissäkin kohdissa, voidaan yrittää kustannusten sääntämistä valitsemalla halvempi levy tai voiteluaine. Mikäli ollaan käyrän yläpuolella tai lähellä sitä, on valittava parempi levy, parannettava voitelua tai muutettava työkalujen muotoa venymähuippujen



Kuva 5. Kaavamainen rajamuovattavuuspiirros.

Fig. 5. Schematic formability limit diagram (FLD).

poistamiseksi. Piirrosta voidaan käyttää myös apuna muottien suunnittelussa ja kulumisen tarkkailussa.

Rajamuovattavuuspiirros on laadittu kokonaan kokeellisin perustein ja sen plastisuusteoreettinen selvittäminen on vasta alussa. Ilmeisesti lähivuosina pystytään kuitenkin muovattavuuspiirros määräämään suoraan vetokokeen antamista lujuus, n - ja R -arvoista ilman hankalaa venymäanalyysiä.

R-arvoon vaikuttavat tekijät

Edellä olevan mukaisesti R - ja n -arvot ovat tärkeimpiä suureita määritettäessä levyn soveltumista tiettyyn muovausprosessiin. Seuraavassa tarkastellaan mitä mahdollisuuksia on näiden arvojen parantamiseen teräslevyn valmistuksen tai käsittelyn avulla. Tarkastelu perustuu metallien muokkauksen ja lämpökäsittelyn laboratorioissa tehtyihin tutkimuksiin sekä lehtiartikkeleihin, joista tärkeimmät on annettu viitteissä /5—12/.

Teräsohutelevyn R -arvoon vaikuttavat tekijät

Iso R -arvo edellyttää levyssä sellaista anisotropiaa, että lujuus on levyn paksuussuunnassa suurempi kuin tason suunnassa. Tämä on saavutettavissa vain synnyttämällä levyyn tekstuuri eli suuntaisuus, jolloin rakeiden orientaatiot eivät ole umpimähkäisesti vaan järjestäytyneenä tietyllä tavalla. Tällöin levyn ominaisuudet lähestyvät erilliskiteen ominaisuuksia. Eril-

Taulukko II:

Teräsohutlevyn tärkeimmät valmistusvaiheet.
The major steps in the manufacture of sheet steel.

VALMISTUSVAIHE	TÄRKEIMMÄT MUUTTUJAT		VAIKUTUS	
	Prosessi	Teräs	R	n
1. sulatus ja valu	seostus	analyysi	xx	xx
	epäpuhtausmäärä	sulkeumat	x	x
	tiivistystapa	C, N ja O määrät	xx	x
2. kuumavalssaus	loppulämpötila	raekoko	x	?
		kuumavalssaustekstuuri	xx	—
3. kelaus	lämpötila	liuoksessa olevat C ja N määrät	xx	x
4. kylmävalssaus	reduktio	kylmämuokkaustekstuuri	xx	—
5. rekristallisaatio- hehktus	lämmitysnopeus hehktuslämpötila pitoaika jäähdytysnopeus	nitridierkautuminen	xx	—
		tekstuurin syn'ytminen	xx	—
		raekoko	x	?
6. tempervalssaus	reduktio	sammutusvanheneminen	—	xx
		myötövenymän poistuminen	—	xx

xx voimakas vaikutus
x vaikutus
— ei vaikutusta
? vaikutus epäselvä

liskiteellähän monet ominaisuudet vaihtelevat suuresti kidesuuntien mukaan. Teräksellä saadaan paras R-arvo ns. "cube on corner" -tekstuurilla, jossa taso [111] on levyn pinnan suuntainen ja suunta (111) kohtisuorassa pintaa vastaan. Lisäksi olisi toivottavaa, että levyn tasossa vallitsisi mahdollisimman täydellinen symmetria (ns. tasoisotropia), jotta ΔR olisi nolla. Valitettavasti useimmiten voimakas pak-suussuuntainen anisotropia tuo myös haitallista taso-anisotropiaa.

1. Sulatus ja valu

Muovattava teräsohutlevy valmistetaan tavallisesti joko Al-tiivistettynä tai tiivistämättömänä, sekä valetaan joko kokilleihin tai jatkuvana valuna. Valutavan ei ole sanottavasti huomattu vaikuttavan muovattavuusparametreihin, mutta tiivistystapa on erityisesti R-arvon kannalta yksi valmistusprosessin olennaisimmista muuttujista. Taulukossa II on esitetty teräsohutlevyn valmistusprosessi vaiheittain ja osoitettu kunkin vaiheen tärkeimmät parametrit ja niiden vaikutus muovattavuuteen.

Teräksen analyysi ja tiivistystapa ovat perusta, jolle kaikkien seuraavien valmistusvaiheiden muovattavuutta parantavat toimenpiteet on rakennettava. Mikäli teräs valetaan tiivistämättömänä, sen R-arvoon voidaan vaikuttaa lähinnä Mn- ja C-pitoisuuksia pienentämällä. Mangaanin optimimäärä riippuu hiilipitoisuudesta. Jos hiilipitoisuus on 0,02:n ja 0,04 %:n välillä, tulee mangaanipitoisuuden olla alle 0,3 %. Tällöin on mahdollista saada jopa lähellä kahta olevia R-arvoja. Normaalisti kuumavalssauksessa Mn estää rikin aiheuttamaa kuumarepeilyä, joten tällaisissa teräksissä epäpuhtaudet on saatava pois jo valuvaiheessa.

Alumiinitiiivistettyjen terästen valuvaiheessa on huolehdittava sopivasta alumiini/typpi -suhteesta ja R-arvon kehittyminen riippuu sitten seuraavien valmistusvaiheiden oikeasta suorittamisesta. Sopivat Al- ja N-määrät vaihtelevat jonkin verran prosessista riippuen, mutta optimipitoisuuksina on pidetty 0,025—0,04 % alumiinia ja 0,005—0,010 % typpeä. Suhde liukoisen alumiinin ja typen välillä vaihtelee tällöin 2,5:n ja 5:n välillä.

Viime aikoina on alettu kokeilla myös muita karbonitridien muodostajia alumiinin lisäksi. Tällöin tullevat kyseeseen lähinnä Nb ja Ti, joita on jo käytetty tuotantomittakaavassa. Myös vanadiinia ja wolframia on kokeiltu laboratorio-olosuhteissa, ja niiden on todettu parantavan keskimääräistä R-arvoa, mutta varsinkin R_{45} -arvoa riittävän suuren kylmämuokkauksen jälkeen. Olennaista näille teräksille on lähes kaiken hiilen ja typen sitoutuminen karbonitrideiksi. Tällöin vaaditaan yleensä noin 8 kertainen määrä seosaineita C+N -pitoisuuteen verrattuna. Koska niobilla ja varsinkin titaanilla on erityisen suuri taipumus yhtyä happeen, on teräs joko valettava vakuuimissa tai deoksidoitava alumiinilla. Kalliiden seosaineiden kulutuksen vähentämiseksi on myös N+C -määrät saatava hyvin pieniksi. R-arvon parantamiseksi voidaan myös käyttää kupariseostusta (0,4—0,8 %), mutta samalla aiheutuu n-arvon pieneneminen.

Edellä olevan mukaisesti vaatii näiden uusien teräslaatuojen valmistus valuvaiheessa modernia vakuu-mitekniikkaa, jota ei ole kaikkialla käytettävissä. Vakuuimulatus ja alhaisten seosmäärien käyttö antaa hyvien R- ja n-arvojen (erityisesti hyvän R_{45} -arvon) lisäksi teräkselle myös vanhenemattomuuden ilman tempervalssausa, joten tätä kautta on saatavissa jonkin verran kustannusten säästöäkin. Uusista syvävetoterästyypeistä vaikuttavat lupaavimmilta juuri em. niobi- ja titaaniseosteiset teräkset.

2. Kuumavalssaus

Kuumavalssauksessa on tärkeimpänä parametrina valssauksen loppulämpötila, jonka on oltava niin korkea, ettei ferriittiä pääse syntyämään valssauksen aikana. Ferriitin muokkaamisesta on nimittäin seurauksena epäedullisten tekstuurien osuuden lisääntyminen. Tiivistämättömien terästen parhaat R-arvot on saatu lopettamalla valssaus 920—950°C:ssa. Tällöin syntyy tasaisen hieno raekoko, jossa on lähes umpimähkäinen teksturi. Mikäli valssauslämpötilaa nostetaan, R huononee hieman, mutta sen laskeminen tuo mukanaan ferriittiä ja R pienenee huomattavasti, koska syntynyt epäedullinen teksturi säilyy läpi kaikkien seuraavien käsittelyjen.

3. Kelaus

Kelauslämpötilalla on merkitystä lähinnä vain alumiinitiiivistettyjen terästen R-arvon kehittämisessä. Kuumavalssauksen jälkeisen jäähtymisnopeuden on oltava riittävän suuri ja kelauslämpötilan niin matala, että alumiininitridi ei ehdi erkautua.

Liuenneen typen määrä on voitu tarkasti mitata sisäisen kitkan menetelmällä. Tulosten mukaan vaaditaan 20—30 ppm typpeä liuoksessa, jotta R-arvot kehittyisivät seuraavassa rekristallisaatiohekkutuksessa halutuiksi. Tämä puolestaan edellyttää noin 550°C:n kelauslämpötilaa. Suoritettaessa kelaus yli 650°C:n lämpötilassa erkautuu alumiininitridi jo kuumanauhassa ja saadut R-arvot ovat samanlaisia kuin tiivistämättömien terästen. Niobi- ja titaaniseosteisissa syvävetoteräksissä lähes kaikki typpi (ja hiili) on erkautunut karbonitrideinä jo kuumavalssauksessa, joten niiden kelauslämpötilalla ei ole sen enempää merkitystä kuin tiivistämättömien terästenkään kelauslämpötilalla.

4. Kylmävalssaus

Kuumavalssauksen jälkeisessä teräsnauhassa rakeiden orientaatiot ovat parhaassa tapuksessa täysin umpimähkäisiä. Kylmämuokkauksessa varastoituu energiaa rekristallisaatiota varten ja syntyy kylmämuokkaukstekstuuri. Tiivistämättömän ja alumiinitiiivistetyn teräksen parhaat R-arvot saadaan 70—80%:n kylmämuokkauksen jälkeisessä rekristallisaatiohekkutuksessa. Niissä on kylmämuokkauksen jälkeen havaittu sekä [111]-että [100]-tekstuurit, ensin mainitun ollessa vallitsevampi. Mikäli muokkausastetta suurennetaan lisääntyvät molempien tekstuurien määrät, mutta haitallisen [100]-tekstuurin osuus kasvaa enemmän. Tämä puolestaan johtaa rekristallisaatiohekkutuksen jälkeisen R-arvon pienenemiseen. Niobi- ja titaaniseosteisissa teräksissä tällaista ei ole havaittu ja niissä R paranee 90%:n kylmämuokkauksen asti.

5. Rekristallisaatiohekkutus

Tiivistämättömien ja tiivistettyjen terästen kylmämuokkaukstekstuurit ovat lähes samanlaiset. Koska kuitenkin oikein suoritettuna hekkutuksen jälkeen R-arvot ovat tiivistetyissä paljon paremmat, on tekstuurissa hekkutuksen aikana tapahduttava eri teräslaaduilla erilaisia muutoksia.

Tiivistämättömien terästen kyseessä ollessa lämpötilan muutosnopeudella huoneenlämpötilasta hekkutuslämpötilaan ei ole paljoakaan merkitystä, sillä rekristallisoituneessa rakenteessa [111]-tekstuuri kehittyi vasta hekkutuslämpötilassa (noin 700°C:ssa). Uudet [111]-orientoituneet rakeet ydintyivät ja kasvavat kylmämuokkauksen jälkeisiin [111]-rakeisiin. Haitallisen [100]-tekstuurin osuus pienee, koska uudet rakeet ydintyivät rekristallisaatiossa muokkauksen jälkeisten [100]-rakeiden raerajoille ja saavat monia uusia orientaatioita. Pitoajalla on myös vaikutusta lopulliseen R-arvoon, koska rakeenkasvun aikana alun perinkin suuremmat [111]-rakeet kasvavat [100]-rakeiden kustannuksella.

Alumiinitiiivistettyjen terästen rekristallisaatiokäyttäytyminen poikkeaa huomattavasti tiivistämättömien käyttäytymisestä, sillä niissä tekstuurin syntyy vaikuttaa ratkaisevasti alumiininitridien erkautuminen rae- ja sellirajoille lämmityksen aikana. Tämä vaatii aikaa, joten lämmitysnopeuden on oltava 20—30°C tunnissa. Nitridierkaumat estävät haitallisten [100]-rakeiden ydintymistä ja kasvua. Sen sijaan [111]-orientoituneet rakeet, joihin on kylmämuokkauksessa myös varastoitunut eniten energiaa, pääsevät ydintymään ja kasvamaan. Täten haluttu [111]-tekstuuri tulee vallitsevaksi rekristallisoituneessa rakenteessa. Hekkutuslämpötilan nostaminen ja pitoajan pidentyminen lisäävät rakeenkasvua, joka vaikuttaa R-arvoa suurentavasti kaikissa syvävetoteräksissä.

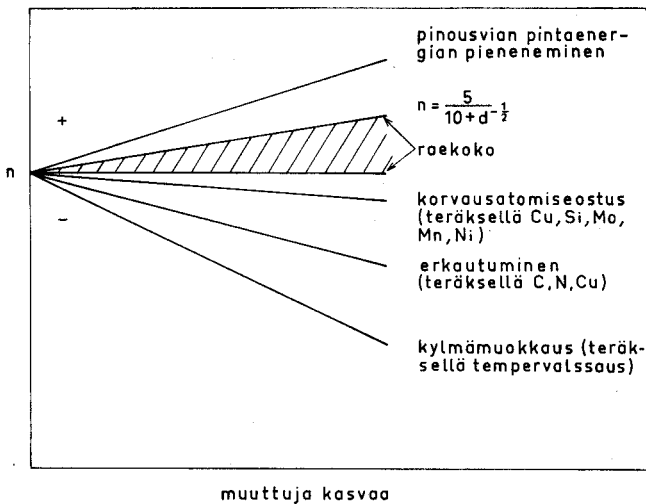
Niobi- ja titaaniseosteisissa teräksissä lämmitysnopeudella ei ole merkitystä, koska niissä ei tapahdu hekkutuksen aikana sanottavaa erkautumista, sillä nitridit ovat erkautuneet jo aiemmin. Hienojakoiset erkaumat aiheuttavat kuitenkin rekristallisaatiohekkutuksessa samanlaisen selektiivisen rekristallisaation kuin alumiininitridin erkautuminen alumiinitiiivistetyissä teräksissä. Tällöin levyyn saadaan haluttu [111]-tekstuuri ja siitä johtuva iso R-arvo.

6. Tempervalssaus eli nahkapisto

Tempervalssauksessa poistetaan myötövenymä pienellä 0.5—2 %:n kylmävalssauksella. Vaadittavan tempervalssauksen määrään vaikuttavat levyn pakkaus ja erityisesti raekoko. Raekoon pienessä vaaditaan yhä enemmän muokkausta pitämään myötövenymä poissa: 40 mikronin raekoolla riittää 1%:n muokkaus, mutta 20 mikronin raekoko vaatii jo 4%. Temperpistolla ei ole mitään vaikutusta R-arvoon.

Ohutlevyn n-arvoon vaikuttavat tekijät

Edellä esitetun mukaisesti valmistusmenetelmän pienillä muutoksilla R-arvoa voidaan ratkaisevasti parantaa. Tilanne ei ole yhtä hyvä n-arvon kanssa, sillä useimmat käsitellyt pyrkivät pienentämään sitä (kuva 6). Eniten vaikuttavat kylmämuokkaus ja erkautuminen. Teräksissä myötövenymän poistamiseksi käytettävä temperpisto (tavallisesti noin 1 %) voi alentaa n-arvoa yli 10%:lla. Valssien pinnanlaatu vaikuttaa n-arvoon siten, että karheat valssit pienentävät sitä enemmän kuin sileät.



Kuva 6. Muokkauslujittumiseksponenttiin (n-arvoon) vaikuttavat tekijät.

Fig. 6. Factors influencing the strain-hardening exponent, n.

Ohutlevyjen raekokoa ei tarvitse lujouden tai sitkeyden parantamiseksi pienentää, vaan iso raekoko on edullinen sekä R- että n-arvolle. Kuvaan 6 on merkitty raekoon vaikutukselle vaihtelualue, joka kuvaa nykyisen tietämyksen mukaisia rajoja. Raekoko ei toisten tutkimusten mukaan vaikuta ollenkaan n-arvoon, mutta toisten mukaan raekoon suurentaminen parantaa sitä kuvaan merkityn kaavan mukaisesti. Käytännössä suurin mahdollinen raekoko on noin 40 mikronia, koska muuten pinnanlaatu huononee "appelsiinipinnan" muodostumisen vuoksi. Täten raekoon käyttö n-arvon parantamisessa ei ole mahdollista.

Kuvaan merkitty pinousvian pintaenergian pienentäminen seosaineilla tulee kysymykseen kuparimetalleissa ja austeniittisissa teräksissä, joissa n-arvot ovat jo muutenkin korkeat (taulukko I). Teräksessä korvausatomien määrän kasvun on huomattu lievästi pienentävän n-arvoa. Tärkein on mangaanin vaikutus, mutta mahdollinen parannus n-arvossa on kuitenkin vain alle 5%.

Erkautuminen vaikuttaa yleensä n-arvoa pienentävästi. Teräksissä tulee kysymykseen lähinnä karbonitridien erkautuminen sammutusvanhenemisen seurauksena. Mikäli vanheneminen pääsee tapahtumaan pienenee teräksen n-arvo 0,2:n alapuolelle (pieneminen voi olla jopa 30%). Tämän välttämiseksi käytetäänkin vanhenevissa teräksissä hyvin hitaita jäähtymisnopeuksia rekristallisaatiohehkutuksen jälkeen. Niobi- ja titaaneosteisissa teräksissä ei vanhenemisiongelmaa ole, koska hiiltä ja typpeä ei ole liuoksessa.

Valmistustekniikan kehittämisellä voidaan siis varsin rajoitetusti vaikuttaa n-arvoon. Käytännössä on pyrittävä analyysiltään puhtaaseen teräkseen, sammutusvanhenemisen estämiseen ja temperipiston mahdollisimman pienenä pitämiseen.

Kirjallisuusviitteet

1. Lankford W. T., Snyder S. C. ja Bauscher J. A., Trans. ASM 42 (1950), s. 1197—1225.
2. Keeler S. P., SAE julkaisu n:o 650535 (1965).
3. Goodwin G. M., SAE julkaisu n:o 680093 (1968).
4. Korri E., Konepajamies (1972), 3, s. 130—137.
5. Lindström M. I. ja Kleemola H. J., Scandinavian Journal of Metallurgy, 3 (1974) s. 97—101.
6. Blickwede D. J., Trans. Am. Soc. Metals 61 (1968), s. 653—679.
7. Dillamore I. L., BISRA raportti n:o MG/16/72, (1972).
8. Brammar I. S., Thomson T. R. ja Hobbs R. M., J. Austral. Inst. Metals 17 (1972), s. 147—157.
9. Hughes I. F. ja Page E. W., Met. Trans. 2 (1971), s. 2067—2075.
10. Hultgren F. A., Blast. Furn. Steel Plant 56 (1968), s. 149—156.
11. Goodman S. R. ja Hu H., Met. Trans. 1 (1970), s. 1629—1640.
12. Whiteley R. L., Metal Progress 94 (1968), s. 81—84.

Summary

The largest share of the world's metal consumption is used in the form of thin sheet. Most of the sheet material is for applications where the main requirement is good formability and not high strength. Forming operations can be divided into pure deep drawing and pure stretching, which each demand different properties in a sheet. The R-value is dominant in deep drawing and the n-value in stretching. In the present article the derivation and applicability of these parameters of formability are reviewed. The use of the formability limit diagram which is the most prominent tool in formability studies, is also briefly discussed.

The improvement in the R-value is possible by appropriate processing, especially with aluminium-killed steels. In these steels the most important process factors are a suitable analysis, hot rolling and coiling at temperatures which assure that a proper amount of interstitials stay in solution, and a 70—80 % cold rolling. The rate of heating to the annealing temperature, the annealing temperature, and the holding time at that temperature also have to be correct for the formation of a good texture and R-value.

The effects of composition and structure of steels on the n-value are quite limited. A small improvement in the n-value is, however, possible by avoiding impurities, quench ageing, and high reductions in temper rolling.

Void nucleation during high-temperature deformation

Lylyan Ivanchev, University of Chemistry and Metallurgy, Sofia

Grain boundary models

The presence of voids in the structure of metals after high-temperature deformation was discovered comparatively recently /21, 23/, although the study of creep processes dates back to the beginning of the present century. This phenomenon, which is closely connected with the deformation speed, can be observed mainly at grain boundaries and is considered to be the main reason for intergranular fracture. A critical examination of the nucleation of voids would be difficult without a knowledge of the structure of grain boundaries in metals.

Some of the earliest studies /1, 2/ are based on the theory of the amorphous structure in the solid state of metals /6/. In these it is assumed that grains are held together by an amorphous metal film, its thickness being about 100 atomic spacings (fig. 1,

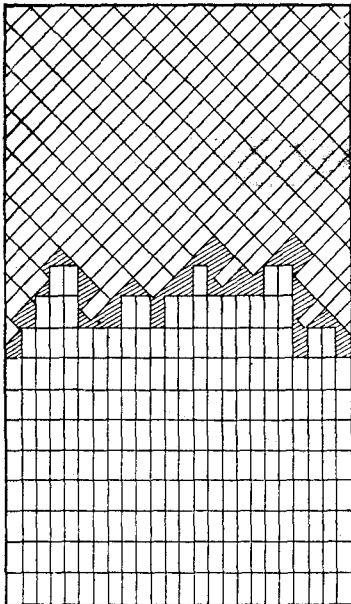


Fig. 1. Description of grain boundary with an amorphous metal film /2/.

Kuva 1. Raerajan esittäminen amorfisella metallikerroksella /2/.

/2/). It also has been stated that on heating the strength properties of this film are decreased more rapidly than those of the crystal grains. This could be used as evidence for two basic conclusions:

- at normal temperatures the grain boundaries are stronger than the grains and the fracture thus runs through the grains.

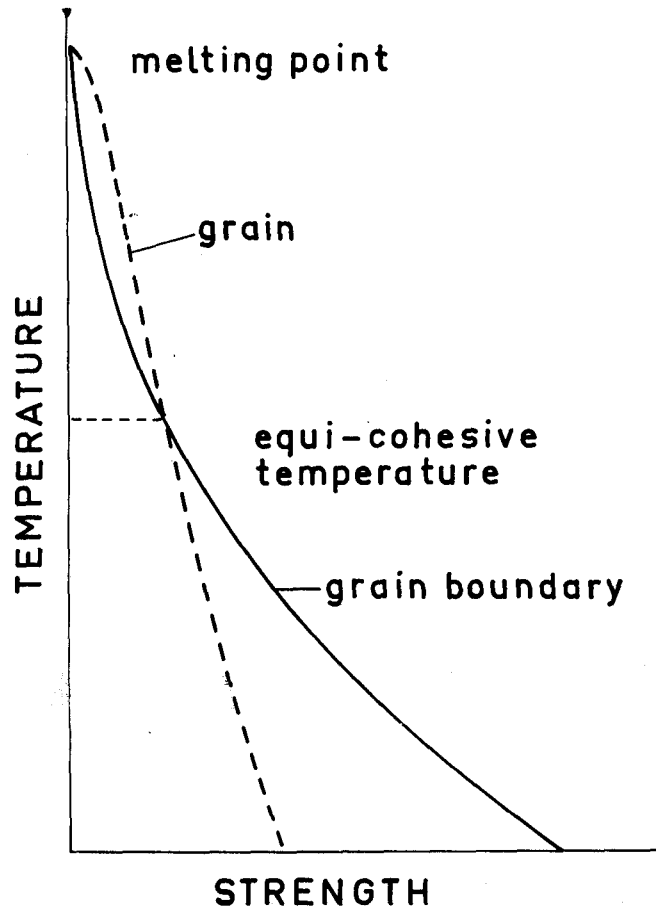


Fig. 2. Representation of the equicohesive temperature /4/.

Kuva 2. Lämpötilan vaikutus rakeen ja raerajan lujuuksiin /4/.

- there is certain temperature above which the opposite is true.

At the same time a third basic conclusion can be drawn /3, 4/: the deformation rate is an important factor in high-temperature deformation and it determines an "equicohesive temperature" for every metal. This temperature defines the boundary between inter- and transcrystalline fracture (fig. 2, /4/).

A great number of the experimental studies, including the recent ones, prove the classical character of the formulations below, but contradictions arise between the amorphous structure theory and some later established facts /7, 8/. This gives rise to the possibility for making new suggestions.

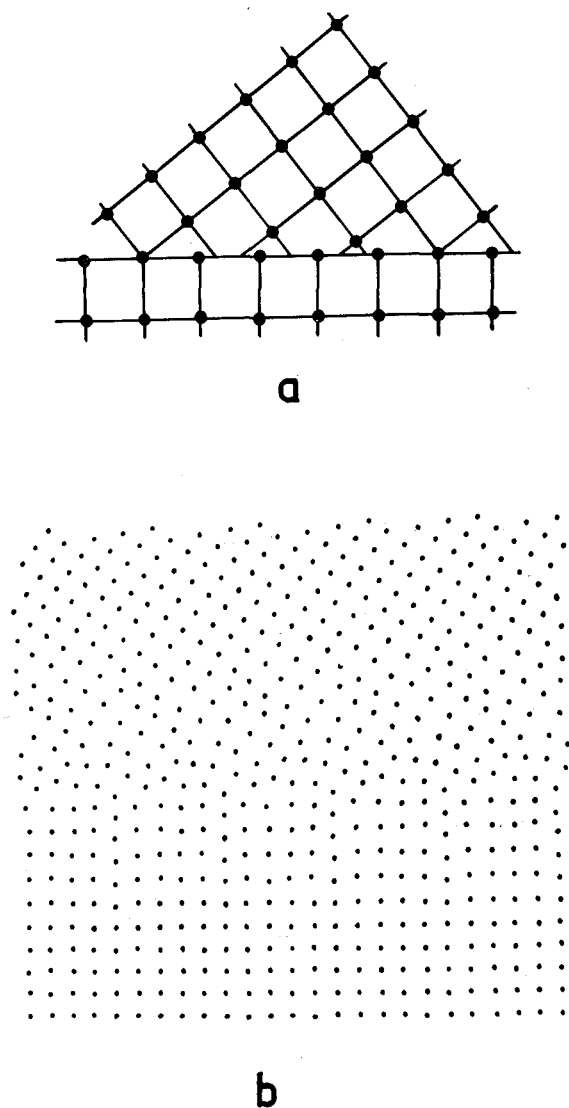


Fig. 3. Description of grain boundary with a dislocation structure /9/.

Kuva 3. Raerajan esittäminen dislokaatorakenteella /9/.

The transitional crystalline pattern theory of the grain boundary (fig. 3, /9/), was supported by the assumption of the dislocation structure of grain boundaries /10, 11, 12/. It has been shown that this theory is only capable of explaining the geometry and energy processes of small angle grain boundaries, when the angle is less than 8° /14/.

The contemporary ideas of grain boundary structure have been expressed in the "island model" and "good and bad fit" theories on the crystalline pattern /13/. Experimental evidence for the theories has later been reported /15, 16/. A grain boundary can not be represented as a crystallographic plane, but on an atomic scale is a polyhedron consisting of a 5–50 atomic space large composite of numerous concavities and convexities /16/. A part of these is orientated in such a manner that they fit with the opposite ones and they constitute "islands of good fit". Among the areas of the well fitted crystal lattice there are the areas of crystalline discrepancy, which are vacancy systems, frequently called "channels".

This theory has nowadays many supporters and in

our opinion it should be taken into consideration in the examination of the problem of void initiation.

Nucleation and growth of voids

Owing to the fact that the study of wedge-shaped cracks of the ductile fracture process preceded the experimental establishment of voids in the metal fracture surface /17/, they were often taken as the nuclei of cracks, in spite of their obvious presence in the published metallographic pictures /18/. After some theoretical assumptions about the formation of voids /11/, voids were observed in the study of the intercrystalline fracture of alpha and beta brass /21, 22). J. N. Greenwood was the first to publish a detailed description of the void nucleation in copper and brass /23, 24/, and he also presented a theoretical model of the nucleation /21, 23/.

Later this process was studied in the high-temperature deformation of such metals and alloys as magnesium /26/, nimonic /27/, copper /26, 29, 31, 36, 41, 49/, nickel and nickel alloys /35, 36/, iron /40, 43/, low-alloy steel /48/, tungsten /42/, alpha brass /47/, aluminium alloys /50/ and titanium alloys /51/. The analysis of the results of these investigations gives us the main characteristics of the process:

1. Void-formation can be observed in a certain stage of plastic deformation of metals using low deformation rates at high temperatures.
2. Voids nucleate on the grain boundaries /24, 27, 28, 48/, and the preferred places are triple points and grain boundary jogs /27, 28, 31, 38, 49/.
3. Voids nucleate chiefly on the boundaries situated perpendicular to the direction of the tensile stress applied /26, 28, 31, 36/.
4. Voids are not observed on twin boundaries /23, 25, 49/, even if the boundaries are perpendicular to the stress /31/.
5. The number of voids increases with the increase of grain boundary sliding /28, 29, 38, 48, 50/.
6. Particles, as second phases and non-metallic inclusions, stimulate void nucleation /27, 38, 48, 50/.

It is clear that every model explaining the process of the nucleation of voids in high temperature deformation has to take into consideration the above facts.

The suggestions of numerous authors can be summarized in the following three statements:

1. Chronologically, the theory of nucleation of voids by the coagulation of vacancies /21, 22, 23, 24, 30, 32, 36/ is the first explanation of the process /21, 22/, and is based on the orientated migration of vacancies in a crystalline pattern caused by an external stress and atomic thermal fluctuations /30, 32/. It is evident, using this model, that high temperature and the persistent action of external forces help the nucleation of voids. Thus in the uniaxial tensile test the boundaries which are perpendicular to the tensile stress are the most probable nucleation sites of voids /24, 36/. One illustration is given in fig. 4 /21/, where two grains having different

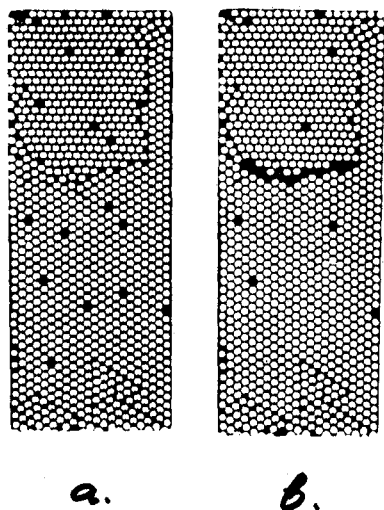


Fig. 4. Vacancy model for the description of the nucleation of voids /21/.

Kuva 4. Kolojen muodostuminen vakanssien yhdistymisessä /21/.

orientations are represented by balls. The void nucleus is formed by the unification of half of the 18 vacancies present.

The proposed vacancy-diffusional model explains satisfactorily the experimental facts of points 1 and 3 described above and partly those of points 2 and 6, but it cannot explain the others.

2. The theory of the nucleation of voids by the opening of deformation steps /25/ and jogs /26/ on the grain boundaries in grain boundary sliding has many supporters /5, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 37, 38, 41, 42, 43, 44, 47, 48/. This process is shown schematically in fig. 5 /25/. The deformation step in the grain "B", obtained as the result of intergrain sliding, causes a corresponding change in the shape of grain "A" due to the cohesion between "A" and "B" (fig. 5b). If grain boundary sliding occurs before the migration of boundaries can erase the deformation step, it will break the bond between grains "A" and "B" on the step region and form the nucleus, "C", (fig. 5c). When the nucleus reaches a size of $10-10^3$ atomic spaces, it is stable and it is able to grow by the agglomeration of vacancies /28, 38, 44/. The dependence of void nucleation on the internal and grain boundary sliding is established in quite many theoretical /37, 38, 44, 45/ and experimental studies in aluminium, lead /25/, copper /41, 43/, iron /43/, alpha brass /47/, steel /48/, and bicrystals of copper /26, 29/.

The theory presented above, gives a satisfactory explanation to most of the facts mentioned above, but the lack of voids on twin boundaries, and the role of second phase on non-metallic particles are only phenomenologically accounted for /27, 28/.

3. The fundamental premise of the two theories mentioned above is the lack of nuclei before the deformation, although some facts indicate the significance of the grain boundary morphology. Later on a considerable number of experimental facts were discovered, showing the determinant role of some pre-existent embryos, which were connected with second-

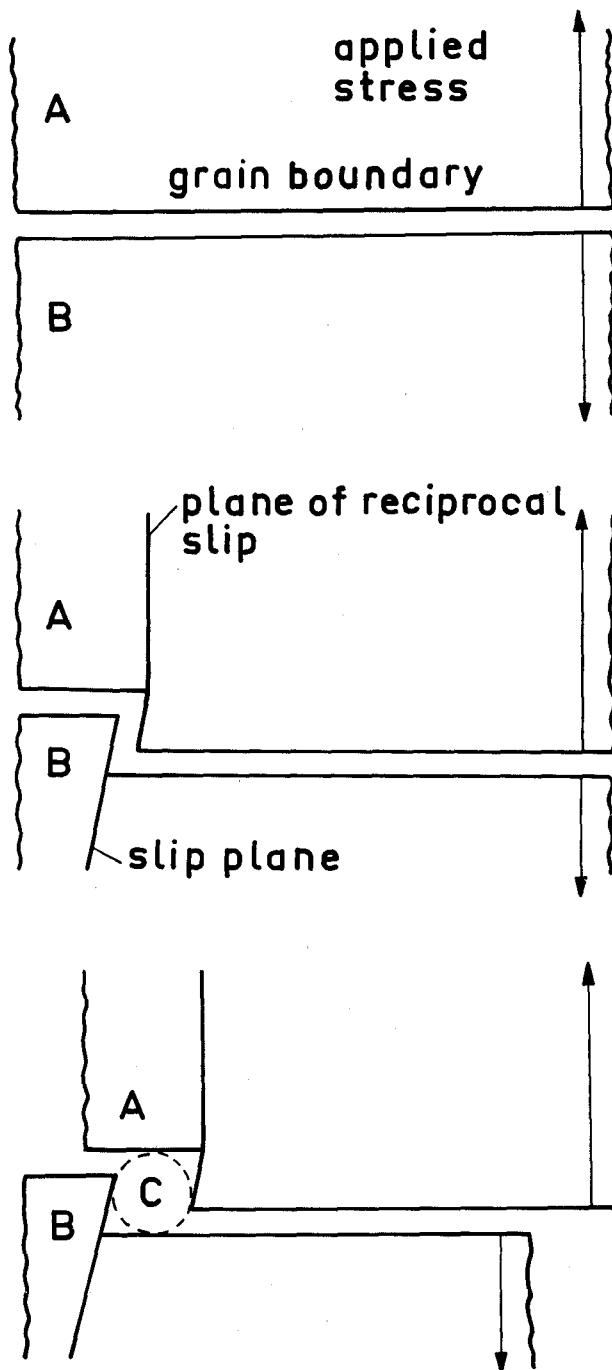


Fig. 5. Formation of voids during grain boundary sliding /25/.

Kuva 5. Kolojen muodostuminen raerajojen liukumisessa /25/.

phase crystallines or non-metallic inclusions /31, 43, 48, 50, 51, 52/, or with the kinks on the grain boundaries /29, 35, 43, 46, 49/. Theoretically the problem is partly considered for the case of a non-plastic particle in plastic matrix /39/.

The final form of a spherical void, which is in a slip band under the influence of symmetrically distributed shear stresses (fig. 6, /52/), will be a rotary ellipsoid. If there is a hard particle in the same place, the stress state of its grain boundary surface would be according to fig. 6b. The relaxation of the tensile stresses on its poles, in the same way as the condensation of prismatical dislocation loops /52/,

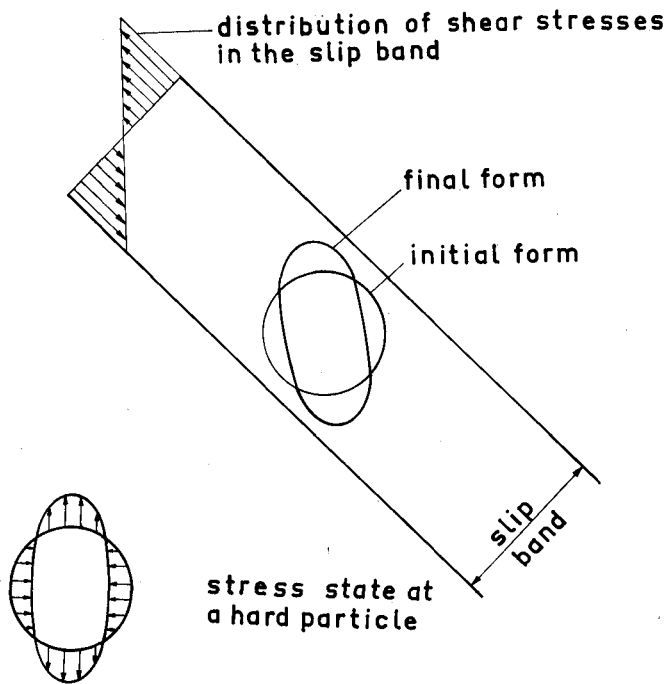


Fig. 6. Deformation of a void (a), and stress distribution at the grain boundary of a hard particle (b) /52/.

Kuva 6. Kolon muokkautuminen (a) ja jännitysjakautuma kovan partikkelin pinnalla (b) /52/.

leads to the formation of a void nucleus. It is evident that this process would run more easily and at lower values of stress, if there is a pre-existing decohesion on the boundary.

On the basis of the island theory, explaining the construction of the grain boundaries, it can be concluded that there are enough disturbances in the coherent bond to give the critical sizes of the stable nuclei. If this is valid for grains having regular crystal lattice parameters /16/, it can be supposed that more and larger islands of bad fit acting as void nuclei exist in the cases when there are differences in the parameters of the lattices (second phase or non-metallic particles). In high-temperature deformation this effect increases with the additional influence of energy fluctuation, and it is a function of the temperature, stress and deformation rate.

In our opinion, the voids grow mainly in the decohesion areas of the crystal lattice (islands of bad fit) and the mechanism for this is possibly vacancy condensation or grain boundary sliding, depending on the temperature-deformation conditions. This suggestion explains the experimental facts mentioned above well and can be helpful in developing a new theoretical treatment of the subject.

Yhteenveto

Tässä artikkelissa tarkastellaan metallien kuumamuokkauksessa murtumista edeltävien kolojen muodostumista useiden teoreettisten mallien avulla.

- Rosenhain W., J. Inst. of Metals, 8 (1912), p. 123.
- Rosenhain W., and Ewen D., J. Inst. of Metals, 8 (1912), p. 149.
- Jeffries Z., Trans. Am. Inst. Metals, 11 (1917), p. 300.
- Jeffries Z., and Archer R. S., "The Science of Metals", McGraw-Hill, New York, 1924.
- [Konrad G.] Конрад Г. Механические свойства при повышенных температурах, Металлургия, 1965.

- Beilby G. T., J. Inst. of Metals, n:o 2 (1911), p. 5.
- Taylor G. J. and Elam C. F., "The plastic extension and fracture of aluminium crystals", Proc. Royal Society, A108 (1925).
- Gordon R. B. and Cohen M., "Age Hardening of Metals", Am. Soc. for Metals, 1940, p. 161.
- Hargreaves F. and Hills R. J., J. Inst. of Metals, 41 (1929), n:o 1.
- Burgers J. M., Proc. Phys. Soc., 52 (1940), p. 23.
- Parker E. R., Trans. Am. Soc. for Metals, 33 (1944), p. 150.
- Dead W. T. and Shockley W., Physical Review, 78 (1950), p. 275.
- Mott N. F., Proc. Phys. Soc., 60 (1948), p. 391.
- Gjostein N. A. and Rhines F. N., Acta Metallurgica, 7 (1951), p. 319.
- Ryan H. F. and Suiter J. W., Phil. Mag., 10 (1964), p. 71.
- Gifkins R. C., Materials Science and Engineering, 2 (1967), p. 181.
- Zener C., "Elasticity and Anelasticity of Metals", Chicago (University of Chicago Press), 1948, p. 158.
- Thielemann R. H. and Parker E. R., Trans. Am. Inst. Mining Metallur. Eng., 135 (1939), p. 559.
- Whitaker M. E., Metallurgia, 39 (1948), p. 21.
- Herenquel J. and Scheidecker M., Revue de Metallurgie, 48 (1951), p. 173.
- Greenwood J. N., J. Iron and Steel Institute, 171 (1952), p. 380.
- Greenwood J. N., Bulletin of the Inst. of Metals, 1 (1952), p. 104.
- Greenwood J. N., Bulletin of the Inst. of Metals, 1 (1952), p. 120.
- Greenwood J. N., Miller D. R., and Suiter J. W., Acta Metallurgica, 2 (1954), p. 250.
- Gifkins R. D., Acta Metallurgica, 4 (1956), p. 98.
- Chen C. W. and Machlin E. S., Acta Metallurgica, 4 (1956), p. 655.
- McLean D., J. Inst. Metals, 85 (1956-57), p. 468.
- Davies P. W. and Dennison J. P., J. Inst. Metals, 87 (1958-59), p. 119.
- Intrater J. and Machlin E. S., Acta Metallurgica, 7 (1959), p. 140.
- Shakinian P. and Achtra M., Trans. ASM, 51 (1959), p. 244.
- Hull D. and Rimmer D. E., Phil. Mag., 4 (1959), p. 673.
- [Jurkov S. N.] Журков С. Н. ФТТ, 1960, т. 2, вып. 6, с. 1033.
- [Gegusin J. E.] Герусин Я. Е. Макроскопические дефекты в металлах, Металлургиздат, 1962.
- [Grant N. J.] Грант Н. Дж. Атомный механизм разрушения, Металлургиздат, 1963, с. 575.
- Davies P. W. and Wilshire B., Phil. Mag., 11 (1965), p. 189.
- [Mirkin I. L.] Миркин И. Л. Металловедение и термическая обработка металлов. № 5, 1966, с. 17.
- Skelten R. P., Phil. Mag., 15 (1967), p. 405.
- Speight M. V. and Harris J. E., Metal Science Journal, 1 (1967), p. 83.
- Ashby M. F., Phil. Mag., 14 (1966), p. 1157.
- Taplin D. N. R. and Wingrove A. L., Acta Metallurgica, 15 (1967), p. 1231.
- Gittins A., Metal Science Journal, 1 (1967), p. 214.
- Stiegler J. O., Farrel K., Loh B. T. M., and McCoy H. E., Trans. ASM, 60 (1967), p. 9494.
- Davies P. W. and Williams K. R., Metal Science Journal, 3 (1969), p. 48.
- Woodford D. A., Metal Science Journal, 3 (1969), p. 50.
- Greenwood G. W., Phil. Mag., 19 (1969), p. 423.
- Evans H. E. and Waddigton J. S., Phil. Mag., 20 (1969), p. 1075.
- Spark I. J. and Taplin D. N. R., J. Australian Inst. of Metals, 14 (1969), p. 298.
- Tipler H. R., Taylor R. H. and Hopkins B. E., Metal Science Journal, 4 (1970), p. 167.
- Johannesson T. and Athölen A., Metal Science Journal, 6 (1972), p. 18 and p. 189.
- Embury J. D. and Wilcox B. A., Metallography, 5 (1972), p. 465.
- Greenfield M. A. and Margolin H., Met. Trans., 3 (1972), p. 2649.
- Rosenfield A. R., Met. Review, 13 (1968), p. 29.

Kalliomekaniikan kongressi Denverissä

Tekn. tri Kalle Hakalehto, Tampella-Tamrock

Kolmas kansainvälinen kalliomekaniikan kongressi pidettiin syyskuun alussa (1.—7.9.74) Denverissä Coloradossa Yhdysvalloissa. Edellinen kongressi oli vuonna 1970 Belgradissa Jugoslaviassa.

Nyt pidetyn kongressin tarkoituksena oli tehdä yhteenvedo edellisen kongressin jälkeen tapahtuneesta kansainvälisestä kehityksestä kalliomekaniikan alalla ja samalla koota jo varsin laajaksi paisunut kalliomekaniikan kenttä yhteisen tarkastelun kohteeksi. Toisaalta oli pyrkiä myöskin antamaan suunta kalliomekaniikan alalla suoritettaville uusille ponnistuksille.

Kongressi oli organisoitu siten, että koko kalliomekaniikan aihepiiri oli jaettu viiteen pääteemaan. Kustakin teemasta oli pääraporttoreita (general reporter) laatineita laajan katsauksen, joka pyrki kattamaan tämänhetkisen tilan ja kehityksen suunnan käsitellyllä osa-alueella. Pääraporttoreiden lisäksi kuhunkin teemaan oli valittu viisi täydentävää raporttia viimeaikaisimmasta kehityksestä.

Varsinaisista kongressiin lähetetyistä kirjoituksista oli poimittu muutamia kiinnostavimpia, jotka esitettiin lyhyesti. Koko esitetyn aineiston pohjalta käytiin kunkin teeman keskustelu.

Menettelytapa oli onnistunut. Käsitteitä tosin haittasi se, että vain osa materiaalista oli ehditty jakaa osanottajille etukäteen. Toisaalta aineistoa oli kongressissa niin paljon, että edes suurimpaan osaan perusteellisesti paneutuminen oli mahdotonta.

Kongressin yhteydessä oli myös kalliomekaanisia mitalaitteita esitellyt näyttely.

Kongressin teemat olivat:

1. Physical Properties of Intact Rock and Rock Masses, General Reporter J Bernaix (Ranska)
2. Tectonophysics, General Reporter A Nur (USA)
3. Surface Working, General Reporters E Hoek (Englanti), P Londe (Ranska)
4. Underground Openings, General Reporter M D G Salamon (Etelä-Afrikka)
5. Fragmentation Systems, General Reporters P A Persson (C H Johansson) (Ruotsi)

Teema 1.

Kiven ja kallion fysikaalisia ominaisuuksia koskeneessa raportoinnissa keskityttiin niihin mekaanisiin ominaisuuksiin, deformaatioon ja lujuuteen, joilla on erityisesti merkitystä käytännön sovellutusten kannalta.

Päähuomion kiinnitti raporttoreita siihen, miten rakosysteemit kontrolloivat kiven ja kallion muodonmuutoksia ja lujuutta. Rakoilu (fissuration) on se kiven ominaisuus, joka erottaa sen selvimmän muista materiaaleista. Vaikka rakoilu on monimutkainen ominaisuus, voidaan sitä kuitenkin kuvata kvantitatiivisesti toisen asteen parametreilla. Nämä ovat yksinkertaisilla mittauksilla todettavien ensimmäisen asteen parametrien (permeabiliteetti, äänen nopeus, puristuslujuus) muunnelmia.

Kun kiven käyttäytymistä on analysoitu perusmekanismien pohjalta, on todettu, että sivupaineen vaikutuksen alaisena rakosysteemit kehittyvät asteittaisesti stabiilista epästabiileiksi. Eräät perusmekanismit erityisesti dilatatio ja asteittainen murtuminen selventävät kallion käyttäytymisen tyypillisiä piirteitä.

Nykyisin rakosysteemejä voidaan Bernaix'n mukaan käyttää yhteisenä tekijänä lähes kaikissa kalliomekaanisissa tutkimuksissa. Vielä selvempi yhteinen tekijä on energian häviämättömyys, mutta siltä pohjalta on tähän mennessä tehty kalliomekaanisia tutkimuksia erittäin rajoitetusti.

Teema 2

Tectonophysics-teeman käsittelypiirissä olivat maankuoressa vallitsevien voimien ja muodonmuutosten suhteet. Koska mekaaniset ominaisuudet maankuoressa vaihtelevat syvyyden muuttuessa, erotti raporttoreita seuraavat kolme käyttäytymisryhmää: 1) **upper crust**, jossa merkittävimmät on haurasmurtuma, 2) **lower crust**, jossa tapahtuu siirtymäinen hauraasta sitkeään käyttäytymiseen ja 3) **mantle**, jossa viskoinen käyttäytyminen on deformaation määräävin tekijä.

Upper crust -osassa deformaatio keskittyy kapeisiin siirrosvyöhykkeisiin. Liikunnot voivat olla siirroksissa hyvin nopeita (maanjärjestykset), hitaampia, jolloin tapahtuu ajoittaista ryömimistä tai jatkuvia, jolloin ryöminen on tasaista. Käytännössä kaikki kolme voivat esiintyä samanaikaisesti.

Todennäköisimpänä epästabiilisuutena kalliolla pitää Byerleen esittämää ominaisuutta frictional brittle instability. Jälkijärjestykset ja ryömintä edellyttävät viskoista käyttäytymistä, mikä voi aiheutua staattisesta väsymisestä, ajasta riippuvasta kitkasta tai huokospaineen muuttumisesta.

Lower crust -osassa hauras käyttäytyminen muuttuu sitkeäksi. Sitkeä käyttäytyminen voi olla useiden tekijöiden seurausta. Näitä ovat sivupaine, mineralogiset muutokset, kasvava lämpötila ja sopiva huokospaineen jakautuma.

Mantle-alueella deformaatio on mitä todennäköisimmin yhteydessä korkeassa lämpötilassa tapahtuvaan ryömimiseen.

Tulevaisuudessa tulee raporttoreiden mukaan plate tectonics korvattavaksi tektonofysikaalisilla teorioilla, jotka käsittelevät sekä voimia että siirtymiä. Maanjärjestyksiä pyritään ennustamaan ja niihin myös vaikuttamaan. Myös maan lämpöenergiaa pyritään ottamaan ihmisen käyttöön. Nur olettaa myös tulevaisuudessa laboratorio-kokeista ja in situ -havainnoista siirryttävän suurimittakaavaisiin kenttäkokeisiin. Esimerkkinä näistä Rangely Colorado -kokeet, joissa pumpattiin nestettä kallioon, tai kallonopeuden muutokset, jotka johtuvat vaihtuvista myötymistä, joita aiheuttavat mm. maan jaksottaiset liikunnot.

Teema 3

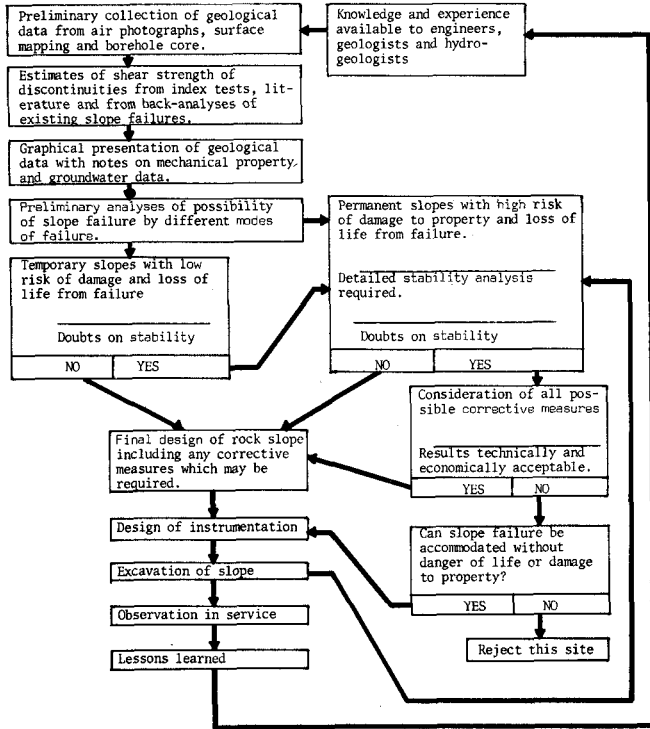
Tämän avolouhintaa koskevan teeman raporttoreita korostivat käytännön suunnittelua. He esittivät kokouksessa raporttinsa käytännöstä poimituin havainnollisin kuvin.

Tätä taustaa vasten tarkasteltiin paikalla suoritettavia tutkimuksia, laboratorio-kokeita, matemaattisia ja fysikaalisia malleja sekä myös varmuuskerrointa. Tarkastelua varten aihepiiri oli jaettu kalliorintauksiin ja kallio-perustuksiin.

Veden vaikutus stabiliteettiin sekä keinot veden kontrolloimiseksi olivat esillä samoin muut menetelmät sta-

biliteetin parantamiseksi mm. tarkkuusräjäytykset ja kallion lujittamistoimenpiteet.

Merkittävänä tavoitteena pidetään tasapainoista suunnittelua "balanced design", jossa eri vaikuttavat tekijät on otettu oikein huomioon. Kuvan 1. kaavio esittää kalliorintauksen suunnittelun kulkukaavion.



Kuva 1. Kalliorintauksen suunnittelun kulkukaavio.

Teema 4.

Maanalaisten louhostilojen kalliomekaniikkaa käsittelevä teema on mitä mielenkiintoisin louhintasuunnittelijan kannalta. Pääraportoija Salamon antaa katsaukseen perusteellisen selvityksen siitä, mihin tällä hetkellä perustuu maanalaisten louhostilojen kalliomekaaninen tarkastelu.

Pisimmälle menevä teorian ja tiedon sovellutus on mahdollista suorittaessa louhintaa laattamaisissa esiintymissä (tabular excavation). Sen sijaan louhittaessa sen tyyppisiä esiintymiä, missä suurin osa Suomen kaivoksista sijaitsee, ei yhtenäistä kokonaisvaltaista ratkaisumallia ole. Tähän kiinnitettiin erityistä huomiota, ja tämän vaikean probleeman selvittämiseen käiksi käyminen todettiin ensiarvoisen tärkeäksi.

Viime aikoina kehittynyt numeeristen menetelmien ja tietokoneiden käyttö on tehnyt mahdolliseksi ratkaista varsin monimutkaisia maanalaisiin tiloihin liittyviä probleemoja. Aikaisemmin mm. kolmidimensionaalisten probleemojen ratkaiseminen oli mahdollista vain jännitysoptiikan avulla. Erityisesti on todettava finite-element -menetelmän tuomat mahdollisuudet monimutkaistenkin tapauksien ratkaisemisessa. Tässä kehityksessä on kuitenkin eräitä vaaratekijöitä. Tehokas "mekaaninen" työase, mitä esim. finite-element -menetelmä ja tietokone ovat, houkuttelee usein varsin helpolta tuntuviin ratkaisuihin, jotka saattavat vaatia runsaasti tietokoneaikaa ja tulla kalliiksi. Suuri vaara piilee siinä, että unohtetaan perustietouden ja teorian kehittäminen, kun uskotaan liikaa nyt käytettävien menetelmien tehokkuuteen.

Mittauksia koskevana mielipiteenään toi raportoija ilmi suurimman luottamuksensa yksinkertaisiin mittaus-

menetelmiin, joissa mitataan pituusyksiköissä muodonmuutosta. Tällöin tulee vähiten mittaustekniikasta johtuvaa epävarmuutta tuloksista keskusteltaessa, esim. ei tarvitse kiistellä, mitä kimmomodulin arvoa on käytettävä. Mittaustulosten hyväksikäyttö vaatii, että luonnollisesti on tarkasteltava oikeaa tilannetta ja tiedettävä, mitä on mitattu.

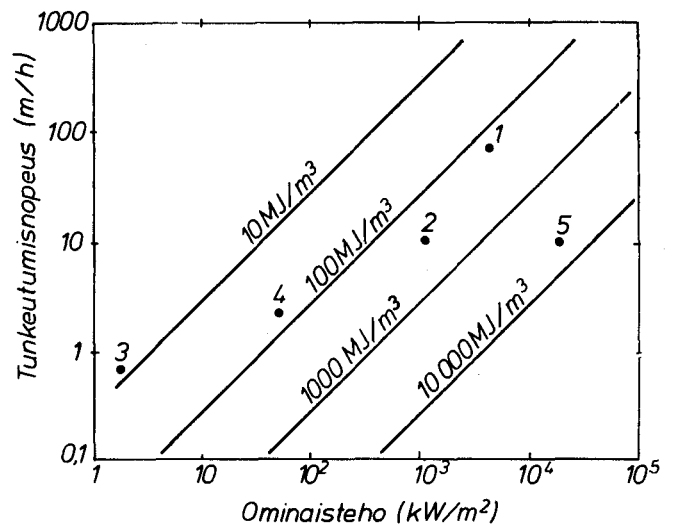
Teeman 4 käsittely ei suoranaisesti tuonut uusia keinoja aihepiiriin monimutkaisten probleemojen käytännölliseksi ratkaisemiseksi, mutta pääraportoijan laatima selvitys on perustavaa laatua oleva, laaja tämän päivän tiedon tason esitys, jonka sisällön lyhyt referointi on mahdotonta.

Teema 5.

Kiven särkemistä koskevan teeman pääkatsauksessa olivat painotetusti esillä kallion räjähdyksiin liittyvät asiat. Lyhyemmin käsiteltiin porauksen probleemoja. Tähän puoleen toisaalta kiinnitettiin huomiota täydentävissä raporteissa.

Tämän päivän tekniikka ja sen kehittäminen tuli voimakkaasti priorisoiduksi. Vaikka uusia tekniikkoja kehitetään kiven särkemiseksi, ei niiden osuus koko suoritettavasta louhintatyön määrästä ole merkittävä aikana, jota nyt voidaan ennustaa.

Tri Cook Etelä-Afrikasta esitti erilaisten menetelmien välillä kuvan 2. mukaiset vertailutulokset.



Kuva 2. Vertailu eri porausmenetelmien välillä tarkasteltaessa tunkeutumis- tai etenemisnopeutta, ominaisenergiaa ja ominaisenergiaa.

- Pisteet: 1. Iskevä poraus (pieni reikä)
2. Rotaatioporaus
3. Poraus-räjähdytys-tunnelinajo
4. Kokoprofiiliporaus
5. Uudet tekniikat

Uusien tekniikojen käyttö saattaa edistyä nopeammin, jos niitä voidaan yhdistää auttamaan nykyisiä mekaanisia menetelmiä. Käsityksenä mekaanisista menetelmistä tuli selvästi esiin nousuporauksen voimakas leviäminen lujan kiven alueella.

Kolmas kansainvälinen kalliomekaniikan kongressi antoi hyvän kuvan tämän päivän tasosta kalliomekaniikan alalla. Se täytti täten hyvin tarkoituksensa, mitä ei suinkaan voida sanoa kaikista nykyisin pidettävistä moninaisista kongresseista ja symposiumeista.

Kalliomekaniikka on kehittynyt tieteenä aikuisikään, ja sen mielekäs soveltaminen käytännön probleemoiden ratkaisemiseen louhinnan suunnittelussa ja suorituksessa on mahdollista ja myös voimakkaasti etenemässä.

Metallurgien täydenniskoulutus kehittyä

Dipl.ins. Pekka Purra, Rautaruukki Oy.

Vuorimiesyhdistys ry:n metallurgijaoston liikkeelle panemalla ja lähinnä jäsenistöä palvelevalla kurssimuotoisella täydenniskoulutustoiminnalla on perinteitä jo muutamien vuosien takaa. Marraskuussa 1973 pitkähkön tauon jälkeen vireästi käynnistyneen kurssitoiminnan voidaan kuitenkin katsoa avanneen uuden lehden metallurgien täydenniskoulutuksessa. Kolmen tähän mennessä järjestetyn kurssin käytännön järjestelyistä on ollut vastuussa Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus ry metallurgijaoston nimeämien erillisten toimikuntien vastatessa varsinaisesta suunnittelusta. Lähitulevaisuudessa tavoitteisiin kuuluu toiminnan pitkäjänteistäminen ja rationaalisoinen.

Taustaa

Tarkasteltaessa lukuisten täydenniskoulutusta tarjoavien organisaatioiden kurssiohjelmistoja todetaan, että ne ovat lähes täydellisesti puhtaat metallurgiaa käsittelevistä aiheista muutamia harvoja poikkeuksia lukuunottamatta. Tämän täydenniskoulutustarjonnassa esiintyneen aukon metallurgijaoston johtokunta katsoi tarpeelliseksi ja välttämättömäksi täyttää. Aktiiviteettia oli omiaan lisäämään jaoston toimintafunktion laajentamisesta käyty keskustelu, joka jatkuu edelleenkin.

Varsinaisena käynnistävänä tekijänä voidaan pitää VMY:n vuosikokouksessa 1973 metallurgien piirissä toimeenpantua pienimuotoista jäsenkyselyä osallistumishalukkuudesta täydenniskoulutukseen. Lähes kaikki kyseeseen osallistuneet pitivät toimintamuotoa tarpeellisena. Lisäksi saatiin merkittäviä vihjeitä jäsenistöä kiinnostavista koulutusaiheista.

Tavoitteista

Kurssien järjestämisen yleisenä päätavoitteena on jaoston johtokunnassa nähty luonnollisesti metallurgien ammattipätevyuden edistäminen. Merkittävänä on myös pidettävä kurssien suunnittelutoiminnan suomaan jäsenten osallistumismahdollisuuden lisääntymistä sekä mielenkiinnon heräämistä ammattikunnan koulutuskysymyksiin. Väheksyä ei pidä myöskään internaattikurssien mahdollistamaa yhdessäolofunktiota.

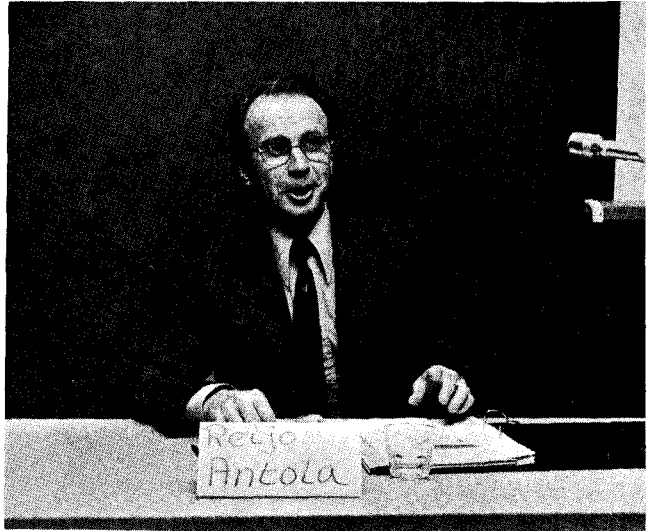
Kuten edellä mainittiin, pyrkii jaoston organisoimainta täyttämään aukkoa, joka täydenniskoulutustarjonnassa ilmenee. On myös kiinnitetty huomiota tarjolla olevien kurssien luonteeseen; kurssit käsittelevät useimmiten ainoastaan joukon tiettyä aihekokonaisuutta esitteleviä luentoja. Edelleen on kritisoitu voimakkaasti kurssien sisältämien luentojen teknistieteellistä laatua, jota korkeakouluinsinöörien tiedontasoon nähden on pidetty riittämättömänä.

Kyseiset näkökohdat huomioon ottaen on toteutuneet kurssit pyritty suunnittelemaan keskimääräistä vähäisemmälle joukolle valikoituneita osanottajia, kurssilla

käsiteltyjen teemojen lukumäärää on rajoitettu ja luentojen taso pyritty saamaan mahdollisimman korkeaksi ja kunkin teeman käsittely on sisältänyt aiheeseen liittyviä harjoitustöitä kritiikkitilaisuuksineen.

Pidetyt kurssit ovat ajoittuneet torstai-iltapäivän ja lauantai-iltapäivän väliin. Kyseisellä järjestelyllä on pyritty mahdollisimman tehokkaaseen ajankäyttöön sekä osanottajien ja heidän yhtiöittensä kannalta. On tosin todettava, että lauantain käyttö tilaisuuksiin on kohdannut joidenkin osanottajien taholta voimakasta kritiikkiä. Mahdollisesti myös itse koulutustapahtuman kannalta ajoitus ei ole onnistunut parhaalla mahdollisella tavalla.

Kurssien yhteyteen on pyritty liittämään myös näyttely- ja tuote-esittelytilaisuuksia joiden luonne soveltuu kurssin aiheeseen. Kokemukset näistä eivät kuitenkaan ole olleet siinä määrin rohkaisevia, että ne kannustaisivat jatkamaan, niin mielenkiintoisia ja elävöittäviä kuin tilaisuudet olisivatkin. Eräänä vaihtoehtona voitaneen esittää näyttelytoiminnan liittämistä yhdistyksen vuosikokouksen yhteyteen, jolloin ajankäyttö on helpommin järjestettävissä ja osanottajien lukumäärä on suurempi.



Kuva 1. Metallurgijaoston puheenjohtaja on toiminut myös kurssin vetäjänä

Kurssien osanottajat

Tähän mennessä järjestetyillä kursseilla on, kuten mainittua, pyritty palvelemaan lähinnä metallurgijaoston jäseniä ja tästä syystä on kurssien markkinointi tapahtunut lähinnä jaoston tiedotuslehden välityksellä ja paljolti myös suorilla kontakteilla. Osanottajien lukumäärät on rajoitettu 30—40 henkilöön lähinnä yhteistyön kiinteystämiseksi. Osanottajista n. 60—80 % on ollut jaoston jäseniä, mikä osaltaan osoittaa tavoitteet toteutuneiksi.

Kädenjonnuksena korkeakoulujen suuntaan on jokaisella kurssilla ollut tarjolla kaksi ilmaispaikkaa jatko-

opiskelijoille, joiden aineyhdistelmä liittyy kurssin aiheeseen. Aktiivisuus ilmaispaikkoihin on ollut ilmeinen.

Miellyttävänä poikkeuksena osanottajakuvaltaan voidaan pitää senkkametallurgian kurssia, johon osallistui joukko ruotsalaisia ja norjalaisia sekä luennoitsijoina että osanottajina. Kurssilla pidettiin osa luennoista muulla kuin suomen kielellä. Omaksumisen edistämiseksi suoritettiin etukäteen melkoisesti käännoistyötä sekä ruotsin että suomen kielille.

Osanottajien aktiivisuus on yleensä ollut korkeaa luokkaa ja keskusteluihin on osallistuttu virkeästi. Torstai- ja perjantai-illoiksi järjestetyt saunomiset oluttarjoiluineen ovat olleet erityisessä suosiossa jopa siinä määrin, että seuraavan aamupäivän aikataulussa on esiintynyt hienoisia myöhästymisiä. Suoritettujen gallupien mukaan kurssit ovat vastanneet hyvin osallistujien odotuksia.

Kurssit

Terästen lämpökäsittelyn erityiskysymyksiä käsittelevä kurssi järjestettiin 1973-11-15...17 Aulangolla. Suunnitelutoimikuntaan kuuluivat:

prof. Martti Sulonen puh.joh., dipl.ins. Reijo Katila, dipl.ins. Lauri Mannerkoski, tekn.tri Lasse Salonen, dipl.ins. Erkki Ström, ins. Nils Tapani, dipl.ins. Raimo Viherma, dipl.ins. Pekka Purra sihteeri.

Osanottajien lukumäärä oli 32 ja kurssilla pidettiin seuraavat esitykset:

- Dipl.ins. Pekka Ranta (Yhtyneet Paperitehtaat): Lämpökäsittelyn säätö- ja mittaustekniikka
- Tekn.tri Lasse Salonen (Puolustuslaitoksen tutkimuskeskus): Suojakaasut terästen lämpökäsittelyssä
- Dipl.ins. Kari Blomster (Oy Suomen Bofors Ab): Terästen lämpökäsittelyssä syntyvät pintarakenneet
- Ing. Karl-Erik Thelning ja ing. Göran Larsson (Ab Bofors): Specialdragen i massiva kroppars värmebehandling
- Dipl.ins. Kari Kallio (OVAKO Oy): Niukkaseosteisten terästen lämpökäsittely muovaavaa ja lastuavaa työstöä varten

Kurssin yhteydessä järjestettiin näyttely, johon osallistui viisi näytteillepanijaa.

Senkkametallurgian kurssi järjestettiin 1974-05-23...25 Jyväskylässä Hotelli Laajavuoressa. Suunnittelutoimikuntaan kuuluivat:

prof. M. H. Tikkanen puh.joht., dipl.ins. Reijo Antola, yli-ins. Raimo Eriksson, tekn.tri Lauri Holappa, dipl.ins. John Relander, ins. Lauri Tirola, dipl.ins. Matti Turunen, dipl.ins. Pekka Purra sihteeri.

Osanottajia oli 35, joista 8 ruotsalaista ja norjalaista. Kurssilla pidettiin seuraavat esitykset:

- Tekn.lis. Jan-Åke Wester (Metallurgiska Forskningsstationen): Inledningsföredrag om skänkmetsallurgin
- Doc. Thorvald Engh (Metallurgisk Institutt Norges Tekniske Högskole): Vann- och datamodeller av dysa (former), jet och ombländning för injektionsprocesser
- Dipl.ins. Matti Turunen (Metallurgiska Forskningsstationen): Injektion vid behandling av stål
- Prof. M. H. Tikkanen (HTKK): Teoretisk bakgrund av smälta metallers vakuumbehandling



Kuva 2. Kauppat.maist. Sallner luennoimassa investointien suunnittelusta

— Prof. Dr-ing.habil. Manfred Wahlster (Leybold Heraeus GmbH & Co KG): Technical and economical possibilities and limitations of the vacuum treatment

— Yli-ins. Raimo Eriksson (Rautaruukki OY): Sulan raakaraudan rikkipitoisuuden hallinta

Kurssin yhteydessä Oy ASEA Ab:lla oli tuote-esittelytilaisuus.

Investoinnit ja käyttölaskenta metallurgisen teollisuuden toiminnan ohjauksessa. Kurssi pidettiin 1974-10-17...19 Hotelli Polar-Espoossa. Suunnittelusta vastasi lähinnä jaoston johtokunta kuullen asiantuntijoita Rautaruukki Oy:stä, OVAKO Oy:stä sekä Kemira Oy:stä.

Osanottajia kurssilla oli 36. Seuraavat esitykset pidettiin:

— Kauppat.maist. Karl-Johan Sallner (Jaakko Pöyry & Co Oy): Investointien suunnittelu

— Ekon. Jouko Koponen (Rautaruukki Oy): Korvausinvestoinnit: Yritysesimerkki

— Kauppat.maist. Arto Koskinen (Kemira Oy): Laajennusinvestoinnit: Yritysesimerkki

— Dipl.ins. Risto Salama (Jaakko Pöyry & Co Oy): Tehdasprojektin kustannusarvion laskentajärjestelmä

— Tekn.tri Eino Uusitalo (Kemira Oy): Käytännön menetelmät investointien arvioinneissa

— Dipl.ins. Kalevi Aho (OVAKO Oy): Käyttölaskenta toiminnan ohjauksessa

Kurssien puheenjohtajina ovat toimineet jaoston puheenjohtaja yli-ins. Reijo Antola, yli-ins. Raimo Eriksson ja tekn.lis. Asko Parviainen.

Luentomonisteet jokaiselta kurssilta on toimitettu rengaskansioissa, joihin on voitu liittää harjoitustöistä kertyvä materiaali. Ylimääräiset monisteet, n. 50 kpl/kurssi ovat VMY:n rahastonhoitajan hallussa, ja ne ovat jäsenistön ostettavissa n. 40—50 mk:n kappalehintaan.

INSKO:n osuus

Toteutuneet kurssit ovat perustuneet INSKO:n kanssa solmittuihin toisistaan riippumattomiin kertasopimuksiin, joiden mukaan VMY on vastannut kurssien suunnittelusta ja taloudellisesta tuloksesta ja INSKO käytännön järjestelyistä kuten monisteista, laskutuksesta ja tilakysymyksistä.

Yksityiskohtaista kurssisuunnittelua varten on jaoston johtokunta kutsunut erilliset toimikunnat, joissa nimetty

johtokunnan jäsen on toiminut sihteerinä. Toimikunnissa on ollut läsnä myös INSKO:n edustaja käytännön järjestelyihin liittyvien kysymysten asiantuntijana.

Kurssien talousarvioesitykset on laadittu omakustannuseriaatteella ja osallistumismaksut on saatu pidettyä alhaisella tasolla, kiitos VMY:n tuen.

Tulevaisuus

Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus on alusta asti suhtautunut myönteisesti metallurgian täydennyskoulutuskurssien ajatukseen ja järjestelyihin. Lähinnä INSKO:n aloitteesta esitettiin kuitenkin keskusteltavaksi kysymys toiminnan saattamisesta Koulutuskeskuksen normaalin käytännön mukaisiin uomiin, mikä edellyttäisi erillisen INSKO:n puitteissa toimivan valtakunnallisen asiantuntijatoimikunnan perustamista. Käydyissä keskusteluissa on perusteina nähty koulutustapahtuman pitkäjänteistämisen ja järjestelyjen rationalisointien.

Metallurgijaoston johtokunta on asiaa käsitellessään päätenyt paljolti samoihin loppupäätelmiin, syynä mm. johtokunnan rutiiniväimäärän vähentäminen. Kokouksessaan 1974-10-03 Harjavallassa johtokunta päätti periaatteessa hyväksyä Metallurgian Valtakunnallisen Asiantuntijatoimikunnan perustamisen, mutta edellytti samalla, että jaostolla tulee olla kiinteä yhteys toimikuntaan ja sen työskentelyyn.

Perustettavan VAT:n tehtävä on pääasiassa

- koordinoida ja suunnitella metallurgian täydennyskoulustoimintaa lyhyellä ja pitkällä tähtäyksellä
- nimittää erilliset suunnittelutoimikunnat kurssikohdaisesti ja valvoa niiden toimintaa.

Jaoston johtokunnan kannan mukaan tulee perustettavassa VAT:ssa olla edustettuna eri tahot seuraavasti:

- elinkeinoelämä 3—4 edustajaa
- teknilliset korkeakoulut 2 edustajaa
- INSKO 1 edustaja (siht.)

Toimikunnan tulee koostumukseltaan mahdollisimman tasapuolisesti edustaa eri metallurgian teollisuuden osaluueita ja tutkimusta. VMY:n luonteen mukaisesti metallurgijaoston johtokunta esittää mahdollisuudekseen ehdottaa INSKO:lle toimikunnan asiantuntijajäsenet.

VAT:n perustamisen myötä poistuu VMY:ltä taloudellinen vastuu, joka siirtyy INSKO:lle. Koska pääyhdistys kuitenkin katsonee erääksi tehtävistään jäsenoiminnan tukemisen voitaneen ajatella, että VMY tulisi subventoimaan jäsenten kurssimaksuja tarpeelliseksi katsotussa määrin.

Lopuksi

Metallurgijaoston alkuun pääsnyttä täydennyskoulustoimintaa voidaan pitää eräänä ensiaskeleena alueella. Tehtäväkenttä tulee kuitenkin nähdä huomattavasti laajempuna ja pyrkiä aktiivisesti vaikuttamaan koko VMY:n rajaamaan ammattikunnan koulutuspolitiikkaan, yhtä hyvin perus-, jatko- kuin täydennyskoulutuksen alueella. Kysymys on muuttunut erityisen merkittäväksi sen jälkeen kun korkeakouluissa on otettu käytäntöön ns. suorituspistejärjestelmä, mikä tulee aiheuttamaan yksikäsitteisten ammattitutkintorajojen häviämisen valinta-kohtaisten aineyhdistelmien myötä. Tämä puolestaan asettaa perusopinnojen vaiheessa kysymyksiä ratkaistaviksi; opiskelijat eivät tiedä mitä opiskelisivat eikä teollisuus tiedä minkälaisia insinöörejä se tulee saamaan palvelukseensa.



YLI-INSINÖÖRI KOSTI ALANKO

4. 10. 1901 — 1. 11. 1974

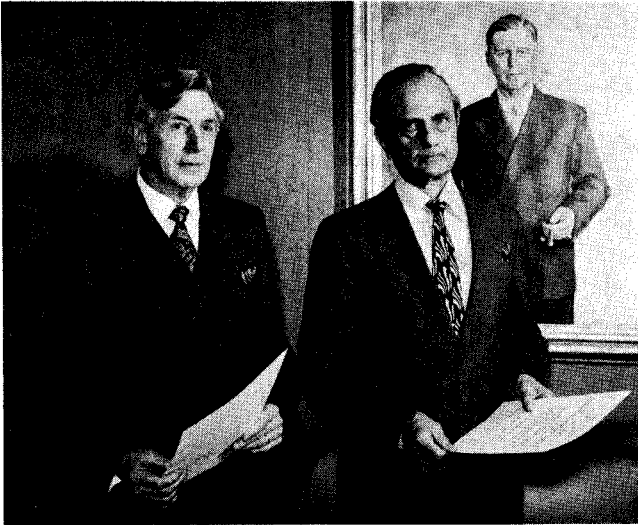
Yli-insinööri Kosti Alanko kuoli 1. 11. 1974. Hän oli syntynyt 4. 10. 1901. Hän valmistui diplomi-insinööriksi Teknillisen Korkeakoulun koneinsinööriosaston koneenrakennuksen opintosuunnalta 1923. Hän toimi Valtion Kivääritehtaan suunnitteluosaston päällikkönä 1926... 1935 ja käyttöpäällikkönä 1935... 1937. Hän suoritti pitkän päivätyön G. A. Serlachius Oy:ssä Mäntässä, jossa hän toimi konepajan johtajana 1937... 1966.

Yli-insinööri Alanko osallistui merkittäväällä tavalla Suomen Valimoteknisen Yhdistyksen toimintaan. Hän oli perustamassa yhdistystä 1948 ja kuului sen hallitukseen 1949... 1966. Hän toimi SVY:n varapuheenjohtajana 1957... 1958 ja puheenjohtajana 1958... 1966. Vuonna 1967 hänet nimitettiin Suomen Valimoteknisen Yhdistyksen kunniajäseneksi.

Yli-insinööri Alanko tunnettiin Pohjoismaissa etenkin valimomiehenä ja teknisen kokemustenvaihdon innokkaana edistäjänä. Hän seurasi kiinteästi valimoalan kehitystä myös eläkkeellä ollessaan, osallistui aivan viime kuukausiin saakka kokouksiin ja koulutustilaisuuksiin ja esiintyi myös itse luennoitsijana.

STS:n jäsen yli-insinööri Alanko oli vuodesta 1926 ja Vuorimiesyhdistyksen jäsen vuodesta 1955.

Outokumpu Oy:n Säätiön tunnustuspalkinto



Tunnustuspalkinnon saajat, vas. prof. Risto Hukki ja oik. prof. Matti Tikkanen. Palkinnot jakoivat Outokumpu Oy:n pääjohtaja Kauko Kaasila ja prof. Paavo Maijala Teknillisestä korkeakoulusta.

Outokumpu Oy:n Säätiö on myöntänyt rikastustekniikan professori **Risto Hukille** ja metallurgian professori **Matti Tikkaselle** kumpaisellekin 10 000 mk tunnustuspalkinnon.

Professori Hukki on väitellyt tohtoriksi MIT:ssä Massachusettsissa USA:ssa vuonna 1944. Teknillisen korkeakoulun rikastustekniikan professoriksi hänet nimitettiin vuonna 1947. Vuodesta 1945 hän on toiminut myös Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen vuoriteknillisen laboratorion johtajana.

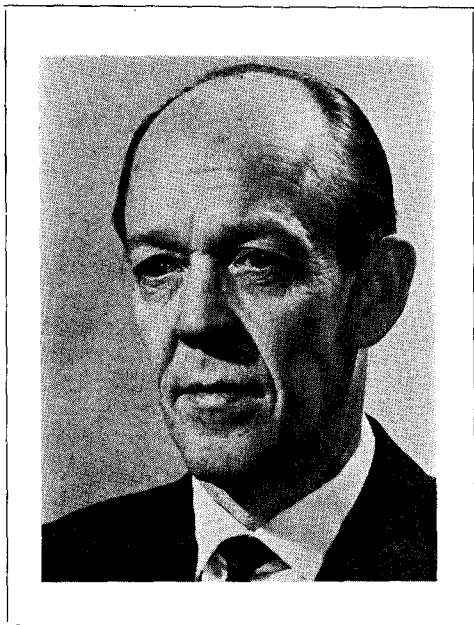
Professori Tikkanen väitteli tohtoriksi vuonna 1949 Teknillisessä korkeakoulussa. Samana vuonna hänet nimitettiin metallurgian professoriksi. Vuosina 1949—60 hän toimi Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen metallurgisen laboratorion johtajana.

Professorit Hukki ja Tikkanen ovat tehneet uraa uurtavaa työtä alan tutkimuksen ja opetuksen kehittämisessä korkealle kansainväliselle tasolle. Merkittävä osa nykyisistä teollisuuden ja tutkimuksen palveluksessa toimivista rikastustekniikan ja metallurgian korkeakouluinsinööreistä on heidän kouluttamiaan. Sekä professori Hukki että professori Tikkanen ovat alallaan kansainvälisesti tunnettuja nimiä tutkimus- ja julkaisutoimintansa ansiosta.

PROFESSORI PAAVO MAIJALAN JÄTTÄESSÄ
VUODEN VAIHTEESSA VUORITEOLLISUUS-
LEHDEN TOIMITUSKUNNAN, ETSITÄÄN
HÄNEN TILALLEEN UUTTA

TOIMITTAJAA

ASIASTA KIINNOSTUNEITA PYYDETAÄN
OTTAMAAN YHTEYS TOIMITUSNEUVOSTON
PUHEENJOHTAJAAN TT KALEVI KIUKKOLAAN
OS: KEMIRA OY, MALMINKATU 30,
00100 HELSINKI 10 TAI PUH.90 - 649 911



AKE (OKE) ADOLF VAASJOKI

15. 02. 1916 — 14. 07. 1974

Oke Vaasjoki on poistunut keskuudestamme. Suomen geologia on menettänyt lahjakkaan tutkijan ja geologikunta sekä oppilaat lämminhenkisen ja auttavaisen työtoverin ja opettajan.

Vaasjoki syntyi Valkealassa 15. 2. 1916. Ylioppilaaksi hän tuli Helsingin V yhteiskoulusta 1935, valmistui filosofian kandidaatiksi Helsingin yliopistosta 1946, väitteli 1953 ja sai filosofian tohtorin arvon 1955.

Kuten monet ikätoverinsa, Vaasjoki joutui kesken opintojaan ottamaan osaa molempiin sotiimme, ensin kuriiriupseerina ja myöhemmin komppanian päällikkönä ja divisioonan kss-komentajana. Sotilasarvoltaan hän oli kapteeni.

Geologiksi valmistuttuaan Vaasjoki toimi vv. 1946—1961 mm. valtioneologina Geologisen tutkimuslaitoksen malmiosastossa. Hän tuli Helsingin yliopiston geologian ja mineralogian dosentiksi 1959 ja siirtyi kokonaan yliopiston palvelukseen ensin museonhoitajaksi 1961 ja apulaisprofessoriksi 1962. Vuosina 1951—1952 hän työskenteli Massachusetts Institute of Technology'ssa Yhdysvalloissa.

Vaasjoen pro gradu -tutkielma ja hänen väitöskirjansa "On migmatites and ore mineralizations in the Pernaja district, southern Finland", enteilivät jo hänen suuntautumistaan malmigeologiaan tutkimuksiin. Hänen tieteellinen työnsä keskittyikin suurelta osin Suomen malmien mineralogian ja synnyn selvittämiseen.

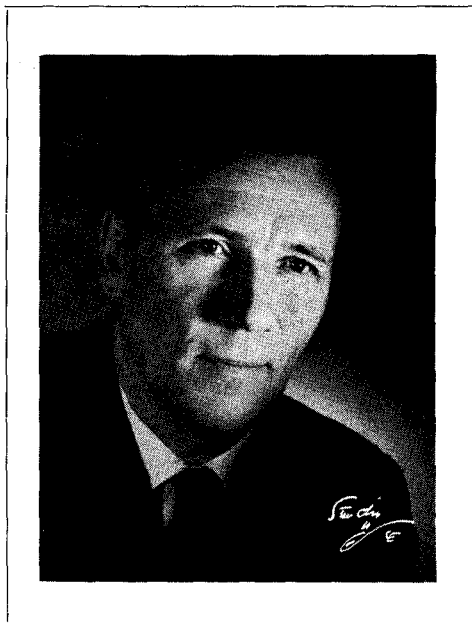
Oke Vaasjoen apua käytettiin hänen laajan malmigeologisen perehtyneisyytensä vuoksi monilukuisiin malmitutkimuksiin sekä kotimaassa että mm. Grönlannissa, ja myös alan opetukseen eri yliopistoissa ja korkeakouluissa. Hän toimi atomienenergianeuvottelukunnan raaka-ainejaoston jäsenenä ja puheenjohtajana ja joutui näin edustamaan maamme alan kansainvälisissä kongresseissa. Erityisen virikkeen uraanimelmeja koskevaan kiinnostukseen antoi hänelle Yhdys-

valtojen Atomienenergiakomission järjestämä retkeily länsivaltioiden uraanimalmialueille ja tutkimuskeskuksiin 1956.

Varsinaisen työnsä ohella Vaasjoki osallistui moniin vaativiin tehtäviin. Opiskeluaikanaan hän toimi geologian opiskelijain kerhon "Vasaran" puheenjohtajana ja osallistui myöhemmin useiden suomalaisten ja ulkomaisten tieteellisten seurojen ja kongressien toimintaan sekä jäsenenä että luottamustehtävissä. Hänen kansainvälisistä luottamustehtävistään mainittakoon Mineralium Deposita-sarjan toimituskunnan jäsenyys. Hän oli Vuorimiesyhdistyksen jäsen vuodesta 1949 alkaen ja sen hallituksen jäsen vuosina 1957—59. Vaasjoki ei kuitenkaan pitäytynyt ainoastaan ammattikuntansa piiriin, vaan osallistui aktiivisesti moniin yhteiskunnan toimintoihin.

Suremme Oke Vaasjoen ennen aikaista poismenoa. Monet hänen aloittamistaan tieteellisistä töistä jäivät kesken ja yliopisto-opetukseen liittyvät suunnitelmat toteuttamatta. Hän ehti kuitenkin kouluttaa nuoren tutkijapolven, joka jatkaa hänen työtään. Muistamme Okea kiitollisin mielin.

HVT



HEIKKI RAJA-HALLI

15. 02. 1911 — 16. 09. 1974

Suomen Malmi Oy:n entinen toimitusjohtaja, diplomi-insinööri Heikki Raja-Halli kuoli 16. 9. 1974 vaikean taudin murtamana.

Heikki Raja-Halli tuli Suomen Malmi Oy:n palvelukseen kaivosinsinööriksi lokakuussa 1938. Hän oli jo tätä ennen yhtiön lähettämänä opiskellut vuori-insinööriksi Tukholman Teknillisessä Korkeakoulussa 2 vuoden ajan. Tutkinto täydensi erinomaisesti hänen Suomessa suorittamaansa kemian osaston diplomi-insinöörin tutkintoa. Dipl.ins. Raja-Halli toimi Suomen Malmi Oy:n kaivosinsinöörinä monella tutkimustyö-

maalla, joista sota-ajan molemmin puolin oli huomattavin Otanmäen malmitutkimukset.

Vuonna 1943 hänet kutsuttiin yhtiön toimitusjohtajaksi, missä tehtävässä hän toimi eläkkeelle siirtymiseensä asti, vuoden 1969 huhtikuuhun. Toimitusjohtajan tehtävä heti sodan jälkeen oli raskas, koska yhtiön saattaminen hyvin toimivaksi malminetsintäorganisaatioksi silloisissa puutteellisissa oloissa oli vaikeaa. Dipl.ins. Raja-Hallin aikana yhtiö löysi mm. Aijalan ja Metsämöntun malmit, Rautuvaaran rautamalmin ja sitä ympäröivän rautamalmikentän pienemmät malmit, lisäksi yhtiö suoritti laajan kehittäelytön Lahnaslammen talkkiesiintymän hyväksikäytöksi. Suomen Malmi Oy teki insinööri Raja-Hallin aikana myöskin useita laajoja alueellisia tutkimuksia, joista saatu perustieto on ollut myöhemmin erittäin hyvänä aineistona valtakunnan malminetsinnälle.

Heikki Raja-Halli tunnetaan kuitenkin parhaiten innokkaana ja väsymättömänä syväkairaustekniikan kehittäjänä. Heikki Raja-Hallin osuus on lähtemättömästi nähty Suomen syväkairauksen kehityksessä, kaikissa niissä muodoissa, mitä syväkairaukseen voi liittyä aina tilastointia myöten. Heikki Raja-Hallin osuus syväkairauksen kehittäjänä on yleisesti tunnettu etenkin geologien ja kaivosinsinöörien piirissä.

Luonnollisesti johtamansa yhtiön suorittamat urakoinnit ovat vieneet hänen työnsä tuloksia asiakkaiden ja ammattimiesten piiriin vieläkin laajemmalti.

Toinen merkittävä työ, jonka Heikki Raja-Halli toimitusjohtajakautenaan suoritti, oli Lahnaslammen esiintymän tutkimustyön johto. Uuden kotimaisen täyteainesovellutuksen sisäanajaminen paperiteollisuuden tietoisuuteen oli suuri voimanponnistus, johon Heikki Raja Halli uhrasi kaiken vapaa-aikansa ja energiaansa niin paljon, että terveys jo ajoittain petti. Kuitenkin työ tuotti hedelmää ja tällä hetkellä Lahnaslampi on menestyvä kaivos. Ilman Heikki Raja-Hallin sitkeätä ponnistelua ja jatkuvaa erilaisten raporttien, esitysten ja laskelmien tekoa kaivos- ja paperiteollisuudelle usean vuoden ajan, olisi suunnitelma saattanut jäädä uinumaan ehkä pitkiksikin ajoiksi.

Heikki Raja-Halli oli poikkeuksellinen ihminen. Hänen mielenkiintonsa ja mukanaeläytymisensä lähimmäisen työhön, ongelmiin ja perheeseen olivat lämpimän ihmisen kanssaelämistä. Vain syvästi inhimillinen ihminen voi osallistua niin perusteellisesti työntekijöidensä ja ystäviensä murheisiin ja ongelmiin aina auttavalla mielellä.

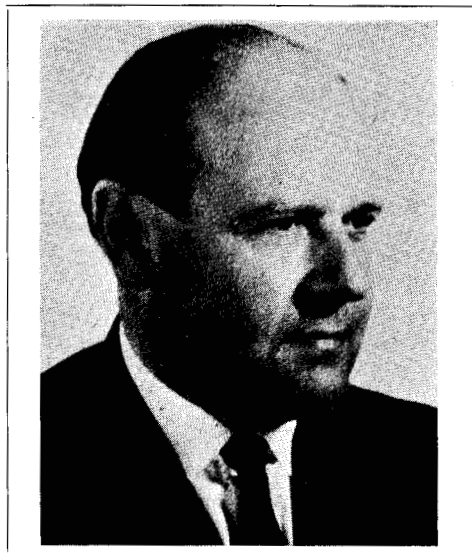
Työtoverit ja vuorimiehet sekä syväkairaajat koko maassa ja laaja ystäväpiiri ovat menettäneet suuremosen ihmisen.

Vuorimiesyhdistyksen jäsen hän oli vuodesta 1944 alkaen.

AAM

Alla de som kom i kontakt med bergsr. Holmberg lärde i honom känna en kunnig och begåvad yrkesman, men samtidigt även en rättfram och entusiasmerande personlighet. Genom dessa sina egenskaper erhöill han sin omgivnings uppskattning och aktning. Såväl i kretsen av sina forna arbetskamrater som sina vänner har Fjalar Holmbergs bortgång lämnat ett stort tomrum.

J. H.



FJALAR HOLMBERG 15. 7. 1911—28. 9. 1974

Den 28 september detta år avled dipl.ing., bergsrådet Tor Fjalar Holmberg i en ålder av 63 år.

Han föddes i Helsingfors den 15. 7. 1911, avlade studentexamen 1929 och blev diplomingenjör 1934. Bergsingenjörsexamen avlade han 1942 vid Stockholms kungliga tekniska högskola.

I mitten av 30-talet var han anställd vid Maskin och Bro Ab och därefter som driftsingenjör vid A. Ahlström Oy Varkaus Bruk. År 1942 knöts han till Oy Vuoksenniska Ab, Imatra järnverk, till en början som driftsingenjör och därefter som överingenjör 1946—54. Under dessa år utvecklade han, samtidigt som han övervakade och ledde produktionen, nya metallurgiska processer, av vilka kan nämnas en klorerande sinteringsprocess av kisbränder och en reningsprocess av zinkjärn. År 1954 utsågs han till teknisk direktör i bolaget och förflyttades till Helsingfors. Han uppgjorde här bl.a. den preliminära planeringen för Koverhar järnverk. År 1957 kallades han till verkställande direktör och styrelsemedlem vid Oy Fiskars Ab, en post som han innehade ända till sin pensionering 1966. Han var även i många år VD för Salon sähkö- ja konetehdas, Oy Jouper Ab, Jääkone Oy och Ab Abo Båtvarf. Dessutom tillhörde han ledningen för flere andra bolag, bl.a. Rautaruukki Oy, Oy Telko Ab, Vanajan Autotehdas Oy och Suomen Silkkikutomo Oy m.fl.

Den svåra sjukdom som drabbade honom och som självfallet var ett stort handicap för en man av hans kvalifikationer kunde dock ej nedbryta hans energi, utan bedrev han intensivt teoretiska undersökningar av grundläggande natur, och bl.a. erhöill han på våren 1974 SITRAS pris för en ny metod för framställning av ozon.

Bergsrådet Holmbergs arbetsinsats på metallindustrins område rönt erkännande utanför landets gränser. Sälunda beviljades honom år 1955 av det internationellt kända Iron and Steel Institute's direktion den värdesatta Sir Robert Hadfield medaljen för hans insatser för utvecklande av järn- och stålindustrin.

Bergsrådet Holmberg blev medlem i Bergsmannaföreningen 1943. Styrelsemedlem var han under åren 1944—1946 och 1955—57 samt viceordförande åren 1960—62.

Suoritettuja tutkintoja - Avlagda examina

HELSINGIN YLIOPISTO

Geologian ja mineralogian laitos

8. 5. 1974 tarkastettiin julkisesti fill.lis. *Tapio Koljosen* väitöskirja: "Selenium in Igneous, Metamorphic, and Sedimentary Rocks mostly from Finland". Virallisena vastaväittäjänä toimi prof. Birger Wiik ja kustoksena prof. Heikki V. Tuominen.

25. 5. 1974 tarkastettiin julkisesti fill.lis. *Esko Penttilän* väitöskirja: "Crustal structure in Fennoscandia from seismological and gravimetric observations". Virallisena vastaväittäjänä toimi prof. Erkki Palosuo ja kustoksena prof. Heikki V. Tuominen.

Filosofian lisensiaatin tutkinto:

Paavo Vuorela: "Ruhjevyöhykkeet ja niiden suhde malmiesiintymiin ja malmeihin Suomessa."

Filosofian kandidaatin tutkintoja:

Mikko Tontti: "Differentialitermisestä analyysistä ja sen käytöstä eräiden sulfidimineraaliesiintymien tutkimiseen."

Törnroos, Ragnar: "Geologin inom Vindala — Alajärvi området i Syd-Österbotten."

Kari Kojonen: "Heksagoninen ja monoklininen pyrroitiitti Vuonoksen, Luikonlahden ja Outokummun malmeissa."

George Zelt: "A petrological investigation of the amphibolite rock in the Otanmäki mining region, Finland."

Seppo Lahti: "Eräjärven seudun pegmatiittien mineralogiasta ja rakenteesta."

Tauno Vuotovesi: "Qaarsukin karbonaattiesiintymä ja siihen liittyvät muodostumat Søndre Isortoqin alueella Länsi-Grönlannissa."

Geologian ja paleontologian laitos

Filosofian lisensiaatin tutkinto:

Eronen, Matti: "Litorinameren historia ja siihen liittyvät holoseenin aikaiset tapahtumat."

OULUN YLIOPISTO

Geologian laitos

Filosofian kandidaatin tutkintoja:

Kinnunen, Aulis: "Keski-Lapin liuskealue Sodankylässä, Rajalan kylän ympäristössä". Tarkastajina olivat prof. J. Seitsaari ja FT, museonhoitaja J. Paakkola.

Opinnäytteessä kuvataan Kittilän vihreäkivialueen itäosan kallioperää: laavakiviä, hypoabyssisia intrusiivikiviä, kemiallisia, pyroklastisia ja klastisia sedimenttejä.

Fylliitit, kiilleliuskeet ja grauvakat ovat turbidiittivirtausten mekanismilla kerrostuneita flysch-sedimenttejä.

Tektonisessa tulkinnassa on tultu siihen tulokseen, että poimutus on tapahtunut kolmessa vaiheessa.

Sekä ennen että jälkeen alueella esiintyvän konglomeeraatin ja siihen läheisesti liittyvän kvartsiitin kerrostamisen on tapahtunut vulkaanista toimintaa; konglomeeraatin palloista kvartsiitin pohjansuunnasta ja vaihtumismuodoista päätellen.

Särkioja, Aarno: "Rauta- ja mangaanipitoisuudesta Pohjois-Pohjanmaan harjualueiden pohjavesissä". Tarkastajina olivat prof. R. Aario ja dos. P. Lahermo.

Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään geologisten ympäristötekijöiden ja ihmistoimintojen vaikutusta Pohjois-Pohjanmaan harjualueiden pohjavesien rauta- ja mangaanipitoisuuksiin.

Keskeisiä Fe- ja Mn-pitoisuuksia sääteleviä tekijöitä ovat pohjavesivyöhykkeen hapetus-pelkistysolosuhteet.

Rannikkoalueella harjut ovat usein hienorakeisten sedimenttien tai moreenin peitossa. Tällaisissa olosuhteissa pohjavesi saattaa kulkeutua pitkiä matkoja ilman hapensaannin lisäystä, jolloin pohjaveden rauta- ja mangaanimäärät voivat nousta suuriksi.

Yleensä karkealajitteisissa sorakerroksissa pohjaveden happitilanne on hyvä ja rauta ja mangaani ovat saostuneina. Hienolajitteisessa aineksessa pohjavesi viipty kauan, joten sille jää aikaa liuottaa tehokkaasti mineraaleja rakeiden pinnoilta. Hapen kuluessa rautaa ja mangaania joutuu runsaasti liuokseen.

Pumppaustoiminnat harjualueilla muuttavat usein ratkaisevasti pohjavesiesiintymän hapetus-pelkistysolosuhteita. Rauta- ja mangaanipitoisuus on usein korkea juuri pumppauksen alussa. Ylikuormitustilanteessa pitoisuudet saattavat kasvaa suuriksi. Tähän vaikuttanevat ennen kaikkea pohjavesiesiintymien ympäristössä olevien soiden humuspitoisen ja rautahumaattien kyllästyvän veden suotautumiset pohjaveteen. Toisaalta pumppaustehon lisääntyessä imua tapahtuu syvällä olevien kerrosten hidastuoksesta, varsin pelkistyneessä tilassa olevasta ja rauta- ja mangaanipitoisesta pohjavedestä.

Rautaa ja mangaania voi joutua suuriakin määriä pohjaveteen sen pinnan vaihtelujen vaikutuksesta. Rauta ja mangaani ovat tällöin lähtöisin pääasiassa mannan rikastumishorisontista ja ns. "gley"-vyöhykkeestä. Pelkistävän pohjavesivyöhykkeen ulottuessa rikastumishorisonttiin rauta ja mangaani liukenevat pohjaveteen. Tätä tapahtumaa nopeuttaa usein keväällä runsaiden humuspitoisten vesien suotautuminen maaperään ja pohjaveteen. Kevätalvella ja keskikesällä pohjaveden rauta- ja mangaanipitoisuudet saattavat olla suuria johtuen osaksi siitä, että humuspitoisen pohjaveden lisäys näinä vuodenaikoina on vähäistä.

Prosessitekniikan osasto

Tekniikan lisensiaatin tutkinto:

Kukkonen, Kosti Kalevi: "Piitetrafluoridin reaktiot veden ja/tai ammoniakkin kanssa". Työtä valvoi professori Väinö Veijola.

Dipl.insinöörin tutkintoja:

Eskelinen, Pekka Paavo Juhani: "Radiaalisen dispersi-omallin sovellutus vastavirtaiseen erotusprosessiin". Työtä valvoi vt. professori Jorma Sohlo.

Haasiosalo, Eira Maaret: "a-pineenin hydratointi ja isomerointi". Työtä valvoi professori V. Veijola.

Huurinainen, Mikko Eemil: "Hihnavaa'an tutkiminen". Työtä valvoi professori Paavo Uronen.

Jokela, Jaakko Juhani: "Instrumentointinauhurin käyttö prosessin identifioinnissa". Työtä valvoi professori Paavo Uronen.

Kauppinen, Pauli Sakari: "Ca-sulfiittikeiton tietokone-ohjaus". Työtä valvoi professori Paavo Uronen.

Kähkölä, Pentti Olavi: "Tutkimus laumontiitin käytömahdollisuuksista". Työtä valvoi professori Väinö Veijola.

Leskinen, Kalevi Antero: "Luokitustutkimus Nautamix-ilmaluokittimella". Työtä valvoi vt. professori Sakari Kurronen.

Penttilä, Marja-Leena: "Puunjalostusteollisuuden jätevesien puhdistaminen vaahdottamalla". Työtä valvoi vt. professori Sakari Kurronen.

Pohjola, Pekka Olli: "Magnesiumionin jakaantuminen ioninvaihtohartsin ja laktaattiliuksen välille". Työtä valvoi professori Väinö Veijola.

Saarela, Markku Tapio: "Metanointi raneynikkelikatalyytillä". Työtä valvoi professori Väinö Veijola.

Tolonen, Pentti Antero: "Sulfaattiselluloosatehtaan tietokonesäätö ja raportointi". Työtä valvoi professori Paavo Uronen.

Yliniemi, Maija Leena: "Digitaaliset säätöalgoritmit ja niiden viritys". Työtä valvoi professori Paavo Uronen.

Teknillisen fysiikan osasto**Diplomi-insinöörin tutkintoja:**

Laurinolli, Tapio: "Mikroelektronikassa käytettävien paksukalvomateriaalien koostumuksen ja käyttöominaisuuksien määrittämisä."

Leskelä, Olavi: "Rauta-kromi-pii-oksidisysteemin kvantitatiivinen röntgenfluoresenssianalyysi."

Suutala, Niilo: "Austenittisen ruostumattoman teräksen TIG-hitsauksessa syntyvistä mikrorakenteista."

TURUN YLIOPISTO**Geologian ja mineralogian laitos****Filosofian kandidaatin tutkintoja:**

Latvalahti, Ulla: "Kittilän Pahtavuoman malmigeologiasta". Tarkastajina prof. K. J. Neuvonen ja apul. prof. Heikki Papunen.

Työn alussa on käsitelty Pahtavuoman ja sen ympäristön kivilajeja ja niiden metamorfoosia sekä kivilajien tektonisia rakenteita. Tutkimuksen pääpaino on malmigeologiassa, jossa malmimineraalien ja malmimineraalisatioiden P-T-olosuhteita on pohdittu perusteellisesti.

Pihlaja, Pekka: "Oriveden vulkaniiteistä". Tarkastajina prof. K. J. Neuvonen ja apu.prof. Heikki Papunen.

Tutkimuskohteena on varsin suppea osa Tampereen—Oriveden liuskealueesta ja siksi työn alussa onkin pää-

piirteittäin kuvattu tämän suprakrustisen muodostuman geologiaa aikaisempien tutkimusten perusteella. Työ on varsin keskitetty petrograafinen kuvaus Oriveden liuskejaksosta, joka käsittää suprakrustisia metavulkaniitteja ja sedimenttisyntyisiä kiviä. Liuskealueen pohjoispuolinen granodioriitti ja diabaasiuonet on kuvattu lyhyesti.

Räisänen, Esko: "Rautjärven kallioperästä ja malmi-aiheista". Tarkastajina prof. K. J. Neuvonen ja fil.lis. Jyrki Lehtovaara.

Työssä kuvataan aluksi tutkimusalueen kallioperää, tektonisia piirteitä ja metamorfoosia. Lisäksi tarkastellaan alueella tehtyjä geokemiallisia malmitutkimuksia. Rautjärveltä löytyneen malmilohkareen granaatin koostumuksen oli aikaisemmissa tutkimuksissa todettu poikkeavan alueen kalliosta otetuista granaateista. Suorite- tuilla granaatin sekä biotiitin ja kordieriitin mikroanalyseillä ei alueella saatu malmikriittisiä vyöhykkeitä. Koko kivistä tehdyillä hivenainemäärityksillä (Cu, Zn, Ni ja Co) saatiin tutkimusalueelle kaksi pienempää aluetta, joilla jatkotutkimukset ovat perusteltavissa.

Maaperägeologian laitos**Filosofian lisensiaatin tutkinto:**

Ivonen, Erkki: "Eem-interglasiaalinen kerrostuma Savukosken Soklilla, Pohjois-Suomessa, orgaanisten kerrostumien ja glasiaaligeologisen tutkimuksen valossa". Tarkastajina v.t. prof. Gunnar Glückert ja dos. Kauko Korpela.

Tutkimuksesta on ollut kirjoitus "Eem-kerrostuma Savukosken Soklilla". Geologi N:o 8, 1973, ss. 81—84.

Filosofian kandidaatin tutkinto:

Nieminen, Pertti: "Saven ominaisuuksista Turussa". Tarkastajina prof. Kauko Korpela ja dos. Gunnar Glückert.

Työssä selvitettiin erään Turussa sijaitsevan 25 m vahvan savipatjan kemiallis-geoteknisiä ominaisuuksia. Kentällä tutkittiin leikkauslujuudet siipikairalla, lisäksi vertailtiin keskenään kahta eri painokairatyyppeä. Alueelta otettiin kolmesta tutkimuspisteestä näytteet jatkuvana profiilina. Laboratoriossa selvitettiin mm. eri laitteilla saatavien leikkauslujuuksien luotettavuus. Kemiallisissa tutkimuksissa todettiin mm. suolapitoisuus sekä saven vaihtokykyiset kationit. Kerrosten stratigrafia määritettiin mikrofossiilimääritysten avulla.

ÅBO AKADEMI**Geologisk-mineralogiska institutionen****Filosofie kandidat examen:**

Juhani Astala: Om Sarvisuvanto-området geologi och uranmineralisering.

Avhandlingen beskriver två albitit-albitidiabaskroppar i Sarvisuvanto, Salla. Dessa ligger i krosszoner, den ena i en kvartsit och den andra, med uranmineralisering, i basiska vulkaniter. Uraninit, davidit och deras omvandlingsprodukter finns även i karbonatgångar och i den basiska vulkaniten.

TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Vuoriteollisuusosasto

Huhtikuun 20 päivänä 1974 tarkastettiin julkisesti tekniikan lisensiaatti *Risto Juhani Makkosen* väitöskirja "The Defect Concentration of Cobaltous Oxide and the Effect of Foreign Cations upon it". Vastaväittäjinä toimivat tekniikan tohtori Lauri Holappa ja dosentti Kaj Lilius sekä kustoksena professori M. H. Tikkanen.

Tutkimuksessa käsitellään metallioksidin virheellisyttä ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Saavutetuilla teoreettisilla ja empiirisillä tuloksilla on myös teknologisesti merkitystä varsinkin aktuelleissa korroosio- ja katalyytitutkimuksissa.

Tekniikan lisensiaatin tutkintoja:

Heiskanen, Kari Gustav Henrik: "Menetelmä energiankulutuksen laskemiseksi syötteen ja tuotteen raekokojakautuman perusteella jauhatuksessa", professori Hukin johdolla.

Menetelmän perusteet ovat

- jauhatustapahtuman yksinkertaistaminen siten, että kukin syötteen jakautuman raeluokista jauhautuu itsenäisesti joksikin tuotejakautumaksi, joiden summa on lopullinen jakautuma.
- Kukin syöteraeluokan jauhatusenergia tuotejakautumakseen saadaan laskemalla summa raeluokittain jauhatuksesta kaikkiin tuotejakautuman raeluokkiin.

Energian ja raekoon välisenä riippuvuutena on käytetty jauhatuksen yleistä differentiaaliyhtälöä, jossa parametrit n on haettu graafisesti arvot.

Tuotejakautuman raeluokkien massat, joilla energiat painotetaan, lasketaan panosjauhatuksen populaatiotasapainomallin avulla.

Järvinen, Paavo Antero: "Austeniittis-ferriittisten ruostumattomien terästen kuumamuokattavuus", professori Sulosen johdolla.

Työssä tutkittiin austeniittis-ferriittisten ruostumattomien terästen kuumamuokattavuutta veto-, valssaus- ja puristuskokeilla eri lämpötiloissa ja erilaisilla muodonmuutosnopeuksilla. Jännitystilannetta faasirajalla geometrisesti yksinkertaisissa tapauksissa tarkastettiin kimoteorian avulla.

Huonoin sitkeys on ferriittipitoisuudella 15..40 %. Murtumat alkavat yleensä faasirajoilta ja kasvavat niitä pitkin. Ferriitti muodostaa teräksen matriisiin jo noin 40 %:n pitoisuudesta alkaen, jolloin sitkeys paranee ja saavutetaan jopa superplastiset ominaisuudet, jos raekoko on tarpeeksi pieni.

Teoreettisesti laskettu jännityshuippu austeniittimatriisissa pallomaisen ferriittipartikkelin ympärillä on noin 1,8 kertaa nimellisjännitys.

Nenonen, Pertti Olavi: "Martensiitin päästössä tapahtuvat rakennemuutokset ja lyhyiden lämpökäsittelyaikojen vaikutus niihin", professori Lindroosin johdolla.

Työssä on tutkittu martensiitin päästössä tapahtuvaa hiilen erkautumista ja virherakenteen toipumista. Mekaanisista ominaisuuksista on tarkasteltu kovuutta ja päästössä esiintyviä haurausilmiöitä sekä pyritty selvittämään niiden ja rakennemuutoksien välisiä yhteyksiä. Li-

säksi on tutkittu lyhyiden austenitointi- ja päästöaikojen vaikutusta edellä mainittuihin seikkoihin.

Materiaaleina työssä on käytetty kahta keskihiilistä nuorrutusterästä, yhtä kuumalujaa terästä ja yhtä runsashiilistä jousiterästä.

Rakennetutkimukset on suoritettu läpivalaisuelektro-nimikroskoopilla ja sitkeyden mittaamiseen on käytetty kiertoiskukoetta.

Pitcher, Peter Donald: "Deformation Mechanisms in Austenitic Stainless Steels", professori Lindroosin johdolla.

The deformation mechanisms occurring in three grades of austenitic stainless steels at room temperature and below have been investigated. The substructures formed have been studied by transmission electron microscopy and related to tensile properties, the transformation to martensite being considered in some detail.

Sipilä, Jussi Veikko Samuli: "Titaani- ja volframkarbidien keskinäinen diffuusiomekanismi", professori Tikkanen johdolla.

Turunen, Matti Tapio: "Avsvavling av stål utanför primärugnen", professori Tikkanen johdolla.

Rikinpoistoa niukkahiilisestä hiiliteräksestä ja 18/8 tyyppisestä ruostumattomasta teräksestä CaO/CaF₂-kuonan avulla valusangossa tai valusankotyyppisessä jälkikäsittelyuunissa on tutkittu 5 t:n vakuumi-induktiouunissa. Sula- ja kuonafaasin sekoittamiseksi käytettiin kolmea menettelytapaa: sekoitus inerttikaasupuhalluksen avulla normaalipaineessa, sekoitus inerttikaasupuhalluksen avulla vakuumissa ja kuonapulverin injektointi terässulaan keraamisen lassin avulla. Menetelmistä osoitettiin pulveri-injektio n. 6—7 kertaa nopeammaksi verrattuna tasavertaisiksi todettuihin kaasuhuuhdeluvaihtoehtoihin.

Uitti, Jarmo Juhani: "Voitelu ja pinnan mikromeetria kuparimetallien kylmävalssauksessa", professori Sulosen johdolla.

Tutkimuksessa on selvitetty kuparimetallien kylmävalssauksessa esiintyviä kitka- ja voiteluolosuhteita ja tutkittu erityisesti kylmävalssatun levyn ja nauhan pinnan mikromeetriaan vaikuttavia tekijöitä. Tutkimusmateriaaleina ovat olleet puhdas kupari sekä messingit Ms 80 ja Ms 63. Valssauskokeet on suoritettu laboratoriovalssaimella. Voitelumekanismien tunnistamisessa on käytetty pintatarkasteluja ja kitkakertoimien laskemista. Pinnanlaadun määrittämisessä on käytetty pintatarkastelujen lisäksi karheusmittauksia. Tutkittavina muuttujina ovat olleet materiaali, kappaleiden alkukarheus, valssien karheus, muokkausaste, valssausgeometria, voiteluolosuhteet sekä syöttö- ja jättökieristykset.

Diplomi-insinöörin tutkintoja:

Ahlberg, Veli Markku: "Optinen tutkimus kuparisulfidin vetypelkistyksestä", professori Tikkanen johdolla.

Työssä tutkittiin kuparisulfidien vetypelkistyksessä syntyneitä kuparikarvoja (copper whisker) pääasiassa pyyhkäisyelektronimikroskoopilla (SEM:llä). Erikoisesti kiinnitettiin huomiota syntyvän kuparin morfologiaan, kuparikarvan ydintymiseen ja kuparikarvan kasvumekanismiin. Lisäksi osoitettiin, että sulfidin pelkistyminen ja kuparin ydintyminen voivat tapahtua eri kohdissa.

Parhaiten kuparikarvoja muodostui pelkistettäessä stökiometrinen kuparisulfidia lämpötila-alueella 60..700°C.

Ahlstrand, John Ralf: "Cr-Mo-V-stålets beteende vid instrumenterad slagproving", dosentti Forsténin johdolla.

Työssä tutkittiin erään Cr-Mo-V-teräksen murtumis- ja keysominaisuuksia. Uutena menetelmänä sovellettiin ensimmäistä kertaa Suomessa instrumentoitua iskutkeys-koetta. Tällä menetelmällä pyrittiin määräämään kriittinen murtumiskeys dynaamisessa kuormituksessa (K_{Ic}) pienillä Charpy-V-sauvoilla. Lisäksi työssä määrättiin COD (Critical crack opening displacement) staattisessa kuormituksessa lämpötilavälillä -195°C — $+25^{\circ}\text{C}$.

Instrumentoidussa iskukokeessa mitataan voima iskuvasaran kärkeen sijoitetuilla venymämittaussiuskoilla ajan tai taipuman funktiona. Voima-aika (taipuma) käyrä rekisteröidään oskilloskoopin kuvaruudulle ja valokuvataan.

Charpy-V-sauvoilla saadaan Cr-Mo-V-teräkselle päteviä K_{Ic} -arvoja ainoastaan matalissa lämpötiloissa (-70°C). Tätä korkeammassa lämpötiloissa on tavallinen Charpy-V-sauva liian pieni (tasojännitystilalla voimassa).

Voima-aika (taipuma) käyrästä määrätty energiaabsorptio korreloi suoraan iskukoneesta luetun energiaabsorptioon kanssa.

Ahtiainen, Jaakko Taneli: "Tutkimus kiviteloihin käytettävien graniittien rakenteellisista ominaisuuksista", professori Maijalan johdolla.

Työssä on tutkittu paperikoneiden puristinosissa käytettyjen graniittitelojen rakenteellisia ominaisuuksia. Tarkoituksena on ollut telojen mitoituksessa käytettyjen lujuusopillisten arvojen tarkistaminen, mahdollisten uusien mitoituksessa käytettävien kivien rakennetta ja lujuutta kuvaavien ominaisuuksien löytäminen sekä tutkitavana olleiden kolmen graniittilaadun keskinäinen vertailu.

Arola, Veikko Kullervo: "Nousunajo kaivoksissa nousunporausmenetelmää käyttäen", professori Maijalan johdolla.

Nousunporaus on uusi nousunajomenetelmä. Sen käyttö levisi vasta 1960-luvulla maailmanlaajuisesti.

Nousunporauksella tarkoitetaan nousunajomenetelmää, jossa nousun poikkileikkaus saadaan aikaan yksinomaan poraamalla. Yleisimmin käytetyssä menetelmässä avausreikä porataan alemmalle tasolle, josta reikä avarretaan takaisin ylemmälle tasolle.

Menetelmäselvityksen lisäksi työssä esitellään eri valmistajien nousunporauskoneita.

Suomeen hankittiin nousunporauskone v. 1972 alkupuolella. Vuosina 1972—1973 porattiin kaikkiaan 13 nousua, joiden halkaisija vaihteli välillä 0,3—2,1 m. Nousujen yhteispituus oli yli 1700 m.

Työssä tarkastellaan myös nousunporauksen eräitä käyttömahdollisuuksia sekä menetelmän etuja ja haittoja.

Haavisto, Ilkka Johannes: "Pilot Plant suuruusluokan fluidisaatiokylmäreaktorin suunnittelu ja sisäänajo", vt. professori Liliuksen johdolla.

Työssä suunniteltiin \varnothing 15 cm leijupatjareaktori. Tarkasteltiin patjan käyttäytymistä ja sen ennustettavuutta lähinnä kuumareaktorin suunnittelua silmälläpitäen. Vastaavasti tarkasteltiin erilaisia konstruktiovaihtoehtoja ja niiden toimintaedellytyksiä.

Hakkarainen, Timo Jouni: "Austeniittisen ruostumatoman teräksen selektiivinen liukeneminen ja jännitys-

korroosio huoneenlämpötilassa", professori Lindroosin johdolla.

Työssä pyrittiin läpivalaisunäyttein ja U-sauvakokein saamaan lisäselvitystä jännityskorroosion mekanismiin. Erityistä huomiota kiinnitettiin selektiivisen liukenemisen vaikutuksiin. Käytettyinä liuoksina oli 5 N H_2SO_4 —0,5 N NaCl, 5 N H_2SO_4 —0,1 N NaCl ja 5 % HCl. Havaittiin muunmuassa, että kaikissa käytetyissä liuoksissa tapahtuu martensiitin selektiivistä liukenemista ja kahdessa viimeksi mainitussa syöpyvät myös kaksos- ja raerajat. Muokkauksen todettiin lisäävän voimakkaasti näiden rajojen liukenemista. Korroosiotunneleiden jälkien havaittiin ainakin joissakin tapauksissa muodostuvan em. liukenemisestä.

Hintikka, Seppo Sakari: "Inhibiittien vaikutus Ovako Oy:n Imatran Terästehtaan lankaterästen suolahappopeittauksessa", apulaisprofessori Yläsaaren johdolla.

Työn tarkoituksena oli tutkia eri kaupallisten inhibiittien vaikutusta OVAKO OY:n Imatran Terästehtaan niukka- ja keskihiilisten, niukasti seostettujen lankaterästen suolahappopeittauksessa (20 % HCl) lämpötilassa 45°C . Työssä tutkittiin noin 20 eri inhibiitin keskinäistä paremmuutta lähinnä teräksen AISI 4037 suojauksessa. Inhibiittien paremmuutta testattiin kahdella eri menetelmällä; painohäviömenetelmällä ja polarisaatiokäyrien mittaamisella. Lisäksi tutkittiin inhibiittien vaikutusta peittauksen jälkeisen fosfatoinnin onnistumiseen.

Hinttala, Aimo Pertti Juhani: "Tutkimus veden käsittelystä ja inhibiittien käytöstä korroosion estoon avoimissa jäädytysjärjestelmissä", apulaisprofessori Yläsaaren johdolla.

Hovatta, Heikki Juhani: "Synteettisten polymeerien käyttö sammutusnesteenä teräksen DIN 42CrMo4 nuorrutuksessa" professori Sulosen johdolla.

Työssä tutkittiin synteettisten polymeerien käyttömahdollisuuksia keskihiilisestä, niukkaseosteisesta teräksestä DIN 42CrMo4 valssattujen tankojen (keskim. \varnothing 40 mm) nuorrutuksessa öljyn asemesta.

Hopeakuulakokeissa havaittiin, että pitoisuuden, lämpötilan ja sekoituksen muuttaminen vaikuttaa sammutuksen kuluun lähinnä vain höyrykalvovaiheessa. Pitoisuuden ja lämpötilan nostaminen pidentää ja sekoituksen lisääminen lyhentää höyrykalvovaihetta. Sen sijaan martensiittireaktion lämpötila-alueessa $360 \dots 260^{\circ}\text{C}$ jäähtymisnopeus on olosuhteista riippumatta noin kaksinkertainen öljyyn verrattuna.

Käytäntöä simuloivissa tankomattojen sammutuksissa esiintyi synteettisen polymeerin liuoksilla kaikissa tapauksissa vääntyilyä ja karkaisuhalkeamia runsaasti.

Huju, Riku Antero: "Tutkimus LD-konvertterissa käytetyistä emäksisistä vuorausmateriaaleista ja vuorauksen kulumisesta konvertterin eri osissa", professori Tikkasen johdolla.

Työn teoriaosassa selvitettiin emäksisten vuorausmateriaalien käyttäytymistä LD-konvertterissa esiintyvissä olosuhteissa. Tutkimusosassa tutkittiin vuorauksen eri kohdista otettujen näytetiilien mikrorakenteiden muuttamista kuonan vaikutuksesta mikrorakennekuvien ja alkuainekohtaisten röntgenkuvien avulla.

Tutkimustulosten mukaan dolomiittitiilen rakenne tuhoutuu vasta silloin, kun tiilen rakenteessa oleva kalkki, jota on n. 50 %, on reagoanut kuonan kanssa. Sen sijaan

periklaasispinelli- ja magnesiittitiilien rakenne tuhoutuu jo silloin, kun tiilen silikaattimatriisi, jota on n. 5—15 % rakenteesta, on reagoinut kuonan kanssa. Edellä olevasta syystä dolomiittivuoraus kestää n. 40 % kauemmin kuin periklaasispinelli-magnesiittivuoraus.

Hursti, Harri Jalmary: "Kalliomekaanisia tutkimuksia maanalaisissa kalliotiloissa lujitustarpeen määrittämiseksi", professori Maijalan johdolla.

Työssä on tehty kalliomekaanisia tutkimuksia Paraisien kaivoksen maanalaisissa kalliotiloissa silmälläpitäen niiden rakennusaikaista ja tulevaa lujitustarvetta.

Työssä on käsitelty kallion rakoilua sekä kivilajeja ja niiden ominaisuuksia. Lisäksi on tehty värinämittauksia, seismisiä mittauksia, jännitystilamittauksia ja jännitysoptisia mallikokeita. Työssä on myös kartoitettu tähänastiset tehdyt lujitustoimenpiteet, suoritettu kallio-pulttien vetokokeita ja tarkastuksia sekä esitetty kokemuksia Paraisissa kokeiltavana olleesta seismisen komumittarin prototyypistä.

Joensuu, Seppo Antti Ilmari: "Tutkimus seularummun soveltamismahdollisuuksista teollisuuskäyttöön", professori Hukin johdolla.

Tutkimuksen tarkoituksena oli uuden märkäseulontalaitteen ominaisuuksien ja soveltuvuuden kartoittaminen teollisuudessa. Kokeet tapahtuivat Pyhäsalmen ja Otanmäen rikastamoissa. Laite on tarkoitettu seulonta-alueelle 0.1...0.5 mm. Laitteeseen, jota tutkimuksessa kutsuttiin seularummuksi, voitiin syöttää vaivatta 50...70 t/h hydrosyklonin alitelietettä. Kokeissa käytettiin 500 μm :n ja 315 μm :n muovisia seulapintoja. 500 μm :n seulapinnalla saatiin hienotuotetta 15...23 t/h ka., erotusrajan ollessa 95 % alle 190...280 μm :n ja erotusterävyys 74 μm :n raekoissa jopa 93 %. 315 μm :n seulalla saatiin hienotuotetta 6...10 t/h ka., erotusrajan ollessa 95 % alle 200...215 μm ja erotusterävyys 74 μm :n raekoissa jopa 81 %. Seularummussa olevien seulapintojen pinta-ala on 0.66 m².

Yli 500 tuntia kestäneiden kokeiden aikana ei seulapintojen tukkeutumista voitu havaita.

Kajän, Markku Uolevi: "Tutkimus sementin hienojauhatushauksesta avo- ja sulkeispiirissä", professori Hukin johdolla.

Työn tarkoituksena oli tutkia sementin hienojauhatuslaboratoriomittakaavassa. Koemateriaalina oli tavallinen Portland-sementti, jonka hienousaste oli 68 % — 32 μm , ominaispinta-ala 3100 cm²/g.

Tutkimuksien mukaan oli hienoudeltaan 95 % — 32 μm oleva supersementti valmistettavissa avopiirissä edullisimmin jauhamalla syötemateriaalia sileällä vuorauksella varustetussa myllyssä käyttäen jauhinkappaleina pieniä sylinterinmuotoisia minipebsejä. Lisäksi oli välttämätöntä käyttää trietanolamiinia dispergoivana jauhatuslisäaineena.

Sulkeisessa jauhatusluokituspiirissä, jossa luokittimena käytettiin tuulikaappia TK 2, oli mahdollista valmistaa 95 % — 32 μm :n sementtiä noin 3 kWh/t pienemmällä kokonaisenergiankulutuksella kuin avopiirissä.

Karjalainen, Esko Armas: "Tutkimus pneumaattisen luokittimen perusrakenteesta eri hienousalueilla suoritettavia luokituksia varten", professori Hukin johdolla.

Tutkimuksessa on jatkettu pneumaattisten luokittimien kehittälytyötä VTT:n Vuoritekniikan laboratoriossa. Tavoitteena on ollut kehittää luokittimia teollisuus-

kelpoisiksi eri hienousalueilla tapahtuvia luokituksia varten. Lisäksi on pyritty löytämään uusia tapoja luokittimen toiminnan analysoimiseksi ja koetulosten tarkastelemiseksi.

Hienoin tuote, joka on tähän mennessä saatu aikaan ko. luokittimilla, on noin 95 % — 6.5 μm .

Luokittimien soveltuvuutta teollisuuskäyttöön on tutkittu mm. Lohjan Kalkkitehdas Oy:n Kemiön maasälpärikastamolla suoritetuissa koeajoissa. Luokittimella on saavutettu sama kapasiteetti, kuin tilavuudeltaan 20 kertaa suuremmalla teollisuusluokittimella.

Koivunen, Pertti Kalervo: "Nousunporauksen avarrusnopeudesta ja sen kokeellisesta ennustamisesta", professori Maijalan johdolla.

Työssä testattiin ja kehitettiin nousunporauksen avarrusnopeuden ennustamiseen käytettäviä menetelmiä.

Nastarullaterillä suoritettavan nousunporauksen tunkeutumisenopeuden ja energian käytön riippuvuuden syöttövoimasta ja poraustehosta selvittämiseksi tehtiin täysimittaisilla nousunporauksoneilla kenttäkoesarja.

Työhön liittyy myös lyhyt katsaus nousunporaukseen käytettävien terien ja teräpäiden tärkeimmistä rakenteellisista ominaisuuksista.

Korhonen, Antti Samuli: "Etumatka ja nopeushalkaisija uravaussauksessa", professori Sulosen johdolla.

Tangon poistumisnopeutta vastaavaa valssin halkaisijaa ns. nopeushalkaisijaa voidaan käyttää valssaamon kierrosnopeuksien porrastuksen arvioimisessa. Työssä tutkittiin laboratoriokokein poistumisnopeuden riippuvuutta eri tekijöistä. Mittaustuloksia vertailtiin laskettuihin arvoihin. Tulosten perusteella tarkasteltiin myös tarvittavan porrastuksen arvioimismahdollisuuksia.

Koskinen, Pasi Armas: "Tutkimus koskien kuparisulfidin liukenemista fajaliittikuonaan", professori Tikkasen johdolla.

Kuusisto, Erkki Artturi: "Kromin, mangaanin ja nikkelin vaikutus hiilen liukoisuuteen ferriittiin", dosentti Kleemolan johdolla.

Työssä tutkittiin sisäisen kitkan menetelmällä kromin, mangaanin ja nikkelin vaikutusta hiilen liukoisuuteen ferriittiin lämpötilavälillä 200...700°C. Todettiin kromin ja mangaanin pienentävän selvästi hiilen liukoisuutta jo noin 0,5 % :n pitoisuuksilla. Nikkelin hiilen liukoisuutta pienentävä vaikutus oli vähäisempi kuin kromin ja mangaanin ja se ilmeni vasta noin 1 %:a suuremmilla nikkelipitoisuuksilla.

Erkautushehkutukset suoritettiin lämpötilassa 100°C puhtaalla raudalla sekä 1,3 % Cr, 1,3 % Mn ja 1 % Ni sisältävillä teräksillä. Puhtaassa raudassa sekä kromi- ja nikkelseosteisissa teräksissä hiili erkautui yhdessä vaiheessa. Mangaaniseosteisessa teräksessä huomattiin tyypin erkautumisen olevan estynyttä ja hiilen erkautumisen tapahtuvan kahdessa vaiheessa.

Lunabba, Ralf Holger: "Rekristallisationen i tennbrons Tp 108", professori Lindroosin johdolla.

I examensarbetet undersöktes hur temperaturen vid vilken tennbronsen glödgades före den sista kallbearbetningen inverkar på den primära rekristallisationen.

Genast efter rekristallisationen hade kornen mindre tvillingtätthet om materialet hade glödgats vid 400°C än om det hade glödgats vid 600°C före den sista kallbearbetningen.

Nukleations- och korngränsvandringhastigheten samt aktivationsenergin för den primära rekristallisationen påverkas inte nämnvärt av förvärmebehandlingarna.

Aktivationsenergin för primär rekristallisation ändras med rekristallisationstemperaturen, troligtvis för att närordningsgraden är olika vid olika temperaturer.

Resultaten av närordningsundersökningarna stöder uppfattningen om att närordning kan förekomma i tennbrons Tp 108.

Luukkonen, Olli Juhani: "Tutkimus kiertoliitoksien ominaisuuksista", professori Sulosen johdolla.

Tutkimustyössä pyrittiin selvittämään kiertoliitoksien (solderless wrapped electrical connections) sähköisiä ja mekaanisia ominaisuuksia ja vertaamaan niitä juotos- ja puristusliitoksien vastaaviin ominaisuuksiin.

Liitoksille suoritettiin testisarja, joka käsitti lämpötilavanhentamisen, värinätestin ja korroosiokokeen. Lisäksi liitoksille tehtiin värinäkoen niiden mekaanisen väsymislujouden selvittämiseksi.

Koetulosten perusteella voitiin mm. havaita, että normaalkiertoliitosten (lanka 0,5 mm) vastusarvot olivat minikiertoliitosten (lanka 0,25 mm) vastusarvoja stabiilimpia. Modifiointi paransi huomattavasti kiertoliitosten värinän kestävyyttä.

Manner, Kauko Antero: "Tutkimus prosessimuuttujien vaikutuksista alumiinilla tiivistetyn teräsohutlevyn laatuominaisuuksiin", professori Sulosen johdolla.

Tutkimus pohjautuu kirjallisuudesta saatuihin tietoihin. Tutkimuksessa on tarkasteltu ensiksi laadunvalvontatoteajia, joilla saadaan tietoa muovattavuudesta ja muovautuvuudesta. Prosessikuvausosassa on esitetty lyhyt valmistusprosessin kuvaus. Ohutlevyn ominaisuuksia on lueteltu seuraavassa kappaleessa. Prosessimuuttujien vaikutuksia (alkaen analyysistä ja päättyen tempervalsauksen muuttujiin) on tarkasteltu seuraavaksi. Tämän jälkeen on käsitelty ohutlevyn paksuuden, muodon ja pinnanlaadun hallintaa.

Lopuksi on suoritettu tilastomatemattinen tarkastelu, jossa regressioanalyysillä on laskettu kaavoja mekaanisille ominaisuuksille. Lisäksi on tutkittu mekaanisten ominaisuuksien riippuvuutta toisistaan korrelaatiokertoimien avulla.

Moisala, Tapio Olavi: "Tutkimus Koverharin sintterin mineralogisesta koostumuksesta ja pelkistyksestä johtuvista rakennemuutoksista", vt. professori Liliuksen johdolla.

Diplomityössä tutkittiin Koverharin sintterin mineralogista koostumusta. Käytettiin seuraavia menetelmiä: SATMAGAN, röntgendiffraktio, röntgenmikroanalysaattori ja optiset menetelmät. Pääosa raudan oksideista oli primääristi sulasta erkautunutta. Jonkin verran havaittiin myös hematiittia, joka oli syntynyt kiinteän faasin hapettumisen tuloksena magnetiitista. Sitovassa faasissa esiintyi runsaasti kalsiumferriittejä ja jonkin verran kiteytyntä silikaattia. Faasisuhteiksi saatiin: 65 p-% Fe_2C_4 , 10 % Fe_2O_3 , 15 % Ca-ferriittejä ja 10 % silikaattia.

Pelkistyskokeiden avulla havaittiin, että pelkistysvaihe $Fe_2O_3-Fe_3O_4$ synnyttää runsaasti halkeamia ja huokosia, jotka alentavat rakenteen lujuutta.

Mäkeläinen, Heikki Antero: "Ferriittis-martensiittisiin 13 %-kromiteräksiin eri jäähtymisnopeuksilla syntyvistä rakenteista", professori Heiskasen johdolla.

Nikitin, Jaakko Olavi: "Kovajuotteiden materiaalivalintaa", professori Lindroosin johdolla.

Tutkimuksessa käsitellään kovajuotteiden materiaalivalintaa huomioon ottaen myös materiaalivalinnan aiheuttamat työterveydelliset ja muut haitat. Suoritettun tarkastelun mukaan tulee kovajuotteiden materiaalivalintaa suorittaa siten, että silloin kun on mahdollista, käytetään kadmiumvapaita kovajuotteita. Tämä johtuu ennen kaikkea siitä, että kadmiumpitoisista kovajuotteista höyrystyvä juoton aikana huomattavia määriä kadmiumia, jonka työterveydelliset ja muut haitat ovat suuret. Tutkimuksessa selvitetään myös kadmiumpitoisten kovajuotteiden korvattavuutta kadmiumvapailta kovajuotteilla. Suoritettu tarkastelu osoittaa, että kadmiumpitoiset kovajuotteet voidaan useimmissa tapauksissa korvata kadmiumvapailta kovajuotteilla.

Nuotio, Esko Sakari: "Rikastamoissa tapahtuneen automaation vaikutuksista työntekijän kannalta tarkasteltuna", professorien Häkkinen ja Hukki johdolla.

Tutkimuksessa selostetaan automaatioasteeltaan eroavissa rikastamoissa esiintyviä työtehtäviä ja niiden muuttumista automaation lisääntyessä.

Työssä analysoidaan mielipidekyselyä, joka suoritettiin tutkimuksen yhteydessä 13 rikastamossa. Vastaaajina oli pääasiassa prosessin eri vaiheissa työskentelevät käyttömiehet. Edellisen perusteella pyritään selvittämään eroavaisuuksia työn luonteesta, työympäristöstä sekä työn terveydellisyydestä. Tutkimuksessa käsitellään myös vastaajien asennoitumista lisääntyvään automaatioon ja tästä tiedottamista. Pääpaino tutkimuksessa on erojen selvittäminen niiden ryhmien välillä, jotka saatiin kun rikastamot jaettiin alhaisen, keskinkertaisen ja korkean automaatioasteen luokkiin.

Setälä, Pekka Tapio: "Tutkimus hematiittipellettien paisumisesta pelkistykseen aikana", professori Tikkasen johdolla.

Tilli, Markku Väinö Kalevi: "Raudan haurasmurtumisen matalissa lämpötiloissa", professori Lindroosin johdolla.

Työ kuuluu osana Suomen Akatemian rahoittamaan tutkimusprojektiin nimeltä: "Ferriittisen teräksen deformaatiomekanismien ja haurasmurtuman syiden tutkiminen alhaisissa lämpötiloissa", ja siinä tutkittiin puhtaana monirakeisen raudan haurasmurtumista lämpötilassa 78 K.

Murtumistavan ja raekoon välille löydettiin selvä yhteys: suurirakeinen rauta murtui lohkomaisesti pienirakeisen raudan murtuessa raerajoja pitkin. Edelleen lohkomurtuneista koekappaleista löytyi kaksosia runsaasti vain murtuman välittömästä läheisyydestä. Tämä havainto tukee teoriaa, jonka mukaan raerajamurtuman aiheuttavat raerajoille suotautuneet epäpuhtaudet, kun taas lohkomurtuma saa alkunsa kaksosleikkauksista syntyneistä säröistä.

Tuokkola, Pekka Ville: "Rikinpoisto raakaraudasta" professori Tikkasen johdolla.

Alhaisen rikkipitoisuuden omaavan metallurgisen koksin saannin vaikeutuessa on raakaraudan rikinpoistoon alettu kiinnittää yhä enemmän huomiota.

Työssä pyrittiin tutkimaan rikinpoistoreaktioon vaikuttavia termodynaamisia ja kineettisiä tekijöitä. Rikin-

poistoprosessia käsiteltiin masuunissa, masuunin jälkeen ja teräksen valmistuksen yhteydessä. Tarkastelun kohteena olivat yleisimmin käytetyt rikinpoistoaineet ja niiden ominaisuudet. Näitä aineita käyttäen suoritettiin työhön liittyvä kokeellinen osa.

Vartiainen, Veijo Matias: "Jumboporaus ja sen ajan-käytön suunnittelu usean perän louhinnassa", professori Maijalan johdolla.

Tutkimuksessa on selvitetty poraustyöskentelyä ja tähän vaikuttavia tekijöitä, kun porauksessa on käytetty kolmipuomista jumboa.

Kokonaisaika jaettiin osa-aikoihin. Osa-aikojen ja näiden jakautuman perusteella on esitetty porauskohteiden keston arviointi ja porauksen suunnittelun laatiminen.

Pitkäaikainen suunnitelma on esitetty työaikataulun ja lähitavoitteet toimintakaavion muodossa.

Vihavainen, Lasse Juhani: "Matalahiilisen Cr-Nb-seosteisen teräksen (Imacro) kontrolloidusta valssauksesta", professori Sulosen johdolla.

Työssä tutkittiin laboratorio-olosuhteissa suoritetuilla valssauskokeilla matalahiilisen Cr-Nb-seosteisen teräksen (Imacro) käyttäytymistä kontrolloidussa (ohjatussa) valssauksessa sekä etsittiin optimaalista lujuus/sitkeys-yhdistelmää vastaava valssausohjelma.

Viljanen, Jorma Sakari: "Tutkimus hiilimonoksidin katalyyttisestä hapetuksesta eräillä perovskiiittioksidoilla", professori Tikkasen johdolla.

Tämä työ on osatutkimus metallurgian laboratoriossa suoritettavasta CO:n katalyyttiseen hapetukseen liittyvästä tutkimusohjelmasta, jonka tarkoituksena on selvittää lantaanikoboltiaattipohjaisten katalyyttien soveltuvuus pakokaasujen hapetukseen.

Työn kirjallisuusosassa on tarkasteltu kemisorptiota heterogeenisen puolijohdekatalyyysin osana sekä esitettyjä CO:n hapetusmekanismeja oksidikatalyyteillä. Lisäksi on tarkasteltu perovskiiittirakennetta yleisesti sekä erityisesti LaCoO₂:n kide- ja elektronirakenteen lämpötilariippuvuutta.

Kokeellisessa osassa on tutkittu, voidaanko osa LaCoO₂:n koboltista korvata muilla metallikationeilla. Seostettaviksi valittiin mangaani, kromi, kupari ja lyijy.

Työssä suoritettiin myös vertailevia kokeita CO:n hapetumisesta perovskiiittikatalyyteillä. Näin pyrittiin selvittämään valmistustavan ja mangaaniseostuksen vaikutusta LaCoO₂:n katalyyttisiin ominaisuuksiin. Myös johtokyvyltään erilaisten perovskiiittien katalyyttistä aktiivisuutta vertailtiin.

Vitikainen, Esa Antero: "Tutkimus sirconi-niobiseosten kaasuhydrauksesta", dosentti Forsténin johdolla.

Työssä on hydrattu Zr-1Nb-, Scanuk 1-, Scanuk 4- ja Zircaloy-2-seoksia vetypitoisuuksiin 15...620 ppm. Muodostuneiden hydriiden orientaatioita ja jakautumista tutkimaiseen ja levymateriaaliin on tutkittu sekä optisesti että elektronimikroskoopilla. Hydriiden f 40-jakautumat on laskettu putkimateriaaleilla. Lujuustutkimuksia on suoritettu vetokokeilla ja kovuusmittauksilla. Murtopintatutkimuksia on tehty pyyhkäisyelektronimikroskoopilla. Pyrkimyksenä on ollut hydrausmenetelmän kehittäminen, sekä tekstuurin ja hydridijakauman välisen yhteyden ja hydriiden haurastavan vaikutuksen tutkiminen.

Väisänen, Jukka Antero: "Plastinen deformaatio Al-, Cu-Al- ja Cu-Sn-erilliskiteissä akustisen emissioon syntyneinä", professori Lindroosin johdolla.

Tutkimuksessa, joka suoritettiin Al-, CuAl- ja CuSn-erilliskiteillä, selvitettiin metallin pinousvian pintaenergian vaikutusta plastisen deformaation aikana ilmenevään akustiseen emissioon. Tutkimusmateriaalit valittiin siten, että plastista deformaatiota välittävät dislokaatio-prosessit poikkeavat niissä toisistaan johtuen erisuuruista pinousvian pintaenergioista. Emissiokäyttäytymisen havaittiin riippuvan pinousvian pintaenergiasta siten, että kun pintaenergia on suuri, emissio on tyypiltään jatkuva. Kun pinousvian pintaenergia on pieni, emissio-tyyppi muuttuu jatkuvasta epäjatkuvaksi. Deformaation aikana syntyneiden dislokaatiorekenteiden ja ilmenneen akustisen emissioon välisen yhteyden selvittämiseksi tehtiin koesauvoille läpivalaisututkimuksia.

Jatk. s:lta 94

The radon problem in non-uranium mines in Finland H. Kahlos

Institute of Radiation Physics, Helsinki

Abstract

Finland has about 20 non-uranium mines in operation. In 1973 there were about 1300 miners in these mines. In 1972-73 a survey on the concentration of radon and its short-lived daughters in mine air was performed. In some mines, working places were found in which the concentration of radon daughters in the mine air was over 30 pCi/l (0.3 WL), which is the maximum permissible concentration for radon and its daughters in the air used in Finland. The highest concentrations were found in poorly ventilated dead-end drifts. In such areas the highest radon concentration was over 1000 pCi/l in working places and over 3000 pCi/l in an unused drift. Generally, the concentration of radon daughters was very much lower than 30 pCi/l in working places. The most common source of radon in the air was the high radon content of the mine water.

Uutta jäsenistä - Nytt om medlemmarna

DI *Kalevi Aho* on nimitetty Ovako Oy, Imatran rauta-tehtaan yli-insinööriksi.

DI *Antero Ala-Jokimäki*. Uusi osoite: Tuusulantaival 42 B 36, 04200 Kerava.

DI *Väinö Alho*. Uusi osoite: Ilmarisenkatu 13—15 D 29, 40100 Jyväskylä 10.

DI *Esko Alopaeus*. Uusi osoite: Hammasnurkka B 12, 82200 Hammaslahti.

DI *Reijo Antola* on nimitetty Oy Koverhar Ab:n sint-raus- ja masuuniosaston tuotantopäälliköksi.

DI *Jaakko Anttilainen* on siirtynyt Outokumpu Oy, Teknilliseen suunnitteluun projekti-insinööriksi. Osoite: Haagan Urheilutie 15 A 11, 00320 Helsinki 32.

Professori *Paavo Asanti* on lähtenyt vuodeksi Teheraniin, Iraniin, missä hän toimii YK:n teollistamisjärjestön Unidon teknillisenä asiantuntijana. Osoite: UNDP, P.O. Box 1555, Teheran, Iran.

FL *Leif Bergman* on nimitetty geologia ja mineralogia I:n assistentiksi 1. 1. 1974 lähtien kolmeksi vuodeksi Åbo Akademiassa.

DI *Erik Bäck*. Ny adress: Poppelvägen 11, 67200 Gam-lakarleby 20.

FL *Carl Ehlers* on nimitetty geologian ja mineralogian yliassistentiksi 1. 9. 1974 lähtien viideksi vuodeksi Åbo Akademiassa.

DI *Kurt Fager* on siirtynyt Oy Airam Ab- Kometatehtaitten palvelukseen kovametalliosaston tutkimusinsinööriksi. Osoite: Pajalahdentie 9 B 39, 00200 Helsinki 20.

FL *Reijo Gardemeister* toimii nyttemmin Imatran Voima Oy:n rakennusgeologina.

DI *Bengt Grägg* arbetar numera som distriktchef vid Tryckkärlsinspektoratet, Vasa distrikt. Adress: Grindstugan, 66600 Vörå.

DI *Ilkka Haapamäki*. Uusi osoite: Kyykerinkatu 12 as 1, 83500 Outokumpu.

DI *Antero Hakapää* tulee vv. 1975—1976 olemaan bilateraalisen kehitysyhteistyön asiantuntijatehtävissä Sambianssa. Tehtävän nimitys on inspector of mines. Osoite: Ministry of Mines, P.O. Box 1006, Kitwe, Zambia.

FM *Pertti Hautala* on palannut Suomeen ja toimii nyt tutkimusgeologina Outokumpu Oy, Malminetsinnän laboratoriossa. Osoite: Vilpunkatu 2 F 38, 02230 Espoo 23.

Ins. geol. *Into Heikkilä* on nimitetty Rautaruukki Oy, Otanmäen kaivoksen kaivososaston päälliköksi.

TT *Sakari Heikkilä* on nykyään Oy Decon Ab:n toimitusjohtaja. Osoite: Tornitaso 2 D 24, 02120 Espoo 12.

TT *Veikko Heikkisen* uusi toimi on: Postdoctorate Fellow in the Physical Metallurgy Division, Mines Branch, Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa. Osoite: 38 Northview Rd, Apt 4, Ottawa, Ontario K2E 7E4, Canada.

DI *Pertti Heinonen* on siirtynyt Outokumpu Oy, Outokummun kaivokselle rikastamon tutkimusinsinööriksi. Osoite: Kumpula, 83500 Outokumpu.

FK *Kyösti Heinänen* toimii nykyään Rautaruukki Oy, Raahan rautatehtaan tutkimuslaitoksella mineralogina. Osoite: Ollinsaarentie 45 O 102, 92120 Raahe 2

VH *Nils Hellén*. Ny adress: Kalliolinnavägen 16 A, 00140 Helsingfors 14.

DI *Olle Henrichson* har utnämnts till chef för stålkonstruktionsavdelningen vid Oy Wärtsilä Ab, Järvenpää fabriker.

DI *Pentti Hintikka* on nimitetty Oy Tampella Ab, Tamrockin louhintakoneyksikön avolouhintakaluston tuotepäälliköksi. Osoite: Koivumankkaanraitti 9 A 6, 02130 Espoo 13.

DI *Väinö Hintikka*. Uusi osoite: Valtakatu 30 as 40, 28100 Pori 10.

DI *Caj Holm*. Ny adress: Tallvägen 1 C 51, 10210 Ingå.

DI *Eero Hukkanen* on nimitetty Rautaruukki Oy Mustavaaran kaivoksen prosessipäälliköksi.

DI *Rolf Hultin*. Uusi osoite: Pajaniityntie 1 A 3, 92120 Raahe 2.

DI *Jorma Hyvärinen* on nimitetty johtajaksi Oy Grönbloom Ab:n tuoteryhmään. Osoite: Hakarinne 6 H 12, 02120 Espoo 12.

I *Uljas Hämäläinen* on perustanut oman insinööritoimiston nimeltä Insinööritoimisto Mikko U Hämäläinen, jonka toimitusjohtajana hän nyt toimii.

DI *Pekka Häyrinen*. Uusi osoite: Hallituskatu 6 A 16, 28100 Pori 10.

DI *Erik Jakowleff* har flyttat till Ovako-gruppens centraladministration i Helsingfors, där han utför specialuppdrag direkt underställd verkst. direktören. Adress: Beckasinvägen 14 C 18, 00200 Helsingfors 20.

DI *Kari Jokinen*, Uusi osoite: Gyldenintie 14 A 2, 00200 Helsinki 20.

DI *Kalervo Jussila*. Uusi osoite: Haltiantie 4 I 76, 01610 Vantaa 61.

DI *Ilpo Kaislaniemi* on nimitetty Tutkimustekniikka Oy:n toimitusjohtajaksi.

DI *Aarno Kalliokoski*. Uusi osoite: Palokuja, 28400 Ulvila.

DI *Matti Korhonen*. Uusi osoite: Kivenlahdenkatu 3 F 63, 02320 Espoo 32.

DI *Olli Korhonen* on siirtynyt suunnitteluinsinööriksi Outokumpu Oy, Teknilliseen suunnitteluun. Osoite: Albantie 2 B, 02200 Espoo 20.

FT *Kauko Korpela* on nimitetty Turun Yliopiston maa-perägeologian professoriksi.

DI *Aaro Koskenrouta*. Uusi osoite: Koskitie 47 B 6, 90500 Oulu 50.

DI *Vesa Koskinen* on nimitetty Oy Tampella Ab, Tamrockin kompressoritehtaan johtajaksi.

DI *Ahti Kosonen*. Uusi osoite: Saarelaisentie 26, 28360 Pori 36.

DI *Jaakko Kotola* on nimitetty Ovako Oy, Imatran terästehtaan laadunohjausosaston johtajaksi.

DI *Reijo Kukkosuo* toimii nykyään Oy A.W. Enbom AB:n myynti-insinöörinä. Osoite: Soukankuja 16 D 46, 02360 Espoo 36.

DI *Tero Laakso* toimii nyttemmin Oy Finnatom Ab:n tutkimusinsinöörinä. Osoite: Kaskilaaksontie 5 C 39, 02360 Espoo 36.

FT *Pertti Lahermo*. Uusi osoite: Vanha Sotilastie 8, 00850 Helsinki 85.

FL *Lennart Laurén* arbetar 1974—06—01 — 1975—05—31 vid United Nations, Economic Commission for Africa,

Natural Resources Section. Adress: P.O. Box 3005, Addis Abeba, Ethiopia.

DI *Kimmo Lehto* toimii nyttemmin Outokumpu Oy:n pääkonttorissa asiakaspalveluinsinöörinä. Osoite: Kivi- vuoreнкуja 5 H 98, 01620 Vantaa 62.

DI *Antti Lehtola* on siirtynyt Outokumpu Oy, Vuonoksen kaivokselle rikastamon käyttöinsinööriksi. Osoite: Poikkikatu 5—7, 83500 Outokumpu.

DI *Arto Levanto*. Uusi osoite: Kuljunniemi F, 92160 Saloinen.

TT *Ulla-Maija Levanto*. Uusi osoite: Kuljunniemi F, 92160 Saloinen.

TT *Kaj Lilius* on nimitetty Helsingin Teknillisen korkeakoulun metallurgian apulaisprofessoriksi.

DI *Sten Lindgren* har utnämnts till utvecklingschef vid Oy Wärtsilä Ab, Dalsbruk. Adress: Dalhöjden A 3, 25900 Dalsbruk.

TT *Veikko Lindroos* on nimitetty Helsingin Teknillisen Korkeakoulun metalliopin (fysikaalinen metallurgia) professoriksi.

DI *Ilpo Linko*. Uusi osoite: Aapontie 4, 02180 Espoo 18.

FT *Anssi Lonka* on siirtynyt Geologisen tutkimuslaitoksen Väli-Suomen aluetoimiston esimiehen tehtävään. Osoite: Hirventie 11, 70400 Kuopio 40.

DI *Juhani Luhtala* on nimitetty A-Elementti Rakennusmiehen kone- ja metalliryhmän johtajaksi. Osoite: Hiidenkiukaantie 4 B 14, 00340 Helsinki 34.

Bergsing. *Ake Lundberg*. Ny adress: Lützengatan 5 A, 115 23 Stockholm, Sverige.

DI *Tauno Manunen* toimii nykyään Outokumpu Oy, Stormin tutkimustyömaan työpäällikkönä. Osoite: Jäniskuja, 38200 Vammala.

FM *Björn Mattson* har utnämnts till chef för produktlinjen för kalkprodukter vid Pargas Kalk Ab.

DI *Aarne Monni*. Uusi osoite: Honkatie 14 D, 67200 Kokkola 20.

DI *Jukka Murtoaro*. Uusi osoite: Vänrikki Stoolinkatu 11 B 33, 00100 Helsinki 10.

DI *Jukka Myllyniemi* on nimitetty Rautaruukki Oy Otanmäen kaivoksen vanadiinitehtaan päälliköksi.

DI *Risto Myyryläinen* on nimitetty Outokumpu Oy:n työsuojelujohtajaksi.

DI *Olavi Mäenpää* on siirtynyt Outokumpu Oy, Teknillisen suunnittelun palvelukseen suunnitteluinsinööriksi. Osoite: Haahkakuja 3 B 13, 00200 Helsinki 20.

TL *Kalevi Nikkilä* toimii Helsingin Teknillisen korkeakoulun vuoriteollisuusosaston metallien muokkauksen ja lämpökäsittelylaboratorion tutkijana. Osoite: Revontulentie 2 L 96, 02100 Espoo 21.

FL *Pentti Niskanen* on siirtynyt Outokumpu Oy, Malminetsintään ATK-projekti tehtäviin. Osoite: Säynävätie 14 C 11, 02170 Espoo 17.

DI *Veikko Noponen* toimii Outokumpu Oy, Teknillisen suunnittelun suunnitteluinsinöörinä. Osoite: Tonttutyönkuja 3 C 16, 02200 Espoo 20.

DI *Antti Närhi*. Uusi osoite: Satakunnankatu 8 C 25, 28100 Pori 10.

DI *Kalevi Onnela* on nimitetty Oy Rosenlew Ab:n valimon johtajaksi. Osoite: Viirupöllöntie 16, 28200 Pori 20.

DI *Antti Palomäki*. Uusi osoite: Tonttutyönkuja 3 C 17, 02200 Espoo 20.

DI *Asko Palomäki*. Uusi osoite: Vasikkahaantie 15 B, 15900 Lahti 90.

DI *Raimo Parkkinen* on siirtynyt Suomen Talkki Oy,

Lahnaslammen kaivokselle suunnitteluinsinööriksi. Osoite: Kauppakatu 29 A 12, 87100 Kajaani 10.

DI *Eero Pekuri*. Uusi osoite: Vanha-Hämeentie 114 C 46, 20540 Turku 54.

FT *Esko Peltola* on 11. 7. 1974 nimitetty taloudellisen geologian dosentiksi Turun Yliopistoon.

FK *Vesa Perttunen* on siirtynyt Geologisen tutkimuslaitoksen Pohjois-Suomen aluetoimistoon geologiksi. Osoite: Koulukuja 1 C 18, 96500 Rovaniemi 50.

DI *Esko Pessi* toimii nykyään Rautaruukki Oy:n pääkonttorissa markkinointitutkijana.

DI *Jaakko Poijärvi*. Uusi osoite: Katariinankatu 7 A 5, 28100 Pori 10.

FK *Eero Pokki*. Uusi osoite: Kivivuoreнкуja 2 C 20, 01620 Vantaa 62.

FM *Veikko Polvi*. Uusi osoite: Rasituksentie 33, 28360 Pori 36.

Professori *Maunu Puranen* on promovoitu kunniaoh- toriksi Helsingin teknillisessä korkeakoulussa.

DI *Pekka Purra* on siirtynyt Rautaruukki Oy:n palvelukseen pääkonttoriin suunnitteluinsinööriksi. Osoite: Otakallio 4 A 12, 02150 Espoo 15.

DI *Esa Rantaheikka*. Uusi osoite: Toppelundinkatu 9 G 41, 02170 Espoo 17.

DI *Seppo Rantanen* toimii nyttemmin rikastusinsinöörinä Outokumpu Oy, Kotalahden kaivoksella. Osoite: 71470 Oravikoski.

DI *Gunnar Rask* on nimitetty Valmet Oy:n johtajaksi 1975—01—01 alkaen tehtävänään johdon määrittelemät kehitystoimenpiteet.

DI *Harri Rautiainen*. Uusi osoite: Päivänkilontie 6 D, 02210 Espoo 21.

FM *Matti Ravaska* on siirtynyt Oy Alko Ab:n palvelukseen Rajamäen tehtaalle tutkimusinsinööriksi. Osoite: Isokalliontie, 05200 Rajamäki.

Ins. *Väinö Rinne* on nimitetty Rautaruukki Oy, Mustavaaran kaivoksen louhoksen päälliköksi. Osoite: 93400 Taivalkoski kk.

DI *Risto Rintala* on nimitetty Upo Oy, Metalliteollisuuden teknilliseksi johtajaksi.

DI *Pekka Ritakallio*. Uusi osoite: Mörtgränden 19, 95100 Luleå, Sverige.

DI *Kalervo Räsänen* toimii 1975—01—01 alkaen Outokumpu Oy, Kemin kaivoksen johtajana sekä Tornion tehtaiden hallintojohtajana.

DI *Matti Saari*. Uusi osoite: Impolantie 42, 28130 Pori 13.

FK *Jyry Saastamoinen*. Uusi osoite: Kasteruohonkuja 2 A 8, 02360 Espoo 36.

TT *Lasse Salonen* toimii nykyään Puolustuslaitoksen tutkimuskeskuksen I-osaston johtajana. Osoite: Onkinie- menkatu 9 D 30, 33230 Tampere 23.

DI *Jürgen Sasse* on nimitetty johtajaksi Ovako-ryhmän keskushallintoon.

DI *Sakari Seeste* on siirtynyt Oy Falcon Chemicals Ab:n palvelukseen.

DI *Aarne Siikarla*. Uusi osoite: Itsenäisyydenkatu 59 D 64, 28100 Pori 10.

TL *Olavi Siltari* on nimitetty Outokumpu Oy, Tornion tehtaiden johtajaksi 1975—01—01 alkaen.

FT *Ahti Silvennoinen* on nimitetty Geologisen tutkimuslaitoksen kartoitus- ja tutkimusryhmän Pohjois-Suomen alaryhmän päälliköksi sekä Pohjois-Suomen aluetoimiston esimieheksi. Osoite: Karhunkaatajantie 5, 96100 Rovaniemi 10.

FL *Veikko Sjöberg*. Uusi osoite: Soidinpolku 7, 92100 Raahe 1.

FM *Aarre Stenberg*. Uusi osoite: Kuunsäde 10 A 37, 02210 Espoo 21.

DI *Kaj Söderling* är numera anställd vid Turkkablo A.O. Adress: P.K. 53, Izmit, Turkey.

FM *Paavo Taanila* Uusi osoite: Harjutie 4 E, 01800 Klaukkala.

DI *Tapio Takalo*. Uusi osoite: Ratakatu 10 B 40, 90140 Oulu 14.

DI *Juho Tuomikoski* toimii nyttemmin Oy Wärtsilä Ab, Pietarsaaren Konepajan valimon projekti-insinöörinä. Osoite: Satamakatu 12, 68600 Pietarsaari.

DI *Rainer Tuovinen* on nimitetty Rautaruukki Oy:n kaivosteknillisen osaston päälliköksi. Osoite: Kihokkitie 14 Z 1, 90160 Oulu 16.

DI *Kari Tähtinen* on siirtynyt Ovako Oy:n palvelukseen tutkimuskeskuksen prosessikehitysosaston tutkimusinsinööriksi. Osoite: Ensontie 45 C 19, 55610 Imatra 61.

FD *Gösta Törnqvist* har utnämnts till project manager för F.N:s projekt i Nepal. Adress: U.N.D.P., P.O. Box 107, Kathmandu, Nepal.

DI *Kari Törrönen*. Uusi osoite: Korkeavuorenkatu 8 C 21, 00120 Helsinki 12.

DI *Esko Ulvelin* on nimitetty Roxon Oy:n markkinointijohtajaksi.

FL *Raimo Usinoka* toimii nykyään Helsingin Yliopiston geologian ja paleontologian laitoksella assistenttina. Osoite: Putousrinne 1 D 27, 01600 Vantaa 60.

FM *Juha-Pekka Vihavainen*. Uusi osoite: Ojahaantie 6 B 25, 01600 Vantaa 60.

DI *Raimo Viherma* on nimitetty Oy Fiskars Ab saksitehtaan laadunvalvontapäälliköksi.

DI *Juhani Villikka*. Uusi osoite: Huhtiniemenkatu 30, 53600 Lappeenranta 60.

DI *Lars Witting* har utnämnts till överingenjör vid Ovakogruppens centralförvaltning.

FM *Kauno Vormisto*. Uusi osoite: Leppäkuja, 38200 Vammala.

FM *Erkki Vornanen* on nimitetty Rautaruukki Oy, Rautuvaaran kaivoksen johtajaksi. Osoite: 95900 Kolari.

DI *Markku Vuorela* on nimitetty Lemminkäinen Oy:n louhinta- ja murskausosaston apulaisosastopäälliköksi.

FT *Veikko Vähätalo*. Uusi osoite: Rullantie 8 H, 18100 Heinola 10.

FK *Paavo Väänänen*. Uusi osoite: Heinjoenpolku 1 B 18, 02140 Espoo 14.

DI *Oiva Ylikotila*. Uusi osoite: Vaaralankatu 22, 33240 Tampere 24.

Uusia jäseniä - Nya medlemmar

Vuorimiesyhdistys r.y:n hallitus on kokouksessaan 1974—04—24 hyväksynyt seuraavat henkilöt yhdistyksen jäseniksi:

Hakkarainen Jorma Mikael, KTM, s. 1930—07—31, Outokumpu Oy, pääkonttori, markkinointijohtaja. Osoite: Särkitie 10, 02170 Espoo 17.

Halin, Esa Tapio, DI, s. 1947—04—18. Outokumpu Oy, Metallurginen tutkimus, laboratorioins. Osoite: Itsenäisyydenkatu 47, 28100 Pori 10.

Ignatius, Heikki Gustaf, FT, s. 1924—06—17. Geologinen tutkimuslaitos, maaperäosasto, geologi. Osoite: Otakallio 1 B 17, 02150 Espoo 15.

Jussila, Eino Kalervo, DI, s. 1945—06—19. Outokumpu Oy, pääkonttori, myynti, asiakaspalveluins. Osoite: Hallitantie 4 I 67, 01610 Vantaa 61.

Kaija, Rauno Ilmari, DI, s. 1948—04—17. Outokumpu Oy, Tornion tehtaat, ferrokromitehtaan sulatusprosessin tutkimus- ja kehitysins. Osoite: Hallituskatu 5 A 6, 95400 Tornio.

Kauppinen, Veli Heikki, FK, s. 1939—10—12. Outokumpu Oy, Vuonoksen kaivos, kaivosgeologi. Osoite: Kiisukatu 13 as 9, 83500 Outokumpu.

Kettunen, Risto Juhani, DI, s. 1946—11—04. Oy Huber Ab, teollisuusosasto, materiaaliasiantuntija. Osoite: Maskuntie 8 A 8, 00280 Helsinki 28.

Koivunen, Timo Tapio, DI, s. 1945—02—16. Outokumpu Oy, Porin tehtaat, kemian tuotanto-osasto, tutkimusins. Osoite: Sopintie, 28400 Ulvila.

Kurki, Jaakko Antero, FM, s. 1936—07—24. Outokumpu Oy, Malminetsintä, Itä-Suomen aluegeologi. Osoite: Kuilukatu 1 C 23, 83500 Outokumpu.

Käenniemi, Unto Juhani, DI, s. 1947—01—25. Oy Wärtsilä Ab, Taalintehdas, laboratorion tutkimusins. Osoite: 25900 Taalintehdas.

Kärävä, Lauri Jussi Ilmari, DI, s. 1948—11—18. Kemppe Oy, hitsausins. Osoite: Ulvilantie 29/2 A 58, 00350 Helsinki 35.

Lempiäinen, Risto Juhani, DI, s. 1947—10—10. Rautaruukki Oy, Raahan rautatehdas, sintraamon käyttöins. Osoite: Ollinsaarentie 43 J 69, 92120 Raahe 2.

Levonmaa, Raimo Johannes, DI, s. 1947—01—15. Suomen Akatemia, Valtion Teknillistieteellinen toimikunta, tutkija. Osoite: Maininkitie 9 H 102 02320 Espoo 32.

Lindmark, Sven Boris, FK, f. 1934—12—09. Geologiska Forskningsanstalten, Malmavdelningen, geolog. Adress: Mäntytie 3, 01650 Vanda 65.

Mäkinen, Tuula Sisko Mirjami, DI, s. 1946—02—23. Outokumpu Oy, Teknillinen suunnittelu, suunnitteluins. Osoite: Paimenenkatu 23 A 30, 01400 Vantaa 40.

Nopanen, Urho Heikki Juhani, DI, s. 1949—09—29. Outokumpu Oy, ATK-osasto, suunnittelija. Osoite: Vänrikki Stoolinkatu 10 A 6, 00100 Helsinki 10.

Norberg, Kari Olavi, DI, s. 1945—08—16. Rautaruukki Oy, Raahan rautatehdas, masuuniosaston käyttöins. Osoite: Ollinsaarentie 41 B 10, 92120 Raahe 2.

Perttunen, Soile Marjatta, FL, s. 1941—08—21. Geologinen tutkimuslaitos, maaperäosasto, geologi. Osoite: Nuijakuja 6 A 6, 01650 Vantaa 65.

Pessi, Esko Urho J. DI, s. 1946—05—09. Rautaruukki Oy, pääkonttori, markkinointitutkija. Osoite: Tiirismaantie 9 C 45, 00710 Helsinki 71.

Rantanen, Heikki Kullervo, DI, s. 1945—09—28. Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, metalliopin laboratorio, yliassistentti. Osoite: Tanotorventie 32, 00420 Helsinki 42.

Ristimäki, Erkki Johannes, DI, s. 1944—06—03. Ovako Oy, tutkimuskeskus, tutkimusins. Osoite: Terästehdas B 103/13, 55610 Imatra 61.

Ristolainen, Eero Olavi, DI, s. 1947—10—08. Helsingin teknillinen korkeakoulu, vuoriteollisuusosasto, metalliopin laboratorio, assistentti. Osoite: Kuutamokatu 2 B 36, 02210 Espoo 21.

Sipilä, Matti Ilkka, DI, s. 1948—10—17. Ovako Oy, Imatran rautatehdas, prosessinkehitysosasto, tutkimusins. Osoite: Ensontie 45 C 16, 55610 Imatra 61.

Visti, Mikko Juhani, DI, s. 1946—02—08. Rautaruukki Oy, Otanmäen kaivos, vanadiinitehdas, tutkimusins. Osoite: Titaani A 5, 88200 Otanmäki.

Kokouksessa 1974—06—12 hyväksyttiin:

Häyrinen, Pekka A, DI, s. 1948—10—19. Outokumpu Oy, Metallurginen tutkimus, tutkimusins. Osoite: Hallituskatu 6 A 16, 28100 Pori 10.

Länsiluoto, Juha Pekka, DI, s. 1941—09—18. Kone Oy, materiaalitekniikan toimiston päällikkö. Osoite: Helenenkatu 30—34 A 1, 05800 Hyvinkää.

Pitcher, Peter Donald, TL, s. 1948—05—21. Outokumpu Oy, Metallurginen tutkimus, tutkimusins. Osoite: Pohjoiskauppari 3 B 16, 28100 Pori 10.

Pukkila, Arvo Juhani (Jukka), DI, s. 1944—06—10. Oy Tampella Ab, Tamrock, applicationinsinööri. Osoite: Ruskeepäänkatu 6, 37120 Nokia 2.

Kokouksessa 1974—11—12 hyväksyttiin:

Blomster, Kari, DI, s. 1946—06—05. Oy Suomen Bofors Ab, teknillinen johtaja. Osoite: Aallonhuippu 5 A 9, 02320 Espoo 32.

Einamo, Pekka Juhani, DI, s. 1940—01—31. Rautaruukki Oy, pääkonttori, apulaisjohtaja, suunnittelupäällikkö. Osoite: Nallenpolku 4 D, 02100 Espoo 10.

Heikinheimo, Erkki Juhani, DI, s. 1945—08—25. Suomen Akatemia, Valtion teknillistieteellinen toimikunta, tutkija. Osoite: Pohjoiskaari 43 A 1, 00200 Helsinki 20.

Ikäheimo, Pauli, DE, s. 1926—12—07. Outokumpu Oy, ATK-päällikkö. Osoite: Hakamaankuja 1 P, 02120 Espoo 12.

Kaskentola, Pentti Olavi, DI, s. 1945—11—04. Rautaruukki Oy, Raahan rautatehdas, tutkimuslaitoksen tutkimusins. Osoite: Pajaniityntie 7 A 10, 92120 Raahe 2.

Ketonen, Pekka Vesa Tapani, DI, s. 1946—11—01. Roxon Oy, projekti-ins. Osoite: Salpatie 5 A 1, 15860 Salpakangas.

Korhonen, Erkki Juhani, DI, s. 1935—11—20. Rautaruukki Oy, Raahan rautatehdas, terässulaton käyttöins. Osoite: Ouluntie 12 A 5, 92100 Raahe.

Lehto, Sakari Tapani, varatuomari, s. 1923—12—26. Paraisten Kalkki Oy, toimitusjohtaja. Osoite: Ullankatu 1 A, 00140 Helsinki 14.

Nieminen, Pentti Juhani, FK, s. 1945—01—08. Turun Yliopisto, maaperägeologian laitos, assistentti. Osoite: Petkeltie 4 E 133, 20540 Turku 54.

Nybergh, Carl-Johan, DI, f. 1947—08—29. Statens tekniska forskningscentral, metallurgiska laboratoriet, forskare. Adress: Kadettvägen 6 A, 00330 Helsingfors 33.

Parkkinen, Onni Jyrki Ilmari, FL, s. 1940—01—19. Outokumpu Oy, Malminetsintä, geologinen laboratorio, tutkimusgeologi. Osoite: Vilpunkatu 2 B 11, 02230 Espoo 23.

Pesonen, Jukka Pekka, DI, s. 1948—02—27. Outokumpu Oy, pääkonttori, teknillinen neuvonta. Osoite: Väinölänkatu 2 B 24, 00610 Helsinki 61.

Platan, Jorma Kalevi, DI, s. 1949—10—15. Outokumpu Oy, Instrumenttitehdas, markkinoinnin teknillisen toimiston rikastusins. Osoite: Ylistörmä 5 F 116, 02210 Espoo 21.

Puranen, Risto Päiviö, FL, s. 1945—06—30. Geologinen tutkimuslaitos, geofysiikan osasto, geofyysikko. Osoite: Menninkäisentie 5 A, 02100 Espoo 10.

Rantala, Erkki Sakari, DI, s. 1948—03—09. Outokumpu Oy, pääkonttori, tuotekehitysins. Osoite: Ulvilantie 15 B 42, 00350 Helsinki 35.

Reino, Jouko Jaakko Taneli, FK, s. 1945—07—27. Outokumpu Oy, Malminetsintä, Rovaniemen toimisto, geologi. Osoite: Valtakatu 37 as 18, 96200 Rovaniemi 20.

Sandberg, Esa Antero, FK, s. 1948—04—28. Turun Yliopisto, maaperägeologian laitos, assistentti. Osoite: Viikkala, 29250 Nakkila.

Sarkkinen, Timo Tauno Johannes, DI, s. 1943—02—01. Rautaruukki Oy, Raahan rautatehdas, valssilaitoksen käyttöins. Osoite: Närhinkuja 6, 92120 Raahe 2.

Seppälä, Jaakko Tapani, DI, s. 1947—12—20. Outokumpu Oy, Outokummun kaivos, rikastusteknillinen tutkimusins. Osoite: Kuilukatu 1 B 13, 83500 Outokumpu.

Tommila, Esa Ilmari, FM, s. 1946—09—2. Rautaruukki Oy, pääkonttori, ympäristönsuojeluasiantuntija. Osoite: Kivipadontie 6 D 27, 00640 Helsinki 64.

Tulokas, Karl Untamo Tapani, DI, s. 1947—03—29. Rautaruukki Oy, Rautuvaaran kaivos, kaivosins. Osoite: 95900 Kolari.

Uronen, Paavo, professori, s. 1938—10—16. Oulun yliopisto, prosessiteknikan professori (prosessien säätö ja optimointi). Osoite: Solkitie 7, 90250 Oulu 25.

Voutilainen, Lahja Aira Ilona, FK, s. 1941—12—24. Geologinen tutkimuslaitos, informaatiotoimisto, tutkija. Osoite: Soukankaari 11 A 9, 02360 Espoo 36.

Organisaatiouudistuksia Outokumpu Oy:ssa

Outokumpu Oy:ssä siirrytään vuoden 1975 alusta tulosyksikköpohjalla toimivaan organisaatioon. Jako tulosyksiköiksi on seuraava:

1) **Kaivos- ja metallurginen tulosyksikkö**, johon kuuluvat sulfidimalmeja louhivat kaivokset sekä Kokkolan että Harjavallan tehtaat.

Yksikön johtoryhmään kuuluvat johtokuntaa edustavina jäseninä varatoimitusjohtaja *Jorma Honkasalo* ja kaivostoiminnan johtaja *Reino Kurppa* sekä muina jäseninä metallurginen johtaja *Rolf Malmström*, kaivosteknillinen johtaja *Olavi Alarotu* ja yksikön operatiivinen johtaja *Juhani Tanila*.

2) **Terästeollisuus-tulosyksikkö**, johon kuuluvat Kemin kaivos ja Tornion tehtaat.

Yksikön toiminnasta vastaa johtokuntatasolla terästeollisuuden johtaja, varatoimitusjohtaja *Pentti Rautimo*.

Yksikön paikallisena johtajana toimii Tornion tehtaiden johtaja *Olavi Siltari*.

3) **Metalliteollisuus-tulosyksikkö**, johon kuuluvat Porin tehtaat.

Yksikön toiminnasta vastaa johtokuntatasolla metalliteollisuuden johtaja *Jorma Hakkarainen*.

Yksikön paikallisena johtajana toimii Porin tehtaiden johtaja *Ahti Pynnä*.

4) **Teknillinen vienti ja Instrumenttitehdas** muodostavat oman tulosyksikkönsä. Tämän yksikön toiminnasta vastaa johtokuntatasolla varatoimitusjohtaja *Jorma Honkasalo*.

Yksikön johtajana toimii yli-ins. *Rauno Seeste*.

Organisaatiomuutoksen yhteydessä on suoritettu seuraavat nimitykset ja järjestelyt:

Kaivos- ja metallurgisen tulosyksikön operatiiviseksi johtajaksi on nimitetty DI *Juhani Tanila*, hänen alaiseksi markkinointijohtajaksi DI *Börje Klaile* ja raaka-aineiden ostajohtajaksi DI *Pekka Lähteenoja*, kaikki 1. 7. 1975 lähtien sekä ekonomi *Pertti Lehtonen* yksikön talousjohtajaksi 1. 1. 1975 lähtien.

Kaivosteknilliseksi johtajaksi on nimitetty yli-ins. *Olavi Alarotu* 1. 1. 1975 alkaen. Hänen alaisuudessaan toimivat 1. 1. 1975 lähtien Outokummun kaivokselle sijoitettuna pääkaivosgeologina FT *Esko Peltola*, pääkaivosinsinöörinä TL *Raimo Matikainen* ja päärikastusinsinöörinä DI *Esko Lehtonen*.

Teknillinen vienti ja Instrumenttitehdas-yksikön johtajaksi on nimitetty yli-ins. *Rauno Seeste*. Saman yksikön markkinointijohtajaksi on nimitetty DI *Raimo Monni*, markkinoinnin apulaisjohtajaksi DI *Aaro Laurila*, tuotantojohtajaksi DI *Lauri Saari* sekä talous- ja hallintojohtajaksi kauppat. maist. *Matti Sundberg*.

Ulkomailla tapahtuvan yritystoiminnan johtajaksi on nimitetty yli-ins. *Heikki Tanner* 1. 7. 1975 alkaen. Hänen alaiseksi geologiksi on 1. 1. 1975 alkaen nimitetty FT *Heikki Wennervirta*.

Neuvottelevaksi johtajaksi on nimitetty yli-ins. *Gunnar Laatio* 1. 1. 1975 alkaen.

Yhtiön tutkimusjohtajaksi on nimitetty TL *Toimi Lukkarinen* 1. 1. 1975 alkaen.

Yhtiön päägeologiksi on 1. 2. 1975 alkaen nimitetty FM *Pauli Isokangas*.

Malminetsinnän johtajaksi on nimitetty FT *Pentti Rouhunkoski* 1. 2. 1975 alkaen.

Pääkonttoriin perustettavan liikesopimusosaston päälliköksi on nimitetty varatuomari *Heikki Solin* 1. 1. 1975 alkaen.

Yhtiön ympäristönsuojelujohtajaksi pääkonttoriin on nimitetty DI *Per-Olof Grönqvist* 1. 1. 1975 alkaen.

Outokummun kaivoksen apulaiskaivoksenjohtajaksi on nimitetty DI *Timo Heikkinen* 1. 1. 1975 lukien.

Vuonoksen kaivoksen kaivososaston päälliköksi on nimitetty DI *Risto Heiskanen* ja rikastamon päälliköksi DI *Antti Lehtola* 1. 12. 1975 lukien.

Kotalahden kaivoksen apulaiskaivoksenjohtajaksi on nimitetty DI *Mikko Palviainen*, rikastamon päälliköksi DI *Timo Niitti* ja kaivososaston päälliköksi DI *Kalle Vaajoensuu* 1. 1. 1975 lähtien.

Stormin koekaivoksen ja tutkimustyömaan paikalliseksi johtajaksi on nimitetty DI *Lasse Vanha-Honko* 1. 12. 1974 lukien.

Vihannin kaivoksen kaivososaston päälliköksi on nimitetty DI *Ilmo Autere* 1. 12. 1974 alkaen.

Kokkolan tehtaiden kobolttitehtaan teknilliseksi johtajaksi on nimitetty DI *Jarl Sandström*, saostamo-pelkistämöosaston päälliköksi DI *Timo Roisko*, rikkipasuton päälliköksi DI *Tapio Laukkanen* ja rikkitehtaan prosessimetallurgiksi DI *Aarne Monni*, kaikki 1. 1. 1975 alkaen.

Suomen Malmi Oy:n organisaatiomuutokset

DI *Pentti Karppinen*. Toimitusjohtaja 1974-11-01 alkaen.

FM *Antti Mikkonen*. Osastonjohtaja, tehtävänä johtokunnan erikoistehtävät.

DI *Pekka Lappalainen*. Osastopäällikkö, vastuualueena geofysiikka ja kaivospalvelu.

FL *Kyösti Rönkkö*. Osastopäällikkö, vastuualueena geotekniikka, rakennusgeologia ja kairaukset.

Vuorimiesyhdistys - Bergsmannaföreningen ry:n tutkimus- ja julkaisut

		hinta		
Tutkimus-				
seloste n:o	1 "Kulutusta kestävä materiaali"	loppunut	25 "Geofysikaaliset kenttätyöt I — Paino-	20,—
	2 "Malmiteknillinen näytteenotto"	"	voimamittaukset"	
	3 "Jatkotankoporaus"	"	27 "Kallion rakenteellisten ominaisuuksien vaikutus louhittavuuteen"	45,—
	4 "Öljypolttimet"	11,50	28 "Kalkin käyttö metallurgisessa teollisuudessa"	15,—
	5 "Maakairaus ja pliktaus"	11,50	29 "Lämmön talteenotto metallurgisessa teollisuudessa"	50,—
	6 "Putket ja rännit"	11,50	31 "Pakokaasujen käsittely maanalaisissa tiloissa: Selvitys normi- ja toimenpide-ehdotuksineen"	20,—
	7 "Jatkotankoporaussovellutus louhintaan"	11,50	32 "Seulonta"	40,—
	8 "Jäännösanomalia- ja gradienttikarttojen käytöstä malmine.sinnässä"	11,50	33 "Louhintaurakkasopimuksen laatimisohteet"	15,—
	9 "Rikastamoiden jätealueiden järjestely Suomen eri kaivoksilla"	11,50	Louhintaurakkasopimuskaavake	2,—
	10 "Kuilurakenteet"	11,50	34 "Geologisten joukkonäytteiden analysointi"	50,—
Liite	"Kuilunajoa käsittelevää kirjallisuutta"	5,60	36 "Pakokaasukomitea — selvitys tutkimustyön jatkamisedellytyksistä"	15,—
n:o 10:een			39 "ATK-menettelmien käyttö kalliooperaatioissa"	25,—
Tutkimus-	11 "Raakkulaimennus"	11,50	40 "Kaivosten jätealueet ja ympäristönsuojelu"	45,—
seloste n:o	12 "Maamme vuoriteollisuuden uusimpien teollisuusrakennusten katto- ja ulkoseinärakenteet"	56,—	"Kaivosten turvallisuusopas"	loppunut
		loppunut	(myös ruotsinkielisenä)	
Piirustusliite	n:o 12:een	loppunut	"Räjätysopas" (2. painos)	4,—
Tutkimus-			"Kaivosmiehen käsikirja"	5,—
seloste n:o	13 "Vedenpoisto kaivoksesta"	11,50	"Kaivossanasto"	8,—
	14 "Suunnan ja kaltevuuden mittaus syväkairauksessa"	17,—	"Kalliomekaniikan päivät 1967"	35,—
	15 "Näytteenotto geokemiallisessa malminetsinnässä"	loppunut	"Kalliomekaniikan päivät 1968"	40,—
Kuvaliite	n:o 15:een	loppunut	"Kalliomekaniikan päivät 1969"	40,—
Tutkimus-			"Kalliomekaniikan päivät 1970"	40,—
seloste n:o	16 "Jauheiden kuivatus"	15,—	"Kalliomekaniikan päivät 1971"	40,—
	17 "Pölyn talteenotto"	11,50	"Kalliomekaniikan päivät 1972"	45,—
	18 "Geokemiallisten näytteiden käsittely ja tulosten tulkinta"	50,—	"Kalliomekaniikan sanastoa"	10,—
	19 "Kulutusta kestävä materiaali" — n:o 1:n täydennys	11,50		
	20 "Rikastamoiden instrumentointi"	20,—	Koulutus-	
	21 "Räjähdyksineet ja räjäytysvälineet"	27,—	moniste	
	22 "Tulenkestävät keraamiset materiaalit"	20,—	INSKO	
	24 "Kaivosten ja avolouhosten geologinen kartoitus"	20,—	106—73	
			"Terästen lämpökäsittelyn erikoiskysymyksiä"	45,—
			"Vuoriteollisuus — Bergshanteringen" -lehden aikaisempia irtonumeroita"	5,—

Julkaisuja ja lehtiä voi tilata yhdistyksen rahastonhoitajalta TL Heikki Aulangolta osoitteella:

Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.
PL 27, 02101 ESPOO 10
tai puh. 90 - 421 3502.

Rouva Karin Stigzelius hoitaa Vuorimiesyhdistys r.y:n jäsenkortistoa, joten pyydämme Teitä ilmoittamaan mahdollisista paikan- tai osoitteenmuutoksista suoraan hänelle.

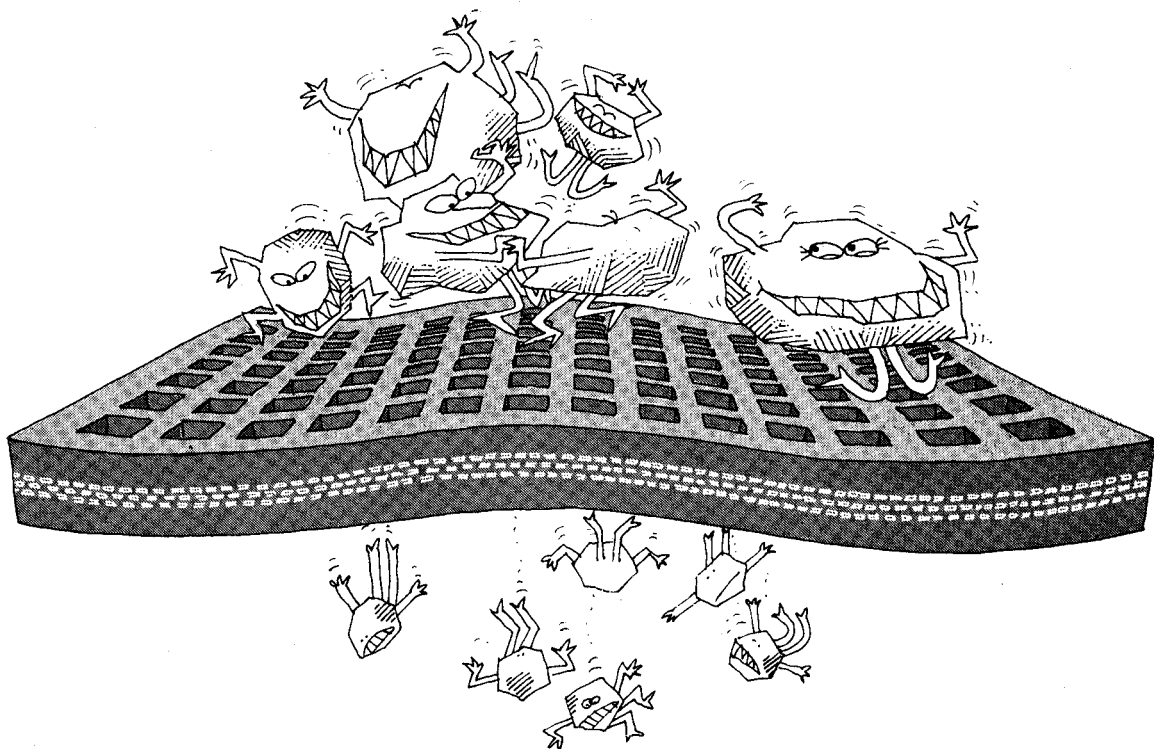
Puh. 90 - 427 260, osoite: Niittykumpu 7
C 20 02200 ESPOO 20

Fru Karin Stigzelius sköter om Bergsmannaföreningens medlemsregister, varför vi be Er meddela henne eventuella tjänste- eller adressförändringar.

Tel. 90 - 427 260, adress: Ångskulla 7 C 20,
02200 ESBO 20

Joustavaa tuotantoa

**Kumiset
Nokia-seulalevyt kestävät
kovassakin seurassa.**



Kumi on oikea materiaali seulalevyille. Kimmoisuutensa ansiosta kumiset seulalevyt kestävät hyvin kulutusta. Ne ovat äänettämiä, puhdistuvat itsestään eivätkä tukkeudu kosteitäkaan aineksia seulottaessa. Valittavananne on useita eri kokoja, paksuuksia ja rei'itystyyppjeä. Sekä vahvikkeilla että ilman vahvikkeita.

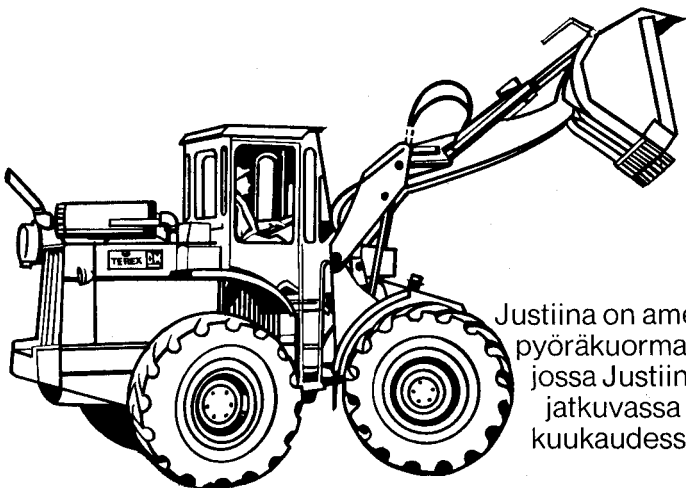
Justiina,



Terex-pyöräkuormaaja JUSTIINAN nimenantotilaisuudessa Outokumpu Oy:n Tornion tehtailla: luovutuskirjaa lukemassa yhtenä kummina toiminut Rolac Oy:n huoltopäällikkö, ins. Raine Klippi, samppanjapullon kanssa Outokumpu Oy:n Tornion tehtaiden teknillinen johtaja, DI Heikki Tuovinen. Rolac Oy Masalasta on Terex-maansiirtokoneiden yksinmyyjä ja huoltaja Suomessa.

ensimmäinen pyöräkuormaaja maailmassa, joka on saanut nimensä samppanjakasteessa kummien läsnä ollessa.

Vanhemmat: Terex/General Motors ja Rolac.



Justiina on amerikkalaisen General Motorsin valmistama TEREX-pyöräkuormaaja. Sen omistaa Outokumpu Oy:n Tornion tehtaata, jossa Justiina kauhoo mm. kromirikastetta ja ferrokromia jatkuvassa 3-vuorotyössä, vähintään 500 tuntia kuukaudessa. Justiinan kanssa työskentelee 5 kuljettajaa.

Nimi Justiinalle annettiin siksi, että Justiina on ensimmäinen TEREX-pyöräkuormaaja Outokumpu Oy:llä Torniossa ja sen käyttöönottoa Rolac halusi juhlistaa. Onhan Justiina suorituskyvyllään ja kooltaan niin mahtava ja arvokas kone, että se aina on yhden nimen arvoinen.

TEREX – General Motorsin valmistama maansiirtokonesarja.

Maansiirtokoneiden valmistajana General Motors on tullut tunnetuksi perusteellisena suunnittelijana ja tutkijana. TEREX-tehtailla Hudsonissa, Ohiossa toimiikin alallaan maailman täydellisin tutkimus- ja suunnittelulaitos, jonka työn tuloksena TEREX-maansiirtokoneet vastaavat ankarimpia luotettavuusvaatimuksia. Koneet ovat paitsi erittäin suorituskykyisiä ja kestäviä, myös turvallisia käyttäjilleen. Tiukka laaduntarkkailu säilytetään tuotannon alusta loppuun.

TEREX-maansiirtokoneiden – pyöräkuormaajien, telapuskutraktorien, maansiirtoautojen ja kaavinvaunujen – yksinmyynti ja huolto on Suomessa Rolac Oy:llä. Huolto kattaa koko maan.

Näiden miesten kanssa Justiina työskentelee 24 tuntia vuorokaudessa:



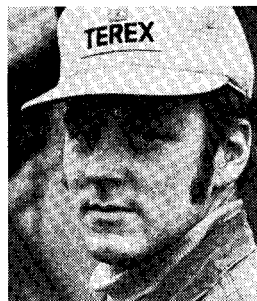
ESKO KESKITALO:
"... kokoisekseen tehokain kone, mitä olen 10 vuoteen ajanut. Ja sen kaksipiiri-täysilmajarruista ei jarrut enää parane."



ONNI SAUKKONEN:
"Kun kaksitahtikonetta oppii käyttämään, niin se on oikein hyvä. Justiinakin kiihtyy hyvin eikä laske kierroksia rasitettaessa. Ja jarrut on tosi hyvät."



SEPPO FRANTTI:
"Täytyy sanoa, että Justiinan kanssa homma käy oikein mukavasti. Jykevää tyttöhän se on. Näkyy, että on kovaa työtä varten tehty."



LASSE VIRTANEN:
"Reilusti on Justiinalla ruista ranteessa ja kauha täyttyy helposti. Eikä perä nouse, vaikka olisi kauha kuinka täynnä."



EINO KESKITALO:
"Minun kokemusteni mukaan Justiinan irrotuskyky on aivan omaa luokkaansa. Ei taida tulla sellaista irrottavaa, ettei Justiinan kauha siihen pystyisi."



rolac

02430 Masala
Puh. 90-812612

**VUORIMIESYHDISTYS –
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:n**

Vuosikokous

pidetään Helsingissä 14—15. 3. 1975

Kokouksesta ilmoitetaan tarkemmin myöhemmin postitettavassa kutsussa.

Huomaa muutettu aika!

**VUORIMIESYHDISTYS –
BERGSMANNAFÖRENINGEN ry:s**

Årsmöte

hålles i Helsingfors den 14—15. 3. 1975

Närmare uppgifter meddelas i inbjudan som postas vid en senare tidpunkt.

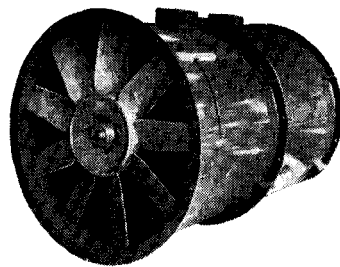
Obs! Förändrat datum



**Yhdistäkää SÖDERBERG-
aksiaalipuhallin ja VEN-
TIFLEX-tuuletusputki.
Saatte raitista ilmaa pe-
rille saakka. Ja paljon.
Ja nopeasti.**

Ventiflex-tuuletusputki on tunnelinlouhijoille tuttu kaikissa maanosissa. Se on pitkäaikaisen kehittämistyön tulos. Se on kestävä, se on helppo ripustaa ja se vie tilaa vain vähän niin varastoinnissa kuin kuljetuksessakin. Ventiflex-tuuletusputken käyttäminen on erittäin taloudellista.

Yhdistäkää tuuletusjärjestelmään Söderberg-aksiaali-puhaltimet AMF! Saatte tehokkaan tuuletuksen vaikeissakin olosuhteissa.



TALLBERG
VUORIKONEET

ALEKSANTERINKATU 21 00100 HELSINKI 10 PUH 13 611

ILMOITTAJAT – ANNONSÖRER

Airam/Kometa

Algol

Auramo

Ekströmin Koneliike

Enso

Esso Chemicals

Geofinn

Grönblom

Humboldt Wedag/Vuorikone

Kemira

Knorring

Lokomo

Lohjan Kalkkitehdas

Nokia/Kaapelitehdas

Nokia/Kumitehdas

Orion/Normet

Outokumpu

Ovako

Hans Palsbo

Rautaruukki

Rolac

Rotator

Suomen Malmi

Tallberg/Atlas-Copco

Tallberg/Vuorikoneet

Tampella-Tamrock

Tulenkestävät Tiilet

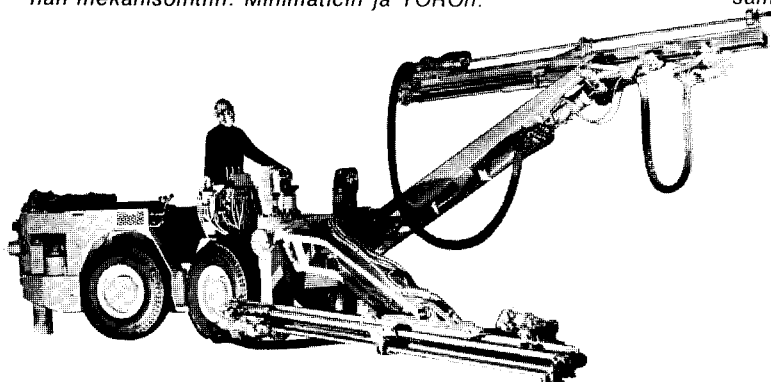
Witraktor

Vitrifer

Tuplavahinko pientunneleihin

Pora Minimaticilla. Ammu katko. Lastaa TOROlla.

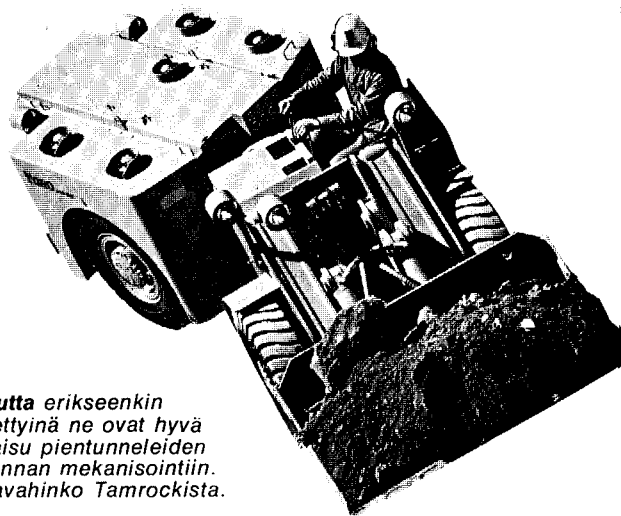
Tamrock teki rajun parivaljakon pientunneleiden louhinnan mekanisointiin: Minimaticin ja TOROn.



Minimatic on 4-pyörävetoinen kaksipuominen porausjumbo, jonka korkeus on 178 cm, leveys 155 cm ja paino 10.500 kg. Erikoisjumbo pientunneleihin mittojensa puolesta. Mutta tarvittaessa on ulottuvuuttakin: molemmat 360° pyörivät Minirondo-puomit pystyvät poraamaan 17 m² alan.

TORO on suurten mittojen lastauskone pienessä koossa: korkeus 143 cm, leveys 180 cm, paino 8.5 t. Lastaa kuutiometrin kerralla yli 2 m korkeuteen.

Kutsumme tätä rajua paria Tuplavahingoksi siksi, että niissä on paljon yhteistä: alustoissa käytetään samoja komponentteja, varaosat ovat paljolta samoja, samoin renkaat, voiteluaineet, polttoaineet, voimansiirto, vesipesuri, suodattimet ja paljon muuta. Edullista käyttäjälle. Ja vielä: sama kuljettaja voi ajaa molempia samalla ajokoulutuksella, vain itse työn luonne eroaa. Päästään pienemmällä henkilökunnalla kun **KAIKKI HALLITSEVAT KAIKEN JA KAIKKI KULUVAT OSAT SOPIVAT KAIKKIIN ALUSTOIHIN.**



Mutta erikseenkin käytettyinä ne ovat hyvä ratkaisu pientunneleiden louhinnan mekanisointiin. Tuplavahinko Tamrockista.

Through the rock: Tamrock

Tampella-Tamrock, 33310 Tampere 31, puh. 931-431411, telex 22193 rock sf

**Laitteisto + reagenssi + ESCAID® kantaja =
parempi, turvallisempi uutto.**

Laboratoriokokeet ja kenttäkokemus ovat osoittaneet, että metallien liuotinuutossa:

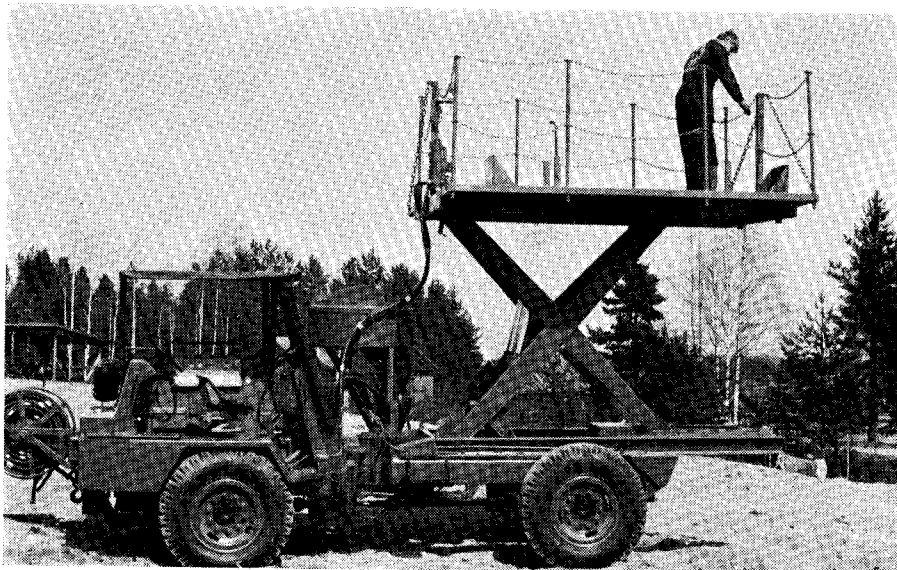
- Kantaja vaikuttaa kiintoaineksen laskeutumismomenteihin
(ESCAID® -laadut on tehty nopeasti laskeutuviksi)
- Kantaja vaikuttaa kinetiikkaan ja kuormitukseen
(ESCAID® -laadut on suunniteltu nopean prosessoinnin aikaansaamiseksi)
- Kantaja vaikuttaa turvallisuuteen
(ESCAID® -laadut ovat kontrolloidut syttymispisteen osalta)
- Kantaja tulisi valita koko uuttosysteemiä silmälläpitäen
(ESCAID® -kantajat soveltuvat erinomaisesti erilaisiin reagensseihin ja prosesseihin)

Suunnitellessanne metallien liuotinuuttoa ottakaa yhteys

Oy Esso Chemicals Ab
Pieni Roobertink. 10 C
00120 Helsinki 12 Puh. 647 323



ESCAID® -kantajat
erikoisesti vuoriteollisuuden käyttöön

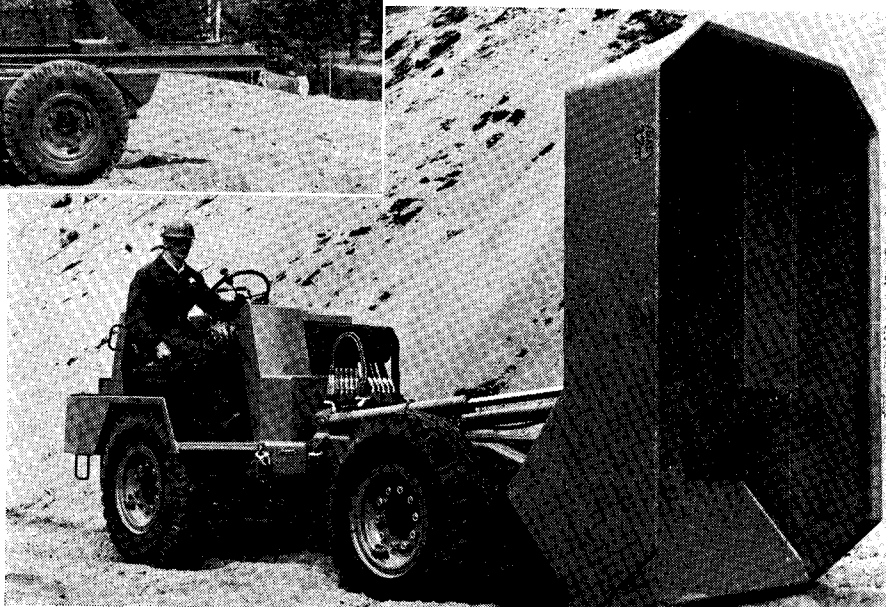


**TUUPPERI PK 3000
KAIVOKSIIN SEKÄ
LOUHINTA- JA
RAKENNUSTYÖMAILLE**

VALMISTAA
MYY
VUOKRAA

ORION-YHTYMÄ OY
NORMET

74510 Peltosalmi, Finland,
tel. lisalmi 2241,
telex 4418 Farmi SF



Syväkairaukset
Rakennuspaikkatutkimukset
Geofysikaaliset mittaukset
Geologiset ja geokemialliset tutkimukset
Kallion jännitystilän määrittymiset
Louhintasuunnitelmat
Nostoköysien sähkömagneettiset tarkastukset
Nousunporaukset



SUOMEN MALMI OY

02150 Espoo 15, puh. 460 633 Telex: 121856 smoy sf

ALIVA-koneita
ruiskubetonille ja -laastille
betonikuljetukseen ja
hiekkapuhallukseen

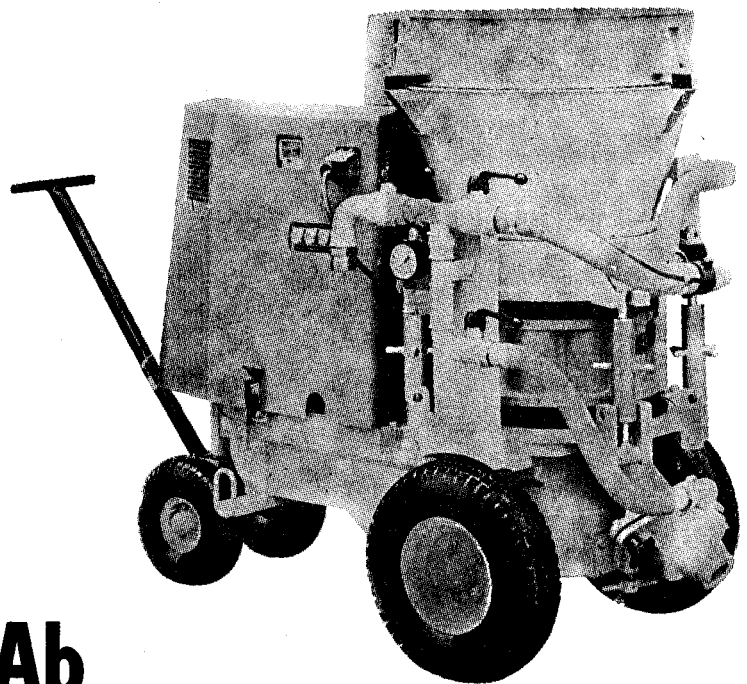
HÄNY betonin-
injektointipumppuja

ALCEMENT-LAFARGE
pikasementtiä ja

ALAG runkoainetta

Oy VITRIFER Ab

00120 Helsinki 12, Fredrikinkatu 25
Puhelimet 636 742, 638 587
Telex 12-1120 Wibex



ALIVA 260

ALGOL

**TOIMITTAA KAIVOS-, METALLURGISELLE
JA PROSESSITEOLLISUUDELLE:**

- KAIVOSHISSEJÄ
- HIHNAKULJETINLAITTEITA
- MOBILINOSTUREITA
- PASUTUKSEEN, MALMIEN SINTRAUKSEEN JA
SINTTERIN JÄÄHDYTTÄMISEEN TARVITTAVIA
KONEISTOJA
- TYHJIÖKUIVAUSRUMPUJA
- URAANIMALMIN KÄSITTELYKONEISTOJA
- UUNIEN VUORAUKSEEN TARVITTAVIA
TULENKESTÄVIÄ KERAMISIA AINEITA
- SÄHKÖSUODATTIMIA
- YM.

**LURGI, DEMAG, DIDIER YM. TOIMINIMET
NEUVOTTELEVAT MIELELLÄÄN KANSSANNE**

Oy **ALGOL** Ab

ETELÄRANTA 8 00130 H:ki 13
PUH. 90/12631
Telex 12-1430 algol sf

Profiloitu kierresaumaputki PKG tuo hyvää ilmaa edullisesti.

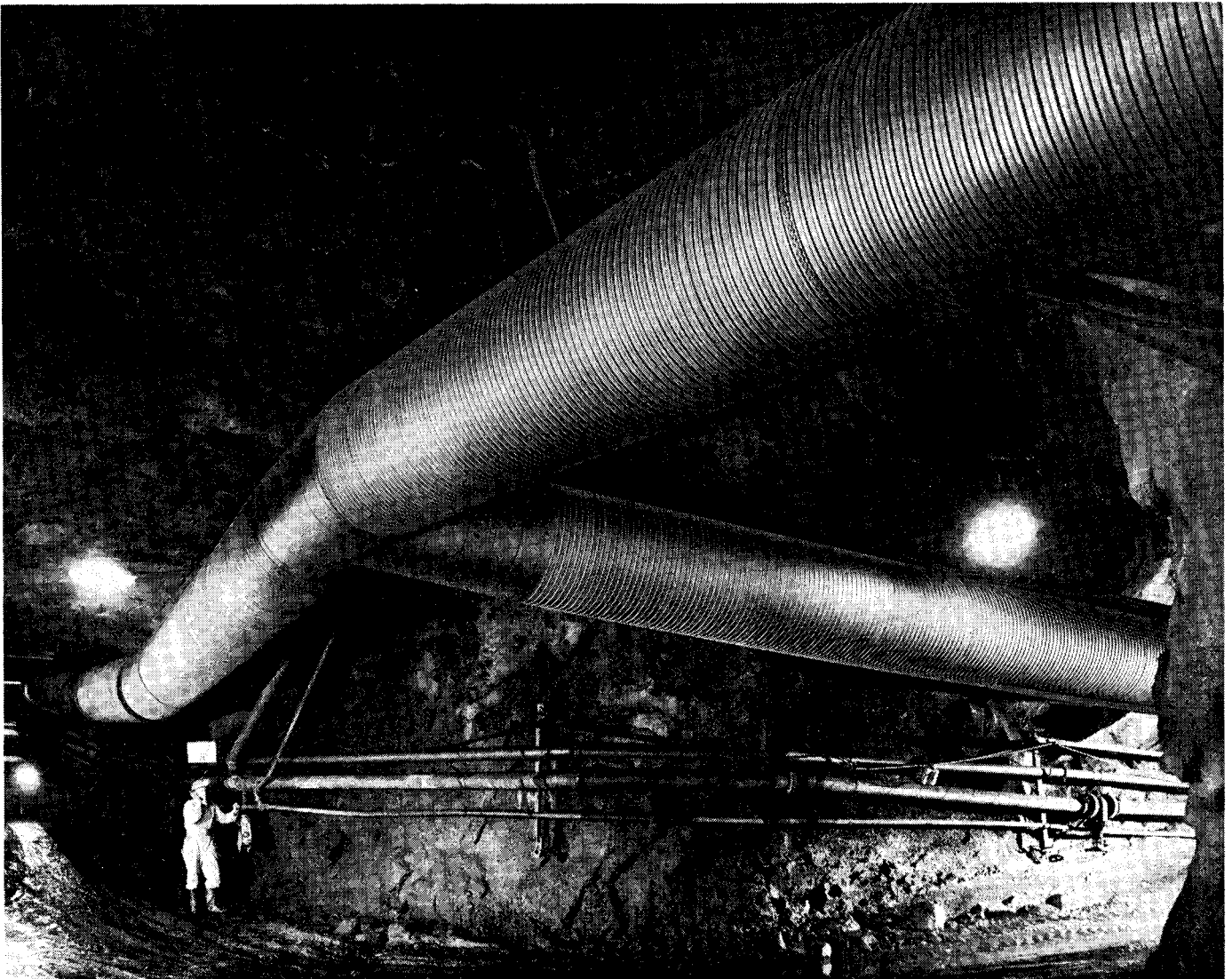
Profiloitu kierresaumaputki PKG soveltuu erityisen hyvin kaivosten ja tunnelityömaiden ilmanvaihtoputkeksi. PKG kestää käsittelyjä ja on kevyt. Se on tehty kuumasinkitystä teräksestä, $s = 0,5$ mm ja $0,75$ mm. PKG-putki on edullista. Se voidaan valmistaa asennuspaikalla, joten kuljetuskustannukset jäävät pieniksi. Halkaisijat 40, 50, 60, 80, 100, 120 cm.

Outokumpu Oy:n Vuonoksen kaivoksessa on ilmanvaihtoon käytetty PKG-putkea.



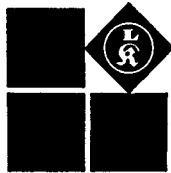
OY NOKIA AB
KAAPELITEHDAS

01510 Helsingin pitäjä. Puh. 90-821 600.



KUN TARVITSETTE

kvartsihiekkää
luonnonhiekkää
bentoniittia
kalkkia, kalkkikiveä
sementtiä



LOHJAN KALKKITEHDAS OY

08700 Virkkala, puh. 912 - 41 511



GEOFINN[®] OY



Suomalainen teräsmies. Tunnettu ulkomailla.

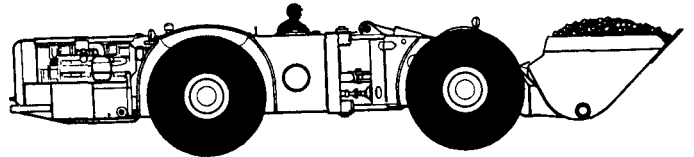
Entä Suomessa?

Suomessa on monta huippuluokan teräksen asiantuntijaa. Suuressa maailmassa he ovat yhtä kova sana kuin OVAKO-erikoisteräs. Siihen luottavat suuret autotehtaat. Miksi et sitten Sinä?

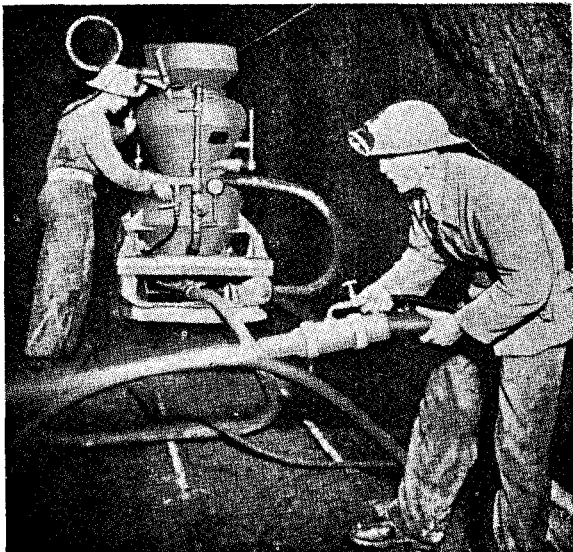
OVAKO

Imatra — Äminnefors — Turku — Koverhar
Helsinki — puh. 90-670 091/myynti

Wagner - kaivoskuor- maajilla vähennätte maanalaisia kustannuksia



BSM-betoniruiskut ja pumput



Valmistaja: Beton-Spritz-Maschinen GmbH & Co, Länsi-Saksa
RUISKUT PUMPUT

- kolme peruskonetta, monipuolinen käyttö, kulutusvauraukset helposti vaihdettavissa
- paineilmamoottori, portaaton säätö
- sementtikiviaines putoaa paineilmavirtaan
- huoltotoimenpiteet pienimmät mahdolliset
- voidaan käyttää esim. hiekanpuhallukseen
- ei sähköliitäntää
- hydraulinen toiminta
- ei siirtolmasta johtuvaa betonimassan lujouden heikkenemistä
- soveltuvat siirtoihin vaativissakin rakennuskohteissa
- siirtomäärät aina 25 m³/h
- siirtomatkat jopa 400 m. nostokorkeudet 60 m saakka.

AURAMO OY
Rakennuskoneosasto
PL 668, 00101 Helsinki 10
Vaihe 90-821 022



Wagnerin kumipyöräisiä kaivoskoneita — kuormaajia, teleskooppitrukkeja, dumppeita ja kuljetusvaunuja on 34 vakiomallia. Ja erikoistapauksiin tehdään erikoismallit. Kaikki ne ovat vahvoja, tehokkaita ja luotettavia. Ne on alunperin suunniteltu työskentelemään nimenomaan maan alla. Siksi ne ovat matalia, kapeita ja ketteriä. Liikkeellepanevana voimana on vähäsaastuttava Deutz-dieselmoottori. Osa malleista saatavana myös sähkökäyttöisenä.

Wagnerin kaivoskoneet on rakennettu kestämään raskaassa työssä ja vaikeissa olosuhteissa. Tästä syystä näitä koneita käytetään kaikkialla maailmassa siellä missä tunkeudutaan maan sisään tehokkaasti ja taloudellisesti. Suomessakin on käytössä jo n. 50 yksikköä.

Wagnerit ovat valmiit tulemaan myös tunneli -ja pientunnelitöihin. Niiden huolto- ja varaosapalvelu on järjestyksessä.

Kysykää ja pyytäkää tarjouksia.



OY HANS PALSBO AB

Pulttitie 20, 00810 Helsinki 81, puh. 782 100

AIR-TRAC ATD 3100 VAUNUPORAKONE



GARDNER DENVER

Gardner-Denver on maailman johtavia porauskaluston valmistajia, jonka tuotteita käytetään avo- ja maanalaisessa louhinnassa kaikkialla maailmassa. Suomeksikin Gardner-Denver AIR-TRAC ATD 3100 on johtavana merkkinä eniten käytössä kaivoksilla ja yksityisillä urakoitsijoilla. Gardner-Denver AIR-TRAC ATD 3100 vaunuporakone on erittäin maastokelpoinen. Koneen painopiste sijaitsee alhaalla ja telojen jousto yhdessä rungon lujouden kanssa tekevät liikkumisen ja työskentelyn helpoksi vaikeissakin maasto-olosuhteissa. Teloissa on kaksi erillistä voimakasta paineilmamootoria liikkumista varten. Puomi ja syöttömasto hallitaan kumpikin hydraulisesti. Hydraulista pumppua käyttää paineilmamoottori.


ATD 3100 vaunuporakoneen kanssa käytetään liikuteltavaa Gardner-Denver ruuvikompressoria SP 750, joka on toimintavarma, käytännöllinen ja taloudellinen. Sen teho on 21,2 m³/min. Ruuvikompressorien etuna ovat pienet huoltokustannukset, paineilman saanti heti, tasainen paineilman tuotto, värinän käynti, vaivaton liikuteltavuus, polttoaineen pieni kulutus ja varma toiminta kaikissa lämpötiloissa.

Gardner-Denver valmistaa maanalaiseen poraukseen ns. tunnelijumboporauslaitteita, joita asennetaan erilaisille alustoille työolosuhteista riippuen.

Air-Trac ATD 3100 koneessa käytetään PR 123 J porakonetta, joka on erittäin tehokas. Siinä ovat isku ja pyörytys erillisinä. Säädettävän pyörytyksen ja nopean suuntauksen ansiosta päästään parhaaseen tulokseen kaikissa olosuhteissa.

WIHURI-YHTYMÄ OY
WITRAKTOR

HELSINKI - TAMPERE - OULU - ROVANIEMI
☎ 826311 - ☎ 670200 - ☎ 44235 - ☎ 15271

Caterpillar, Cat ja  ovat Caterpillar Tractor Co:n tavaramerkkejä.



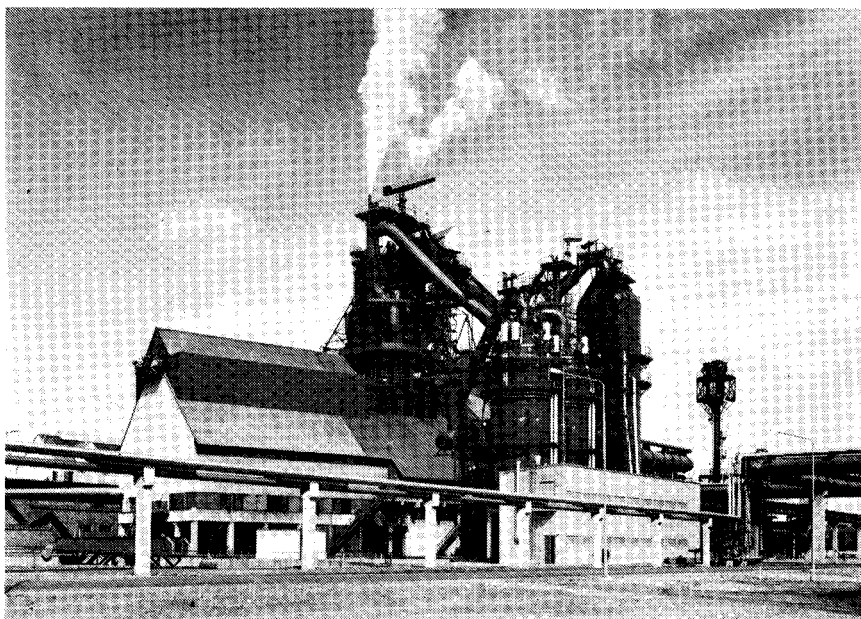
10 vuotta. 7 milj. tonnia

Rautaruukin masuuni Raahen rautatehtaalla on ollut toiminnassa 10 vuotta.

Työ on ollut tuloksellista. Tänä aikana on syntynyt lähes 7 milj. tonnia raakarautaa.

Tulos on merkittävä kansainvälisenkin mittapuun mukaan.

Työn onnistumiseen ovat ratkaisevasti vaikuttaneet ammattitaitoinen työvoima ja tehokkaat, uudenaikaiset laitteistot ja tuotantomenetelmät sekä tulokellinen kansainvälinen yhteistyö.



Raahen rautatehtaan masuunilaitos on tuottanut raakarautaa 10 vuoden aikana lähes 7 miljoonaa tonnia. Harjakorkeudessa oleva masuuni no. 2 kaksinkertaistaa parin vuoden päästä tuotannon.

RAUTARUUKKI OY



Erottelu on paljon muutakin kuin erottaa jyvät akanoista.



Siksi "erotinexpertillämme" voi olla Teille paljon annettavana.

Kaivos- tai kemianteollisuuden kehittäminen perustuu muutamiin johtaviin valmistajaniimiin. Niiden asiantuntemusta tässä maassa edustaa Tallbergin Vuorikoneryhmä. Erottimet ovat näistä eräs tärkeä tuotealue. Siksi meillä onkin erityinen "erotinexpertimme", jolta saatte tuoreet tiedot siitä mihin kehitys

tällä alalla on kulkemassa, mitä uusia ratkaisuja on käytettävissä ja miten niitä voidaan soveltaa yksilöllisiin tarpeisiin.

Erottimista puhuttaessa on kysymys aina isoista investoinneista. Siksi kannattaa ottaa kaikki mahdollisuudet huomioon. Erotinexpertillämme voi olla Teille paljon annettavaa.

SALA

Paitsi että SALA valmistaa monenlaisia laitteita kaivos- ja kemianteollisuuden käyttöön, se edustaa myös suurta suunnitteluvoimaa. Yhtiö voi kauttamme toimittaa vaikkapa täydellisen kaivoksen "avaimet käteen" periaatteella.

IFE

Tämä tunnettu itävaltalainen yritys on erikoistunut erilaisten syöttimien valmistukseen. Niihin voidaan helposti tyristoriohjauksen avulla kytkeä vaakoja ja muita koneita.

TRELLEBORG

Missä teräs ei kestä, siellä tarjoaa ratkaisun Trelleborgin kulutuskumituotteet. Kohteita ovat mm. myllyvuoraukset, trukinlavavuoraukset, kulutuskumielementit, seulakankaat, lietteenkuljetusletkut, kulutuskumikangas jne.

TALLBERG

VUORIKONEET

ALEKSANTERINKATU 21, 00100 HELSINKI 10, PUH. 13 611