

VUORITEOLLISUUS

BERGSHANTERINGEN

JULKAISIJA: VUORIMIESYHDISTYS R.Y. — BERGSMANNAFÖRENINGEN/R.F.

Sisältö — Innehåll

Prof. M. H. Tikkanen:

Uusia näkemyksiä metallurgisten
reaktioiden kinetiikasta

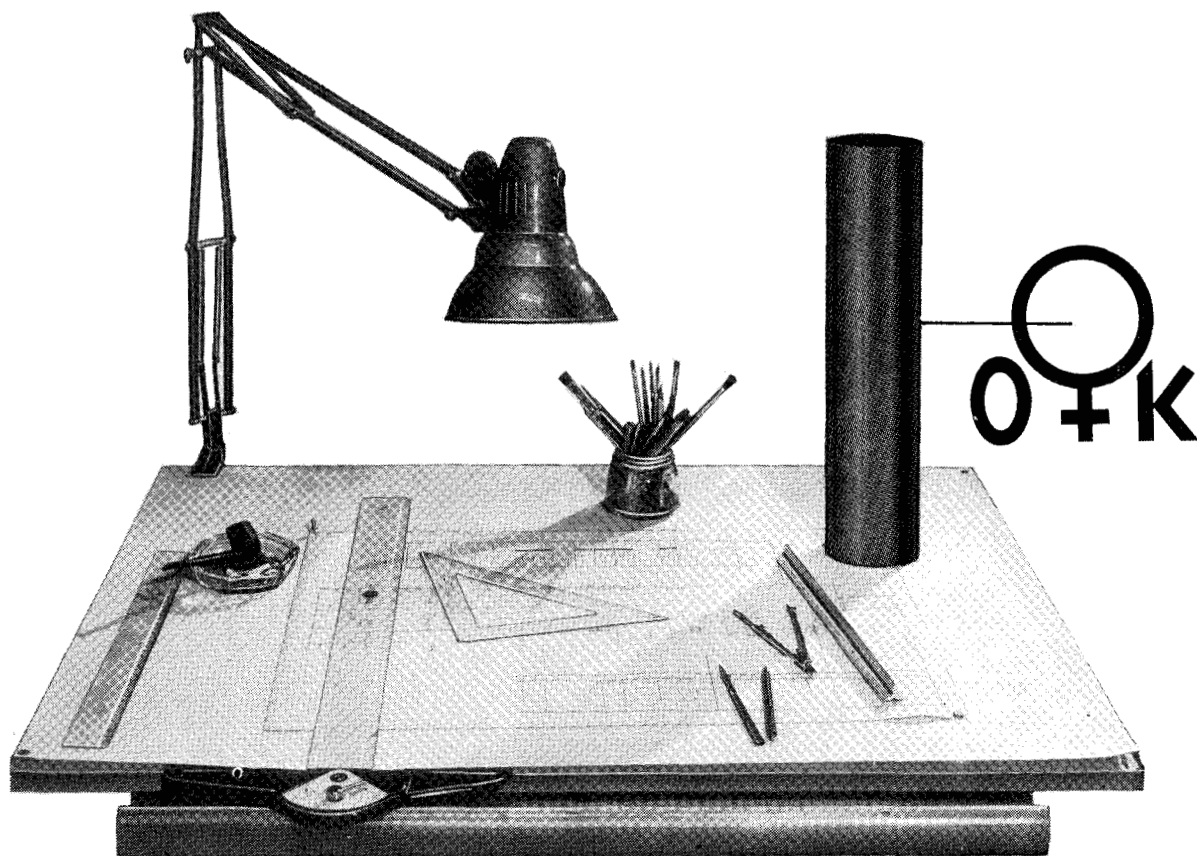
Dipl.ins. Paavo V. Maijala:

Kaivosten paloturvallisuudesta

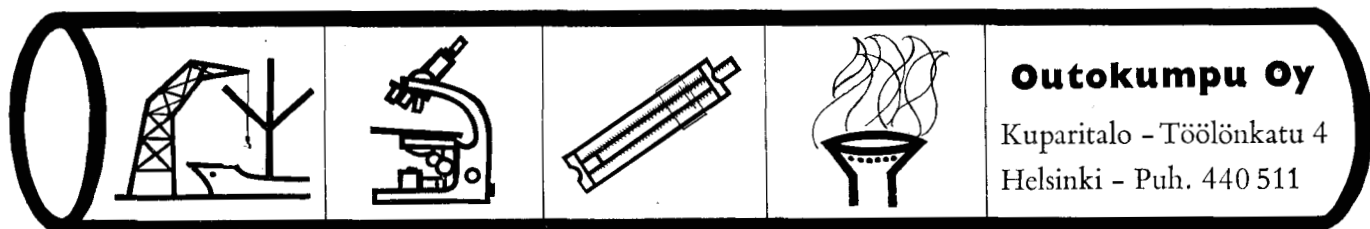
Tekn. lis. Olavi Siltari:

Metallien kuumamuokattavuuden
mittaamisesta kuumakiertokokeella

kupari kuuluu tämän hetken suunnitelmiin



Hyvä suunnitelma on aina luotettavan rakennustyön edellytys. Kupariputkiin luotetaan. Ja pian niitä riittää kaikille. Porissa toimintansa kohta aloittava uusi moderni kupariputkitehdas tyydyttää koko kysynnän. Joko kupariputket kuuluvat Teidän suunnitelmiinne?



Outokumpu Oy

Kuparitalo - Töölönkatu 4
Helsinki - Puh. 440 511

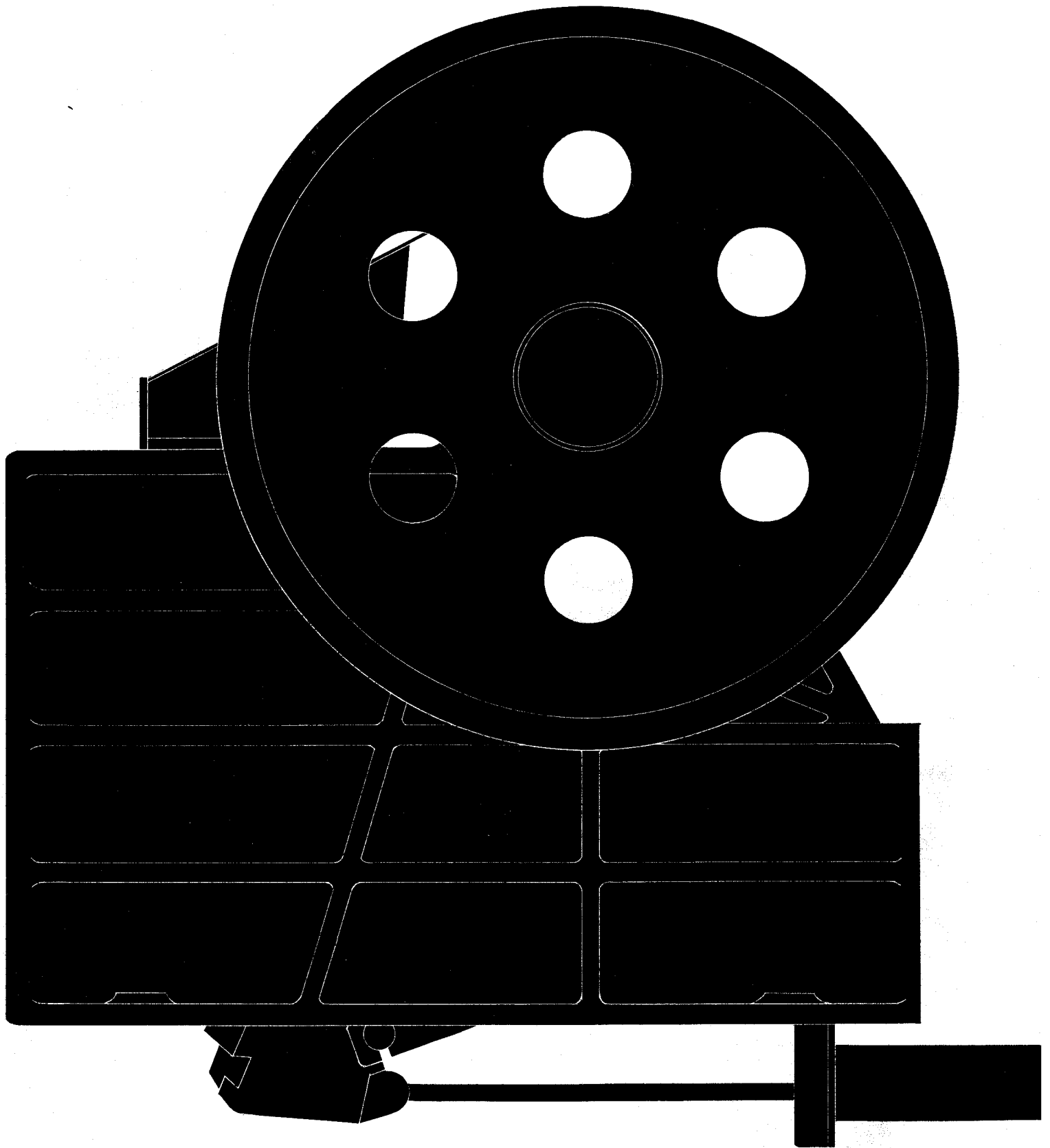
Outokummun kupari on maailmankuulua. Sitä vie-
dään ulkomaille niin
sähkönsiirtotarkoituksiin
kuin rakennusaineeksi-
kin.

Outokumpu Oy valvoo
kuparin laatua tarkasti.
Kaikki putket tarkaste-
taan mm. sähköisin mene-
telmin ennen markkinoi-
le laskemista.

Rakentakaa kerralla kes-
tävää, asentakaa putkisto
vain kerran. Kupariput-
kia ei tarvitse uusia; ne
kestävät yhtä kauan kuin
itse rakennus.

Taipuisista kupariputkis-
ta asennetaan nopeasti
ja kätevästi myös neste-
kaasuputkistot. Ohut put-
ki, mutta sekin kestää
ajan rasitukset.

kupari ikinuori

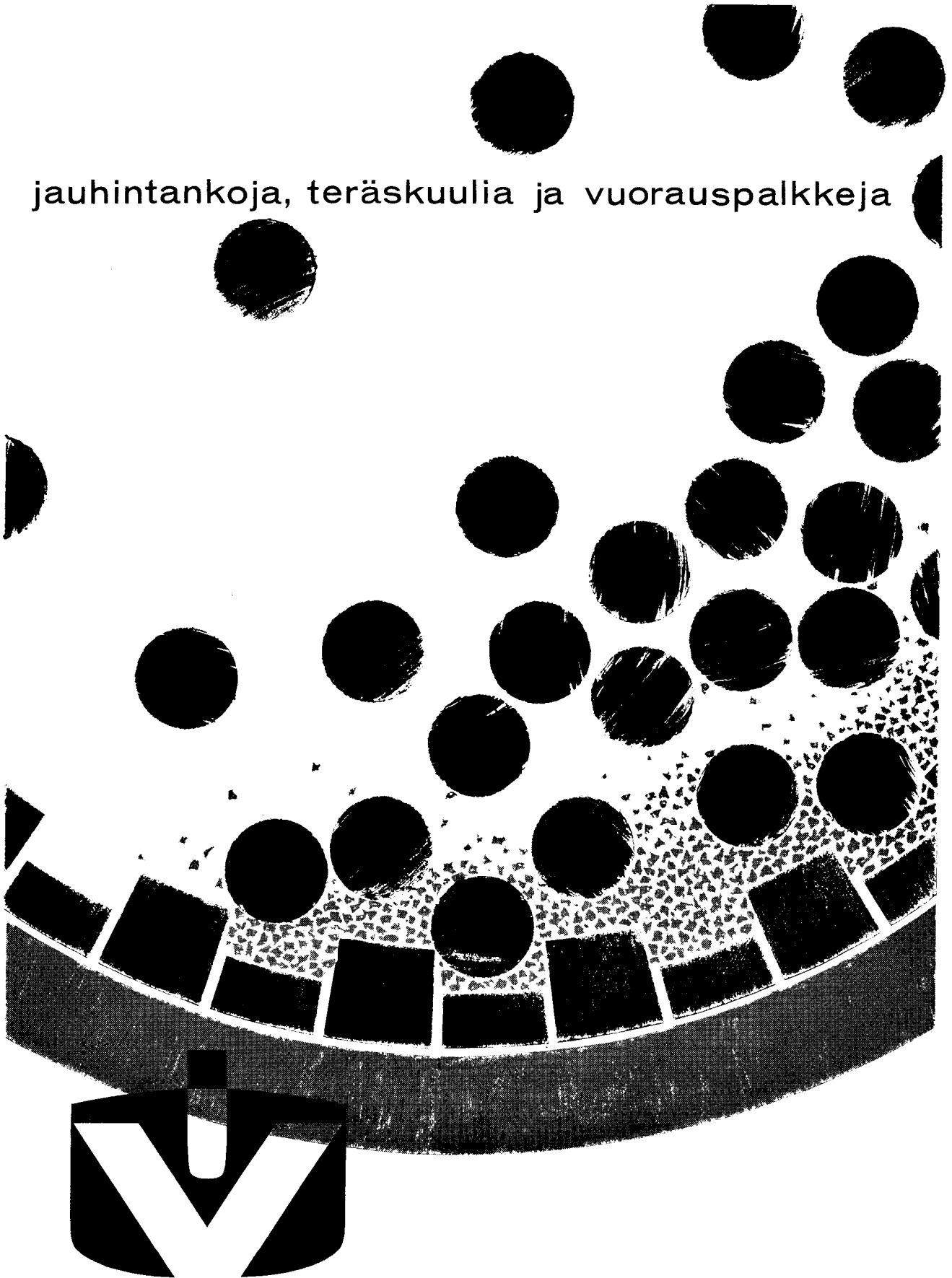


teräskita

Teräskita-kiertomurskaimia, vasara-, valssi- ja iskumurskaimia, tärylaittimia, elementtirakenteisia murskaus- ja lajittelulaitoksia.

LOKOMO

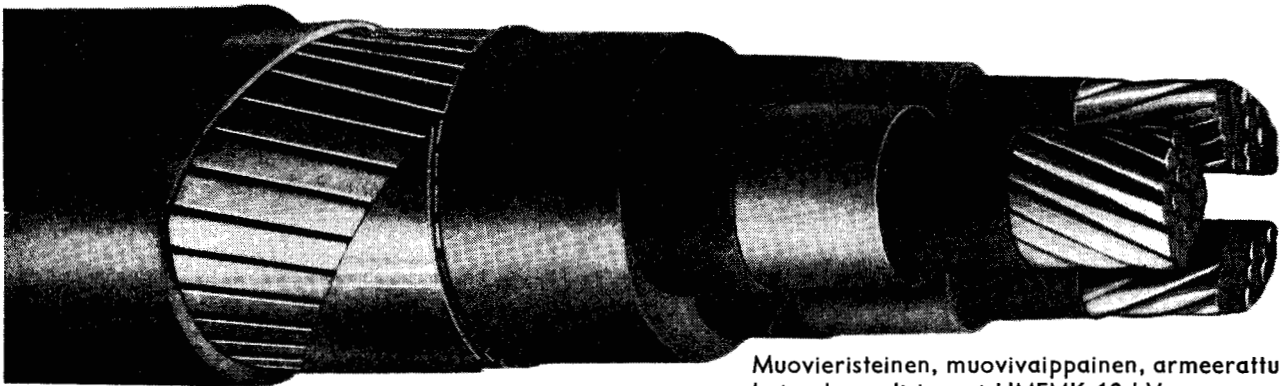
jauhintankoja, teräskuulia ja vuorauspalikkeja



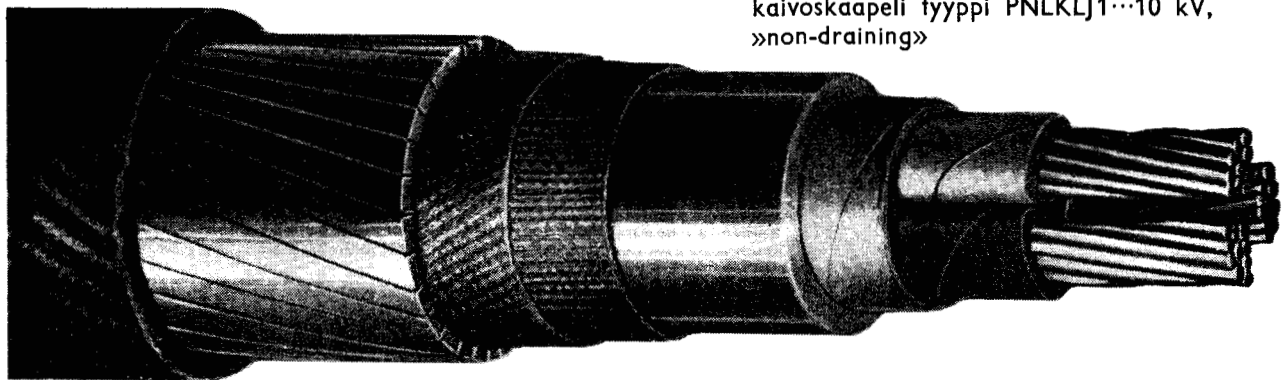
Oy VUOKSENNISKA Ab

KORKEAVUORENKATU 32 HELSINKI - PUH 10 561

KAIIVOSKAAPELIT



Muovieristeinen, muovivaippainen, armeerattu kaivoskaapeli tyyppi HMF MK 10 kV.



Paperieristeinen, lyijyvaippainen, armeerattu kaivoskaapeli tyyppi PNLKLJ1...10 kV, »non-draining»

Tutkimustyö ja jatkuva laadun edelleen kehittämisen muodostavat sen perustan, jolle rakentuu suomalaisen kaapelin korkea laatu.

S U O M E N
KAAPELITEHDAS
O S A K E Y H T I Ö

WARKAUS ILMAN- LÄMMITIN

WARKAUS ilmanlämmitin on suunniteltu tyydyttämään kuumaa kaasua erilaisiin kuivatustarkoituksiin kehittävän tehokkaan ja helppohoitaisen kojeen tarpeen.

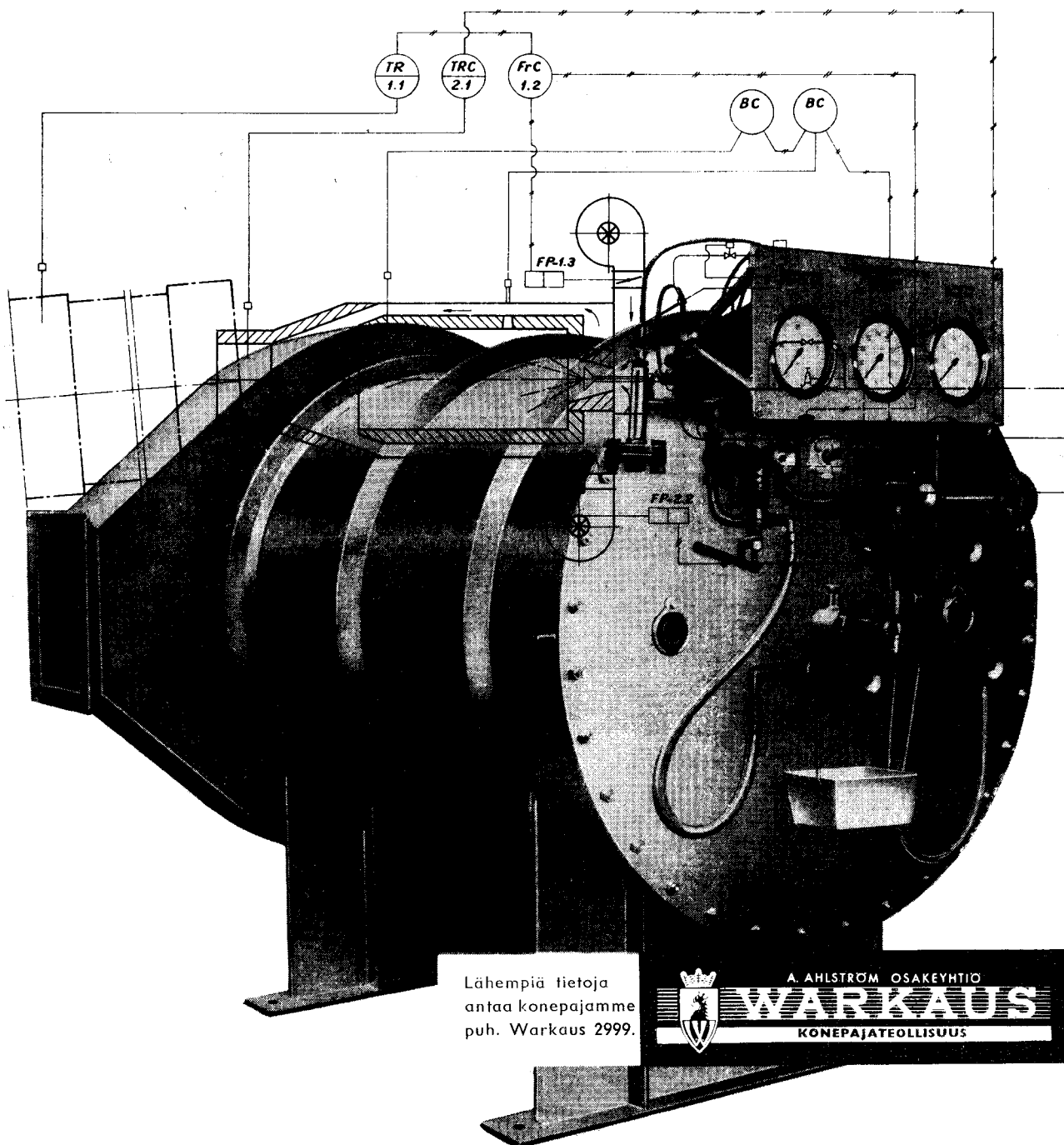
Ilmanlämmittimestä saadaan halutun lämpöinen ilma ja palamiskaasujen sekoitus, tavallisesti 200–700 C. Lämmitin voidaan rakentaa 200–50 000 Mcal/h tehoja varten.

Ilmanlämmittimen muodostavat pääasiassa erittäin tulenkkestävä tiilistä sisäänmuurattu polttokammio, ulompi peltisylinteri, poltin, poltinautomaattikka sekä ilmanpuhaltimet.

Ennen kuin sekundääri-ilma sekoitetaan palamiskaasuihin se johdetaan polttokammion ja ulomman peltisylinterin välisestä tilasta. Näin aikaansaadaan polttokammion tehokas jäähditys ja pienet säteilyhäviöt.

Koska palaminen polttokammiossa on täydellinen ja lämmittimen kartiomaisessa ulostulossa aikaansaadaan tehokas palamiskaasujen ja sekundääri-ilman sekoitus, voidaan ulos tulevan kuumun kaasun lämpötila tarkoin mitata ja öljy- tai sekundääri-ilmamäärä automaattisesti säätää siten, että lämpötila pysyy vakiona.

Polttoaineena voidaan käyttää kaasua tai öljyä. Öljykäyttöiset ilmanlämmittimet varustetaan valmistamillamme Todd-polttimilla, joiden pätevän huollon ja kaikkien varaosien saannin takaamme.



Lähempiä tietoja
antaa konepajamme
puh. Warkaus 2999.



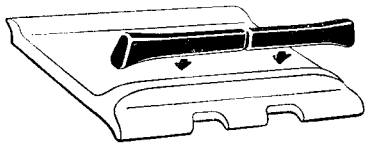
A. AHLSTRÖM OSAKEYHTIO

WARKAUS

KONEPÄJÄTEOLLISUUS

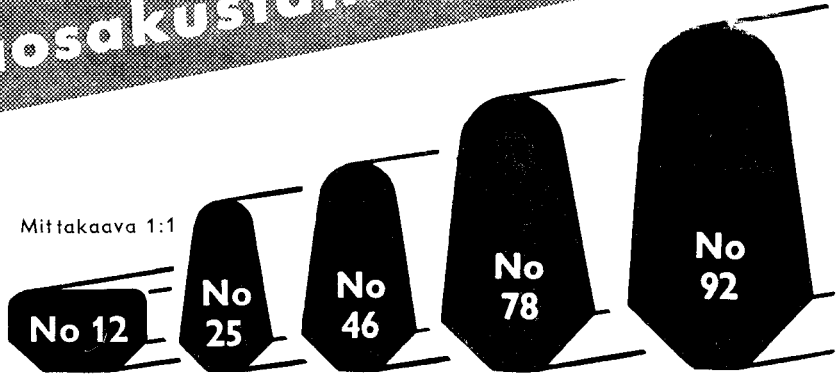
BOFORS

säästää varaosakustannuksianne---



Heijattu ja karkaistua
HARJAPUOLIKKAITA

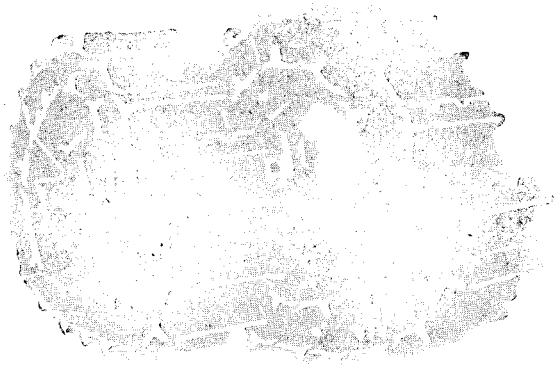
Mittakaava 1:1



Karkaistua
TELAHARJATERÄSTÄ

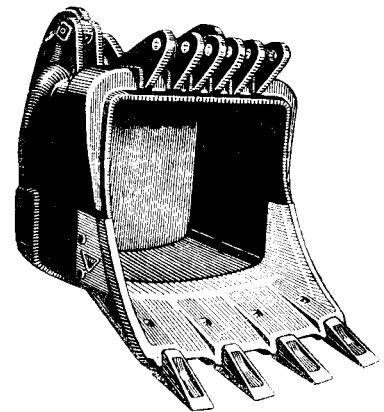
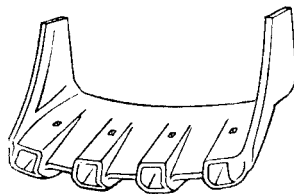
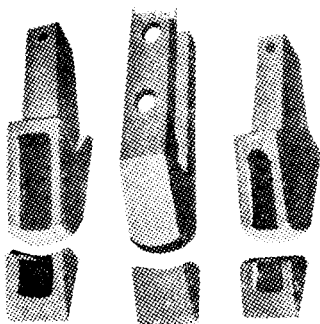
TELAKONEIDEN

kulutusosia kuten teloja,
perusketjuja, leikkuuteriä, kulma-
lappuja, ym.

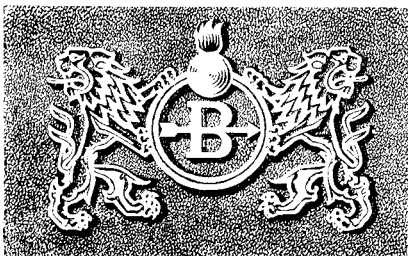


KAIVUKONEIDEN

kauhoja, huulilevyjä, hampaita,
korjauskärkiä ym. tarvikkeita



Toimitukset Helsingin varastosta tai Bofors-tehtaalta.



TIEDUSTELKAA — SE KANNATTAA!

OY SUOMEN BOFORS AB

Pitäjänmäki, Strömbergintie 10, Puh. vaihde 45 31 66

ALKUPERÄISET RUOTSALAISET

SECO

-KALLIOPORAT

JÄLLEEN
SUOMEN
MARKKINOILLA



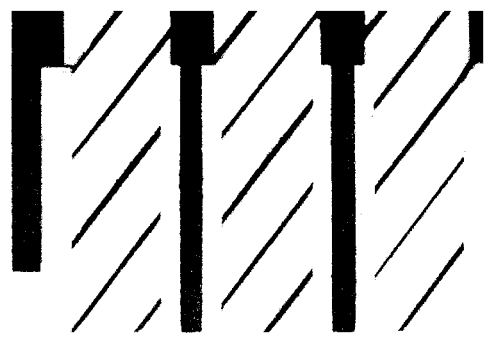
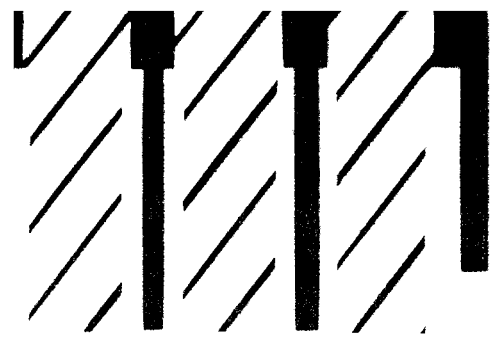
Maailmankuulu Fagerstan teräs ja kovametalli esiintyvät näissä parhaimmillaan:

- kuulapommitettu poratanko lisää lujuutta
 - ruostumaton vuoraus ehkäisee sisäpuolisen syöpmisen ja sen kautta tangon väsymismurtuman.
- SECO-kallioporia nyt saatavissa kaikissa alan liikkeissä.

Päädustaja:

oy GRÖNBLOM Ab

Helsinki, Aleksanterinkatu 48 - Puh. 62 58 61 - Turku - Tampere - Oulu.



Siltanostureitten käytön ja huollon yksinkertaistamiseksi ja valmistuksen nopeuttamiseksi WÄRTSILÄ on standardisoinut nostovaunut 10, 12,5, 16, 20, 25 ja 32 tonnin kuormille.

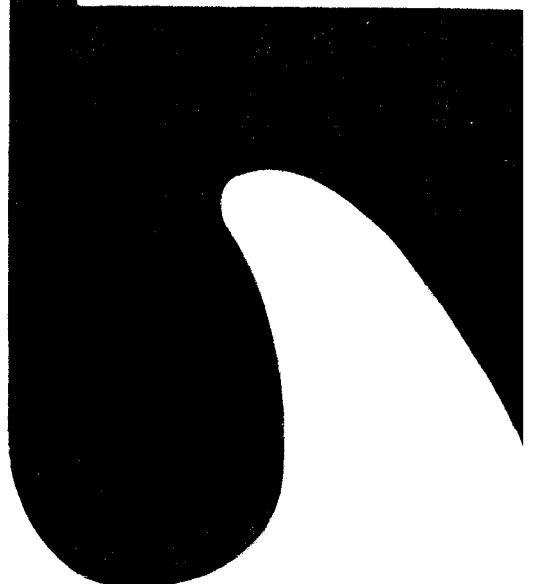
WÄRTSILÄ

tehostaa
nosturituotantoaan

WÄRTSILÄN monipuolinen ja pitkäaikainen kokemus ulottuu Suomen raskaimpien nostureitten rakentamiseen asti. Kun laajaan kokemukseen yhdistetään nykyaikaisin tekniikka ja jatkuva kehitystyö, päästään lopputuotteeseen, johon kannattaa luottaa.



Sitä paitsi: teknillisesti paras ratkaisu on ajan mittaan käyttötaloudellisestikin paras.



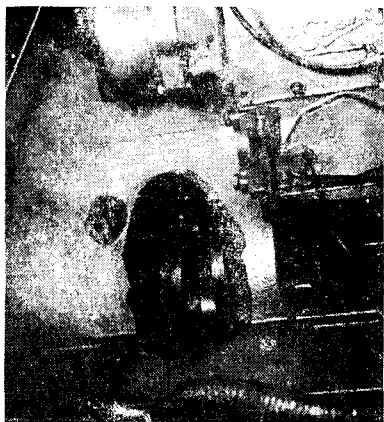
WÄRTSILÄ
KONE JA SILTA



DIESELMOOTTORI KORJATTU

DEVCON

muoviteräksellä



Suuri reikä moottorissa.
Kampiaksi näkyvissä.



Muoviteräksen kannatus-
verkko kiinnitetty aukon
laitoihin porattuihin rei-
kiin.



**ALLE
ATJIE**

Muoviterästä levitetään
verkolle käyttäen tukena
paperia. Kovettumisaika
2 tuntia.

KÄYTTÖVALMIINA 3 TUNNISSA

Tämän Dieselmoottorin kampikammio korjattiin puolella kilolla Devcon muoviterästä kolmessa tunnissa. Korjauksen jälkeen on tähän mennessä ajettu yli 22.000 km. Tämä on malliesimerkki siitä, kuinka DEVCON'ia käyttämällä säästetään aikaa ja suuria kustannuksia.

Vahvin, sitkein ja monipuolisin korjausaine mitä tällä hetkellä on saatavissa.

MUOVITERÄS, ALKUPERÄINEN EPOKSIHARTSI KORJAUKSIA VARTEN sekä muut Devcon tuotteet ovat jo kauan olleet terästehtaitten, kemiallisten laitosten sekä monen muun teollisuuden käytössä kuluneiden osien korjauksessa, rikkiäisten valujen paikkauksessa, hydraulisten systemien ja säiliöiden tiivistyksessä, kuluneiden pumppujen ja venttiilien korjauksessa, polttoaine- ja vesijohtojen, myös paineenalaisten, korjauksessa.

Tämä aine liittyy yhteen tai toisiinsa rautaa, terästä, alumiinia, messinkiä, pronssia, puuta, keramiikkaa ym., käytetään metallin ja muovin puristusmuotteihin, jigeihin, apuleukoihin yms.



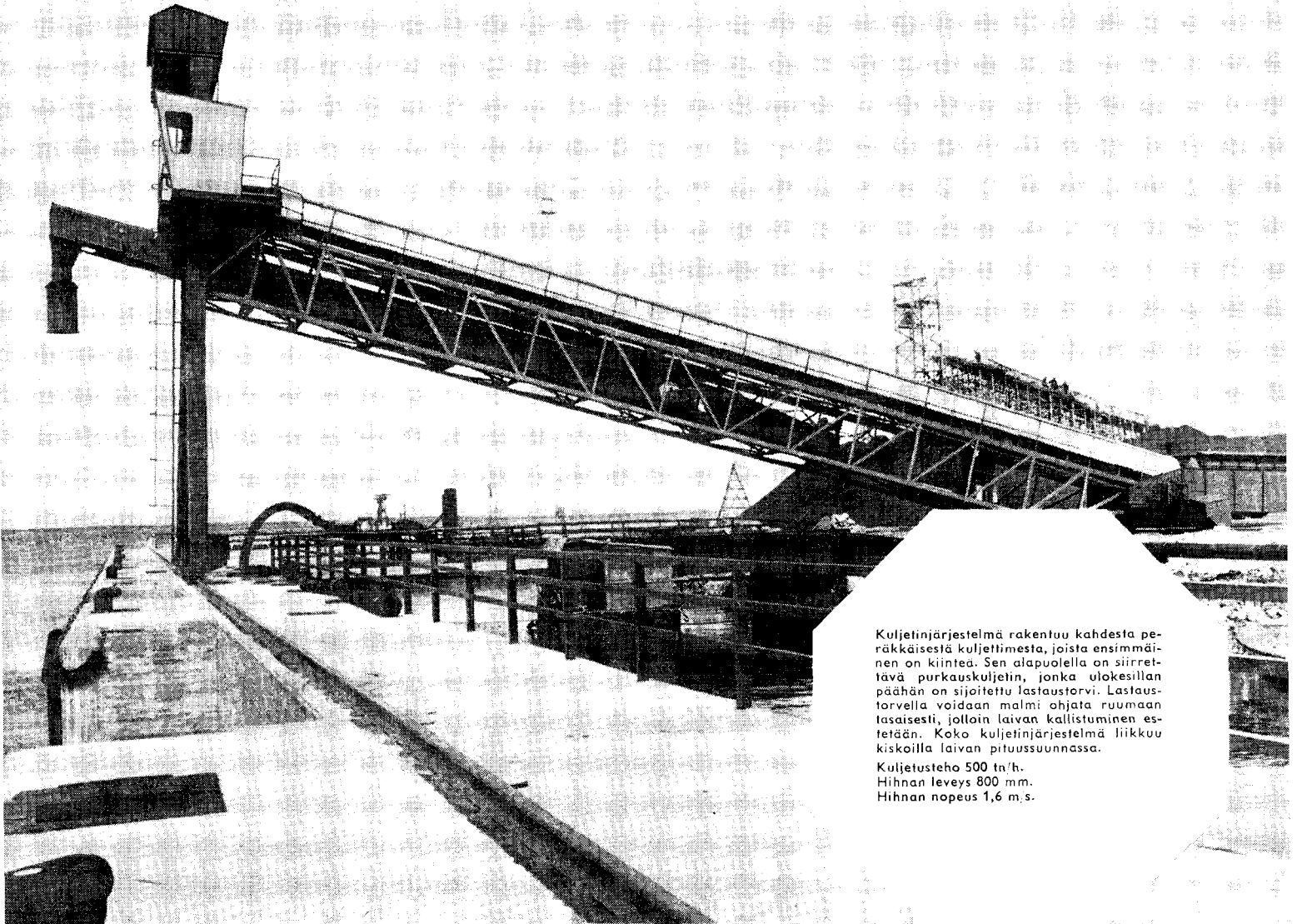
Pinta hiottu sileäksi hiomapaperilla.

DEVCON — täydellinen sarja laatutuotteita pysyviä korjauksia varten—
helppokäyttöinen — ei tarvitse lämpöä, painetta eikä erikoistyökaluja.
Esittelylehtisiä pyydettyäessä.

Edustaja Suomessa:



Nopeampi lastaus vähentää kustannuksia

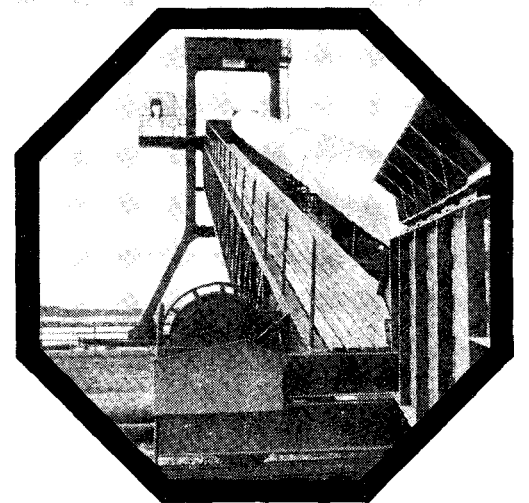


Kuljetinjärjestelmä rakentuu kahdesta peräkkäisestä kuljettimesta, joista ensimmäinen on kiinteä. Sen alapuolella on siirrettävä purkauskuljetin, jonka ulokeskillan päähän on sijoitettu lastaustorvi. Lastaustorvella voidaan malmi ohjata ruumaan tasaisesti, jolloin laivan kallistuminen estetään. Koko kuljetinjärjestelmä liikkuu kiskoilla laivan pituussuunnassa.

Kuljetusteho 500 tn/h.
Hihnan leveys 800 mm.
Hihnan nopeus 1,6 m/s.

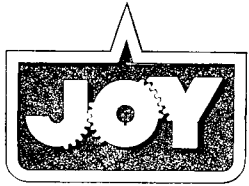
Hihnakuljetin on osoittautunut oikeaan osuneeksi ratkaisuksi malmin lastauksessa. Se eliminoi hankalat välivaiheet vähentäen siten kokonaiskustannuksia. Malmin joustava kulku syöttösupilosta laivan lastiruumaan hihnakuljettimella lyhentää lastausaikaa huomattavasti.

Outokumpu Osakeyhtiön Kokkolan tehtaan hihnakuljettimen on rakentanut VALMET Oy:n Rautpohjan Tehdas, jolla on vuosikymmenien kokemus teollisuuden kuljetus- ja siirtokysymyksiä ratkaisemisessa.



VALMET

Valmet Oy, Rautpohjan Tehdas, Jyväskylä, puh. 18 100
Pääkonttori: Helsinki, Kaivokatu 10, puh. 11 441

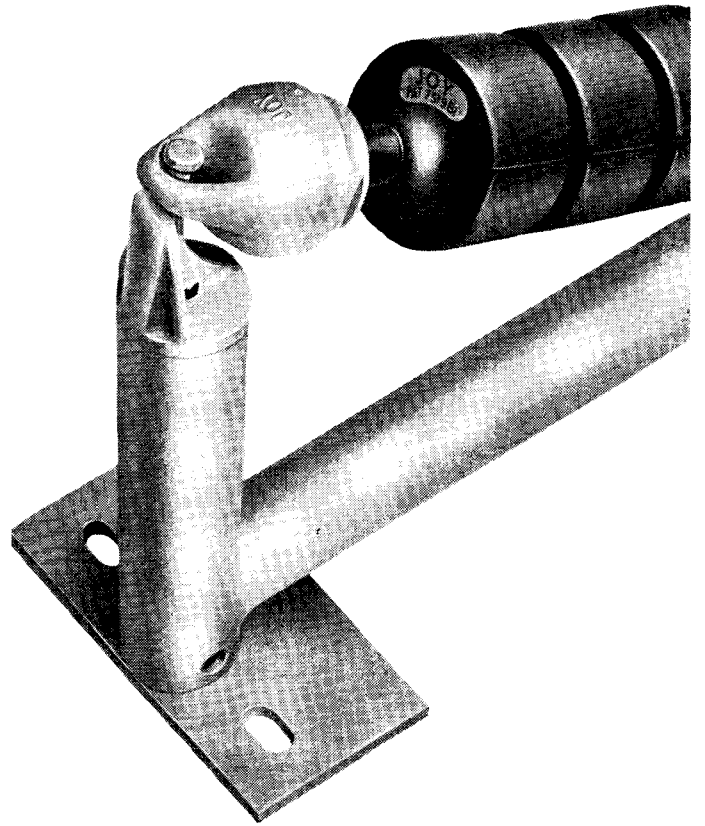
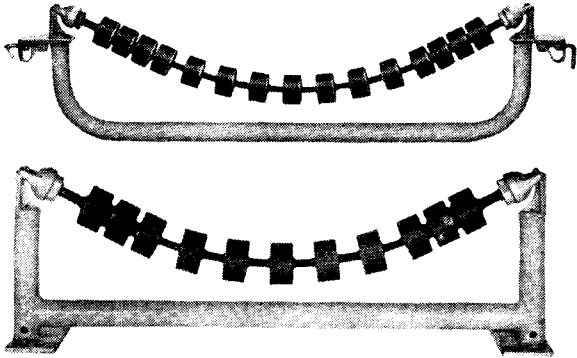


LIMBEROLLER LIMBEROPE

vaativiin asennuksiin — joissa esim. kosteus, kuluttavat, tarttuvat tai syövyttävät aineet asettavat vaikeuksia. JOY säästää myös hinnan.

JOY LIMBEROLLERin etuja:

- täysin päällystetty neoprenillä
- täysin taipuisa akseli
- täysin vapaasti kääntyvä kardaaniripustus
- vain 2 vierintälaakeria
- laakeripesäkkeet hihnan ulkopuolella
- avautuvat alaspäin



OSAKEYHTIÖ *Ekströmin* KONELIIKE
Helsinki · Puh. 11421 Postilokero 310

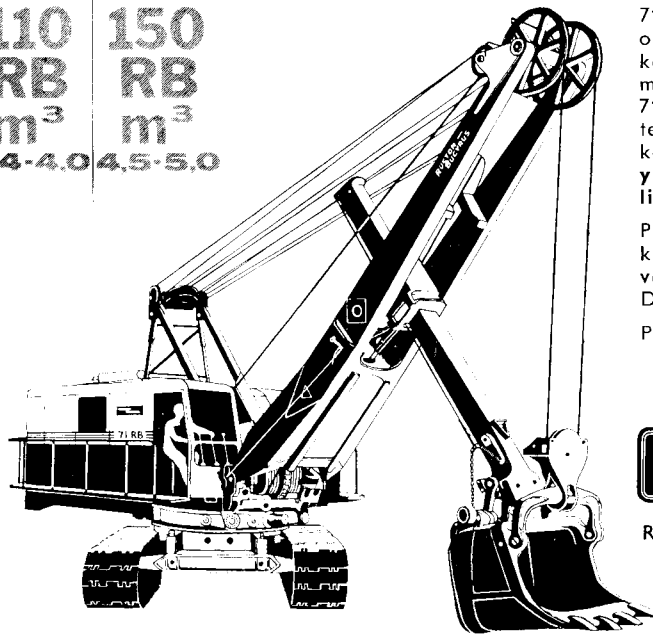
RUSTON - BUCYRUS

10 RB m ³ 0,3-0,5	11 RB TRANSIT	19 RB m ³ 0,5-0,7	22 RB m ³ 0,7-1,0	30 RB m ³ 1,0-1,3
38 RB m ³ 1,2-1,5	54 RB m ³ 2,0-2,4	71 RB m ³ 2,6-3,0	110 RB m ³ 3,4-4,0	150 RB m ³ 4,5-5,0

NYT ON RB:n sarja täydellinen

71 RB:n tultua markkinoille on RUSTON-BUCYRUSin kaivukoneohjelma 0,3—5,0 m³:iin nyt täysin integroitu. 71 RB on lisäksi insinööri-tekniikan mestarinäyte, jonka kaivuteho hakee vertojaan yhdistetyn nosto- ja syöttöliikkeen ansiosta.

Pisto-, kuokka-, laahaus-, kahmarikauha- tai nosturi-varusteisena. Diesel- tai sähkökäyttöisenä. Paineilmaohjaus



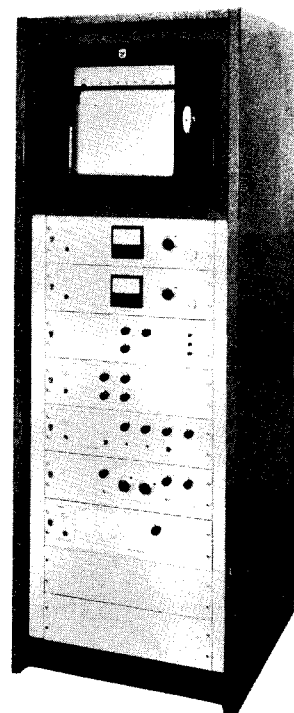
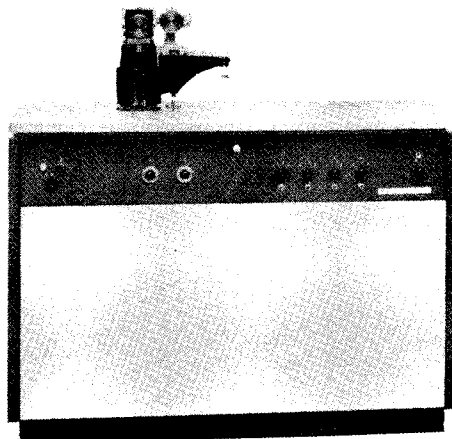
**RUSTON -
BUCYRUS**

Ruston-Bucyrus Ltd Lincoln

UUDET

PHILIPS

RÖNTGENANALYYSILAITTEET TEOLLISUUDEN KÄYTTÖÖN



PW 1010

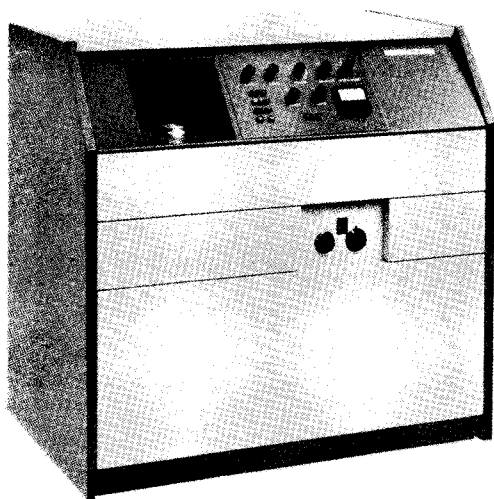
1 kW:n röntgenkone, stabiliteetti 0.1 %, diffraktio- ja spektrometrilaitteisiin.

PW 1310

2 kW:n röntgenkone, stabiliteetti 0.03 %, spektrometrilaitteisiin.

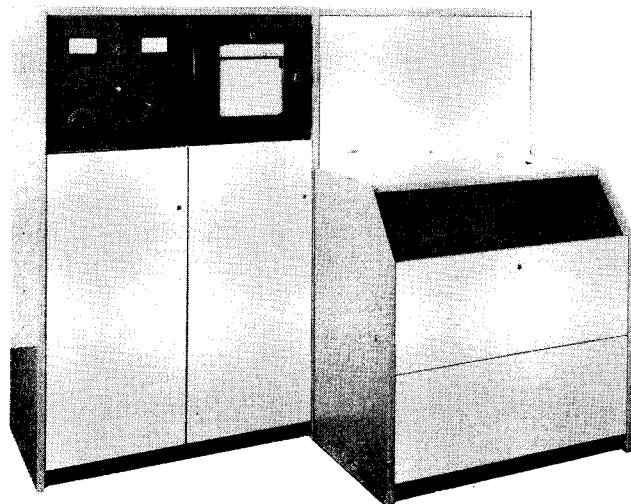
PW 1352

Piirturi- ja mittauspaneeli transistoroiduilla mittaus- ja ohjelmointiyksiköillä.



PW 1220

Semi-automaattinen röntgenspektrometri; yhdistetään joko 1 kW:n tai 2 kW:n röntgenkoneeseen. Tutkimuslaboratorioihin ja tuotannon tarkkailuun.



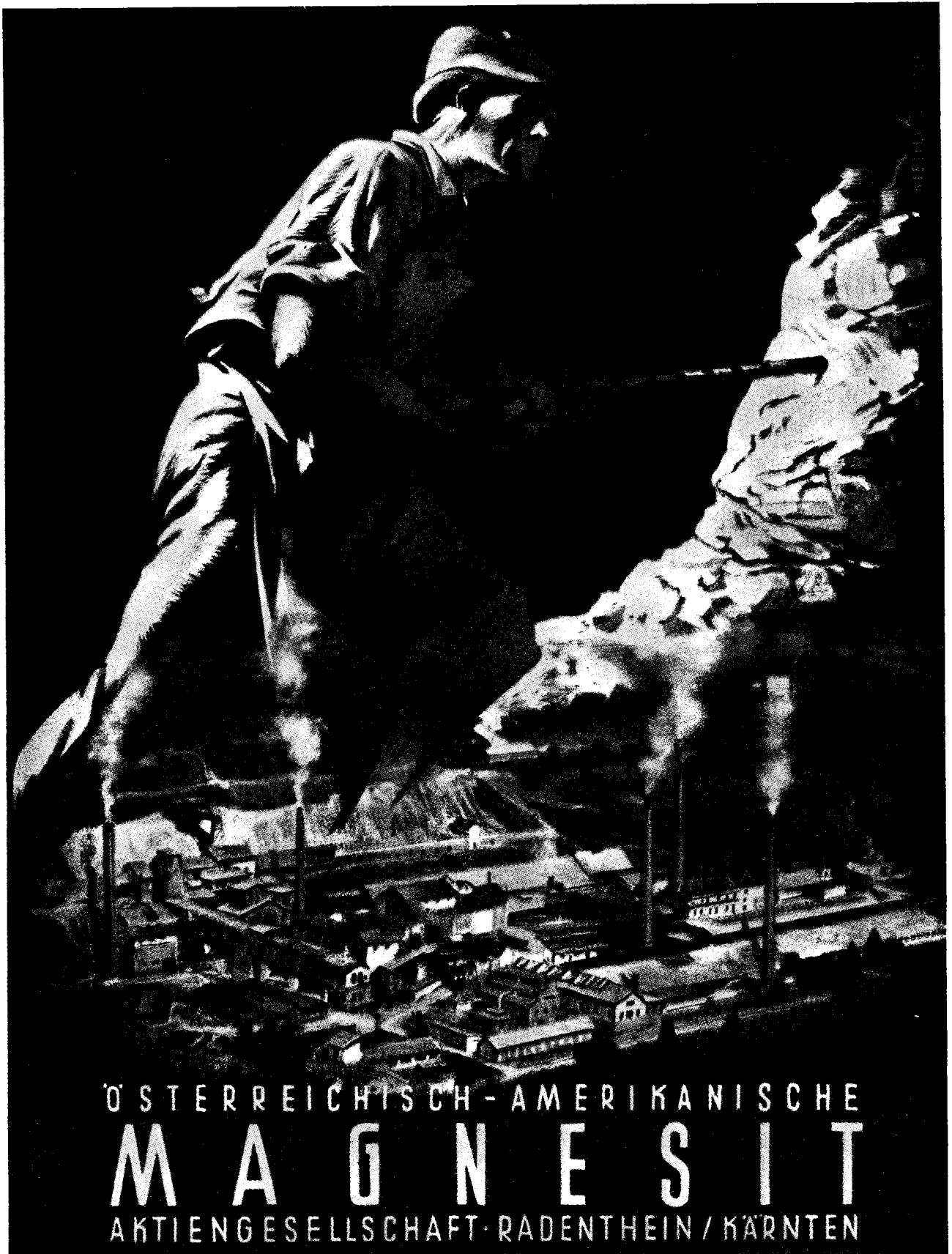
PW 1210

Täysautomaattinen röntgenspektrometri, 100 kV/2 kW, tuotannon tarkkailuun. Mitta- ja ohjelmointilaitteet transistoroidut. Tulokset laskukoneesta.

Suomessa

OY CHRISTIAN NISSEN AB

Keskuskatu 3, puh. 13 070



ÖSTERREICHISCH - AMERIKANISCHE
MAGNESIT
AKTIENGESELLSCHAFT · RADENTHEIN / KÄRNTEN

OY TULENKESTÄVÄT TIILET AB

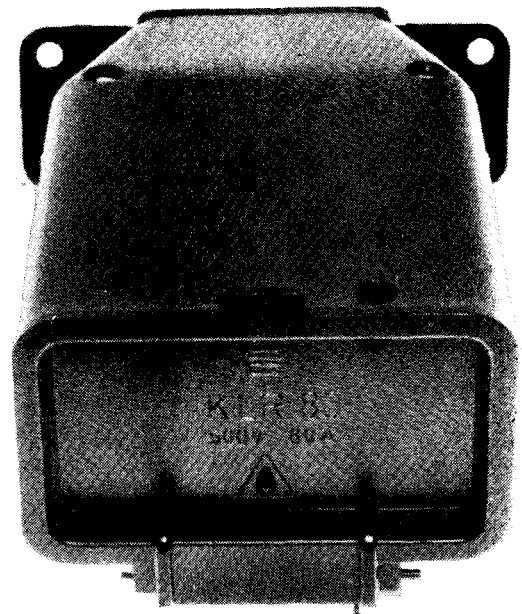
Eerikinkatu 14 A Helsinki Puh. 645 341 — 645 342

Eriksgatan 14 A Helsingfors Tel. 645 341 — 645 342



UUTUUS VUORI- TEOLLISUUDELLE

LUJA JA TURVALLINEN



KL on uusi täydellinen voimapistoliitinsarja nimellisvirroille 16, 40 ja 80 A. Pistoliittimien kuoret ovat lujuutta ja turvallisuutta lisäävää eristysainetta, jonka etuina ovat iskun-, kylmän- ja kuumen sekä korrosionkestävyys. Sähköä johtavat ja kaikki toiminnalliset teräsosat on käsitelty parhaiten nykyaikaisten menetelmien mukaisesti, jotta saavutettaisiin käyttövarmuus vaikeissakin olosuhteissa.

KL-voimapistoliitin on luja. KL-voimapistoliittimen ulkokuori ei murru tai menetä muotoaan kovassakaan kolhaisussa eikä siten tee liittimen käyttöä vaaralliseksi.

KL-voimapistoliitin kestää hyvin kosteutta ja kemiallisten aineiden vaikutuksia, kuten öljyä, rasvoja, hapetus- ja pelkistysaineita sekä suolaliuoksia. KL-voimapistoliitin kestää suuria lämpötilojen eroja. Liittimen voi hyvin asentaa esim. kovaan pakkaseen.

KL-voimapistoliitin on turvallinen. KL-voimapistoliittimen kaikki jännitteelliset osat on ympäröity eristysaineella, joten käyttäjän ei tarvitse pelätä sähköiskuja. Esim. väärin kytketty maadoitus ei aiheuta vaaraa käyttäjälle.

KL-voimapistoliittimet vastaavat suomalaisia ja kansainvälisiä normeja, joten ne voidaan rajoituksetta asentaa teollisuudessa, työpajoilla ja maataloudessa esiintyviin tehtäviin, joissa tarvitaan lujaa ja turvallista rakennetta.

Valmistaja :

FISKARS

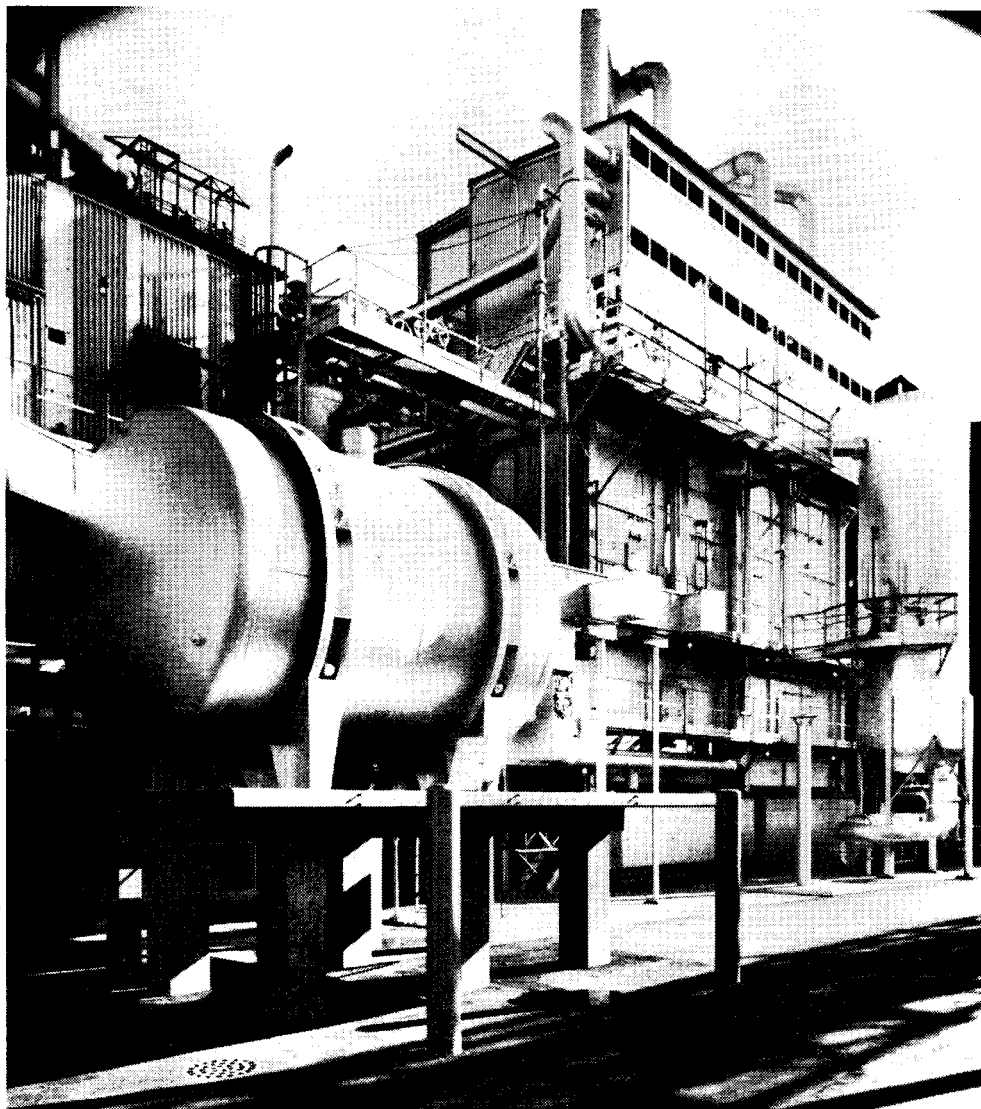
Myynti:

MAANSÄHKÖ OY

HELSINKI Kalevankatu 18 Puh. 61 216

Linde'n ilmantislauslaitokset aina suurimpiin kokoihin saakka hapen, typen ja jalokaasujen saamiseksi metallurgisessa, kemiallisessa ja kaasuteollisuudessa.

LINDE



Linde-Fränkli-laitos. Kapasiteetti on 5860 Nm³/h happea jonka puhtaus on 99,5 %. Tästä määrästä 800 Nm³/h nestemuodossa. Toimitettu USA:han.

Linde on toimittanut yli 1600 ilmantislauslaitosta ja täten saadut kokemukset takaavat taloudellisimman menetelmän halutun kapasiteetin, puhtauden ja käyttötarkoituksen suhteen.

Gesellschaft für Linde's Eismaschinen AG

Höllriegelskreuth bei München (Westdeutschland)

Edustaja Pohjoismaissa

K. O. RYDQVIST Danderyd 1, Ruotsi
Puh. Stockholm 552 675

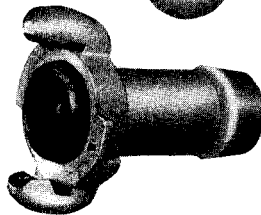
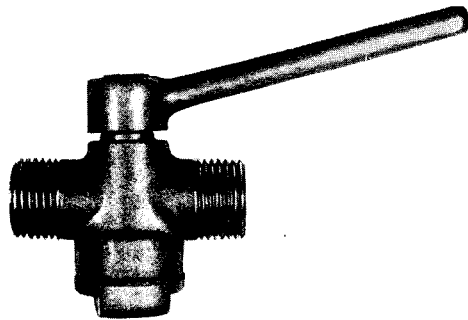


MAKSATTEKO TE PIHINÄSTÄ?

Armatureissa ja letkuissa ilmenevät pienetkin vuodot alentavat ilmakompressorin tuotantoa huomattavasti. Pienetkin pihinät maksavat ajanmittaan paljon.

Suoritamme kompressorikeskuksien teho- ja vuoto- mittauksia, sekä toimitamme alkuperäisiä Atlas Copco paineilmahanoja, erilaisia letku- ja ruuvi- liittimiä, letkujen liitinpidikkeitä sekä kumitiivis- teitä.

Tallbergilla järjestyvät Teidänkin paineilma- kysymykseenne.

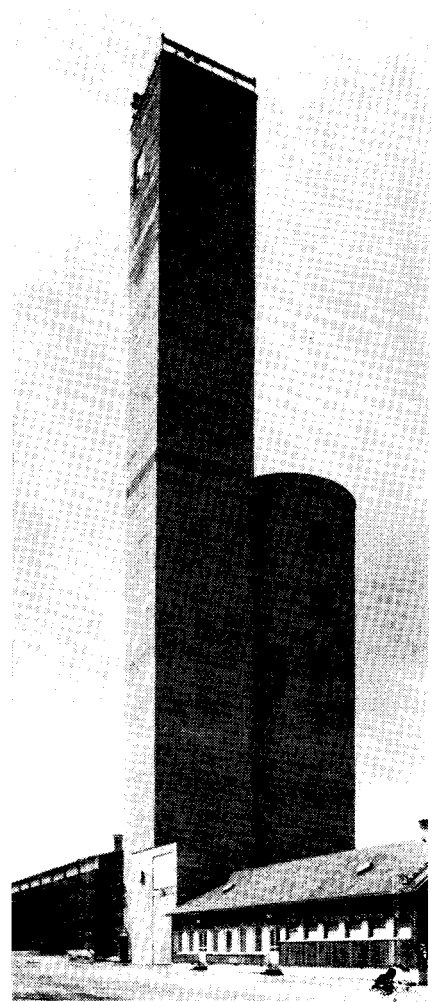
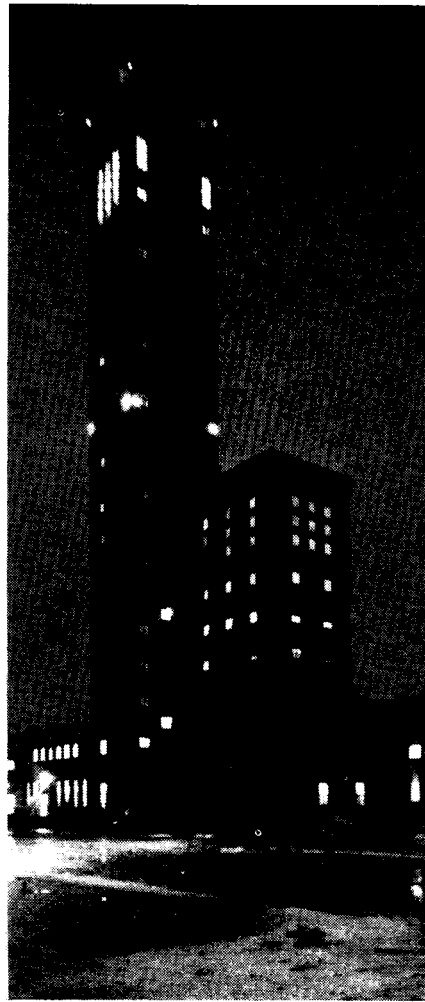
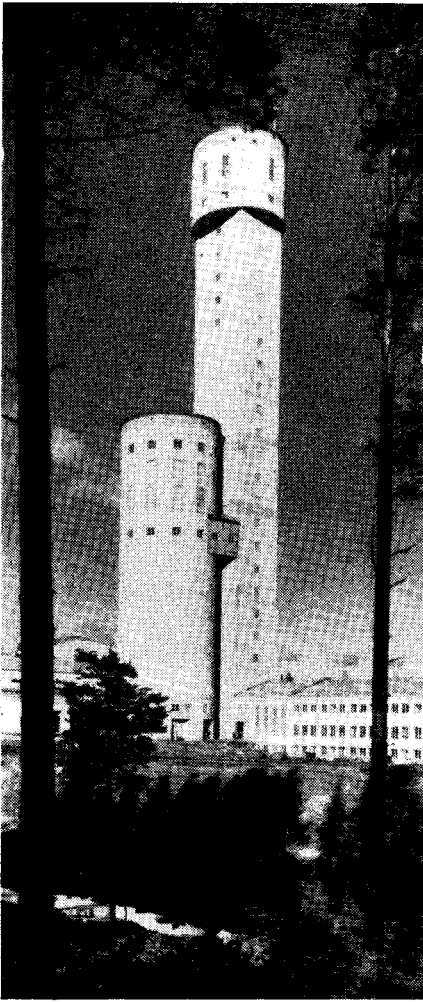


JULIUS TALLBERG

ATLAS COPCO-O.S.

Aleksanterink. 21 Hiki, puh. 13 611

Atlas Copco



NOSTOKONEITA SUOMEN KAIVOKSILLE

Jo 13 ASEA nostokonetta
toimii Suomen kaivoksissa

OY ASEA AB
50
1913 — 1963

KERETTI Täysautomaattinen malminnostokone kaksoisnostolla, hyötykuorma 5,5 tonnia kippaa kohden.

Puoliautomaattinen nostokone henkilökuljetuksiin, hyötykuorma 5 tonnia tai 30 henkilöä.

VIHANTI Täysautomaattinen nostokone kaksoisnostolla, hyötykuorma 5 tonnia kippaa kohden.

TYTYRI Yhdistetty nostokone henkilökuljetusta ja malminnostoa varten, hyötykuorma 10 tonnia.

YLÖJÄRVI Yhdistetty nostokone henkilökuljetusta ja malminnostoa varten, hyötykuorma 6 tonnia.

KOTALAHTI Yhdistetty nostokone henkilökuljetusta ja malminnostoa varten, hyötykuorma 8,5 tonnia.

Nostokone henkilökuljetusta varten, hyötykuorma 500 kg tai 6 henkilöä.

PYHÄSALMI Yhdistetty nostokone henkilökuljetusta ja malminnostoa varten, hyötykuorma 10 tonnia.

Nostokone henkilökuljetuksiin, hyötykuorma 500 kg tai 6 henkilöä. Tutkimuskuilua varten toimitettu mutta ei vielä asennettu: yhdistetty nostokone henkilökuljetusta ja malminnostoa varten, hyötykuorma 4 tonnia. Kaikki nostokoneet ovat painonappiohjattuja, täysautomaattisia.

Näiden lisäksi on Outokumpu Oy:llä käytössä yksi 3 tonnin kuilunajovintturi ja Otamäki Oy:llä Raajärven kaivoksessaan 5 tonnin kuilunajovintturi.

Toimitamme vuoriteollisuudelle myös automaattivaaioilla varustettuja mittataskuja, kippoja, hissikoreja, köysipyöriä jne.

ASEA

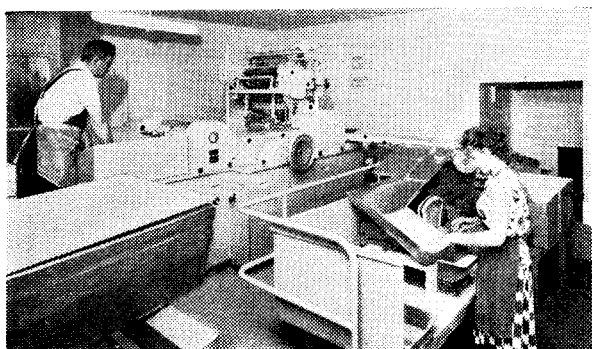
OSAKEYHTIÖ ASEA AKTIEBOLAG

HELSINKI KUOPIO ROVANIEMI TAMPERE TURKU VAASA
Puh. 12501 Puh. 15071 Puh. 4876 Puh. 29020 Puh. 26020 Puh. 16150



Vihtavuoren tehtaat perustettiin nelisenkymmentä vuotta sitten lähinnä ruudinvalmistusta varten. Sittemmin tuotanto on laajentunut, niin että se käsittää ampumatarvikkeita — ennen kaikkea Vihtavuoren haulikonpatruunoita —, eräitä teollisuuskemikaaleja sekä **räjähdysaineita**, mitkä muodostavat nykyisin tärkeimmän tuoteryhmän.

väkevää voimaa Vihtavuoresta



Dynamiitin patruunointi suoritetaan erikoiskoneilla

Vihtavuoren räjähdysaineiden jatkuvasti laajentuneeseen ja monipuolistuneeseen tuotanto-ohjelmaan kuuluu

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| — räjähdysaineita | — sytytysvälineitä |
| louhintadynamiitti | sähköräjäytysnallit |
| raivausdynamiitti | — momenttinallit |
| ojitusdynamiitti | — lyhyhidastenallit |
| aniitti | — hidastenallit |
| raivauspanos | tulilankanallit |
| ISKU-kivipommi | no 6 ja 8 |
| | tulilangan sytytin |

VIHTAVUORI — siihen voitte luottaa



RIKKIHAPPO OY



Minkä tahansa porakaluston tarvitsetekin on VULCANUS-pora Teille edullisin.

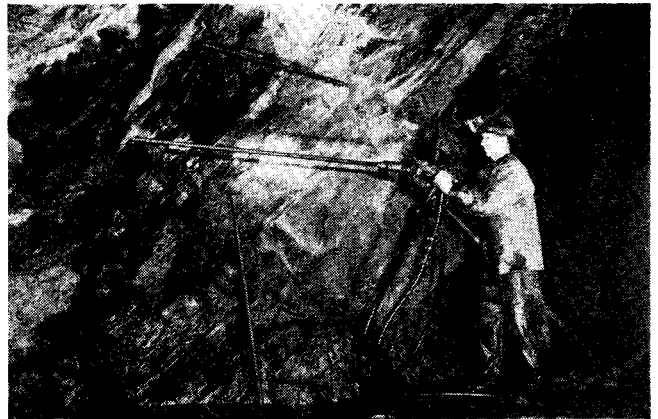
MIKSI? SIKSI ETTÄ

VULCANUS valmistetaan tehtaan omasta laatuteräksestä ruostumattomin vuorauksin

VULCANUS poratangot ovat joko kuulapuhallettuja tai kierukkarullattuja taaten korkeimman murto-
lujuuden

VULCANUS jatkotangoissa on Helleforsin tiivis kierre, minkä johdosta on vähemmän vuotoja ja tehomentyksiä

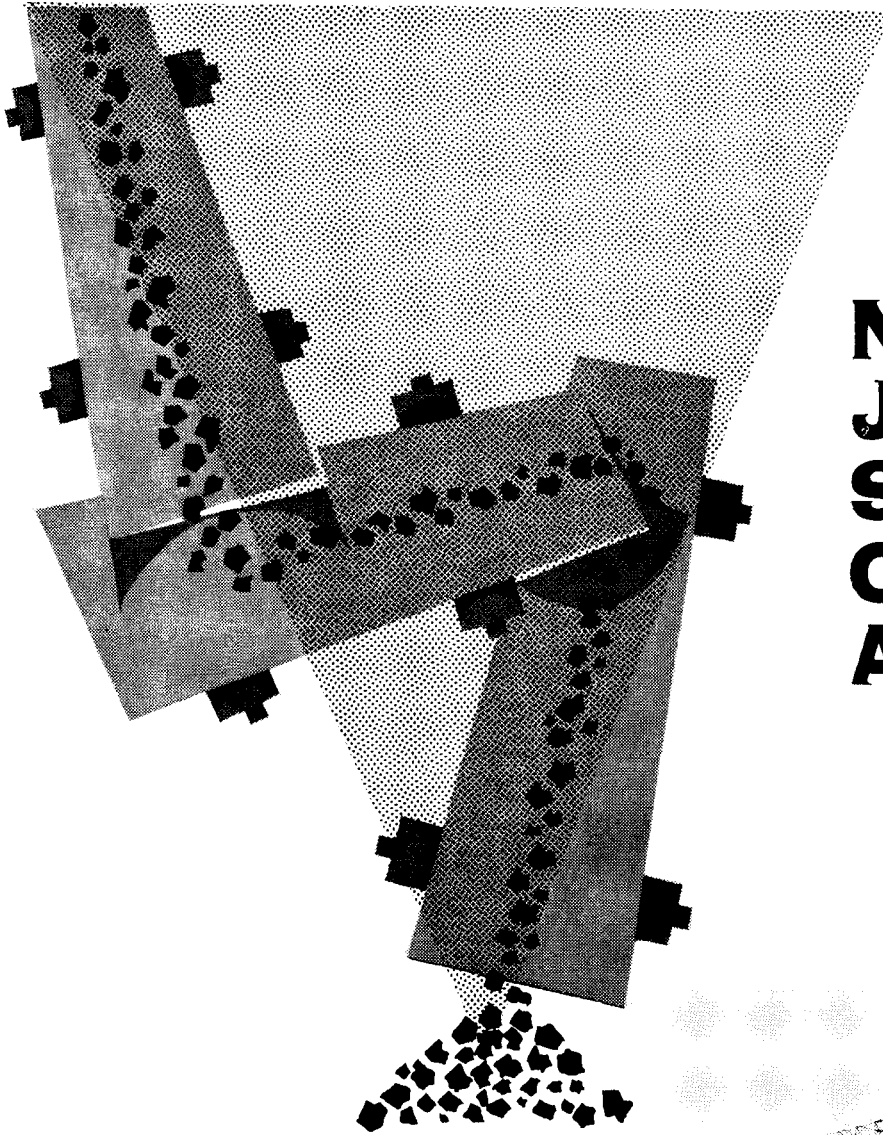
VULCANUS porat ja porakruunut varustetaan juuri sillä kovametallilla, joka Teidän olosuhteissanne on sopivin



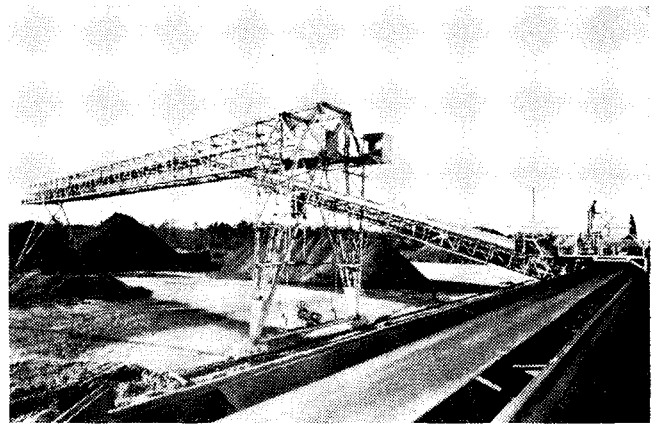
VULCANUS tarjoaa hyvän huollon. Kun tarvitsette kallioporan — ottakaa VULCANUS!

SKF

HELLEFORS JERNVERK · HÄLLEFORS



NOSTOT JA SIIRROT OVAT ALAAMME



Mikäli satamassa, tehtaassa tai varastossa joudutaan kuljettamaan tavaroita tai raaka-aineita jatkuvasti samaa kiinteätä reittiä pitkin, on kuljetin tai kokonainen kuljetinjärjestelmä tarkoituksenmukaisin.

Käyttötarkoitus ja kuljettimen sijainti ovat useimmiten täysin yksilöllisiä. Jokaisen kuljettimen suunnittelu vaatii kokemusta ja asiantuntemusta.

Olemme suunnitelleet ja valmistaneet kuljetinjärjestelmiä eri alojen teollisuuslaitoksille jo yli 30 vuoden ajan.

**HISSEJÄ
LIUKUPORTAITA
NOSTUREITA
KULJETTIMIA
SÄHKÖNOSTIMIA
SÄHKÖMOOTTOREITA
HAMMASVAIhteITA**



OSAKEYHTIÖ
Helsinki — Haapaniemenk. 6
Puhelin 70 511 - Telex 12-466

enemmän louhittuja kuutioita taloudellisemmin ja tehokkaammin

Tampella

-kallioporakoneilla

Tampella K 56 on käsikone joka on suunniteltu lähinnä rikkoreikä- ja keveään louhintaporaukseen. Kokoonsa ja ilmankulutukseensa verraten K 56 on hämmästyttävän nopea: yli 30 cm/min. graniittiin normaaleissa olosuhteissa.

Koneen paino	19 kg
Kokonaispituus	600 mm
Ilmankulutus (6 aty)	
– vesihuuhtelulla	1,2 m ³ /min.
– ilmahuuhtelulla	1,6 m ³ /min.

Tampella K 56

Tampella S 90 on uuden S-sarjan kone, suunniteltu lyhytreikäporaukseen. Suuri tunkeutumisnopeus ja pieni varaosakulutusta takaavat taloudelliset parametrit. S 90 voidaan varustaa myös äänenvaimennussylinterillä.

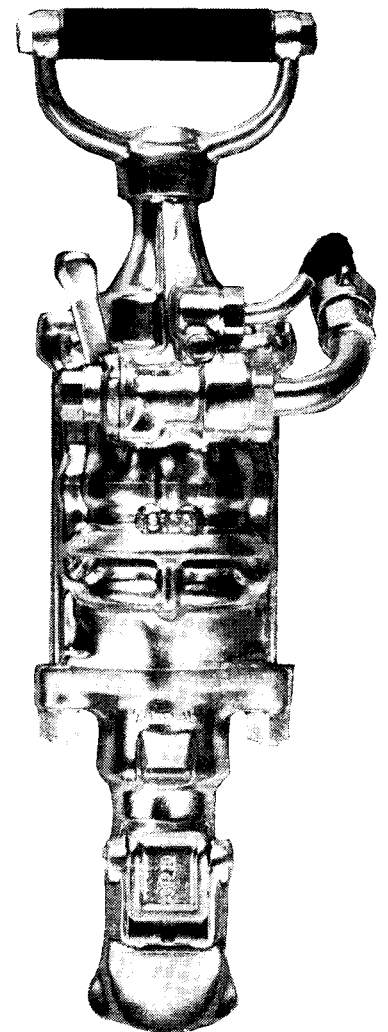
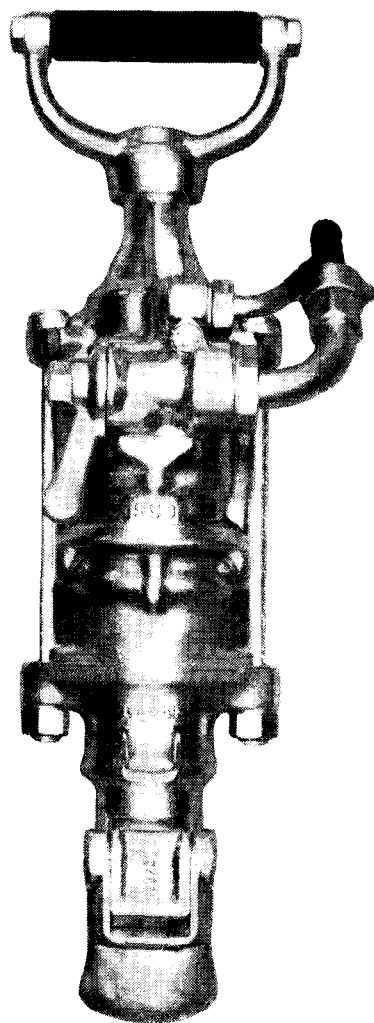
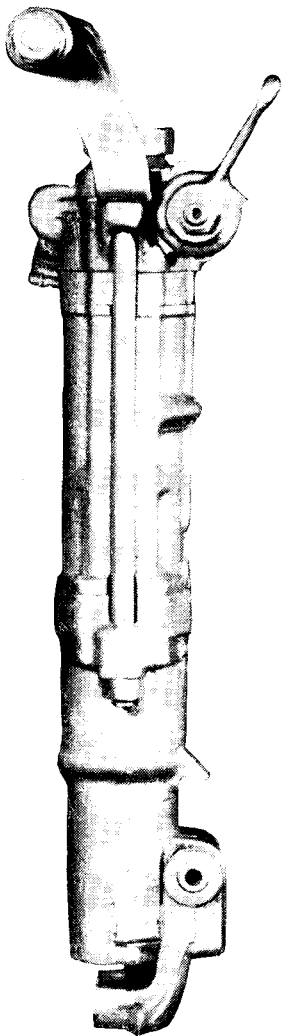
Koneen paino	22,5 kg
Kokonaispituus	625 mm
Ilmankulutus (6 aty)	
– vesihuuhtelulla	2,7 m ³ /min.
– ilmahuuhtelulla	3,1 m ³ /min.

Tampella S 90

Tampella S 100, sekin uutta S-sarjaa, on monipuolinen yleiskone, joka tarjoaa mainiot edut: ennätysellinen tunkeutumisnopeus, yksinkertaisen rakenteen vuoksi helppo huoltaa, vaivaton hallita ja käsitellä.

Poikkeuksellisen pieni ilmankulutus	
Koneen paino	22,7 kg
Kokonaispituus	625 mm
Ilmankulutus (6 aty)	
– vesihuuhtelulla	3,6 m ³ /min.
– ilmahuuhtelulla	4,1 m ³ /min.

Tampella S 100



Tampella T 9,3 CRM on äänenvaimennussylinterillä varustettu lyhytreikäporakone. Peruskoneen T 9,3 CRM muuttaminen äänenvaimennuskoneeksi tapahtuu vain vaihtamalla sylinteri.

Koneen paino	24 kg
Kokonaispituus	700 mm
Ilmankulutus (6 aty)	
– vesihuuhtelulla	2,7 m ³ /min.
– ilmahuuhtelulla	3,2 m ³ /min.

Tampella T 9,3 CRM

Tampella T 10 C on kevyt pitkäreikäporakone nopeutensa ja voimakkaan pyöriytensä ansiosta.

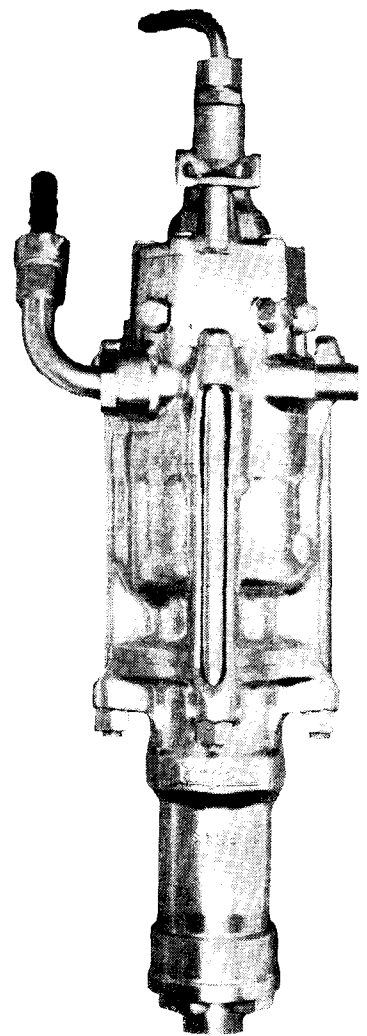
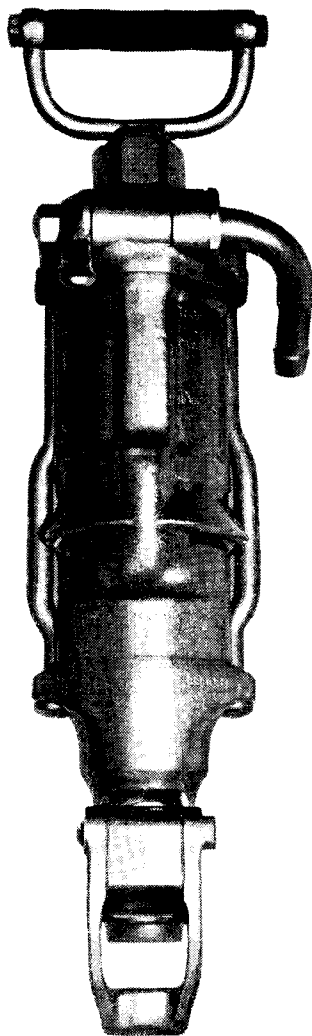
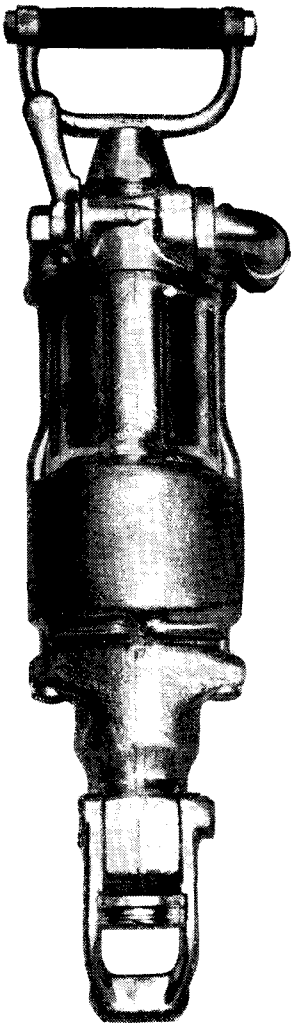
Koneen paino	26 kg
Kokonaispituus	700 mm
Ilmankulutus (6 aty)	
– vesihuuhtelulla	3,0 m ³ /min.
– ilmahuuhtelulla	3,5 m ³ /min.

Tampella T 10 C

Tampella S 125 on suunniteltu varsinaiseen pitkäreikä- eli louhintaporaukseen S 125 kuuluu myös uuteen S-sarjaan, ja on kallioporakoneitten joukossa täysin omassa teho- ja ta-
loudeellisuusluokassaan. Huolimatta mainiosta tunkeutumisnopeudestaan on S 125:n ilmankulutus vähäinen.

Koneen paino	53 kg
Kokonaispituus	820 mm
Ilmankulutus (6 aty)	
– vesihuuhtelulla	4,0 m ³ /min.
– ilmahuuhtelulla	5,5 m ³ /min.

Tampella S 125



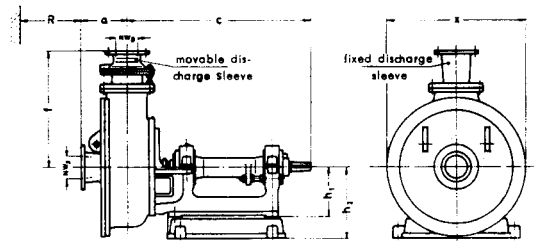
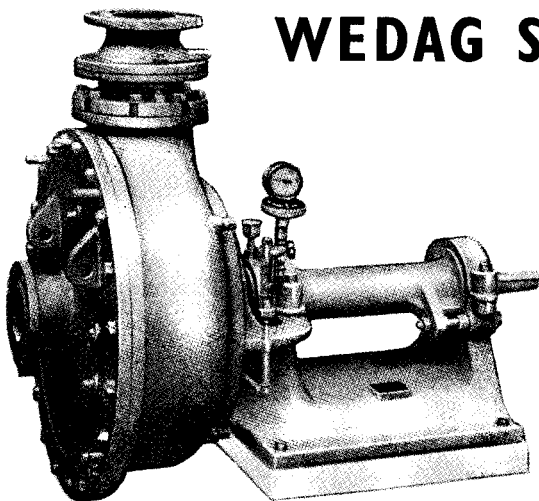
WEDAG

Koneita rikastamoon ja murskaamoon

WEDAG SLURRY PUMPS P1 – P10

P5

Size range 10 to 15 · one piece pump casing



Massive, robust design, with swingopen circular casing, overall fivesectional casing liner, and double stuffing box for fresh water pump — or grease pump — connection, according to duty. Particularly suitable for dealing with slurries, sandy water mixtures in the ore mining, smelting chemical and limestone industries, and equally so for cement slurry. Heavier types with two piece pump casing.

Pump size	Measurements mm										Capacity m ³ /min	Speed r. p. m.	Lifting pressure meter Sl. G.	Power consumption H. P. 7)
	NW _S	NW _D	a	c	f	h ₁	h ₂	x	R1)					
10 k	100	100	125	240	890	520	225	325	580	700	1,0	940 1440	9 22	4 10
10 g	100	100	125	240	955	590	250	360	690	700	1,0	940 1445	12 30	7 16
12,5 k	125	125	150	260	960	600	250	360	690	700	1,8	940 1450	10 26	8 20
12,5 g	125	125	150	260	1020	650	280	400	765	800	1,8	950 1455	16 40	14 35
15 k	150	150	200	290	1030	670	280	400	805	800	2,8	950 1460	14 34	16 37
15 g	150	150	200	290	1130	700	315	450	865	900	2,8	955 1460	21 50	22 56

WESTFALIA DINNENDAHL GRÖPPEL AG, BOCHUM
VUORIKONE OY HELSINKI 5 5543 · 5 5519

VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN

Julkaisija: VUORIMIESYHDISTYS r.y. — BERGSMANNAFÖRENINGEN r.f.

Hallitus: Professori Kauko Järvinen, puheenjohtaja, dipl.ins. Börje Forsström, varapuheenjohtaja, dipl.ins. Henning Doepel, tekn.tri Sakari Heiskanen, professori Risto Hukki, dipl.ins. Gunnar Laatio, fil.maist. Tor Stolpe ja vuorineuvos Björn Westerlund.

Rahastonhoitaja: dipl.ins. Paavo Maijala, Mäntytie 3, virkapuh. 44 05 11.

Sihteeri: dipl.ins. Sakari Seeste, Näätätie 5, Herttoniemi, virkapuh. 44 05 11.

Kaivosjaosto: yli-ins. Heikki Tanner, puheenjohtaja, dipl.ins. Olavi Alarotu, sihteeri, Ohjaajatie 34 A 1, Pohjois-Haaga, virkapuh. 44 05 11.

Metallurgijaosto: dipl.ins. Lennart Häkkä, puheenjohtaja, dipl.ins. Osmo Tuori, sihteeri, Sotilastorantie 34, Nybacka, Pitäjämäki, virkapuh. 11 431.

Geologijaosto: professori Aimo Mikkola, puheenjohtaja, fil.maist. Veikko Räsänen, sihteeri, Nallenpolku 4 E, Tapiola, virkapuh. 46 10 11.

Toimitus: teollisuusneuvos Herman Stigzelius, päätoimittaja, virkapuh. 62 87 14, tri.ins. Paavo Asanti, apulaistoimittaja, virkapuh. 46 10 71, rouva Karin Stigzelius, toimitussihteeri, puh. 63 55 46. Toimituksen osoite: Bulevardi 26 A 10, Helsinki, puh. 63 55 46.

Ilmoitushinnat: kansisivu 500 mk, muut sivut 320 mk, puolisivu 240 mk ja neljännessivu 120 mk.

Lehti ilmestyy kahdesti vuodessa.

N:o 2

1963

21 VUOSIKERTA

Uusia näkemyksiä metallurgisten reaktioiden kinetiikasta

Prof. M. H. Tikkanen, Teknillisen korkeakoulun metallurgian laboratorio

Johdanto

Epäämätön tosiasia on, että metallurgisen tekniikan käytämät prosessit ovat kemiallisia prosesseja. Metallurgista tekniikkaa voitaisiin näin ollen luonnehtia sovelletuksi fysikaaliseksi kemiaksi, jos lähdemme siitä, että mainittu kemian ala sisältää kemian termodynamiikan ja kinetiikan kvantitatiivisen käsittelyn yhdessä monien muiden kemiallisten ja fysikaalisten ilmiöiden kanssa. Tuntuu näin ollen luonnolliselta, että fysikaalinen kemia muodostaisi metallurgian opetuksessa samoin kuin metallurgisessa tutkimuksessa pohjan, jolta kaikkia kyseessä olevia ilmiöitä voidaan lähteä käsittelemään. Kokemus osoittaa kuitenkin, että fysikaalinen kemia on nykyisellään miltei täysin syrjässä kaikista sellaisista kemiallisista ilmiöistä, joissa on kysymys korkeista lämpötiloista, kiinteistä tai sulista aineista ja niiden liuoksista. Tämä ei koske ainoastaan aineiden ominaisuuksia vaan myöskin niiden reaktiotekniikkaa. Kuvaavaa on, että homogeenisten reaktioiden kinetiikkaa käsitellään kaikissa oppi- ja käsikirjoissa, vaikka on todella äärimmäisen vaikeata löytää käytännössä reaktiota, joka olisi todella homogeeninen! Heterogeenisten reaktioiden osuus kuitataan useimmiten muutamalla sivulla, vaikka niiden merkitys käytännössä on täysin ratkaistava.

Tällainen asiain tila on vähitellen johtanut siihen, että on kehittymässä eräänlainen metallurginen kemia, jonka alaan on siirtymässä sellaisten kemiallisten ilmiöiden ja ominaisuuksien käsittely, joiden ymmärtäminen on välttämätön edellytys metallurgisen tekniikan kehittymiselle nykyaikaiselle tasolle. Hyvänä esimerkkinä voidaan mainita kaksi merkittävää aluevaltausta, metallisten liuosten teorian kehittäminen (Chipman) sekä kemiallisen termodynamiikan soveltaminen korkeissa lämpötiloissa tapahtuviin reaktioihin (Ellingham, Richardson). Siitäkin huolimatta, että kaikenlainen eristäytyminen tie-teessä on monessa suhteessa haitallista, on edellämäin-tuissa tapauksissa tyydytyksellä todettava tapahtunut kehitys, koska ilman sitä olisimme vielä toivottoman kaukana nykyaikaisesta tasosta.

Edellä esitetty ei kuitenkaan merkitse sitä, että voisimme olla tyytyväisiä kokonaisuudessaan nykytilanteeseen. Päinvastoin meidän on käsitettävä, että kyseessä on vain eräs välivaihe, joka on nopeasti ylitettävä, jotta käynnissä oleva teknillinen kehitys ei alkaisi hidastua. Tällä haluan korostaa sitä tosiasiaa, että meillä ei vielä ole käytettävissämme mitään päteviä teorioita heterogeenisten reaktioiden kinetiikasta, vaikka juuri kinetiikan avulla voimme päästä käsiksi reaktioiden nopeus-

kysymyksiin eli niihin seikkoihin, jotka todellisuudessa määräävät laitteen ja uunien kapasiteetin. Metallurgisen tekniikan reaktiot ovat aina heterogeenisiä reaktioita, joissa on mukana kiinteitä, nestemäisiä ja kaasumaisia faaseja. Suurin este teorian kehityksen tiellä on ollut puuttuva tieto nimenomaan sulan ja kiinteän materiaan rakenteesta, koska ilman sitä ei ole mahdollisuuksia edetä. Tätä tietoa on kuitenkin olemassa jonkin verran, mutta se on löydettävissä aivan muulta alalta, nimittäin kiinteän aineen fysiikan ja kemian alalta.

Tarkoitukseni on seuraavassa valaista tätä kysymystä kokonaisuutena. Käsittelen aluksi kiinteän materiaan ominaisuuksia ja sen reaktiokykyä ja olen tarkoituksella valinnut erittäin rajoitetun esimerkkipiirin esitykseen. Kysymys on kokonaisuudessaan niin laaja ja osaltaan niin epäkypsä, että laajempi esitys tulisi pakosta sotkuiseksi ja ehkä virheelliseksi. Perustelen tätä kiinteän materiaan merkityksen suurta arvostusta sillä väitteellä, että useimmissa käytännön reaktioissa on todellisuudessa aina kiinteä faasi mukana, vaikka pintapuolinen tarkkailija ei sitä aina huomakaan. Ajatelkaamme vain masuunia jossa valmistetaan sulaa metallia kiinteistä raaka-aineista. Vaikka aikaisemmin yleisesti luultiin, että pelkistysreaktiot uunissa tapahtuivat sulien aineiden kesken, tiedämme nykyisin, että pääosa kaikista reaktioista tällaisessa uunissa tapahtuu kiinteiden aineiden ja pelkistävien kaasujen välisinä reaktioina, jolloin tavallisimmin pelkistyskokonaisuus riippuu siitä nopeudesta, jolla kiinteät metalliyhdisteet pelkistyvät.

Kiinteä materia ja sen rakenne

Tiedämme nykyisin, että epäorgaaniset kiinteät aineet ovat muutamia poikkeuksia lukuunottamatta kiteisiä aineita, joille on tunnusomaista, että niiden perushiukkaset (atomit tai jonit) ovat ryhmitettyneet säännöllisiksi rakennelmiksi eli hiloiksi. Röntgen-, elektroni- ja neutronidiffraktiomenetelmien ansiosta tiedämme useimpien meille tärkeiden kiinteiden aineiden hilarakenteen melko tarkasti. Kokemus osoittaa kuitenkin, että tämä tieto ei riitä alkuunkaan, milloin kyseessä on nimenomaan kiinteiden aineiden reaktiivisuuden selvittäminen. Jo kauan on tiedetty, että kiinteät aineet pystyvät reagoimaan kemiallisesti niiden ensin tarvitsematta sulaa tai kaasunutta, mutta sen sijaan ei ole ymmärretty, mitkä ominaisuudet ja ilmiöt ovat tällöin kemiallisen reaktion perustana.

Jokainen kemisti muistaa, miten eri tavoin sama sakka saattaa liueta esikäsitteystä riippuen. Samoin käyttäytyvät kiinteät katalyytit aivan eri tavoin, jos niiden valmistuksessa on käytetty erilaisia raaka-aineita tai, jos valmistusmenetelmä on hieman muutettu. Saman kemiallisen koostumuksen omaavat erikoisteräksiset saattavat hapettua täysin eri nopeuksilla korkeissa lämpötiloissa tai syöpyä happoliuoksissa vastaavasti eri tavoin. Tällaista luetteloa voitaisiin jatkaa miltei loputtomiin, ja aina tulisi entistä selvemmäksi se tosiasia, että kiinteän aineen reaktiokyky voi vaihdella tavattomasti näennäisesti mitättömistä syistä johtuen. Aikaisemmin tämä totuus kuitattiin sillä, että puhuttiin »aktiivisesta» materiaalista erotuksena vähemmän reaktiivisesta. Selvää on, että mitään kehitystä ei voinut tapahtua tällaista mittapuuta käyttäen.

Kiinteän materiaan virherakenne

Nykyinen näkemys kiinteän aineen reaktiivisuudesta perustuu

siihen, että tiedämme sen sisältävän virheellisyyksiä ja, että oletamme tällaisten rakennevirheiden muodostavan edellytykset sille, että kiinteä aine yleensä pystyy reagoimaan.

Kiinteä materia sisältää hyvin monia eri virheitä, joista seuraava luettelo antaa ylimalkaisen kuvan:

Pistemäiset rakennevirheet:

vakanssit eli kohdat, joista puuttuu niihin kuuluva atomi tai joni; välisijoissa olevat atomit tai jonit (interstitiaalis); epäpuhtausvirheet (vieraat atomit tai jonit joko hilapaikoissa tai välisijoissa)

Dislokaatiot:

hilassa esiintyvät rakennevirheet, joilla on ulottuvuutta yhteen suuntaan

Pinnat:

kaikki pinnat (myös kiinteän aineen sisäiset pinnat kuten raerajat jne.) ovat hilavirheitä, koska niissä hilan jatkuvuus loppuu

Elektroniset virheet:

vapaat elektronit, puutoselektronit eli elektroni-aukot, edellisten muodostamat parit ja fononit (puolijohdeteorian luomia käsitteitä)

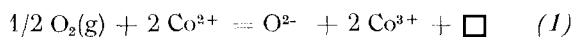
Tämä luettelo osoittaa, että kysymys on tavattoman monimutkaisesta kokonaisuudesta. Kemistille tai metallurgille, joka on saanut opillisen kasvatuksensa muutamia vuosia sitten, on mahdotonta ymmärtää esitettyjen uusien käsitteiden merkitystä ilman perusteellista selvitystä. Tämä ei itse asiassa ole mitenkään merkittävää, koska kukaan maailmassa ei ole täysin selvillä kaikkien näiden käsitteiden todellisesta merkityksestä ja niiden keskinäisestä vuorovaikutuksesta.

Yksinkertaisin tapa ryhtyä erottamaan jyvii akanoista tässä tapauksessa on jakaa virheet kahteen ryhmään, joista edelliset ovat virheitä, jotka johtuvat ko. aineen valmistuksessa tai muussa käsittelyssä tapahtuneista »virheistä» ja jälkimmäiset virheitä, jotka luonnostaan kuuluvat ko. aineelle. Edelliseen ryhmään kuuluvat mm. vieraat atomit tai jonit eli epäpuhtaudet, kaikki dislokaatiot ja niihin kuuluvat rakennevirheet sekä kaikki pinnat. Nämä virheet ovat tyypillisesti sellaisia, joiden käyttäytymistä ja vaikutusta on vaikeata hallita matemaattisesti ja joita voidaan kutsua tieteellisesti irreversiibeileiksi virheiksi. Useat nk. aktiiviset kiinteät aineet ovat »aktiivisia» nimenomaan siitä syystä, että niissä on paljon tällaisia rakennevirheitä. Toiseen ryhmään kuuluvat vakanssit, välisija-atomit ja -jonit sekä elektroniset rakennevirheet. Koska nämä kuuluvat oleellisina tekijöinä kiinteiden aineiden rakenteeseen, on periaatteessa mahdollista päästä selville niistä laeista, jotka määräävät niiden käyttäytymisen ja merkityksen eri olosuhteissa. Seuraavassa esityksessä tulen käsittelemään erästä yhdistettyä tyyppiä, jolla on suuri merkitys metallurgisessa tekniikassa, nimittäin metallioksidia, jonka kaava on $Me_{1-x}O$. Tällaisia oksideja muodostavat mm. rauta, koboltti ja nikkeli ja niille on ominaista, että oksidin hila muodostuu joneista (nk. NaCl-tyyppinen jonihila, jossa anionit muodostavat virheettömän, tiiviin kuutiollisen pakkauksen). Kaikissa näissä oksideissa on metallialimäärää (alimäärä = x) happimäärään verrattuna.

Epästökiometrisyysvirheet

Edellisestä on käynyt selville, että oksidit $Me_{1-x}O$ ovat epästökiometrisiä yhdisteitä. Vaikka klassillinen kemia on miltei täysin sivuuttanut epästökiometriset yhdisteet, ei se merkitse etteikö tällaisia olisi olemassa. Itse asiassa lienee asia siten, että täysin stökiometristä kiinteätä ainetta tuskin lienee olemassakaan.

Tarkastelen seuraavassa kobolttioksidia $Co_{1-x}O$ nykyisen käsityksen valossa. Voimme kuvitella, että tällainen epästökiometrinen kobolttioksidi syntyy hypoteettisesta stökiometrisestä oksidista seuraavan reaktiokaavan mukaisesti:



Ylläoleva reaktiokaava osoittaa, että kaasumainen happiatomi reagoi kiinteän aineen hilan pinnalla kahden Co^{2+} -jonin kanssa riistäen molemmilta elektronin. Täten se muuttuu itse joniksi, joka voi nyt sijoittua anionihilaan. Samalla on syntynyt kaksi Co^{3+} -jonia ja niiden mukana yksi kationiaukko eli kationivakanssi (\square). Jälkimmäinen asia selittyy sillä, että hilasysteemiin on tullut vain anioneja (happea) lisää, jolloin kationien suhde anioneihin tasaisesti pienenee.

Oleellista kuitenkin on, että sekä Co^{3+} -jonit että kationivakanssit ovat hilavirheitä, koska ne eivät alkuaan kuulu CoO -hilaan.

Mikäli reaktioyhtälö (1) on todellinen voidaan sen tasapainovakio kirjoittaa seuraavaan muotoon:

$$K = \frac{(O^{2-}) (Co^{3+})^2 (\square)}{(Co^{2+})^2 P_{O_2}^{1/2}} \quad (2)$$

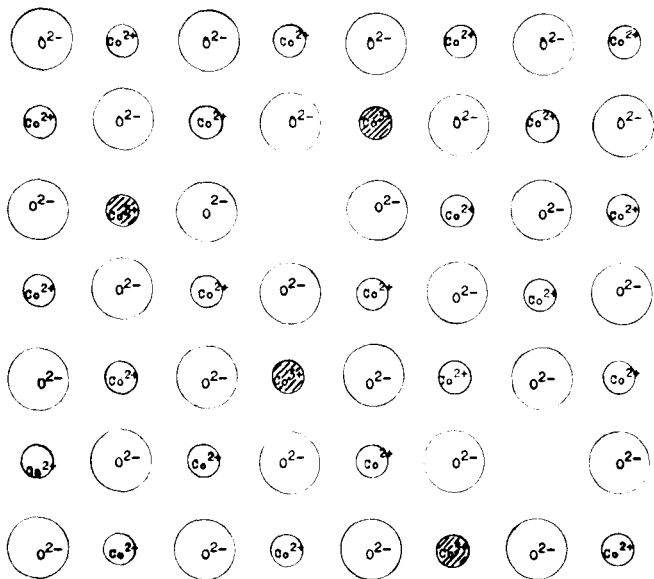
jossa (O^{2-}) , (Co^{2+}) , (Co^{3+}) ja (\square) tarkoittavat vastaavien hilan rakennekomponenttien aktiivista pitoisuutta hilassa, ja P_{O_2} on hapen osapaine. Kun oletetaan, että anionihila on virheetön, merkitsee se sitä, että $(O^{2-}) =$ vakio ≈ 1 , ja kun edelleen tiedämme, että reaktiokaavan (1) mukaisesti aina vallitsee yhtälö $(\square) = 1/2 (Co^{3+})$ ja, että $(Co^{3+}) \ll (Co^{2+})$, niin voimme kirjoittaa yhtälön (2) muotoihin:

$$K \cdot P_{O_2}^{1/2} = (Co^{3+})^2 (\square) \quad (3a)$$

$$K' P_{O_2}^{1/2} = (\square) \text{ sekä vielä edelleen} \quad (3b)$$

$$K'' P_{O_2}^{1/2} = (Co^{3+}) \quad (3c)$$

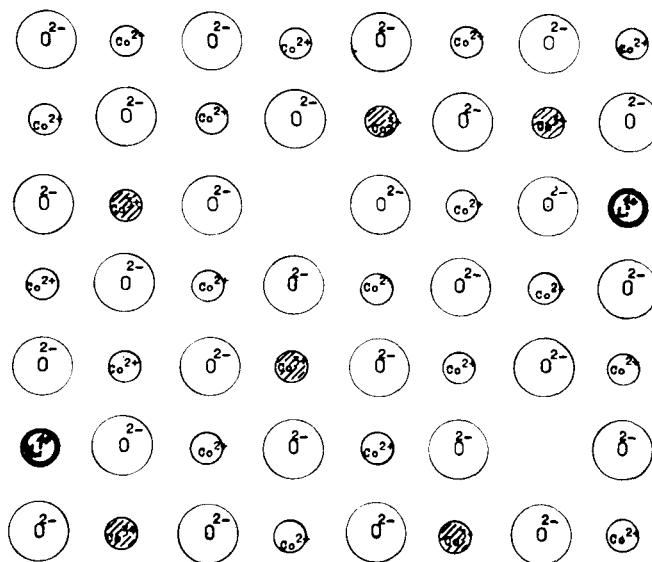
Kuva 1. Kaavio epästökiometrisen kobolttioksidin hilarakenteesta.



Yhtälöt 3b ja 3c ovat erikoisen tärkeitä, koska ne osoittavat, että hilavirheiden pitoisuuden tulisi riippua hapen osapaineen potenssista $1/6$. Tutkimukset ovatkin osoittaneet, että tämä pitää paikkansa, jolloin voimme vetää sen erittäin tärkeän johtopäätöksen, että epästökiometristen yhdisteiden kemiallisten reaktioiden käsittelyssä on oikeata ja jopa välttämätöntä käsitellä termodynaamisia rakennevirheitä samaan tapaan kuin tavanimukaisia reaktiokomponentteja.

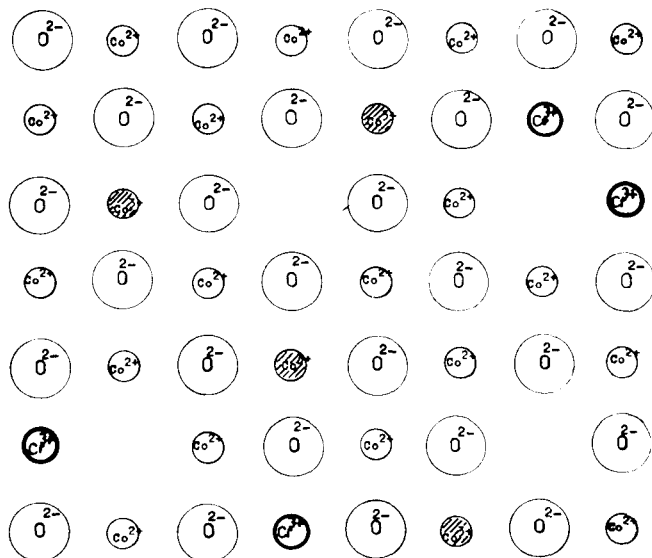
Reaktioyhtälön (1) mukaista stökiometristä virheellisyttä voidaan havainnollistuttaa kuvan 1 tapaan.

Epäpuhtauksien vaikutusta voidaan kuvata esimerkeillä, joita nähdään kuvissa 2 ja 3. Edellisessä nähdään, miten virhetasapaino (3a) häiriintyy, kun hilassa Co^{2+} -joni korvataan Li^+ -jonilla. Jokainen yksiarvoinen Li^+ -joni edellyttää sähköisen tasapainon ylläpitämiseksi hilassa, että muodostuu vastaavasti yksi Co^{3+} -joni, mutta tämä johtaa puolestaan siihen, että kokonaismäärä Co^{3+} -joneja

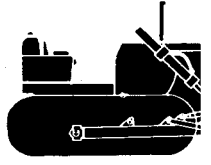


Kuva 2. Kaavio Li^+ -lisäyksen vaikutuksesta kobolttioksidin virherakenteeseen.

Kuva 3. Kaavio Cr^{3+} -lisäyksen vaikutuksesta kobolttioksidin virherakenteeseen.



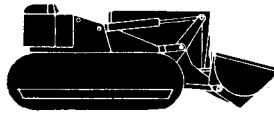
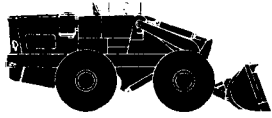
Punainen I ja musta H maansiirtokoneiden kyljissä – ne merkitsevät Teille luotettavaa ja varmasti paras maassamme; koneilla ainutlaatuinen kaksinkertainen takuu kilpaileviin me



INTERNATIONAL HARVESTER-MAAHANTUOJA

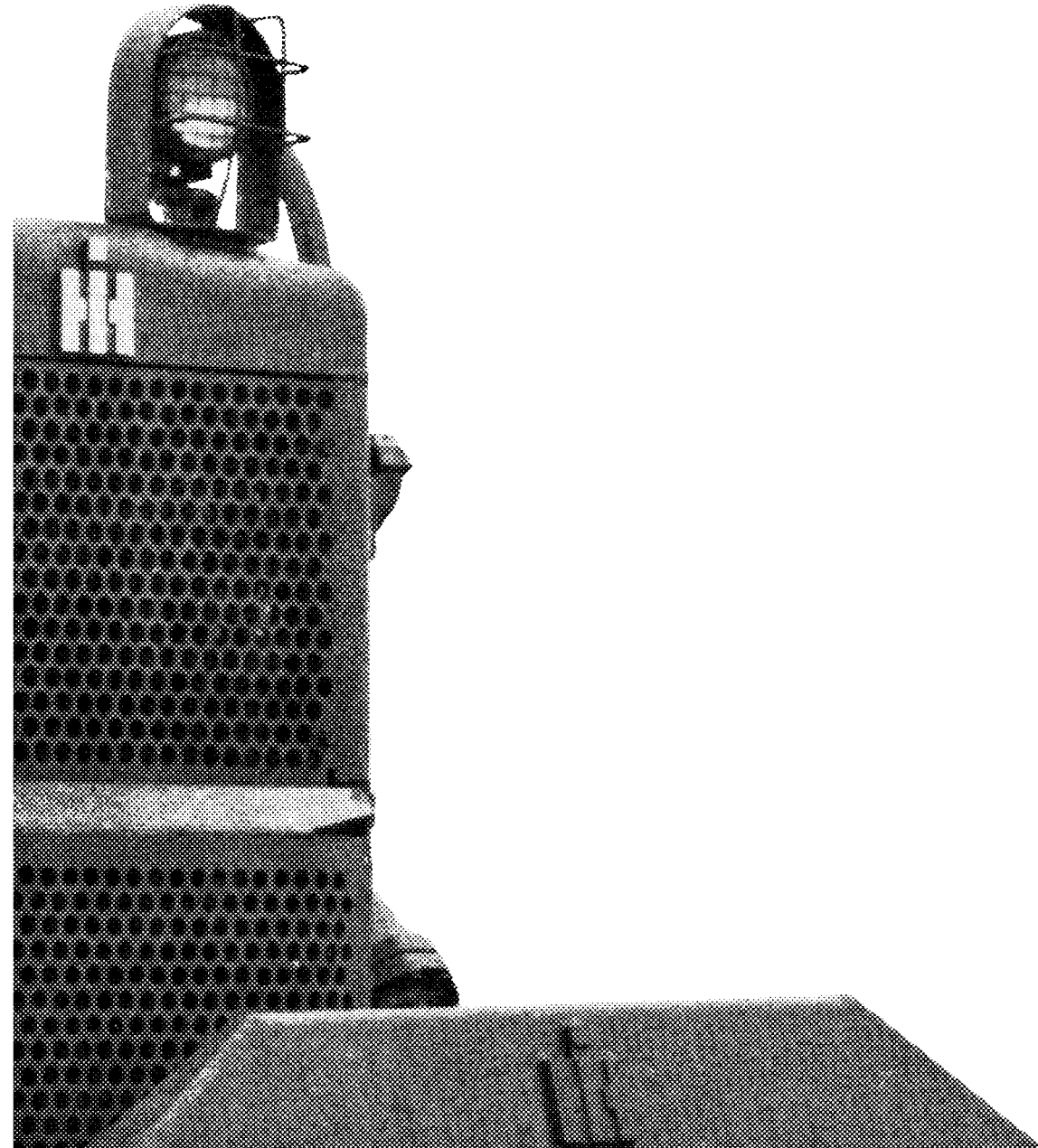


naa, tuottavaa sijoitusta: koneet ovat teknillisesti kehityksen kärjessä; huolto alallaan ylivoi-
keihin nähden – joko koko vuosi tai 2000 käyttötuntia. Teidän kannattaa ottaa yhteys!



ROTATOR

TAMPERE, KAUPPAKATU 3 A



ei lisäyksen jälkeen olekaan alkuperäisten Co^{3+} -jonien sekä lisäyksen ansiosta muodostuneiden summa. Li^+ -pitoisen kobolttioksidin Co^{3+} -pitoisuus voidaan laskea, mikäli tunnetaan yhtälön (3a) vakion arvo määrättyssä hapenpaineessa. Oleellista on, että Li^+ -pitoisen kobolttioksidin Co^{3+} -pitoisuus on suurempi ja sen vakanssipitoisuus pienempi kuin puhtaalla oksidilla. Vastaavasti nähdään kuvasta 3 miten kolmearvoinen kationi pienentää Co^{3+} -pitoisuutta, mutta lisää vakanssipitoisuutta.

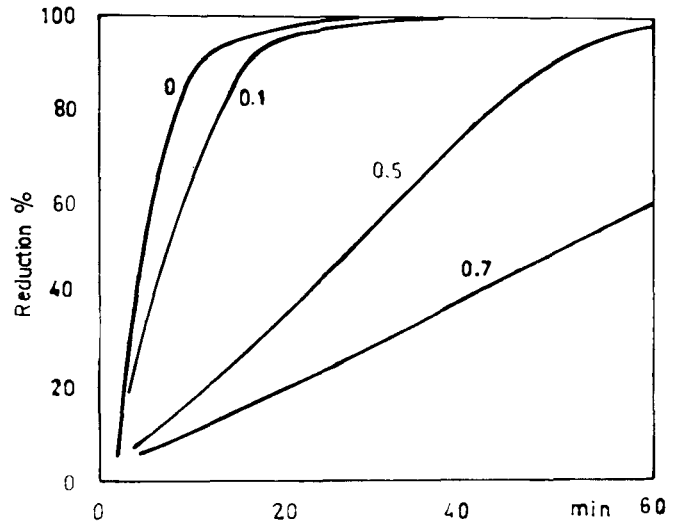
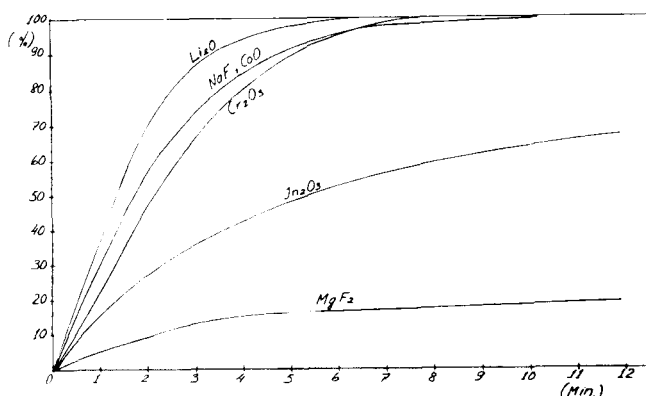
On paikallaan tässä yhteydessä mainita, että stökiometristen virheellisyyksien määrittäminen muodostaa oman analyttisen tekniikkansa. Niissä tapauksissa, joissa virheellisyys on riittävän suuri (Fe_{1-x}O , Co_{1-x}O , Fe_{1-x}S), voidaan käyttää tavanmukaista analyysitekniikkaa, jolloin redoxitruuksella määritetään oksidin sisältämä instabiili kolmearvoinen kationi (Fe^{3+} , Co^{3+}). Milloin virheellisyys on erikoisen pieni on turvaututtava fysikaalisiin menetelmiin, joista voi mainita sähkönjohtokyvyn mittausten.

Epästökiometrisyysvirheet ja reaktiokinetiikka

Koska kerran olemme osoittaneet, että hilavirheitä voidaan käsitellä kemiallisissa reaktioissa samaan tapaan kuin tavanmukaisia reaktiokomponentteja, on odotettavissa, että niillä on vaikutusta myös reaktionopeuteen. Tarkoitukseni on osoittaa, että itse asiassa näillä seikoilla on ratkaiseva merkitys esimerkiksi tarkasteltavana olevien metallioksidien reaktiokinetiikassa.

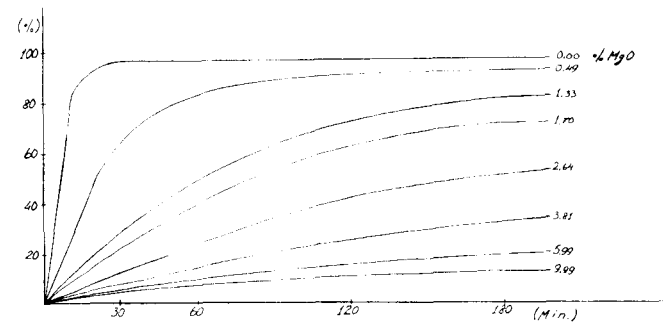
Monesti aikaisemmin on osoitettu, että kiinteä aine ja kaasun reagoidessa reaktionopeuden määrää kiinteä aine, koska sen perushiukkasten liikkuvuus on paljon vähäisempi kuin kaasumolekyylien. Reaktioissa, joissa kiinteä aineesta syntyy toinen kiinteä faasi kuten esimerkiksi metallioksidin kaasupelkistyksessä voidaan odottaa, että hitaimpana osareaktion ja siten kokonaisreaktionopeutta määrääväksi ilmiönä on joko jokin diffuusio-reaktio kiinteässä faasissa tai sitten jokin osareaktio rajapinnalla kaasu-kiinteä aine. Periaatteessa on mahdollista osoittaa, mikä osareaktio on kyseessä, jos voidaan verrata yhtä ja samaa reaktiota tapauksissa, joissa reaktionopeus muuttuu odotetulla tavalla kun muutetaan edellytyksiä ko. osareaktion tapahtumiselle. Esittelen seuraavassa kobolttioksidin vetytelkistystä tarkoituksella valottaen edellisessä esitettyä väitettä.

Kuva 4. Kobolttioksidin pelkistysaste ajan funktiona. Merkinnot kunkin käyrän vieressä osoittavat, mitä vierasta kationia on lisätty kobolttioksidin. Lisäys on kussakin tapauksessa 1 at-% ko. jonia. Puhtaalla kobolttioksidilla ja NaF -pitoisella oksidilla on ollut sama pelkistysnopeus.



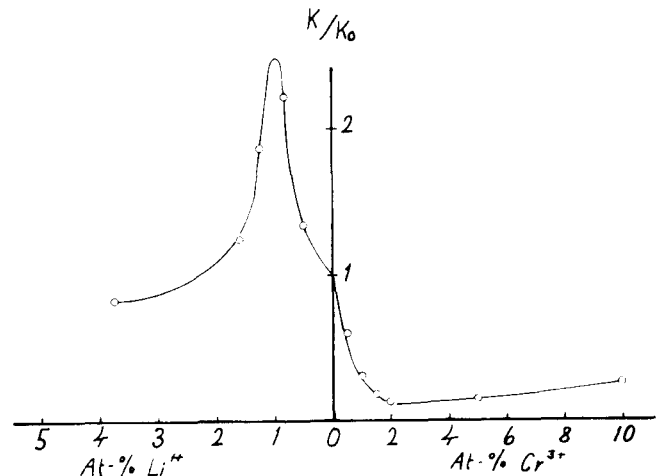
Kuva 5. Kobolttioksidin pelkistysaste ajan funktiona, lämpötila 600°C , pelkistin H_2 . Numerot käyrien vieressä osoittavat lisätyn MgO :n määrää painoprosenteissa.

Kuvassa 4 nähdään, miten pienet määrät erilaisia lisäaineita kobolttioksidissa muuttavat sen pelkistysnopeutta virtaavassa vetykaasussa. Oleellista on, että Li^+ -jonilisyys nopeuttaa pelkistystä, ja että Cr^{3+} sekä In^{3+} pienentävät pelkistysnopeutta. Edelleen nähdään, että MgF_2 lisäys hidastaa erikoisen voimakkaasti pelkistystä. Kuvassa 5 nähdään edelleen, miten pienet Mg^{2+} -lisäykset



Kuva 6. Nikkelioksidin pelkistysaste ajan funktiona, lämpötila 600°C , pelkistin H_2 . Numerot käyrien vieressä osoittavat MgO :n määrää painoprosenteissa.

Kuva 7. Li^+ - ja Cr^{3+} -lisäyksen vaikutus kobolttioksidin pelkistysnopeuteen. Suhteen K/K_0 arvo 1,0 vastaa puhtaalla kobolttioksidin pelkistysnopeutta.



pienentävät pelkistysnopeutta ja kuvassa 6 nähdään vastaavasti samanlainen vaikutus NiO:ta pelkistettäessä. Lopuksi nähdään kuvassa 7 vertailu siitä, miten pelkistysnopeus muuttuu, kun kobolttioksidin lisätään eri määriä litium- ja kromioksidgeja.

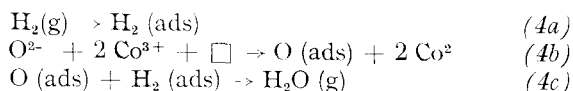
Ensi näkemältä on vaikeata löytää esitetyistä tuloksista mitään yhteistä tekijää, jonka muuttuminen olisi oikeassa suhteessa pelkistysnopeuden muutoksiin. Seuraava luettelo osoittaa kuitenkin tämän yhteyden olemassaolon.

- Li⁺-lisäys: Co³⁺-pitoisuus kasvaa, vakanssipitoisuus laskee, pelkistysnopeus kasvaa
- Cr³⁺-lisäys: Co³⁺-pitoisuus laskee, vakanssipitoisuus kasvaa, pelkistysnopeus laskee
- Mg²⁺-lisäys: Co³⁺-pitoisuus laskee, vakanssipitoisuus laskee, pelkistysnopeus laskee
- F⁻-lisäys: Co³⁺-pitoisuus laskee, vakanssipitoisuus kasvaa, pelkistysnopeus laskee

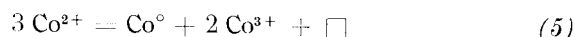
Lähempi tarkastelu osoittaa, että ainoastaan Co³⁺-pitoisuudella ja pelkistysnopeuden muutoksilla on selvä korrelaatio, muilla ei sitä ole. Vedämme tästä sen johtopäätöksen, että pelkistysreaktion hitain ja siten sen kokonaisnopeutta säättävä osareaktio on jokin rajapintareaktio, jossa ei jonien diffuusio ei ole vaikuttamassa. Diffuusio kiinteässä oksidissa ei ole vaikuttavana tekijänä, koska diffuusio- nopeus on suoraan verrannollinen hilan vakanssipitoisuuteen, ja edellisessä osoitettiin tässä suhteessa puuttuva korrelaatio.

Epästökiometrisen kobolttioksidin (samoinkuin rautaoksiduulin tai nikkelioksidin) pelkistymismekanismi voidaan ajatella seuraavanlaisiksi:

Ensimmäinen pelkistymisvaihe sisältää vetykaasumolekyylien adsorption oksidin pinnalle. Koska vedyllä ja hapella on suuri affiniteetti toistensa suhteen, pyrkii adsorboitunut vety molekyyli reagoimaan hapen kanssa muodostaakseen vesihöyrymolekyyliin. Tämä on mahdollista vain, jos happijoni pääsee vapautumaan elektro-neistaan ja siten myös hilasta. Elektronivaihto on ilmeisesti helpointa happijonin ja kahden Co³⁺-jonin välillä, ja siihen nojautuen voidaan ensimmäinen pelkistysvaihe esittää seuraavilla reaktiokaavoilla:



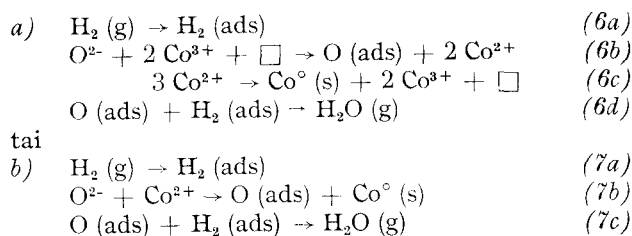
Hapen poistuminen hilasta jatkuu tässä vaiheessa niin pitkälle, että saavutetaan sellainen kokoomus hilassa, joka on tasapainossa metallisen koboltin kanssa:



Ylläoleva reaktioyhtälö esittää sen, että milloin virheellisyyspitoisuus oksidihilassa alittaa tasapainopitoisuuden pyrkii tasapaino palautumaan siten, että syntyy metallista kobolttia, joka siis poistuu oksidihilasta jättäen siihen vakanssin ja kaksi Co³⁺-jonia. Lyhyesti sanoen merkitsee edellinen sitä, että kobolttioksidia ei voi saada pelkistämällä täysin stökiometrisesti, vaan siinä on aina pieni määrä kationialimäärää, ja metallin syntyminen tapahtuu siten epästökiometrisessä oksidihilassa.

Toinen pelkistysvaihe on siten vaihe, jossa määrätyn epästökiometrisen kokoomuksen omaava oksidihila vähitellen jakautuu kahdeksi faasiksi, joista toinen on syntyvä metallifaasi ja toinen mainittu vakiokokoomuksen omaava epästökiometrisen oksidihila.

Metallifaasin syntyminen toisessa pelkistysvaiheessa on mahdollista seuraavilla tavoilla:



Kysymystä siitä, kumpi pelkistymismekanismista 6a–6d vai 7a–7c on voimassa, voidaan analysoida seuraavasti:

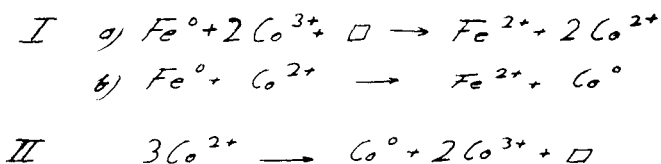
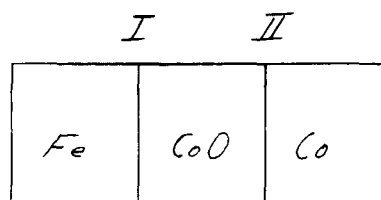
Ensimmäisessä vaihtoehdossa (a) tapahtuvat osareaktiot 6b ja 6c täysin toisistaan riippuen. Kun osareaktiossa 6b tapahtuu Co³⁺- ja □-pitoisuuksien pieneneminen, alle tasapainopitoisuuksien korjautuu häiriö osareaktio 6c:n avulla. Pelkistyminen metalliksi on siten seuraus osareaktiosta 6b.

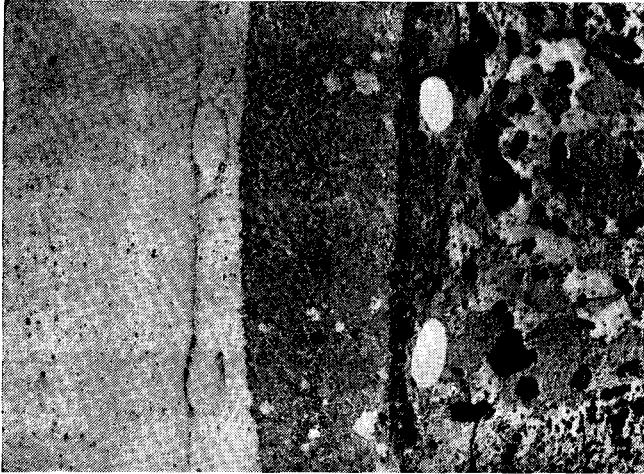
Osareaktio 6b osoittaa, että Co³⁺-pitoisuudella tulisi olla merkittävä pelkistysnopeudelle siten, että sen pitoisuuden kasvaessa tulisi pelkistysnopeuden myös kasvaa. Edelleen merkitsee osareaktio 6c sitä, että metallisen koboltin (Co⁰(s)) syntyminen on mahdollista myös kauempana siitä kohdasta, missä vety reagoi hapen kanssa. Lopuksi on syytä korostaa, että energeettisesti on osareaktion 6b mukainen elektronivaihto paljon edullisempi kuin esim. osareaktion 7b esittämässä vaihtoehdossa. Osareaktion 7b mukaisesti tulisi metallifaasin syntyminen aina tapahtumaan vain siinä kohdassa, missä happi vapautuu ja, jossa ilmeisesti myös vedyn ja hapen välinen reaktio tapahtuu.

Kobolttioksidilla suoritettavat pelkistyskokeet osoittavat, että metallista kobolttia voi syntyä varsin kaukana niistä rajapinnoista, joissa vety ja happi voivat reagoida. Koska kuitenkin ei ole mahdollista sataprosenttisesti väittää, etteikö tällaisissa tapauksissa voisi olla kyseessä vetykaasun diffuusio oksidin huokosissa, olemme suorittaneet TKK:n metallurgian laboratoriossa seuraavan kokeen, jolla käsitteäkseen on ratkaiseva merkitys pelkistysmekanismia selvittäessä.

Kuvassa 8 nähdään kaavio käytetystä koeyhteelmästä. Siinä on puristettu yhteen sylinterimäiset koekappaleet metallisesta raudasta, kobolttioksidista ja metallisesta koboltista, ja tätä yhdistelmää on kuumennettu 48 tun-

Kuva 8. Kaaviokuva koeyhteelmästä reaktiolle Fe(s) + CoO(s) = Co(s) + FeO(s).





Kuva 9. Hiekuva halkaistusta koesysteemistä. Vaalea alue vasemmalla reunassa on metallista kobolttia, josta pystyviivan vasemmalla puolella oleva osa alkuperäistä metallia, muu pelkistynyttä kobolttia. Keskellä oleva tumman harmaa, täplikäs alue on kobolttioksidia, jossa vaaleat kohdat ovat pelkistynyttä kobolttimetallia. Oikeanpuoleinen osa kuvasta esittää syntyneitä rautaoksiduulia, jossa mustat kohdat ovat syntyneitä huokosia (Kirkendall-efekti). Tällä alueella näkyvät valkoiset soikeat kohdat esittävät koesysteemiin sijoitettuja platinalankoja, jotka osoittavat alkuperäistä rajapintaa kobolttioksidin ja metallisen raudan välillä. Vastaavat kohdat näkyvät kuvan vasemmalla puolella osottamassa alkuperäistä rajapintaa metallisen kobolttin ja kobolttioksidin välillä.

tia suljetussa kvartsiampullissa 1190 C° lämpötilassa. Tunnetua näet on, että metallinen rauta kobolttia epäjalompana pystyy riistämään kobolttioksidilta hapen. Esitettyä systeemiä käyttäen on mahdollista eliminoida sellaiset virheet, jotka mahdollinen pelkistävän kaasun diffuusio oksidin huokosissa voisi aiheuttaa. Kuvassa 9 nähdään läpileikkaus koesysteemistä edellämainitun pelkistyskäsittelyn jälkeen. Hieen mikroskooppinen tarkastelu osoittaa täysin selvästi, että valtaosa metallista kobolttia on muodostunut metallisen kobolttisylinterin pinnalle osoittaen täten kiistattomasti, että metallin syntyminen voi tapahtua etäällä siitä kohdasta, missä pelkistin (tässä tapauksessa Fe) reagoi. Tällainen on varsin luonnollista, koska ytimenmuodostus ja kasvu edellyttävät energeettisesti ja hilageometrisesti edullisen kohdan olemassaoloa. Metallinen kobolttisylinteri oli sijoitettu kokeeseen juuri tässä mielessä. Mikroskooppitutkimus osoittaa edelleen, että osa koboltista on muodostunut hajalleen sinne tänne kobolttioksidifaasiin kohtiin, joissa ilmeisesti on ollut edullisia ytimenmuodostuskohtia. On syytä korostaa, että yhtään kobolttia ei ole saostunut niihin rajakohtiin, joissa metallinen rauta ja kobolttioksidin alkuaan rajoittuivat toisiinsa.

Tällainen tulos osoittaa selvästi, että oksidihilan virheellisyudet ovat oleellisesti mukana pelkistystapahtumassa, ja että ilmeisesti vetypelkistyksessä reaktioyhtä-

löiden 6a—6d osoittama mekanismi on oikeampi kuin reaktioyhtälöiden 7a—7c tarjoamat vaihtoehdot.

Luonnollista on, että edellisessä esitettyä pelkistysmekanismia voidaan edelleen selvittää käyttämällä muita koesysteemejä, lisäämällä kobolttioksidin erilaisia vieraita joneja jne., mutta tähänastiset tulokset osoittavat selvästi sen periaatteen jonka täytyy pitää paikkansa tällaisissa kiinteiden ja kaasumaisten aineiden välisissä reaktioissa:

Kiinteiden aineiden reaktiivisuus riippuu niiden rakennevirheistä. Niissä tapauksissa, joissa on kysymys todellisista termodynaamisista virheellisyyksistä, on virheet otettava huomioon oleellisina tekijöinä kulloinkin kyseessä olevissa reaktiomekanismieissa.

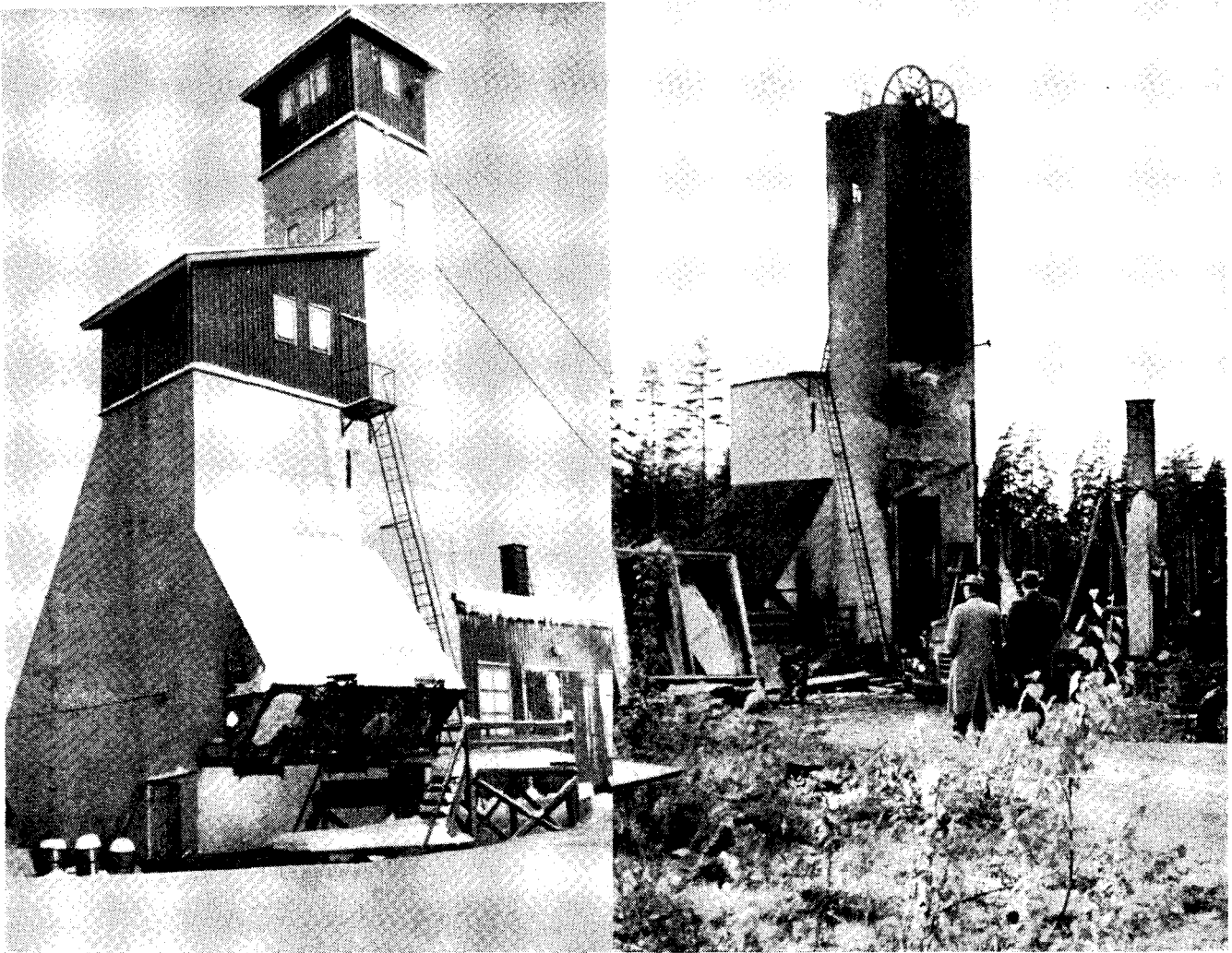
Yhteenveto

Edellisessä käsitelty esimerkki oli tarkoituksella valittu, koska se edustaa prosessimetallurgian tärkeintä reaktiotyyppiä: metalliyhdisteen kaasupelkistystä metalliksi. Sen edustamaa periaatetta voidaan soveltaa moniin muihin oksidien, sulfidien ja muiden jonyhdisteiden reaktioihin kaasujen, kiinteiden ja sulien aineiden kanssa.

On syytä korostaa, että esitettyä perusajatusta ei ole aivan helppoa soveltaa eri tapauksiin. Ensin on tunnettava kyseisten aineiden sisäinen rakenne ja ennenkaikkea niissä esiintyvät virheet. Klassillinen kemia ei pysty tällöin olemaan käytettävissä, vaan meidän on turvaututtava kiinteän aineen kemian ja ennenkaikkea kiinteän aineen fysiikan tarjoamiin mahdollisuuksiin. Tosiasiassa onkin asia siten, että nykyinen alkanut kehitys on tapahtunut ennenkaikkea sen ansiosta, että on voitu käyttää hyväksi nk. puolijohdefysiikan selvittämiä ilmiöitä kiinteässä materiaassa.

On väärin kuvitella, että esitetyt näkemykset rajoittuisivat yksinomaan kiinteän aineen käyttäytymiseen kemiallisissa reaktioissa. Me tiedämme nykyisin jo siksi paljon sulien aineiden rakenteesta, että voimme osoittaa niiden olevan varsin samanlaisia kuin vastaavat kiinteät aineet. Näin ollen on odotettavissa, että edelläesitetyt teoriat ovat sopivasti muunnettuina käytettävissä sulien aineiden reaktiomekanismien selvittämiseen. Monet suoritettavat kokeet osoittavat, että näin on asian laita esimerkiksi sulissa oksidikuonissa, joissa pääkomponentteina ovat samankaltaiset oksidit kuin ylläolevassa esityksessä mainitaan. Tällä tavoin on odotettavissa, että voimme entistä paljon paremmin tutkia sellaisia kysymyksiä kuin metallien ja kuonien, kuonien ja uunin seinämien, sulfidien ja kuonien, kaasujen ja kuonien, ja monien muiden teknillisesti tärkeiden heterogeenisten systeemien mekanisme, edellyttäen, että pystymme irtautumaan vanhanaikaisesta kemiallisesta ajattelusta ja luomaan itsellemme uuden, reaalisemman kemian maailmankuvan!

English title: New aspects of reaction kinetics in metallurgy.



Kuvat 1a ja 1b. Metsämöntun kaivoksen nostotorni ja kaivostupa ennen ja jälkeen vuonna 1957 sattunutta tulipaltoa.

Kaivosten paloturvallisuudesta

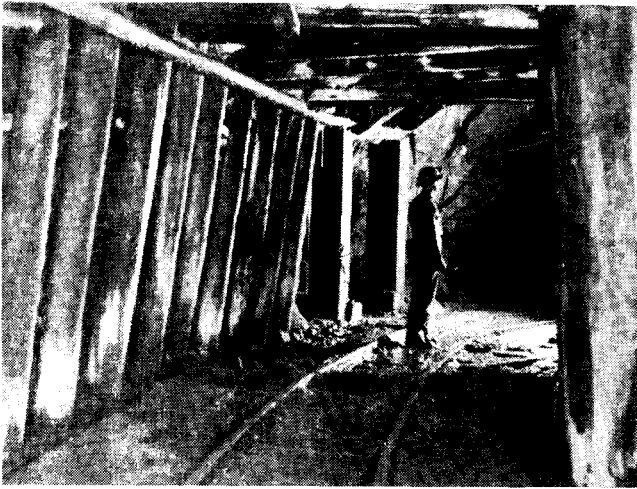
Dipl.ins. Paavo V. Maijala, Outokumpu Oy, Helsinki

Jos kaivoksessa sattuu sortuma, nostokorin putoaminen tai tulipalo ja niiden seurauksena useiden henkilöiden hengen menetys, on kysymyksessä kaivoskatastrofi. Mikään näistä ei saisi tapahtua nykyaikaisessa kaivoksessa, jossa on käytössä uusimpia teknillisiä tarkastus- ja varoituslaitteita. Ajan tasalla oleva teknillinen turvallisuustoiminta pystyy estämään kaivoskatastrofit.

Kaivosten paloturvallisuus kuuluu teknillisen turvallisuustoiminnan piiriin. Kaivoksemme ovat yleensä melko kosteita, sillä kaivosilman suhteellinen kosteus on usein yli 90 %. Hyvin yleinen käsitys onkin, että sellaisissa olosuhteissa tulipalon syttyminen olisi tuskin mahdollista ja että ns. katastrofaalista tilannetta ei koskaan pääsisi kehittymään. Kaivoksissamme on kuitenkin viime vuosina ollut useita tulipaloja. Ajankohdat ja olosuhteet ovat onneksi olleet suotuisat, joten ihmishenkien menetyksiä

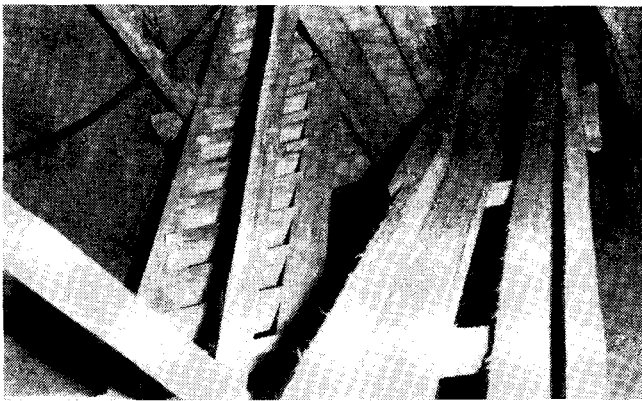
ei ole sattunut. Kaikkia tulipaloja ei ole tiedossamme, sillä alkuvaiheissaan sammutetut palot on useimmiten pidetty »omana tietona». Naapurimaassamme Ruotsissa on tiedossa yli 40 kaivoksissa vuosina 1951—60 sattunutta tulipaltoa. Niistä on lähes 80 % sattunut vuosina 1956—60. Ruotsalaiset tilastot osoittavat, että lisätty sähköistäminen on lisännyt myös tulipalovaaraa.

Kun otamme huomioon kaivoksiin louhittujen tilojen suhteellisen pienen tilavuuden, jota monissa kaivoksissa yleistynyt louhosten täyttäminen vielä pienentää, ei tarvita kovinkaan suurta tulipaltoa, ennen kuin savukaasut täyttävät nämä tilat. Kaivoksien tulipaloissa, kuten yleensä sellaisten tilojen paloissa, joissa hapen saanti on rajoitettua, muodostuu tavallista runsaammin hiilimonoksidia, häkää, joka yhdessä palon aikana syntyvän happivajauksen kanssa tekee kaivospalojen savukaasut vaarallisiksi. Sen vuoksi saattaa usein savunaamarien käyttö osoittautua mahdottomaksi. Juuri nämä seikat



Kuva 2. Kaivoksen pukitettua perää.

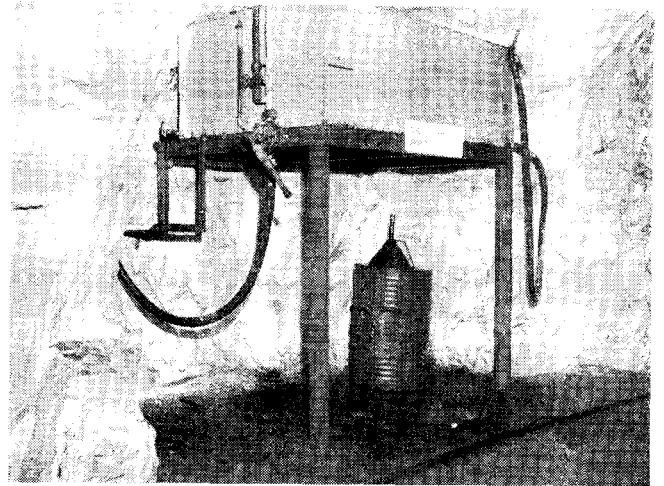
Kuva 3. Nousun puurakenteita.



tekevät pienetkin tulipalot kaivoksissamme vaarallisiksi erityisesti niille kaivosmiehille, jotka tulipalon syttyessä sattuvat olemaan ilmvirtauksen alapuolella. Pitkäaikaisia tulipaloja, joita sattuu esim. hiilikaivoksissa, ei kaivoksissamme pääse kehittymään, koska palavien aineiden määrä on melko rajoitettu.

Mikä sitten saattaa palaa kaivoksissamme ja mistä aiheutuvat tulipalojen syttymiset? — Kaivoksimme kuljetetaan melkoisia määriä puutavaraa, pyöreätä ja sahattua. Pukituksissa, nousujen ja rännien rakentamisessa on puu ollut miltei yksinomaisena rakennusaineena. Louhittuihin tiloihin sijoitettujen korjaamoiden, tarvike- ja räjähdysaineväestöjen sekä ruokailupaikkojen päätyseinät, lattiat ja hyllyt ovat useimmiten puusta. Vaikkakin puutavara kaivoksessa kostuu ja vaikka se suureksi osaksi on kyllästettyäkin, se ei tule palamattomaksi. Sytyttävän liekin lämpö haihduttaa pian puun kosteuden ja niin puu alkaa palaa. Palon jatkuminen edistyy nopeasti kasvavien liekkien lämmön kuivatessa kostean puutavaran. Tämän seikan toteaa varsin elävästi saksalaisen tekemästä elokuvasta, jossa näytetään, miten kosteasta puutavarasta tehty pukitettu perä sytyttyään palaa yhä kiihtyvällä nopeudella. — Mistä sitten syntyy palon aloittava sytyttävä liekki?

Sähkö- ja korjausmiesten käytössä olevat laitteet, puhalluslamput sekä hitsauslaitteet ovat usein aiheuttaneet palon syttymisen. Kaivosmiehillä saattaa vieläkin olla sellainen käsitys, ettei märkä puu pala. Jos kuitenkin puhalluslampan liekki »posottaa» useita minutteja samaa pukituksen parrua kohti, alkaa puu hehkua. Eräs



Kuva 4. Diesel-veturien polttoöljyn täydennyspaikka. Säiliön kyljessä olevassa kilvessä on teksti »Avoimen tulen käsittely ja tupakan poitto on kielletty».

tällainen tapaus aiheutti varsin hankalasti sammutettavan pukituspalon. Palo oli syttynyt vasta useita tunteja puhalluslampan poisviemisen jälkeen.

Sähkökamiinan päälle pudonneet kumivaatteet saivat kerran aikaan kamiinan ylikuumentumisen ja tulipalon syttymisen. Öljyisten trasselien itsesyttymisen avonaisuudessa tynnyrissä aiheutti myös erään paljon savua synnyttäneen tulipalon.

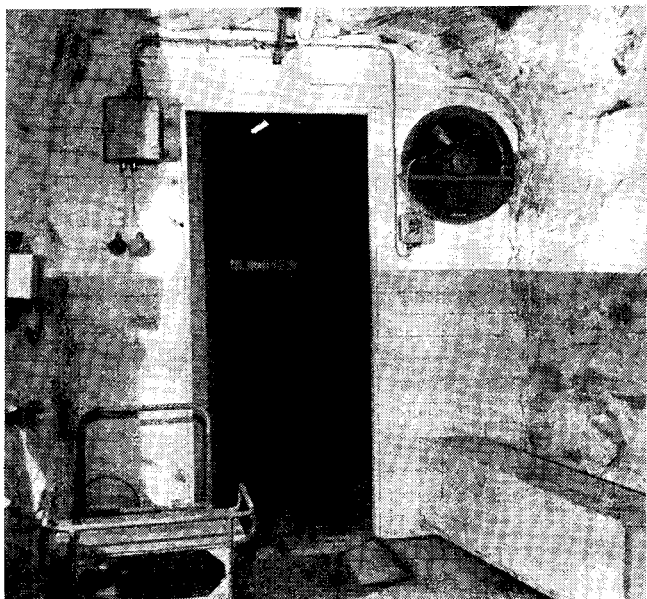
Sähkölaitteiden syttyminen on ollut myös yleistä. Maanalaisten muuntajien paloista on välttytty; nykyisin ne ovatkin palamattomalla tai paremminkin vaikeasti palavalla clophen-nimisellä jäähdytysnesteellä varustettuja. Sähköjohtojen ja kaapeleiden sekä käynnistinväestöjen ylikuumentuminen tai vioittuminen on sytyttänyt paloja. Sähkökaapelin palo synnyttää paljon kitkerää savua.

Kompressorin käynnistinväestöjen ylikuumentuminen aiheutti Metsämontun kaivoksen maanpäällisen kaivostuvan ja nostotornin palon. Tulipalon liekit polttivat nostoköydet poikki muutamassa minuutissa. Nostokori, joka sattui olemaan maanpinnan tasolla, putosi muutamien metrin verran alaspäin ja jäi tarraimien varaan. Kivikappa putosi kuilun pohjaan. Palon aikana tunkeutuivat savukaasut kaivokseen, mutta puhelimen avulla hylättyt kaivosmiehet pääsivät tuuletusnousun kautta turvallisesti maan pinnalle.

Viime vuosina yhä enemmän yleistynyt diesel-veturien käyttö vaatii nestemäisen polttoaineen varastoinnin maan alle. Diesel-öljysäiliöt ovat yleensä melko pieniä, mutta niiden sisältämän öljyn palaminen saattaa kyllä aiheuttaa »paikallisen katastrofin». Varomaton tulen käsittely voi aiheuttaa diesel-veturin lämmöstä kaasuuntuneen öljyn räjähtämisen veturin säiliössä ja sen kautta saada aikaan varastosäiliönkin sisältämän öljyn syttymisen.

Kuiva rikkikiisupöly voi myös räjähtyksen yhteydessä syttyä räjähdysnomaisesti ja aiheuttaa paikallisesti rikkidioksidia sisältävän happiköyhän kaasupilven. Tällainen räjähdys on verrattavissa hiilikaivosten hiilipölyräjähdysiin, joissa räjähdysaalto saattaa tehdä paljon tuhoa, mm. aiheuttaa sortumia.

Hiilikaivoksissa sattuvien kaltaisia kaasuräjähdyksiä ei metallikaivoksissa ole useinkaan sattunut. Tiettävästi 1930-luvulla sattui erässä hylättyssä grafiittikaivoksessa sinne kertyneen maa- tai suokaasun räjähtäminen, kun eräät henkilöt olivat menneet kaivokseen avoliekkisin lampuin varustettuina. Räjähdys aiheutti yhden tai kah-



Kuva 5. Maanalaisen ruokailupaikan oviseinämä.

den henkilön kuoleman. — Metallikaivoksiin saattaa tunkeutua kallion halkeamien kautta suokaasua, joka on etupäässä metaania (CH_4), pohjaveden mukana. Esim. Kotalahden kaivoksen + 400 metrin tasolta alaviistoon kairatusta tutkimusreiästä nousee veden mukana jatkuvasti kaasukuplia, jotka tutkimusten mukaan sisältävät etupäässä metaania, mutta myös jonkin verran rikkivetyä (H_2S). Kaasunkehitys edellyttää tehostettua ja valvottua tuuletusta, sillä muutoin saattaa perään kertyä kaasua siinä määrin, että syntyy räjähdysvaara. Tulokoon tässä yhteydessä mainittua, että ilman sisältäessä $5\frac{1}{2}$ —15 % metaania on kaasuseos räjähtävä.

Edellä olevasta on käynyt ilmi se tosiasia, joka ei valitettavasti ole vielä kaikkien kaivoksissamme työskentelevien tiedossa, että metallikaivoksissakaan eivät tulipalot ja kaasuräjähdykset ole mahdottomia. Voidaan pikemminkin sanoa, ettei mikään kaivos ole tulipalojen tai räjähdysten suhteen immuuni. Eri puolilla maailmaa on metallikaivoksissakin sattunut katastrofaalisia tulipaloja ja kaasuräjähdyksiä. Kaivospalojen savukaasut saattavat olla räjähtäviä. Niissähän saattaa olla hiilimonoksidiä, öljyn kaasuntuotustuotteita ja muita kaasuja sekä höyryjä, jotka kerääntyvät johonkin kaivostilaan voivat muodostaa räjähdysvaaran.

Edellä olevasta on myös ilmennyt kaivosten palontorjunnan tärkeys. Tämä on myös huomioitu kaivosten turvallisuusmääräyksissä (Suomen asetuskokoelmassa n:o 556/1959). Niiden paloturvallisuutta käsitteleviin pykäliin viitataan lähemmin seuraavassa, jossa tulevat esille ne toimenpiteet, jotka ovat kaivoksissa välttämättömiä tulipalojen ja kaasuräjähdyksen varalta.

Kaivosten palontorjunnan tehokkaimpia toimenpiteitä on puutavaran ja yleensäkin palavien aineiden mahdollisimman rajoitettu käyttö ja kuljettaminen kaivokseen. Kaikki tarpeeton puutavara, puretut telineet yms. on viipymättä kuljetettava maan pinnalle. Kaivosten turvallisuusmääräysten 20. pykälän toinen momentti mainitsee tästä asiasta seuraavaa: »Puuta ja muita sellaista ainetta, joka voi palaa, älköön maanalaisessa kaivostilaan varastoitako tai annettakoko kertyä suuremmissa

määrin kuin kaivostyön tarkoituksen mukainen järjestely vaatii».

Puun käyttöä kaivoksessa voidaan rajoittaa käyttämällä mahdollisimman paljon palamattomia rakennusaineita, kuten metallia ja betonia. Tuuletusovien vaatimat seinämäosuudet, samoin kuin räjähdysaineväestöjen oviseinämät yms. voidaan valaa betonista. Teräksisten pukitusten käyttö liittyy myös tähän aiheeseen. Jo toistakymmentä vuotta käytössä olleet kalliopultit ovat huomattavasti vähentäneet puutavaran käyttöä louhos-tilojen tukemistöissä. — Puutavaran kyllästäminen lahonsuoja-aineella tekee sen hiukan vaikeammin syttyväksi.

Diesel-öljyn käytöstä kaivoksissa antaa turvallisuusmääräysten 21. pykälä ohjeen: »Nestemäisen polttoaineen säilytys on järjestettävä palavien nesteiden varastoinnista annettujen määräysten mukaisesti paloturvallisuuden kannalta sopiviin tiloihin.» — Edellä tuli jo mainittua diesel-öljyn kaasuntuumisesta johtuva räjähdysvaara. — Öljyn säilytyspaikan siisteydellä on suuri merkitys paloturvallisuudelle. Öljylammit ja trasselitukot sekä muut roskat eivät kuulu asiaan. Varastointipaikan sijoitusta valittaessa on myös huomioitava mahdollisen tulipalon sattuminen, niin ettei keitä jää palopaikan taakse sulkeuksiin. Tämä seikkahan on myös määräävä räjähdysaineväestön sijaintia suunniteltaessa.

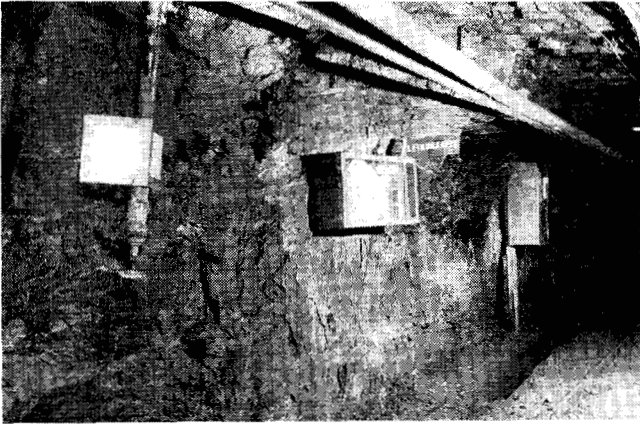
Sähkölaitteista sanoo turvallisuusmääräysten 20 pykälän 1. momentti: »Maanalaisissa kaivostiloissa on tulen käsittelyssä sekä sähköjohdot ja sähkölaitteiden asennuksessa ja näiden laitteiden käytössä erityisesti pidettävä silmällä paloturvallisuutta.» — Edellä mainittiin jo sähkömuuntajien jäähdytysnesteen palamattomuudesta. Sen lisäksi voidaan muuntajiin sijoittaa erilaisia releitä, lämpö- tai painereleitä, jotka toimivat varoittimina. Erilaisissa muissa sähkölaitteissa, kuten käynnistimissä, käytetään lämpö- tai ylivirtareleitä, jotka joko hälyttävät tai kertaikkiaan katkaisevat koneen virran saannin.

Sähkökaapeliin sijoittamisessa kaivostiloihin on päädytty määrättyihin standardiratkaisuihin. Periaatteena on sijoittaa kaapelit siten, etteivät ne vahingoitu materiaalin, kiven tai kaluston kuljetusten johdosta. Ylikuormitetut malniivaunut ovat joskus repineet rikki kaapeleita ja näin syntyneet oikosulut ovat aiheuttaneet kaapelipaloja.

Sähkökeskusten sijoittaminen palamattomasta aineesta tehtyihin tauluihin on jo yleinen käytäntö. — Sähkökamiinat on vain muistettava suojata vinolla verkko-suojalla niin, ettei niiden päälle voi kasata kuivattavia kaivosvarusteita.

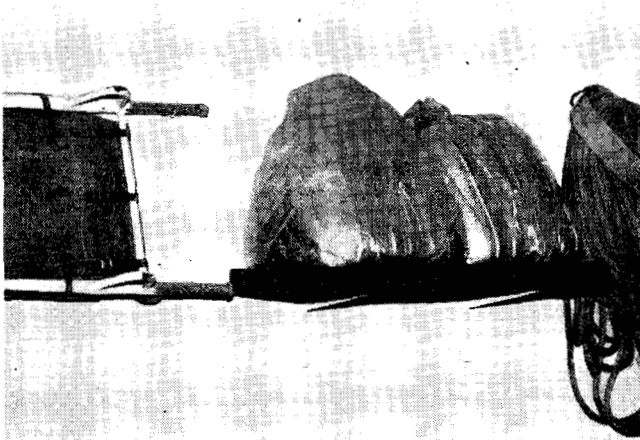
Tulipalon sattumisen varalta on ryhdyttävä toimenpiteisiin jo ennakkolta. Siinä sulhteessa kaivosmiesten ja työnjohdon opettaminen on eusiarvoisen tärkeä asia. Opetuksessa on tavallaan huomioitava kolme seikkaa: 1) Miten voidaan kaivospalojen syttyminen estää. 2) Miten kaivospalojen sammuttaminen suoritetaan. 3) Mitä on tiedettävä kaivoksesta poistumisesta tulipalon syttyä.

Turvallisuusmääräysten 20. pykälän 3. momentti määrää: »Työntekijöille on annettava tarpeelliset ohjeet mahdollisen tulipalon sattuessa suoritettavista toimenpiteistä.» — Tulipalojen sammuttamisesta on 22. pykälässä seuraavaa: »Tarkoituksen mukaisia palon-



Kuva 6. Kaivoksen palonsammutusvälineitä: vesiposti, letkukaappi ja alkusammutin.

Kuva 7. Kaivoksen pelastusvälineistöä: parit, happilaitteita ja turvavyö köysineen.

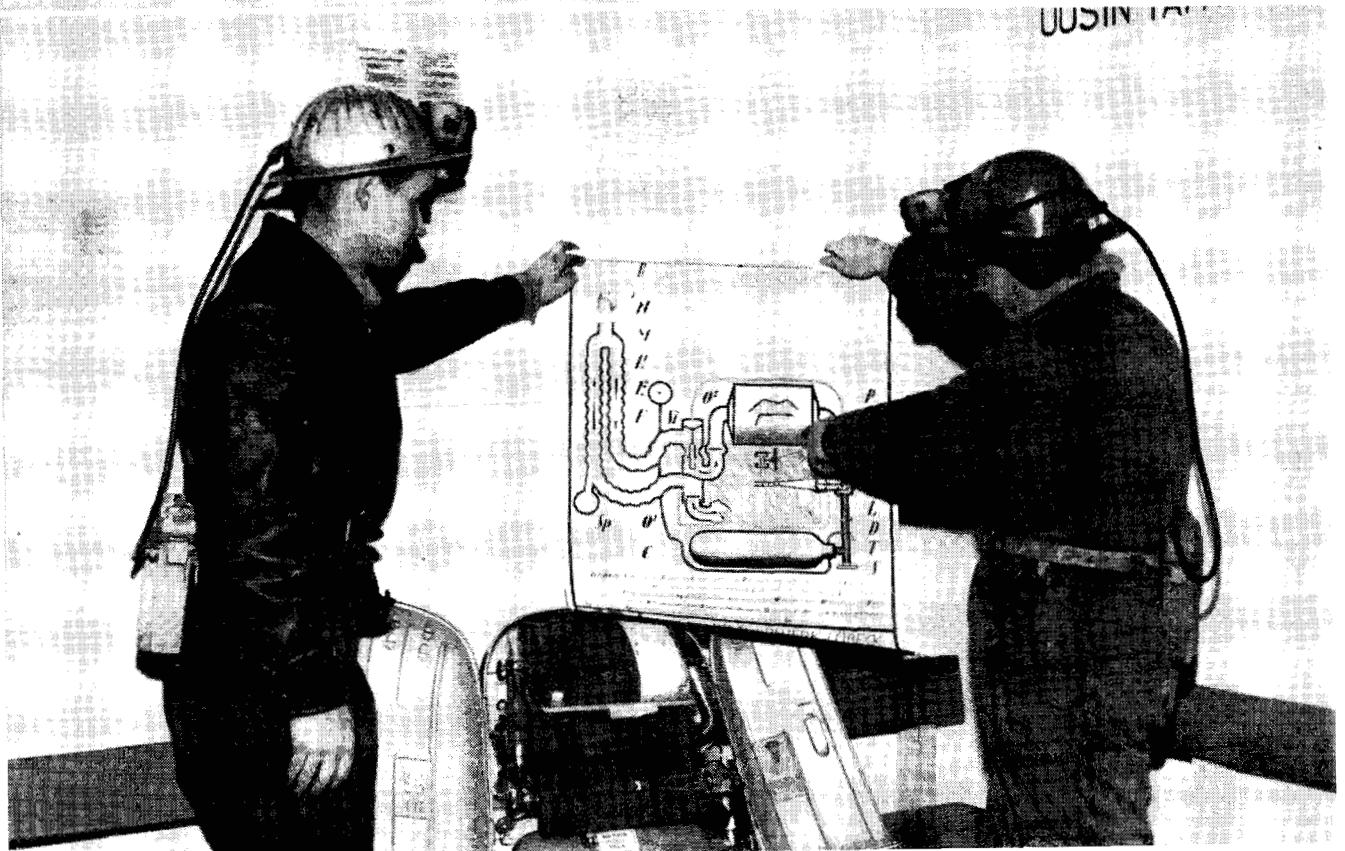


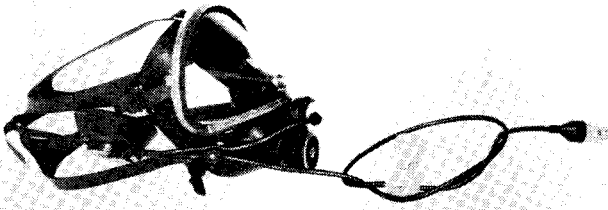
sammutusvälineitä on järjestettävä sopiviin paikkoihin. — Maanalaiselle kaivokselle, jossa harjoitetaan tuotannollista louhintaa, tulee, jos kaivostarkastaja niin vaatii, olla nopeasti saatavissa tarpeellinen määrä kaivoskäyttöön sopivia happilaitteita ja niiden käyttöön koulutettu riittävä henkilökunta.»

Moni kaivoksessa työskentelevä väheksyy palonsuojelun opettamista, ellei hänelle selvästi ja yksityiskohtaisesti selosteta niitä tulipalonvaaroja, joita kaivoksessa saattaa esiintyä. Kaivosmiehille, erityisesti vanhemmille, on korostettava enentyneen puutavaran käytön ja sähköistämisen aiheuttamaa palovaarallisten kohteiden lisääntymistä. Jokaisen kaivoksessa työskentelevän on opittava, mistä kaivospalot aiheutuvat, mitä kukin voi tehdä estääkseen niitä ennakoita ja miten kunkin on toimittava tulipalon sattuessa.

Laajassa kaivoksessa tuottaakin hälytyksen antaminen ja palopaikan ilmoittaminen suurimpia vaikeuksia. Kirjallisten palonsuojeluohjeiden laatiminen ja niiden opettaminen onkin palontorjuntatyön ensimmäisiä tehtäviä. Ohjeiden tulee sisältää mm. kaivoksen kartta (yksinkertaistettuna) sammutusjärjestelmineen ja ilmanvirtauksen suuntaa osoittavine nuolineen sekä hälytysjärjestelmä ja evakuoimisjärjestelmä eri palopaikkoja silmällä pitäen. Tämä kaikki edellyttää opettamisen lisäksi runsaasti harjoituksia niin, että jokainen tietää tulipalon sattuessa omat tehtävänsä jo ennakoita. Tulipalon sattuessa ilmenee aina joitakin ennalta arvaamattomia tekijöitä, jotka mutkistavat riittävästi toimenpiteitä valmisteluista huolimatta. Sammutusjärjestelmä edellyttää vesi-

Kuva 8. Happilaitteen käytön opettaminen suoritetaan perusteellisesti.



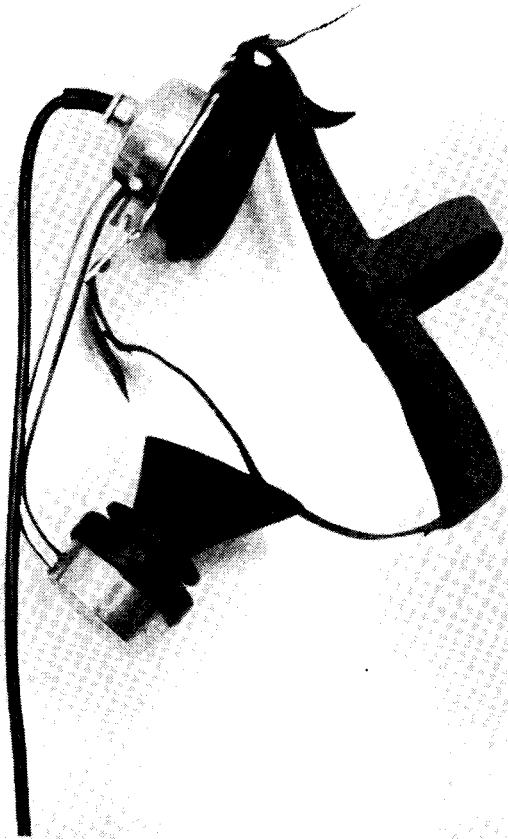


Kuva 9. Happilaitteen uudemmallinen, panoraamaikkunalla ja puhelimella varustettu naamari. Ikkunassa on »tuulilasinpyyhkiä» sisäpuolella.

postien ja riittävän pitkien ja kokeiltujen letkujen sekä alkusammuttimien sijoittamista kaivoksen ns. strategisiin paikkoihin. Sellaisiahan ovat mm. pukitettut perät, sähkömuuntajat, öljy- ja räjähdysainevärsä, maanalaiset korjaamot, kaivosten ruokailupaikat jne. Alkusammuttimina ovat jauhe- ja hiilihapposammuttimet käytännöllisimpiä, koska niillä joudutaan usein sammuttamaan sähkölaitteissa syntyneitä paloja.

Kaivoksen miehistöstä on myös osa koulutettava erityisesti ns. iskuryhmiä varten. On tärkeätä, että palokuntalaisten joukossa on hyvän kaivostuntemuksen omaavia mehiä. Tällaisille iskuryhmille on opetettava myös happilaitteiden käyttö ja tätä taitoa on pidettävä harjoituksin yllä. Savuisessa kaivoksessa kulkeminen happilaittein varustettuna vaatii todella tottumusta, jotta vielä pystyisi siinä asussa jotain tekemäänkin. Yhteyttä sammutusryhmän muihin miehiin on pidettävä yllä. Sopivia puhelinlaitteita, jotka kuuluvat happilaitteen naamariosaan, on nykyään saatavana. Happilaitteiden kestoajan on kaivoksessa oltava mieluummin 4 tuntia. Aikaisemmin oli niiden kesto aika korkeintaan 2 tuntia.

Kaivosten ruokailupaikat on nykyään pyritty varustamaan paineilmaverkostosta saatavalla ilmalla ylipaineiseksi tulipalon sattuessa. Siten estetään savun pääsy sisälle ja kaivosmiehet voivat turvautua näihin paikkoihin tulipalon aikana. Niitä voivat sammutusryhmätkin käyttää asemapaikkoinaan ja lepopaikkoinaan sammutusten välillä. Ruokailupaikkojen, samoin kuin maanpäällisten kaivostupien, lamppuhuoneiden sekä työnjohtajien huoneen ilmoitustauluilla on oltava kartta kaivoksen palonsuojelusta sekä palonsuojeluohjeet. Kaivosten ruokailupaikat



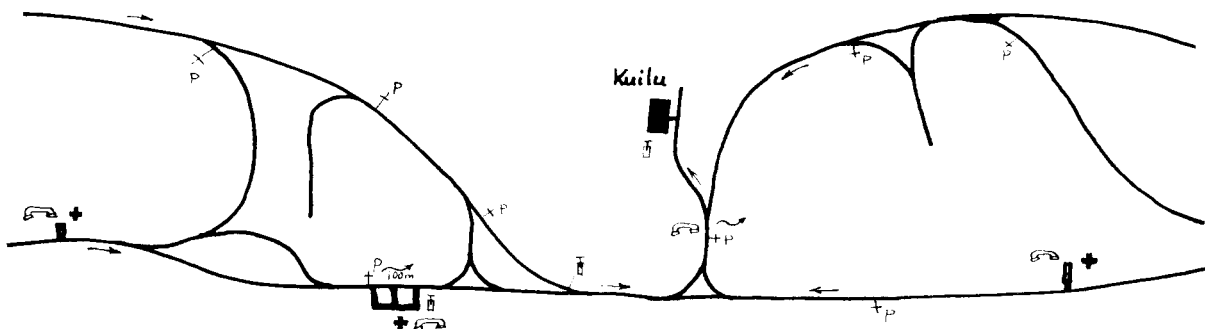
Kuva 10. Sammutusryhmän keskusaseman puhelin.

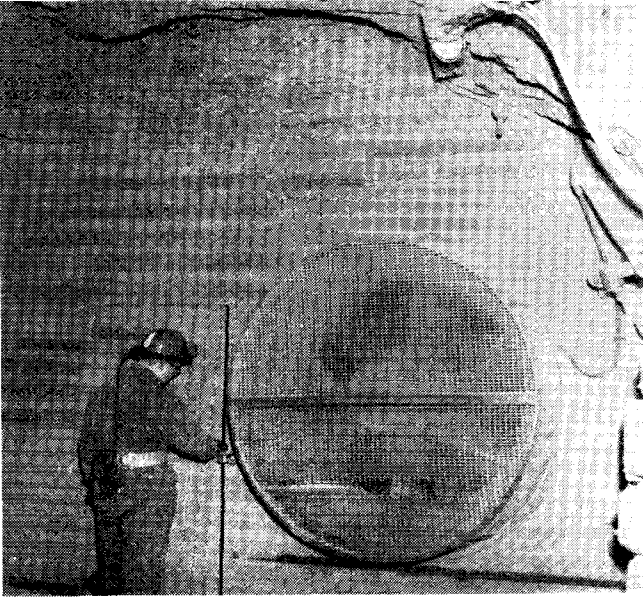
ovat yleensä nykyisin varustetut puhelimen, joilla saa yhteyden maanpinnalle.

Kaivoksen tuuletuksen järjestely on hyvin tärkeä palonsuojelun kannalta. Yleisten ilman virtaussuuntien on oltava merkittävänä palonsuojelukarttaan. Myös tuulettimien ja tuuletusovien on oltava siihen merkittävänä. Tulipalon sattuessa joudutaan tavallisesti säätämään tuuletusta, joko paikallisesti tai kokonaisuudessaan. Ilmanvirtauksen suunnan muutoskin saattaa joskus tulla kysymykseen. Eräissä tapauksissa, kuten kuilupalojen sattuessa, olisi kuilun yläpäässä hyvä olla metalliset luukut, jotka pysäyttäisivät ilman virtauksen.

Kuilun puurakenteiden kuivumisen estämiseksi on käytettävä vesisumuttimia. Kuilupalot ovat nimittäin hyvin tuhoisia niissä muodostuvan voimakkaan ilmanvirtauksen kiihdyttäessä paloa.

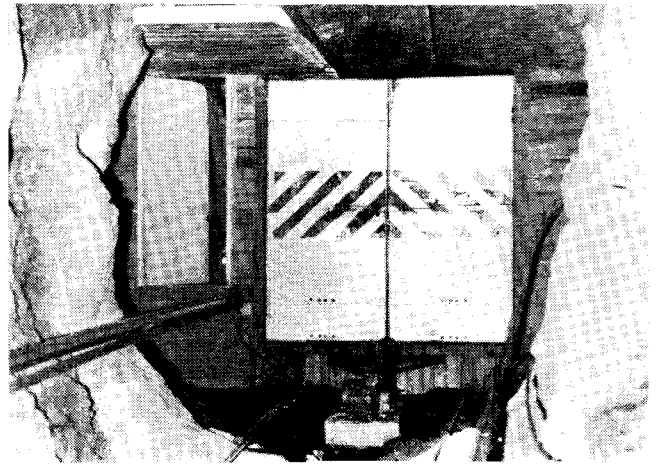
Kuva 11. Osa kaivoksen palonsuojelukartasta merkintöineen sammutusvälineiden, ensiapuasemien ja puhelimien sijainnista.





Kuva 12. Kaivoksen tuuletuksessa välttämätön puhallin.

Turvallisuusmääräysten 23. pykälän toisessa momentissa on vielä eräs tärkeä tässä kirjoituksessa käsitellyn asiaan liittyvä kohta: »Sellaisen pölyn syntyminen, joka syttyessään voi räjähdysmäisesti palaa, on tehokkaasti estettävä.» Tämä tarkoittaa meidän olosuhteitamme ajatellen rikkaiden sulfidien räjäytyksessä syntyvää pölyä. Niin kauan kuin syntyvä pöly laskeuduttuaan kostuu



Kuva 13. Kaivoksen perän sulkeva seinämä tuuletusovineen.

nopeasti, ei ole vaaraa sen pääsemisestä uudelleen ilmaan esim. räjähdysaallon vaikutuksesta eikä siis sen räjähtämisvaaraa. Mutta jos kaivoksen olosuhteet muuttuvat niin, että kaivoksen seinämät muuttuvat kuiviksi ja niille tarttuva sulfidipöly pysyy kuivana, on vaara olemassa. Silloin on ryhdyttävä kastelemaan seiniä ennen räjäytystöiden aloittamista.

Kaivospaloista saattaa siis meillä aiheutua katastrofeja, ellei ryhdytä ajoissa riittäviin ennakkotoimenpiteisiin. Tällaiset toimenpiteet meidän kaivoksiamme varten ovat vähäisiä verrattuna siihen, mitä hiilikaivoksissa on samojen vaarojen vuoksi suoritettava. Pidettäessä vaaraa liian pienenä, jää usein vähäinenkin torjuntatyö suorittamatta.

English title: Prevention of fire hazards in mines.

Vuorimiesyhdistyksen jäseniä pyydetään ilmoittamaan mahdollisista toimipaikan tai osoitteen muutoksista Vuoriteollisuus-lehden toimitussihteerille.

Metallien kuumamuokattavuuden mittaamisesta kuumakiertokokeella

Tekn.lis. Olavi Siltari, Outokumpu Oy, Pori

Esitelmä Vuorimiesyhdistyksen metallurgijaoston kokouksessa 30. 10. 1963.

Yleistä

Kaiken metallien kuumamuokkauksen tarkoitus on sekä muuttaa työkappaleen mitat että parantaa valussa syntyneen rakenteen ominaisuuksia. Vaikka lukemattomien metallien ja metalliseosten kuumamuokkaus sujuukin käytännössä suuremmitta vaikeuksista, ovat korkeissa lämpötiloissa tapahtuvan nopean plastisen muodonmuutoksen yhteydessä vaikuttavat perusilmiöt saaneet osakseen vakavaa huomiota vasta aivan viime aikoina.

Metallien soveltuvuutta kuumamuokattaviksi luonnehditaan yleensä käsitteellä kuumamuokattavuus, jonka merkitys jää usein epämääräiseksi, koska materiaali joutuu erilaisissa muokausprosesseissa hyvin vaihteleviin olosuhteisiin, nimenomaan mitä tulee jännitystilaan ja muodonmuutosnopeuteen. Tästä johtuu, että kuumamuokattavuuden mittaamiseksi kehitetyt menetelmät ovat hyvin moninaiset. Vaikka kokemuseräisesti onkin pystytty selvittämään monien tekijöiden vaikutus kuumamuokattavuuteen, on näiden perusteellinen ymmärtäminen vaikeata, koska ei ole käytettävissä koemenetelmää, jolla pystyttäisiin täysin kontrolloiduissa olosuhteissa seuraamaan kuumamuokkauksen aikana metallissa tapahtuvia ilmiöitä.

Lukuisista kehitetyistä kuumamuokattavuuden tutkimusmenetelmistä on kuumakiertokoe saanut viime vuosina osakseen lisääntyvää huomiota. Sillä on muihin menetelmiin verrattuna niin paljon etuja, että se vaikuttaa erittäin tehokkaalta apukeinolta kuumamuokkaustutkimuksissa. Tätä käsitystä tukevat ne tulokset, joita on saavutettu mainitulla koemenetelmällä suoritetuissa tutkimuksissa eri puolilla maailmaa.

Kuumamuokattavuus ja sen mittaaminen

Tarkasteltaessa kuumamuokkausta vastakohtana kylmämuokkaukselle, jossa plastisen muodonmuutoksen määrän kasvu johtaa lujuuden lisääntymiseen, on muistettava, että muokkauksen aikana tapahtuva lujittuminen ja sen laukaisemiseksi toimiva elpyminen ovat kilpailevia prosesseja. Sen sijaan että kylmämuokkauksessa lujittuminen on tässä kilpailussa voitolla, on kuumamuokkauksessa kysymys plastisesta deformaatiosta sellaisessa lämpötilassa ja sellaisella nopeudella, että muodonmuutoksen määrän kasvu ei johda lujittumiseen muokkauksen aikana. Toisin sanoen kuumamuokkauksessa tapahtuu elpyminen rinnan muokkauksen kanssa. Tältä pohjalta on ymmärrettävissä se, että kuumamuokattavuuden mittaamiseen käytetyssä menetelmässä on materiaalin lujuus määrättävä muokkauksen aikana.

Käsite kuumamuokattavuus rinnastetaan kaikkein yleisimmän johonkin tai joihinkin seuraavista ominaisuuksista

- sitkeys, siis aineen murtumatta sietämän muodonmuutoksen määrä kyseisissä olosuhteissa
- muodonmuutosvastus, siis se jännitys, joka tarvitaan muodonmuutoksen aikaansaamiseksi
- sen lämpötila-alueen laajuus, jossa metallia voidaan menestyksellisesti kuumamuokata.

Tämän perusteella voidaan kuumamuokattavuus määrittellä metallin kyvyksi sietää murtumatta plastisia muodonmuutoksia sekä siksi helppoudeksi, jolla sitä voidaan muokata tietyn jännityssysteemin, muodonmuutosnopeuden ja lämpötilan vallitessa.

Koska tuotantomittakaavassa suoritettuja kokeiluja ei voida pitää varsinaisina kuumamuokattavuustutkimuksina, on pyrittävä siihen, että mahdollisimman yksinkertaisella laboratorioskokeella pystyttäisiin tutkimaan kuumamuokattavuuden riippuvuutta tärkeimmistä kysymyksen tulevista muuttujista. Nämä tekijät, jotka määräävät metallien kuumamuokattavuuden, ovat yhtäältä muokkaustekijät

- jännityssysteemi, jonka määrää käytetty muokausmenetelmä
- muodonmuutosnopeus
- muokkauslämpötila
- ja toisaalta metallin metallurgiset tekijät
- kemiallinen kokoomus (ja sen homogeenisuus)
- mikrorakenne (raekoko, faasisuhteet, faasien ominaisuudet jne.).

Kuumamuokattavuuskokeen periaatteen valitseminen määrää samalla sen jännityssysteemin, jonka vallitessa muokkaaminen tapahtuu, joten muiden tekijöiden vaikutusta voidaan tutkia vain tämän valitun koetyypin määräämissä olosuhteissa. Kokeen periaatteen valinnasta riippuu siten ratkaisevasti, miten saadut tulokset ovat rinnastettavissa käytännön kuumamuokausprosesseissa saatuihin, toisin sanoen miten luotettavasti koe kuvaa todellista tilannetta.

Kuumamuokattavuuskokeita on kehitetty tavallisten aineenkoetuskokeiden pohjalla soveltamalla niitä suoritettaviksi korkeissa lämpötiloissa ja suurilla nopeuksilla. Seuraavia kokeita käytetään yleisimmin:

- kuumavetokoe
- kuumapuristuskoe
- kuumataivutuskoe
- kuumakiertokoe.

Koska kuumamuokattavuutta koskeissa tutkimuksissa on pyrittävä selvittämään mahdollisimman pitkälle korkeissa lämpötiloissa tapahtuvan plastisen deformaation

tion mekanismit sekä metallurgisten ja nuokkaustekijöiden vaikutukset niin hyvin sitkeyteen kuin muodonmuutosvastukseenkin, on käytetyn kokeen täytettävä seuraavanlaisia vaatimuksia

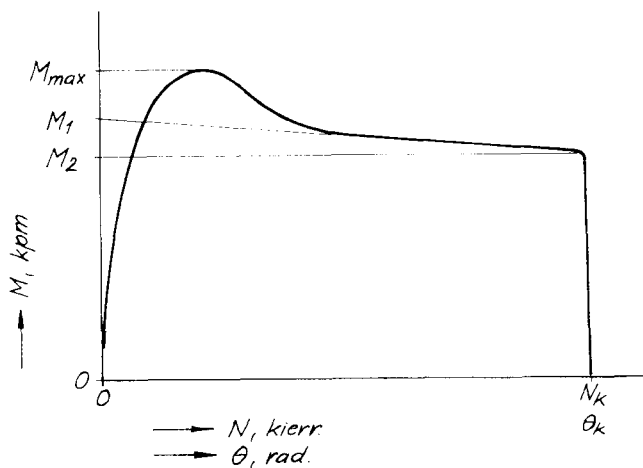
- todellisen muodonmuutosnopeuden ja lämpötilan tulee olla mitattavissa ja niitä on voitava muuttaa laajoissa rajoissa eri kokeissa, mutta ne on saatava pysymään vakioina saman kokeen aikana
- muodonmuutosvastusta karakterisoiva jännitys ja muodonmuutos on voitava mitata koko kokeen aikana
- koesauvassa syntyvän jännitystilän tulee olla mahdollisimman yksinkertainen
- koesauva on voitava sammuttaa nopeasti huoneenlämpötilaan muokkauksen lopettamisen jälkeen mikrorakenteen tutkimista varten
- kokeen antamia tuloksia on voitava rinnastaa ainakin yhdessä käytännön kuumamuokkausprosessissa saatuihin kokemuksiin.

Kuumaveto-, kuumapuristus- ja kuumataivutuskoetta on usein käytetty sekä sitkeyden että muodonmuutosvastuksen mittaamiseen. Niillä onkin tietyissä tapauksissa omat kiistämättömät etunsa. Tästä huolimatta voidaan sanoa, että yhä lisääntyvää huomiota osakseen saanut kuumakiertokoe täyttää nuo vaatimukset todennäköisesti kaikkein täydellisin.

Kuumakiertokoe

Käytännössä kuumakiertokoe toteutetaan siten, että lieriömuotoista koesauvaa kierretään vakionopeudella halutussa lämpötilassa, jolloin vaikuttava jännitys on leikkausjännitystä ja muodonmuutos leikkausmuodonmuutosta. Jotta muodonmuutos saadaan tapahtumaan vakio- lämpötilassa, sorvataan koesauvan keskiosaa päitä ohuemmaksi. Sorvatun osan pituus ja uusin lämpötilajakaantuma sovitetaan keskenään siten, että koesauvan keskiosan lämpötila on riittävällä tarkkuudella vakio. Koesauvan toista päätä kierretään laajoissa rajoissa säädettyväällä nopeudella, kun taas toisesta päästä, joka on kiinnitetty tangentialisessa suunnassa, mitataan kiertoa vastustava momentti jatkuvasti kokeen aikana. Samoin rekisteröidään jatkuvasti ensiksi mainitun pään suorittamien kiertojen lukumäärä, joka ilmaisee koesauvan muodonmuutoksen määrän.

Kuumakiertokokeessa saadaan tietyissä olosuhteissa (materiaali, koesauvan dimensiot, lämpötila ja kierto- nopeus) käyrä (kuva 1), joka ilmoittaa kiertoa vastusta-



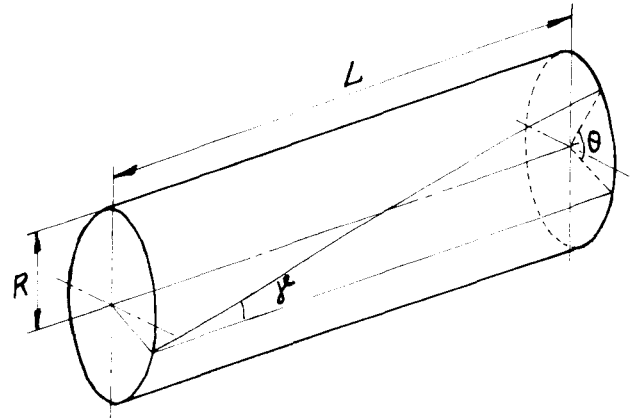
Kuva 1. Kaaviokuva kuumakiertokokeesta saadusta N-M-käyrästä.

van momentin funktiona muodonmuutoksesta. Viime- mainittu ilmaistaan joko kiertomääränä N , kiertymäkulmana θ tai leikkausmuodonmuutoksena γ . Kuvan 1 mukaisesta kuumakiertokäyrästä tehdään päätelmiä tutkitun aineen kuumamuokattavuudesta käytetyissä koeolosuhteissa kiinnittämällä huomiota seuraaviin suureisiin

- M_{max} , maksimimomentti
- M_1 , tasannemomentti
- M_2 , murtumismomentti
- N_k , murtumiseen johtava kriittinen kiertymä.

Sitkeyden mittana käytetään kriittistä kiertymää N_k . Lujuus muokkauslämpötilassa, siis aineen muodonmuutosvastus ilmaistaan joko jonain momenttina tai siitä laskettuna jännityksenä. Koesauvan murtamiseen tarvittava työ saadaan laskettua N - M -käyrän ja N -akselin rajoittamasta pinta-alasta.

Jos merkitään (kuva 2) koesauvan sädettä ohennuksen kohdalla R , homogeenisesti muokkautuvan osan pituutta



Kuva 2. Kuumakiertokoesauvan muodonmuutos.

L , kiertymäkulmaa ohennuksen päässä θ ja liukukulmaa ohennetun osan pinnassa γ , voidaan γ , joka on samalla todellinen leikkausmuodonmuutos koesauvan pinnassa, kirjoittaa

$$\gamma = \frac{R}{L} \theta$$

jolloin todellinen leikkausmuodonmuutosnopeus koesauvan pinnassa on

$$\frac{d\gamma}{dt} = \dot{\gamma} = \frac{R}{L} \frac{d\theta}{dt}$$

Jälkimmäisestä kaavasta nähdään, että todellinen leikkausmuodonmuutosnopeus pysyy kuumakiertokokeessa tietyllä kohdalla koesauvan sädettä vakiona, kunhan vain kierto suoritetaan vakionopeudella. Tämä on yksi kuumakiertokokeen suurimpia etuja, sillä vaatimus todellisen muodonmuutosnopeuden pysymisestä vakiona johtaa muuntotyypisissä kokeissa hyvin monimutkaisiin ja kalliisiin laitteisiin, samalla kun saavutettavissa olevat muodonmuutokset jäävät varsin pieniksi joko koesauvan kuroutumisen (vetokoe) tai kitkan aiheuttaman pullistumisen (puristuskoee) vuoksi.

Kuumakiertokokeessa mitatun kiertoa vastustavan momentin M ja leikkausjännityksen τ välillä on olemassa riippuvuus

$$\tau = \frac{3+n}{2\pi R^3} M$$

Termi n , joka kuvaa muodonmuutosvastuksen riippuvuutta muodonmuutosnopeudesta, on kokeellisesti määrittävissä seuraavan kaavan avulla

$$M = M_0 \left(\frac{d\theta}{dt} \right)^n$$

Kuumakiertokokeessa saadut tulokset ovat verrattavissa kuumaveto- ja kuumapuristuskokeessa saatuihin, sillä leikkausjännitys τ , leikkausmuodonmuutos γ ja leikkausmuodonmuutosnopeus $\dot{\gamma}$ voidaan muuntaa vastaviksi normaalijännitykseksi σ , normaalimuodonmuutokseksi ϵ ja muodonmuutosnopeudeksi $\dot{\epsilon}$.

Kuumakiertokokeen eduista voidaan yhteenvetona mainita seuraavaa

1. Sitkeydestä saadaan yksinkertainen kvantitatiivinen kuva kriittisenä kiertomääränä N_k .
2. Muodonmuutosvastus voidaan mitata jatkuvasti kokeen aikana.
3. Koesauvassa syntyy yksinkertainen leikkausjännitystila, jota ei kitka eikä kuroutuminen sotke. Kokeessa saadut tulokset ovat verrattavissa veto- ja puristuskokeen tuloksiin.
4. Siinä saadaan aikaan oleellisesti suurempia muodonmuutoksia kuin kuumaveto- tai kuumapuristuskokeessa, samalla kun muodonmuutosnopeus pysyy yksinkertaisella koejärjestelyllä vakiona tietyllä kohdalla koesauvan sädetä.
5. Muodonmuutokset ja muodonmuutosnopeudet ovat rinnastettavissa yksinkertaisimpien kuumamuokausprosessien kuten levynvalssauksen yhteydessä esiintyviin vastaaviin arvoihin⁷.
6. Kokeen suorittamiseen tarvittava laitteisto on yksinkertainen.

Kuumakiertokokeen suurimmat puutteet ovat seuraavat

1. Muodonmuutos ja muodonmuutosnopeus vaihtelevat koesauvan säteen suunnassa, vaikka pysyvätkin vakioina tietyllä säteen kohdalla. Mahdollisuuteen poistaa tämä puute käyttämällä putkimaista

sauvaa on useasti viitattu, mutta menestykselliset kokeet tässä suhteessa puuttuvat vielä toistaiseksi.

2. Koesauvaan syntyy kokeen aikana aksiaalisia jännityksiä, jos molemmat päät lukitaan aksiaalisessa suunnassa. Jos taas sauvan toinen pää saa vapaasti liikkua aksiaalisessa suunnassa kokeen aikana, tapahtuu koesauvassa suurilla kiertomäärillä joko lyhenemistä tai pitenemistä, mikä muuttaa muodonmuutos- ja muodonmuutosnopeustilaa.
3. Koesauva kuumenee kokeen aikana varsinkin metallissa lämpötiloissa ja suurilla kiertonopeuksilla. Jopa niinkin suuria lämpötilan nousuja kuin 40–50°C on mitattu.

Huolimatta näistä puutteista osoittavat kuumakiertokokeella suoritettut tutkimukset, että se on monipuolisin tähän asti kehitetyistä kuumamuokattavuuden tutkimusmenetelmistä.

Kuumakiertokone

Teknillisen korkeakoulun metalliopin laboratorioon on rakennettu kuumakiertokone. Sen rakennetta ja sillä suoritettuja koneen hyvyttä koskevia tutkimuksia selostetaan seuraavassa.

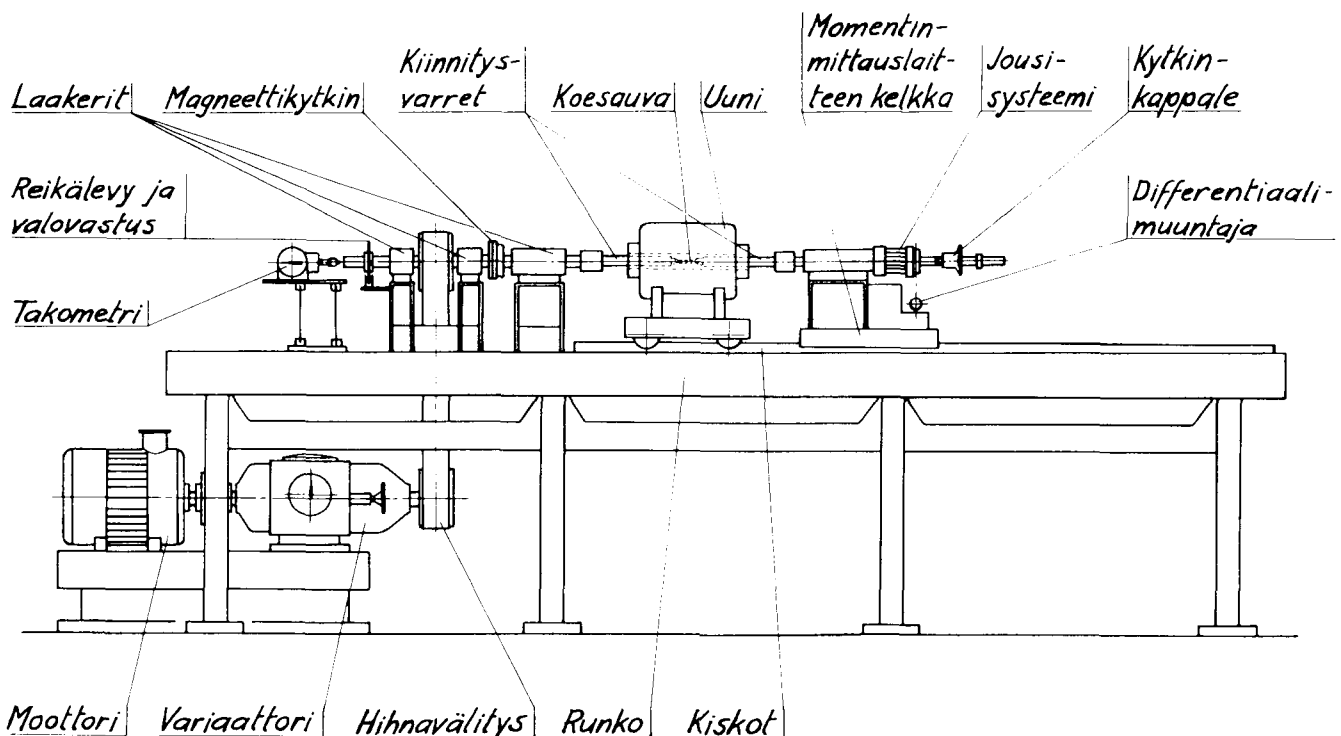
Koneen rakenne

Kaavio koneesta on esitetty kuvassa 3, yleiskuva kuvassa 4 ja rakenteellisia yksityiskohtia kuvissa 5 ja 6. Koneen runkona on hitsattu teräsrakenne, johon on kiinnitetty kiertävän akselin laakerien tuet ja kiskot uunin vaunua ja momenttimittauslaitteen kelkkaa varten. Koneen rakenneseosia kuvataan seuraavassa tarkemmin.

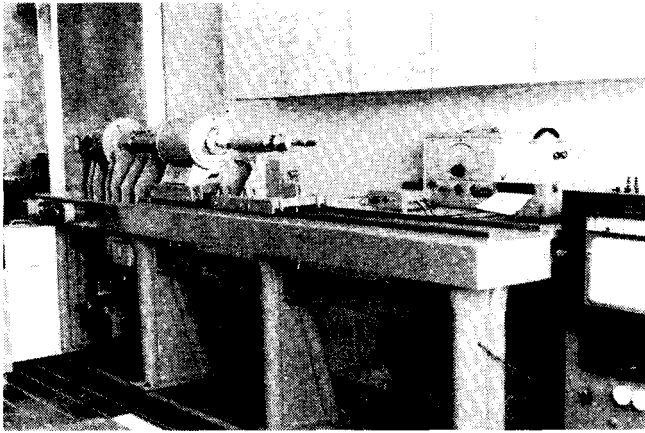
Moottori on kierrosnopeudella 1000 r/min pyörivä oikosulkumoottori, jonka teho on 3 hv.

Variaattori on lamelliketjulla varustettu säätövaihte, jonka ulostuloakselin kierrosnopeutta voidaan säätää portaattomasti välillä 0–1000 r/min ja joka antaa 2 kpm:n maksimivääntömomentin kaikilla kierrosnopeuksilla.

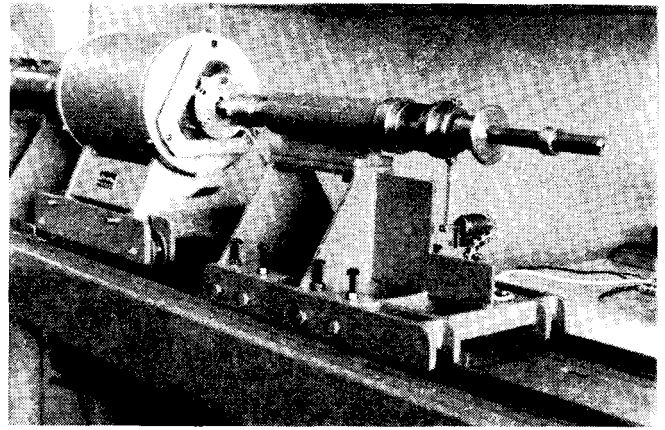
Voimansiirto variaattorin ulostuloakselilta koesauvaa



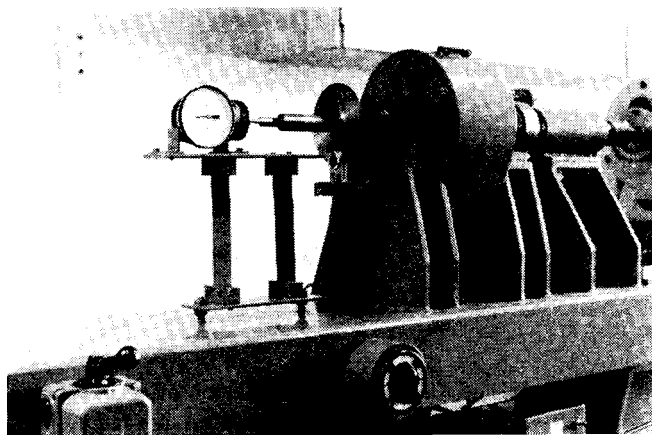
Kuva 3. Kaaviokuva kuumakiertokoneesta.



Kuva 4. Kuumakiertokone.



Kuva 6. Kuumakiertokoneen momentinmittauspää.



Kuva 5. Kuumakiertokoneen koesauvaa kiertävä pää.

kiertävälle akselille tapahtuu hihnavälityksellä. Moottori ja variaattori on asennettu omalle koneen rungosta irralliselle alustalleen. Tällä tavalla saadaan koneen tärinä pidettyä mahdollisimman vähäisenä.

Takometrillä tarkistetaan koesauvaa kiertävän akselin kiertonopeus. Se on asennettu jousisysteemin varaan siten, että se voidaan mittauksen ajaksi helposti painaa akselin päätä vastaan.

Valovastuksen ja kiertävän akselin mukana pyörivän reikälevyn avulla saadaan rekisteröityä kiertomäärä, sillä jännitepulssi, jonka valovastus antaa jokaisen reiän kohdalla, välitetään Visicorderin (kts. kuva 4) syöttämälle paperille. Levyn kehällä on tasaisin välein kymmenen reikää, joten kiertomäärä saadaan rekisteröityä 1/10 kieroksen tarkkuudella. Paperilta tapahtuvan kiertomäärän mittaamisen helpottamiseksi on yksi reikälevyn rei'istä tukittu.

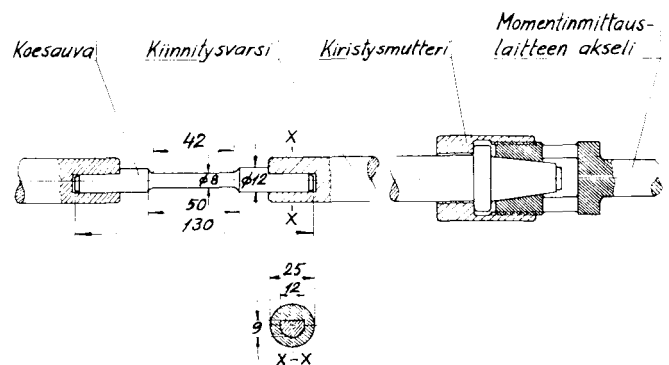
Momentinmittauslaite on suunniteltu siten, että se akseli, jossa koesauvan kiinteä pää on kiinni, voidaan kytkeä aksiaalisesti liikkuvalla kytkinkappaleella kokeen ajaksi tangentialisessa suunnassa jousisysteemiin. Koesauvan kuumennusvaiheen aikana kytkinkappale on irroitettuna jousisysteemistä, niin että molempia akseleita ja niiden väliin kiinnitysvarsien avulla sijoitettua koesauvaa voidaan vapaasti kiertää. Momentinmittauslaitteen kelkan asento kiskoilla voidaan säätää pronssisten liukukappaleiden avulla sellaiseksi, että koesauvan kierto tapahtuu keskeisesti. Kelkka lepää kiskojen yläpintaa vastaan teräskuulien varassa. Tällä tavalla sen liike on saatu niin

herkäksi, että koesauvassa kierron aikana syntyvät aksiaaliset muodonmuutokset eivät pääse synnyttämään aksiaalisia jännityksiä. Kelkka voidaan myös haluttaessa lukita paikoilleen kokeen ajaksi.

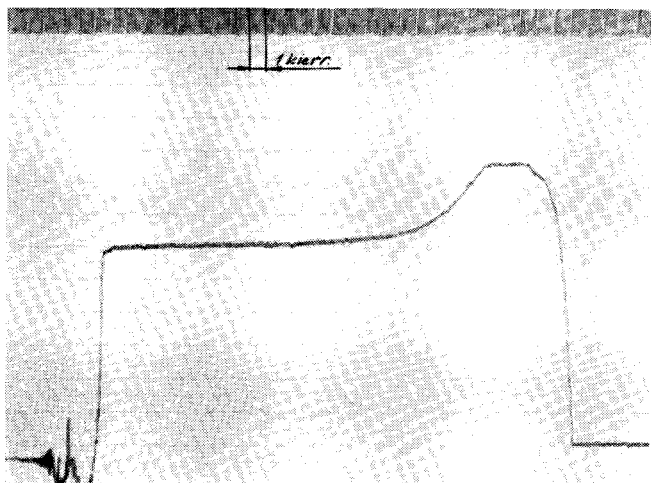
Kiertoa vastustavan momentin vastaanottava jousisysteemi muodostuu neljästä molemmista päistään jäykästi kiinnitetystä jousesta, jotka on sijoitettu symmetrisesti akselin keskiöön nähden (kts. kuva 6). Momentin aikaansaama jousisysteemin elastinen kiertymä välitetään differentiaalimuuntajan rautasydämen aksiaaliseksi siirtymäksi (vrt. kuva 6), joka vaikuttaa lähimain lineaarisesti muuntajan ulostulojännitteeseen. Se puolestaan rekisteröidään Visicorderin syöttämälle paperille. Visicorderin näyttämä kalibroidaan momentiksi staattisten tunnettujen momenttien avulla, jotka saadaan aikaan sijoittamalla akselin toiseen päähän erillinen vipuvaarsi ja liikuteltava punnus.

Tällaisen momentinmittausjärjestelmän herkkyyttä voidaan säätää jousisysteemin jousivakion avulla sekä muuttamalla differentiaalimuuntajan paikkaa korkeussuunnassa (vrt. kuva 6). Jousisysteemi on mitoitettu ottamaan vastaan korkeintaan n. 1.5–2.0 kpm:n suuruisia momenteja.

Koekappaleen mitat ja kiinnitys varsiin käyvät selville kuvasta 7. Tällä tavalla mitoitettua koesauvaa käytettäessä saadaan pinnan leikkausmuodonmuutosnopeutta $\dot{\gamma}$ vaihdeltua portaattomasti välillä 0...10,0 s⁻¹, kun variaattorin kierrosnopeutta säädetään välillä 0...1000 r/min. Kiinnitysvarret on tehty austeniittisestä ruostumattomasta 18/10/Mo-teräksestä. Ne on liitetty varsinaisiin



Kuva 7. Koesauva sekä sen ja kiinnitysvarsien sijoitus.



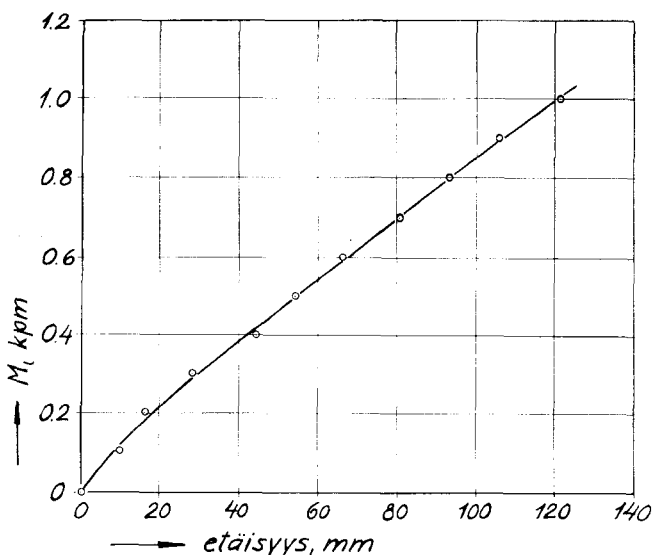
Kuva 8. Esimerkki kuumakiertokoneella saadusta käyrästä.

akseleihin kartiokiinnityksen ja kiristysmutterin avulla, joten varsien vaihto on yksinkertainen. Mitoittamalla toinen varsista riittävän pitkäksi on päästy siihen, että kier-
ron päätyttyä uuni voidaan vetää nopeasti syrjään ja koekappale sammuttaa veteen n. 2..3 sekunnissa muok-
kauksen lopettamisesta laskien.

Akselit on laakeroitu vierintälaakereilla siten, että kiertävä akseli on kiinnitetty aksiaalisessa suunnassa, kun taas momenttimittauslaitteen akseli pääsee vapaasti liik-
kumaan aksiaalisessa suunnassa. Akselien ja koesauvan kiinnitysvarsien liitoskohdat jäädytetään ilmapuhalluk-
sella, jotta lämpö ei pääsisi johtumaan laakereihin.

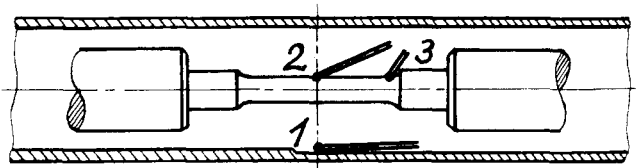
Uuni on kaupallinen platinavastuksilla varustettu putki-
uuni, jonka maksimilämpötila on 1250°C. Uunin keraa-
misen putken sisään on sijoitettu työskentelyputkeksi Inconel-putki. Uuni on asetettu kiskoilla kulkevalle vau-
nulle. Lämpötila säädetään vastusten viereen asetetun Pt-Pt10%Rh-termoelementin ja Honeywell-säätäjän avul-
la. Lämpötila kontrolloidaan Inconel-putken sisäpuolella aivan määrättyssä paikassa olevan termoelementin (ele-
mentti 1 kuvassa 10) ja Honeywell piirturin avulla käyttäen lämpötilasta riippuen joko kromel-alumel- tai Pt-
Pt10%Rh-elementtiä. Inconel-putken sisään voidaan tar-
vittaessa johtaa suojaava kaasuatmosfääri.

Visicorder (kuva 4), jolla rekisteröidään samanaikaisesti



Kuva 9. Momentin kalibroimiskäyrä.

sekä differentiaalimuuntojen ulostulojännite että valo-
vastuksen antamat jännitepulssit, on erittäin nopea 8-
kanavainen ultraviolettipiirturi. Siihen syötetyt mittaa-
vista elimistä tulevat jännitteet muunnetaan valonsätei-
den liikkeiksi. Nämä puolestaan piirtävät tasaisella no-
peudella liikkuvalla valoherkälle paperille jatkuvat käy-
rät kyseisten jännitteiden arvoista. Paperin nopeus voi-
daan säätää arvoihin 5, 25, 125, ja 625 mm/sek. Kuvassa 8
on esimerkki kuumakiertokoneella saadusta Visicorderin



Kuva 10. Termoelementtien sijoitus lämpötilajakaantumaa mitattaessa.

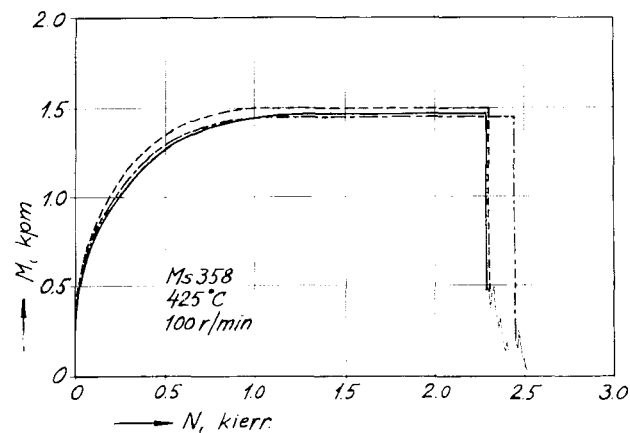
piirtämästä käyrästä, joka ei ole lopullinen N-M-käyrä,
sillä differentiaalimuuntaja ei välitä jousisysteemin elas-
tista muodonmuutosta aivan lineaarisesti. Kuvan 8 mu-
kainen käyrä voidaan kuitenkin helposti muuntaa N-M-
käyräksi kalibrointikäyrän (esim. kuva 9) avulla.

Koneen hyvyys

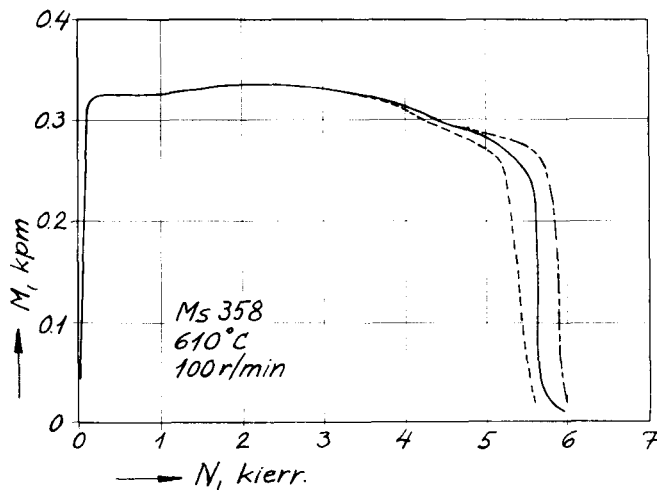
Rakennetun kuumakiertokoneen hyvyttä arvosteltiin
kiinnittämällä huomiota seuraaviin ominaisuuksiin

- lämpötilan tasaisuus koesauvan ohennetun osan matkalla
- N-M-käyrän toistuvuus eri kerroilla samoissa koeolosuhteissa
- joidenkin tulosten yhtäpitävyys muilla kuumakiertokoneilla saatujen tulosten kanssa.

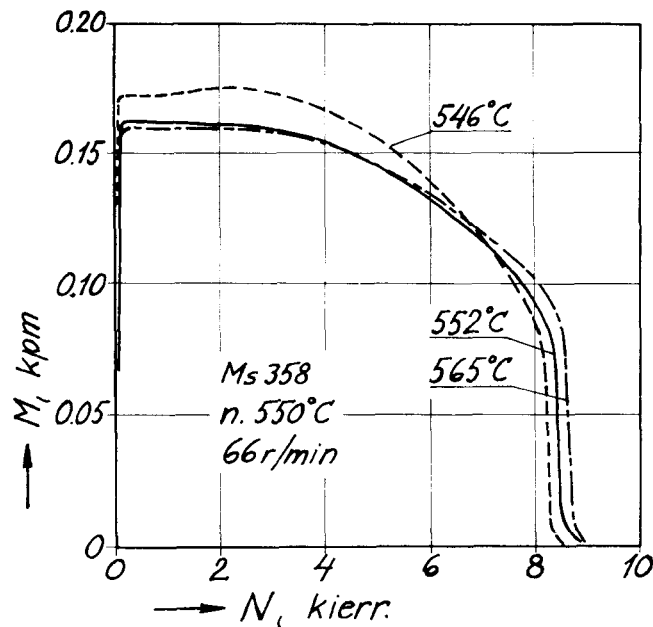
Lämpötilan tasaisuus koesauvassa.— Austeniittisesta ruostumattomasta 18/8-teräksestä valmistettuun koesauvaan hitsattiin kiinni kaksi kromel-alumel-termoelementtiä kuvan 10 mukaisesti. Koesauva ja kolmas termoelementti sijoitettiin uuniin siten kuin ne varsinaisissa kokeissa tulevat olemaan (kuva 10). Lämpötilajakaantumaa koesauvassa ja uunissa seurattiin sekä uunin lämpötilan kohotessa että sen laskiessa. Mittauksissa todettiin, että ero koesauvan kuumimman ja kylmimmän kohdan lämpötilojen välillä T_2-T_3 (kuva 10) kasvaa lämpötilan ale-



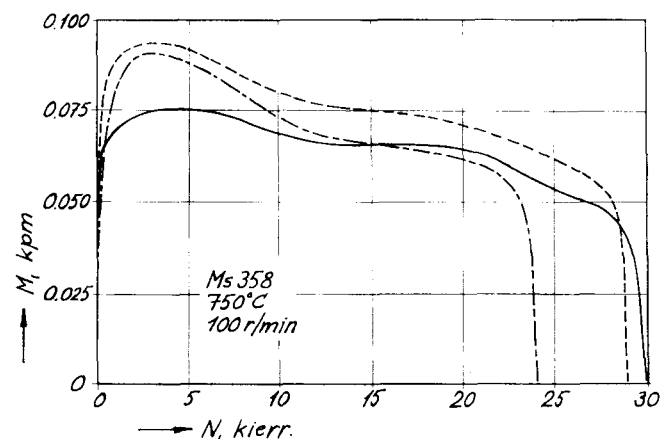
Kuva 11. Esimerkki N-M-käyrän toistuvuudesta.



Kuva 12. Esimerkki N-M-käyrän toistuvuudesta



Kuva 13. Esimerkki N-M-käyrän toistuvuudesta.



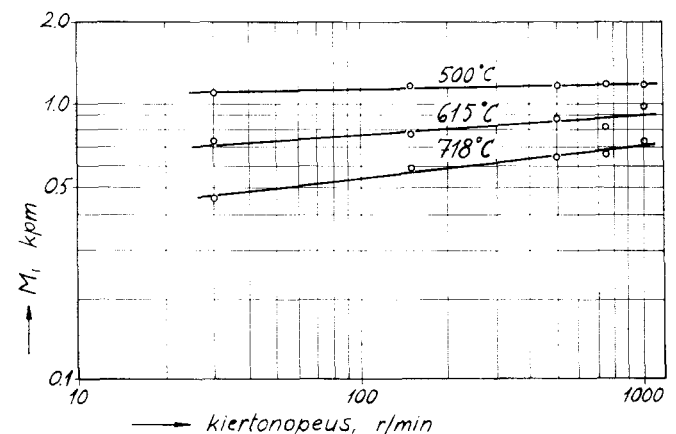
Kuva 14. Esimerkki N-M-käyrän toistuvuudesta.

nessa. Ero on 14°C lämpötilassa n. 400°C ja pienenee tasaisesti arvoon 8°C, kun lämpötila kohoaa arvoon n. 1150°C. Edelleen todettiin, että koesauvan keskilämpötila $T_2 - 1/2(T_2 - T_3)$ ja ohennetulla osalla esiintyvät poikkeamat $\pm 1/2(T_2 - T_3)$ siitä voidaan luotettavasti määrätä pelkästään elementin 1 avulla.

Momenttikäyrän toistuvuus. — Sorvimessingistä Ms 358 tehtyjä koesauvoja kierrettiin niin, että samoissa olosuhteissa suoritettiin aina kolme koetta. Saadut N-M-käyrät on esitetty kuvissa 11–14, joiden yhteydessä ilmoitettu lämpötila on edellä mainittu koesauvan keskilämpötila $T_2 - 1/2(T_2 - T_3)$. Tuloksista nähdään, että N-M-käyrät saadaan toistetuiksi hyvin, jos momentit ovat suuret ($M > 0.1$ kpm). Saatuihin N-M-käyriin on sensijaan suhtauduttava kriittisesti, kun mitattavat momentit ovat pieniä ($M < 0.1$ kpm).

Kuparin muodonmuutosvastuksen riippuvuus muodonmuutosnopeudesta ja lämpötilasta. — Kaavan $M = M_0 (d\theta/dt)^n$, joka ilmoittaa muodonmuutosvastuksen riippuvuuden muodonmuutosnopeudesta, paikkansapitävyys on todettu monissa kuumakiertokoneella suoritetuissa tutkimuksissa. — Rakennetulla kuumakiertokoneella kierrettiin OFHC-kuparista valmistettuja koesauvoja lämpötiloissa 500°, 615° ja 718°C nopeuksilla 30, 150, 500, 750 ja 1000 r/min, jotka vastaavat koesauvan pinnassa esiintyviä leikkausmuodonmuutosnopeuden $\dot{\gamma}$ arvoja 0.3, 1.5, 5.0, 7.5 ja 10.0 s⁻¹. Saadut tasannementin arvot on kuvassa 15 esitetty eri lämpötiloille muodonmuutosnopeuden funktiona. — Kuvasta 15 nähdään, että momentti riippuu kiertonopeudesta ja lämpötilasta tavalla, joka on yhtä pitävä aikaisemmissa tutkimuksissa saatujen tulosten kanssa. Samassa lämpötilassa eri kiertonopeuksilla saadut momentin arvot asettuvat hyvin samalle suoralle kokologaritmi-paperilla. Eksponentti n, joka ilmoittaa muodonmuutosvastuksen riippuvuuden muodonmuutosnopeudesta ja jonka suuruus on tiettyssä lämpötilassa kuvan 15 mukaisen suoran kulmakertoimen, suurenee siirryttäessä korkeampiin lämpötiloihin. Kuvan 15 perusteella saadaan eksponentin n arvoiksi eri lämpötiloissa 0.030 (500°C), 0.080 (615°C) ja 0.130 (718°C). Nämä vastaavat hyvin aikaisemmin⁴ puristuskokeella kuparille saatuja arvoja 0.040, 0.085 ja 0.150.

Arvosteluna rakennetusta kuumakiertokoneesta voidaan sanoa, että se täyttää hyvin tällaiselle laitteelle asetetut vaatimukset, mitä tulee kokeen käytännölliseen suorittamiseen, koesauvan lämpötilan tasaisuuteen ja N-M-käyrän toistuvuuteen. Momenttimittausmenetelmä on kuitenkin epätarkka pienillä momenteilla ($M < 0.1$ kpm).



Kuva 15. OFHC-kuparin muodonmuutosvastuksen riippuvuus kiertonopeudesta ja lämpötilasta.

Kuumakiertokokeen käyttömahdollisuudet

Hyvän kuvan kuumakiertokokeen soveltuvuudesta kuumamuokkaustutkimuksiin saa tarkastelemalla sen avulla tähän mennessä suoritettuja töitä. Kirjallisuudessa selostetut tutkimukset ovat päämääränsä mukaan kolmenlaisia.

1. *Tutkimukset kuumamuokattavuuden riippuvuudesta metallurgisista tekijöistä.* — Kuumakiertokoetta on käytetty selvittäessä raekoon, faasisuhteiden, epämetallisten sulkeumien ja liuenneiden epäpuhtauksien vaikutusta sitkeyteen ja muodonmuutosvastukseen sekä teräksissä että ei-rautametalleissa. Valurakenteen vaikutusten selvittäminen lienee vaikeata koesauvan pienuuden takia. Korkeissa lämpötiloissa tapahtuvan nopean plastisen muodonmuutoksen mekanismeista on aivan viime vuosina julkaistu monia kuumakiertokokeella suoritettuja tutkimuksia^{1, 2, 3, 6, 8, 9, 10}. Näissä on saatu tuloksia, joiden avulla on ollut mahdollista selittää entistä tarkemmin kuumamuokattavuuden riippuvuutta elpymisprosessien, nimittäin rekristallisaation ja toipumisen mahdollisuuksista, samoin kuin näiden ilmiöiden riippuvuutta metallissa olevien dislikaatioiden käyttäytymisestä.
2. *Tutkimukset muodonmuutosvastuksen riippuvuudesta muodonmuutosnopeudesta ja lämpötilasta.* — Tällaista tietoa tarvitaan ennenkaikkea arvioitaessa käytännön kuumamuokkausprosesseissa tarvittavia voimia, momenteja ja tehoja. Kuumakiertokokeessa saaduista tuloksista voidaan määrätä muodonmuutosvastusta karakterisoivat todelliset jännitys-muodonmuutoskäyrät.
3. *Tutkimukset kuumakiertokokeen ja käytännön kuumamuokkausprosessien välisen korrelaation löytämiseksi.* — Haettaessa kuumakiertokokeen avulla sopivinta lämpötilaa kuumamuokkausta varten, on hyvin yleisesti todettu, että muutamia kymmeniä asteita matalampi lämpötila kuin se, jossa kriittillinen kiertomäärä N_k saavuttaa maksimin, sattuu hyvin yhteen edullisimpien muokkauslämpötilojen kanssa esim. valssauksessa ja taonnassa. Samoin on voitu standardiolosuhteissa saatua kriittillistä kiertomäärää N_k käyttää mittana arvioitaessa materiaalin soveltuvuutta esim. pursotukseen ja putkenvalssaukseen. Nimenomaan putkenvalssauksen alalla on kuumakiertokoe saavuttanut monella taholla ruutiinomaisen aineenkoetuskokeen aseman. — Ranskassa on rakennettu kuumakiertokone⁷, jolla on voitu laboratorio-olosuhteissa jäljitellä erilaisissa kuumavalssausmenetelmissä syntyvää tilannetta, kun on tutkittu niukkahiilisen hiiliteräksen mikro-rakenteen riippuvuutta valssausolosuhteista.

Yhteenveto

Metallien soveltuvuutta kuumamuokattaviksi luonnehditaan käsitteellä kuumamuokattavuus, jolla tarkoitetaan metallin kykyä sietää murtumatta plastisia muodonmuutoksia sekä helppoutta, jolla sitä voidaan muokata tietyn jännityssysteemin, muodonmuutosnopeuden ja lämpötilan vallitessa. Kuumamuokkaus puolestaan on määriteltävä nopean plastisen muodonmuutoksen aikaansaamiseksi sellaisessa lämpötilassa ja sellaisella nopeudella, että muodonmuutoksen määrän kasvu ei johda lujittumiseen muokkauksen aikana.

Kuumamuokattavuuden mittaamiseksi kehitetyistä koemenetelmistä on kuumakiertokokeella eräitä sellaisia ominaisuuksia, jotka tekevät sen käyttökelpoiseksi ja

monipuoliseksi tutkittaessa metallien kuumamuokkaukseen liittyviä seikkoja.

Teknillisen korkeakoulun metalliopin laboratorioon on rakennettu kuumakiertokone, joka suoritettujen kokeitten mukaan täyttää hyvin tällaiselle laitteelle asetetut vaatimukset.

Ne tutkimukset, joita kuumakiertokoetta hyväksi käytetään on suoritettu viimeisten 10–15 vuoden aikana eri puolilla maailmaa, antavat aiheen pitää sitä vahvana aseena metallien kuumamuokkaustutkimuksissa. Näin siitäkin huolimatta, että kuumakiertokokeella on myös omat puutteensa.

Kirjoittaja kiittää prof. H. M. Miekko-ojaa ohjauksesta sekä Outokumpu Oy:n Säätiötä ja Outokumpu Oy:tä taloudellisesta tuesta tämän työn aikana.

Lähdekirjallisuutta

1. D. Hardwick. Some Factors Affecting the Hot Workability of Steel. Thesis, University of Sheffield, 1960.
2. G. Wallquist, J.-C. Carlén. Varmvridningsprovet som värde-måtare på ståls smidbarhet. Jernkont. Ann., 143 (1959), 1—28.
3. C. Rossard, P. Blain. Premiers résultats de recherches sur la déformation des aciers à chaud. Rev. de Mét., LV, N°6, 1958, 573—594.
4. J. F. Alder, V. A. Phillips. The Effect of Strain Rate and Temperature on the Resistance of Aluminium, Copper and Steel to Compression. Journ. Inst. Metals, 83 (1954—55), 80—86.
5. K. Tajima, K. Kugai. On the Trial Manufacturing of Hot Torsion Testing Machine. Tetsu to Hagane, 42(1956), 980—985.
6. H. Ormerod, W. J. McG. Tegart. Resistance to Deformation of Super-Pure Aluminium at High Temperatures and Strain Rates. Journ. Inst. Metals, 89 (1960—61), 94—96.
7. C. Rossard, P. Blain. A Method of Simulation by Torsion for Determining the Influence of Hot-Rolling Conditions on the Structure of Steel. Flat Rolled Products III, Amer. Metallurg. Conferences, Vol. 16, John Wiley and Sons, London, 3—28.
8. R. A. Reynolds, W. J. McG. Tegart. The Deformation of some Pure Irons by High-Speed Torsion over the Temperature Range 700—1250°C. Journ. Iron Steel Inst., Dec. 1962, 1044—1059.
9. D. Hardwick, W. J. McG. Tegart. Structural Changes During the Deformation of Copper, Aluminium and Nickel at High Temperatures and High Strain Rates. Journ. Inst. Metals, 90 (1961—62), 17—21.
10. J. L. Robbins, O. C. Shepard, O. D. Sherby. Role of Crystal Structure on the Ductility of Pure Iron at Elevated Temperatures. Journ. Iron Steel Inst., Oct. 1961, 175—180.
11. G. Beck. Untersuchungen der Warmumformbarkeit von Stählen, besonders mit dem Warmverdrehsversuch. Stahl und Eisen, 83 (1963), 1369—1374.

SUMMARY

On the measuring of hot workability of metals by means of the hot torsion test.

The suitability of metals to hot working is characterized by the term hot workability which means the ability of the metal to undergo plastic deformations without breaking and the ease with which it can be worked under the particular conditions of stress system, strain rate and temperature. Hot working itself is to be defined as high-speed plastic deformation at such a temperature and with such a strain rate that the progressive deformation does not lead to strengthening during the working.

Several methods have been developed in order to measure the hot workability. Among these the hot torsion test has some properties that make it a very useful and many-sided method for investigating circumstances connected with the hot working of metals.

A hot torsion testing machine has been constructed for the laboratory of physical metallurgy at the Technical University in Helsinki. According to the tests carried out this machine fulfils well what is required of such an equipment.

The works carried out by means of the hot torsion test in several countries during the last 10—15 years justify one to regard it as a powerful arm in investigations concerning the hot workability of metals, even in spite of the fact that the hot torsion test has its own disadvantages.

Vuoriteollisuusosasto Teknillisessä korkeakoulussa

Opiskelijat syksyllä 1963

KAIVOSTEKNIikka

I vuosikurssi

Allenius, Hans Alf Gunnar
Alopaesus, Esko Juhani
Anttila, Jaakko Mikael
Autio, Hannu Kalervo
Hakola, Arto Kalevi
Koponen, Jorma Kalevi
Lappalainen, Pekka Juhani

II vuosikurssi

Huhtinen, Pasi Perttu
Koivistoinen, Pertti Veikko
Olavi
Koskinen, Vesa Raimo
Lautto, Heikki Aukusti

III vuosikurssi

Bärlund, Henrik Gustav
Hintikka, Pentti Juhani
Reinivuo, Raimo Lassi
Tapio

IV vuosikurssi

Lärkä, Hakan Gunnar
Parviainen, Kari Olavi

N-vuosikurssi

Hakapää, Eero Antero
Ketola, Matti Ilmari
Lehtola, Antti

Manunen, Tauno Ilmari
Niskanen, Pentti Olavi
Paloheimo, Risto Juhani
Peltoniemi, Markku
Pellervo
Rekola, Jorma Kalevi
Vaajajoensuu, Kalle Juhani

Mikkonen, Antti Veikko
Juhani
Paulin, Pertti Juhani
Pöntynen, Tomi Juhani
Sariola, Antti Pekka

Riihikallio, Jassi-Peter
Rosqvist, Kurt Henry
Seppänen, Pentti Sakari
Teppo, Pekka Tapani

Pöyliö, Esko Olavi
Voutilainen, Pertti Juhani

Lindeberg, Tom Christian
Suominen, Timo Untamo
Östman, Per-Oskar Albert

METALLURGIA

I vuosikurssi

Alasvuo, Veikko Olavi
Hakala, Juho Kalervo
Haanukainen, Taisto Olavi
Arijoutsu
Heimala, Seppo Olavi
Härkönen, Seppo
Höglund, Kaj Hoiger
Jaakkola, Antti Juhani
Jokinen, Hannu Ilmari
Juusela, Jyrki Tapani
Karvonen, Lauri Tapio
Kempainen, Jorma Heikki
Olavi

II vuosikurssi

Anjala, Yrjö Ensio
Eerola, Ilkka Antero
Hokkanen, Pentti Olavi
Hyvärinen, Olli Viljo
Juhani
Karvonen, Ilkka Juhani
Koskinen, Kari Olavi
Koskinen, Lauri Kyösti
Kalervo

III vuosikurssi

Anttilainen, Jaakko Juhani
Holopainen, Pentti
Hopia, Raimo Pentti
Immonen, Reino Jouko
Juhani
Johansson, Matti Johannes
Jormalainen, Toivo Niilo
Ensio
Jukka, Lauri Antero
Juntunen, Hannu Antero
Kleemola, Heikki Johannes

IV vuosikurssi

Autio, Jaakko Penttus
Hakanen, Matti Sakari
Hanhiniemi, Matti Tapio
Hertell, Karl Johan
Hämäläinen, Matti Juhani
Jalkanen, Heikki Kusti
Katila, Reijo Olavi

N-vuosikurssi

Jakowleff, Karl Erik René
Holappa, Lauri Elias
Kalevi
Jalava, Antti Heikki
Karstunen, Erkki Juhani
Kostamo, Pertti Antero
Manninen, Veikko Kalervo

Kivinen, Heikki Esko
Tapani
Korhonen, Matti Antero
Nieminen, Mikko Antero
Pakarinen, Kari
Pesonen, Herkko Olli-Erkki
Saarinen, Risto Uolevi
Salmelin, Klaus Erkki Olavi
Urpo, Sirkka-Liisa Inkeri
Vihernä, Raimo Allan
Viitanen, Pekka Heikki
Kalevi

Kukkonen, Reijo Tapio
Lehto, Seppo Juhani
Martamo, Tero Aulis
Pyyry, Ilkka Kullervo
Riihelä, Mauno Pellervo
Sundberg, Sven Victor
Söderling, Kaj Erik

Lindgren, Sten Axel
Lindholm, Tage Leif
Ojanen, Asko Einari
Ottosson, Christer Karl
Herbert
Puolamäki, Kalevi Kauko
Ensio
Sipilä, Ville Sakari
Tiitinen, Heikki Aukusti
Toivanen, Pentti Juhani
Vahtola, Ilpo Juhani

Lindroos, Veikko Kalervo
Linnainmaa, Jarkko Ensio
Paluu, Mauri Johannes
Riihimäki, Arto Kalervo
Saarinen, Aulis Veli Artturi
Tunturi, Pekka Johannes

Mattelmäki, Matti Tapani
Määttä, Veli Kauko
Johannes
Paasikoski, Olli
Räty, Raimo Allan
Salimäki, Matti Juhani
Tirkkonen, Tauno Juhani

Diplomi-insinööritutkinnon Teknillisen korkeakoulun vuoriteollisuusosastossa ovat suorittaneet:

Fomin, Pekka; diplomityö: »Tutkimus sinkkioksidin pelkistymisen kinetiikasta» prof. Tikkasen johdolla.

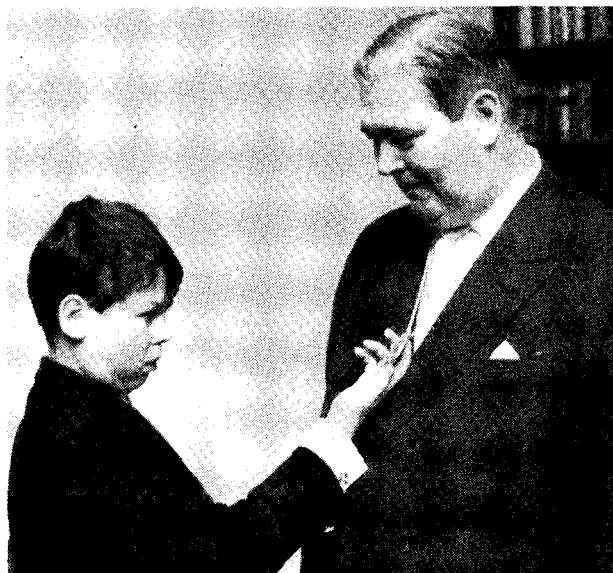
Hakalehto, Kaarlo Olavi; diplomityö: »Ammoniumnitraatti-polttoöljyseoksen käyttö räjähdysaineena Outokumpu Oy:n kaivoksilla» prof. Järvisen johdolla.

Kranck, Otto Anders Manfred; diplomityö: »Tietokoneen sovellutusmahdollisuuksia malminarvioinnissa» prof. Mikkolan johdolla.

Matikainen, Raimo Tapani; diplomityö: »Piirteitä avolouhinnan soveltamisesta Pyhäsalmen, Paraisten ja Lappeenrannan kaivoksilla sekä erällä Kemijoki Oy:n voimalaitostyömailla» prof. Järvisen johdolla.

Räsänen, Erkki Olavi; diplomityö: »Elektronimikroskooppisesta metallografiasta ja sen soveltamisesta plastisen muodonmuutoksen tutkimiseen» prof. Miekko-ojan johdolla.

Sundquist, Olli Pekka; diplomityö: »Suunnitelma Kolarin Rautuvaaran malmiesiintymän maanalaisen kaivos-toiminnan järjestämiseksi» prof. Järvisen johdolla.



Vuorineuvos *Petri Bryk* sai vastaanottaa 50-vuotispäivänään 13. 12. 1963 *Eero Mäkinen*-mitalin.

Uutta jäsenistä — Nytt om medlemmarna

Dipl.ins. *Ilmo Autere* on siirtynyt Outokumpu Oy:n palvelukseen. Osoite: Kiisukatu 9, Outokumpu.

Dipl.ins. *Teuvo Grönfors* on Teknillisen Korkeakoulun vuoriteknillisen laboratorion palveluksessa. Osoite: Harjuviita 12 B 7, Tapiola.

Fil.maist. *Juha Kalla* on siirtynyt Imatran Voima Oy:n pääkonttoriin Rakennusosaston Tutkimustoiminnan kallioperägeologiksi. Osoite: Hakamäki 2 E, Tapiola.

Dipl.ins. *Pentti Kerola* on siirtynyt Outokumpu Oy:n pääkonttoriin tietojenkäsittelyosastolle. Osoite: Poutuntie 5 A 17, Pohjois-Haaga.

Dipl.ins. *Heikki Konkola* on siirtynyt Suomen Työntantajain Yleisen Ryhmän teknillisen osaston päälliköksi. Osoite: Aino Ackténtie 5 B 15, Pohjois-Haaga.

Dipl.ins. *Olli Korhonen* on siirtynyt Oy Julius Tallberg Ab:n palvelukseen. Osoite: Hakapolku 2 B 8, Tapiola.

Dipl.ins. *Väinö Korpeinen* toimii Oy Fiskars Ab:n Inhan tehtaiden isännöitsijänä. Osoite: Oy Fiskars Ab, Inha.

Fil.lis. *Kauko Korpela* on siirtynyt Imatran Voima Oy:n pääkonttoriin Rakennusosaston Tutkimustoiminnan maa-perägeologiksi. Osoite: Kajaaninlinnantie 3 C 37, Puotila.

Dipl.ins. *Matti Kilpinen* toimii Vaasan Höyrymylly Oy:n työntutkimuspäällikkönä. Osoite: Vähäntuvantie 2 D 40, Helsinki.

Dipl.ins. *Aaro Laurila* toimii tutkimusinsinöörinä Outokumpu Oy:n metallurgisessa tutkimuslaitoksessa Porissa. Osoite: Outokumpu Oy, Porin tehtaat, Pori.

Prof. *Erkki Laurila* on nimitetty Suomen Akatemian jäseneksi. Akateemikko Laurilan osoite: Harjuviita 4, Tapiola.

Dipl.ing. *Erik Lindfors* har blivit utsedd till chef för SKF Hofors Bruks gruvförvaltning. Adress: Gästrike—Långnäs, Sverige.

Tekn.lis. *Markku Mannerkoski* on määrätty hoitamaan Oulun Yliopiston metalliopin professorin virkaa 1. 8. 1963 lähtien toistaiseksi. Osoite: Krankantie 27, Oulu.

Dipl.ins. *Onni Mäkelä* on siirtynyt Outokumpu Oy:n Pyhäsalmen kaivokselle. Osoite: Pyhäkumpu.

Dipl.ins. *Mikko Palviainen* on siirtynyt Outokumpu Oy:n Kotalahden kaivokselle. Osoite: Oravikoski.

Apulaisprof. *Juhani Seitsaari* on nimitetty Oulun Yliopiston geologian ja mineralogian professoriksi. Osoite: Raharinnantie 43, Oulu.

Dipl.ins. *Eino Turttainen* toimii Oy Machinery Ab:n osastopäällikkönä. Osoite: Lentokapteeninkuja 3 A, Lauttasaari.

Bergsingeniör *Waldemar Zeidler* har blivit utsedd till Svenska Entreprenad AB:s (SENTAB) chefsingeniör för det s.k. The Bahariya Iron Ore Project i Egypten.

Osoitteenmuutoksia — Adressförändringar

Dipl.ins. *Väinö Alho*. Uusi osoite: Puistokatu 5 A 23, Jyväskylä.

Dipl.ing. *Gösta Forssell*. Ny adress: Smedsgatan 7 A, Helsingfors.

Dipl.ing. *Olle Henrichson*. Ny adress: Kajaaninlinnantie 1 B 16. Puotila.

Dipl.ins. *Seppo Hiilamo*. Uusi osoite: Kyösti Kalliontie 10 D 38, Kulosaari.

Dipl.ins. *Ilpo Linko*. Uusi osoite: Hauenpyrstö 3, Gäddvik.

Fil.maist. *Reino Markkanen*. Uusi osoite: Harjuviita 18, Tapiola.

Fil.maist. *Juhani Nuutilainen*. Uusi osoite: Kansankatu 2, Rovaniemi.

Fil.maist. *Heikki Paarma*. Uusi osoite: Veitikantie 33 A 10, Rovaniemi.

Dipl.ins. *Antti Tuomala*. Uusi osoite: Itsenäisyydenkatu 55 A 1, Pori.

Uusia jäseniä — Nya medlemmar

Vuorimiesyhdistys hyväksyi varsinaisiksi jäseniksi seuraavat entiset nuoret jäsenet:

Dipl.ins. *Pekka Fomin*, Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen metallurgian laboratorio, Otaniemi.

Dipl.ins. *Kaarlo Hakalehto*, Lohjan Kalkkitehdas Oy, Ojamo.

Dipl.ins. *Anders Kranck*, Wärtsilä-Yhtymä Oy, Helsinki.

Dipl.ins. *Pekka Sundquist*, Otanmäki Oy, Otanmäki.



Petter Forsström pris — Petter Forsström palkinto

Vuorimiesyhdistyksen hallitus perusti keväällä 1963 vuorineuvos *Petter Forsströmin* tekemän lahjoituksen johdosta »Petter Forsström pris — Petter Forsström palkinto» — rahaston, josta vuosittain jaetaan 2 000 nmk:n suuruinen palkinto lähinnä Vuoriteollisuus-lehdessä julkaistusta parhaasta kirjoituksesta. Palkinnon jaosta päättää yhdistyksen hallitus kuultuaan tarvittaessa asiantuntijoita. Palkinto jaetaan vuosikokouksen yhteydessä. Lahjoitusta voidaan kartuttaa myöhemmin myös muiden toimesta.



Bertil Tallberg

Den 20. 4. 1963 avled i Helsingfors i en ålder av 79 år kommerserådet *Bertil Tallberg*.

Redan år 1906 inträdde han i det omfattande företag som hans fader, Julius Tallberg, grundat och kallades år 1926 till företagets verkställande direktör. Under sina decennier i firmans ledning utvecklade han med stor framgång sitt fäderneföretag, vars styrelseordförande han var ända till utgången av år 1962. Hans kunskaper och energi togs inte endast i anspråk av det egna företaget — han fungerade även inom andra kommersiella företag.

Bergsmannaföreningens medlem var kommerserådet Tallberg sedan år 1945.



V. V. Kolho

Lokakuun 4 p:nä 1963 kuoli dipl.ins., tekn.tri h.c. *V. V. Kolho* 78 vuoden ikäisenä.

Varsinaisen elämäntyönsä tohtori Kolho suoritti Enso-Gutzeit Oy:n piirissä. Vaikka hänen pääasiallinen työnsä tapahtui kokonaan toisella teollisuuden alalla, hänellä oli harvinaisen laajat tiedot kaivostominnasta ja sen tuotantoprosesseista. Tohtori Kolho oli Outokumpu Oy:n hallintoneuvoston jäsen vuodesta 1943 alkaen ja varapuheenjohtaja vuodesta 1949 kuolemaansa asti.

Vuorimiesyhdistyksen jäsen tohtori Kolho oli vuodesta 1958.



Iikka Paasikoski

Dipl.ins. *Iikka Paasikoski* kuoli auto-onnettomuuden uhrina syyskuussa 1963. Vuorimiesyhdistyksen varsinaiseksi jäseneksi hänet oli hyväksytty samana vuonna.

Tieteellisen kirjallisuuden käytön ongelmia

Fil. tri Marjatta Okko, Geologinen tutkimuslaitos, Otaniemi

Tutkimustyössä ja saatujen tulosten soveltamisessa muodostaa ammattikirjallisuuden käyttö tärkeän osan. Painetun sanan pohjalta lähtee moni uusi idea liikkeelle, sitä tarvitaan milloin minkin faktan tai detaljin tarkistukseen, ja painettuna sanana myös omat tulokset lähtevät maailmalle. Painetun sanan avulla saa niin tutkija kuin soveltaja tuntuman oman alansa virtauksiin. Pulmana on kuitenkin se tosiasia, että painettua sanaa alalta kuin alalta ilmestyy nykyisin tavattoman paljon. Se amerikkalainen ennuste, että maailman tieteellisen kirjallisen tuotannon määrä kaksinkertaistuu 16 vuodessa, viittaa jatkuvasti vaikeutuvaan kirjallisuuden hyväksikäyttöön. Suppeamman alan nykykirjallisuuden hallitseminen on jo nyt vaikeaa, saati sitten 16 tai 32 vuoden päästä! Ennusteen perusteella tutkijat tulevaisuudessa joutuisivat tietoisesti supistamaan erikoisalaansa entisestäänkin. Tuon paistuvan kirjallisen kokonaistuotoksen hallinta taas on dokumentaatiota ts. kirjallisuuspalvelua harjoittavien yhteisöjen vastuunalainen tehtävä, jota on syytä tukea kaikkein tavoin.

Paitsi dokumentaatio-ongelman muodostaa kirjallisen tuotannon tavaton määrä myös tila- ja rahakysymyksen. Jokaisella kirjastohuoneistolla on rajoinaan seinät, katto ja lattia — ja niiden sisään kirjavarojen olisi mahduttava. Jo tilakysymyksen ratkaisemiseksi eräät kirjastot ovat sopineet keskenään mm. aikakauslehtien tilaus- ja säilytysohjelman, jonka avulla tarpeeton samojen lehtien

hankinta ja pysyvä säilytys vältetään. Näin säästyy tilaa ja myös rahaa muihin tärkeisiin kirjallisuuden hankintoihin. Ennusteen perusteella näyttää siltä, että hankintojen koordinoinnin lisäksi lähitulevaisuudessa tarvitaan nykyistä enemmän säilytyskeskuksina toimivia varastokirjastoja.

Mutta elämme nykyhetkeä! Maassamme on maailman teknillis-tieteellinen ja luonnontieteellinen kirjallisuus suhteellisen hyvin edustettuna. Eri aikakauslehdet ja julkaisusarjat ovat kuitenkin kovasti hajallaan mikä missäkin kirjastossa eikä ole helppoa tietää eikä edes arvata mistä kirjastosta mikin vuosikerta on saatavissa. Tämän pulman ratkaisemiseksi Suomalainen Tiedeakatemia kustansi vv. 1950 ja 1953 ilmestyneen kaksiosaisen YHTEISLUETTELON Suomen tieteellisissä kirjastoissa olevista eksaktisten tieteiden, luonnontieteiden, tekniikan ja maatalous-metsätieteiden aikakaus- ja sarjajulkaisuista. Niin käyttökelpoinen kuin tämä jo loppuunmyyty teos onkin, oli se kertaluettelona vanhentunut jo ilmestyessään, sillä uusia aikakauslehtiä ja sarjoja yhä spesifisemmiltä aloilta ilmestyy uskomattoman paljon ja usein. Uusimman materiaalin löytämiseksi Suomen Kirjallisuuspalvelun Seura alkoi muutama vuosi sitten julkaista VUOSILUETTELOA, johon on koottu tiedot 33 teknillis-tieteelliseen ja luonnontieteelliseen kirjastoon sekä yli sataan teollisuuskirjastoon kunakin vuonna saapuneista aikakauslehdistä ja sarjajulkaisuista. Koska Vuosiluetteloon ilmoi-

tetaan todella saadut vuosikerrat, se on oivallinen opas johdattamaan hakijan eri Vuosiluetteloiden avulla jonkin kirjallisuusviitteen osoittaman vuosikerran »omistaja»-kirjastoon.

Mainittakoon, että monet kirjastot laativat myös omia luetteloita hallussaan olevista aikakauslehdistä ja sarjoista, toiset monisteina kuten esim. Suomalainen Tiedekatemia ja Valtion teknillinen tutkimuslaitos, toiset painettuina luetteloina jossain ammattialan lehdessä kuten esim. Geologinen tutkimuslaitos Geologi-lehdessä.

Kirjallisuuden tarvitsija, jonka käytettävänä ei ole hyvää kirjastoa tai kirjastoalaa hallitsevaa henkilökuntaa, saa tällaisista luetteloista erinomaisen apuneuvon häntä kulloinkin askarruttavan probleeman selvittelyssä. Tarvittava kirjallisuus löytyy niiden avulla helposti — todennäköisesti vielä 16 vuodenkin päästä. Erikoisalan kirjallisuuden hallintaan ne eivät tietysti johdata. Se onkin jo dokumentaatiokysymys.

¹ Kustantajan, Suomen Kirjallisuuspalvelun Seuran osoite on Valtion teknillinen tutkimuslaitos, Lönnrotinkatu 37, Helsinki. Vuosiluettelon vuosikerran hinta on 8 mk.

Vuorimiesyhdistys r.y. —

Bergsmannaföreningen r.f.

VUOSIKOKOUS ÅRSMÖTE

20-21. 3. 1964

Helsinki

Helsingfors

*

Svenska Bergsmannaföreningens järjestämiin metallografisiin koulutuspäiviin osallistui Suomesta yli-ins. Åke Liljeström Suomen Kaapelitehdas Oy:stä.

Svenska Gruvföreningens vuosikokouksessa 30. 11. 1963 edusti Vuorimiesyhdistystä dipl.ins. Heikki Aulanko Outokumpu Oy:n Outokummun kaivokselta.

*

Vuoriteollisuus-lehden päätoimittaja, teollisuusneuvos *Herman Stigzelius* ja toimitussihteeri, rva *Karin Stigzelius* ovat edelleen Boliviassa. Heidän tehtäviään hoitavat tri.-ins. *Paavo Asanti* ja fil. tri. *Mariatta Okko* toistaiseksi.

THE CLARKSON CO,

Palo Alto, USA

REAGENSISYÖTTÄJÄT, VENTTIILIT

THE EXOLON CO,

Tonawanda, USA

ERIKOISKUIVASEPARAATTORIT

SEILWERKE HEINR. PUTH

Blankenstein-Ruhr

TERÄSKÖYDET

RHEINSTAHL EISENWERKE

Mühlheim-Meiderich

NOSTOKONEET

MASCHINENBAU SCHOLZ & CO,

Coesfeld /Westfalen

AUTOKLAAVIT, PAINEKATTILAT KEMIALLISTA JA MINERAALITEOLLISUUTTA VARTEN

STEINHAUS GMBH,

Mülheim-Ruhr

SEULAPINNAT, SUODINKANKAAT, METALLIVERK-KOKULJETTIMET

WEDAG

Bochum

MURSKAIMET, MYLLYT, SEULAT, SUOTIMET, TÄRYSYÖTTÄJÄT (JEFFREY), KUIVAAJAT JA JÄÄHDYTTÄJÄT (JEFFREY), ILMALUOKITTELIJAT, PUMPUT, RAUDANPOISTOMAGNEETIT Y.M.

WGW

Bochum

TARKKUUSHAMMASVAIHTTEET

ALFRED WIRTH & CO K. G.

Erkelenz

SYVÄKAIRAUSLAITTEET, KÖYSIPORAKONEET

ÖDESHÖGSVERKEN AB

Ödeshög, Ruotsi

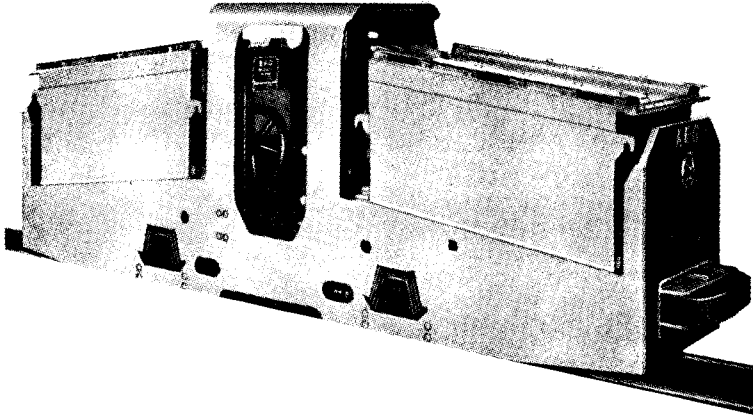
KIINTEÄT JA SIIRRETTÄVÄT KULJETTIMET, PUKKINOSTURIT, AUTOM. BETONI- JA BETONIVALUASEMAT

Pääedustaja Suomessa

VUORIKONE OY

Helsinki Puh. 55 543, 55 519

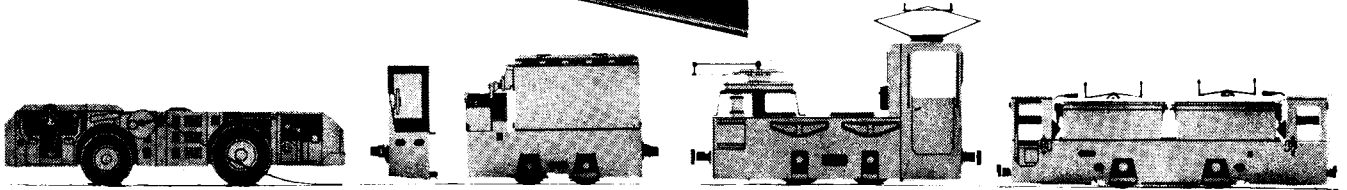
AEG KAIVOSVETURIT



AEG on valmistanut kaivosvetureita jo vuodesta 1889 lähtien ja toimittanut tähän mennessä yli 6000 paristo- tai ajojohtokäyttöistä kaivosveturia. Myös Suomeen on niitä toimitettu.

AEG:n sähkökäyttöisten kaivosveturien etuja:

- yksinkertainen, varma käyttö
- suuri ylikuormitettavuus
- suuri kuljetuskapasiteetti
- ei pakokaasuja
- mahdollisuus kaapelirumpusyöttöön
- mahdollisuus radio-ohjaukseen

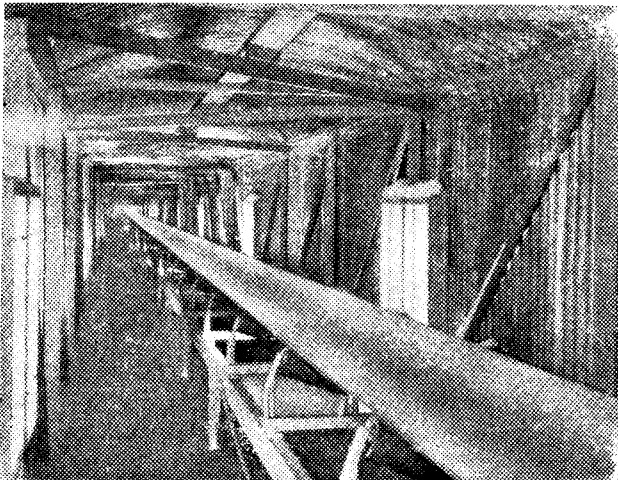


Annamme mielellämme tarkempia tietoja.

Pääedustaja **SÄHKÖLIIKKEIDEN OY**

Satamakatu 4, Helsinki — Puh. 11 501

TAMMER KULJETUS- JA ELEVAATTORIHIIHNOJA



TAMMER

36—44 oz kumihihna malmin, kivien ym. järeän tavarankuljetuksiin.

TAMMER

32 oz kumihihna kivihiilen, sepelin, sementin ym. keskiraskaan tavarankuljetuksiin.

SIRO

28 oz kumihihna lastun, hakkeen ym. kevyhkön tavarankuljetuksiin.

HERKULES BALATA

33 1/2 oz balatahihna soveltuu erikoisesti elevaattorihihnaksi sekä kitkaominaisuuksiltaan hakekuljetuksiin, joissa tyhjennys tapahtuu vinoskaavarilla.



TAMMER TEHTAAT OY TAMPERE



DEMAG

Kaivosteollisuuden luotettu varustaja toimittaa mm. seuraavia vuoriteollisuuskoneita ja laitteita:

- täydellisiä kaivoskoneita ja varusteita
- nostokoneita
- kuljetuskoreja
- Skip- laitteita
- kuljetuskorien laitteita
- korien lastauslaitteita
- köysipyöriä
- raappavinttureita

Toimitamme erityisesti kaivosteollisuuden tarpeisiin suunniteltuja korkeapainekompressoreja, paineilmasaraita ja -työkaluja.

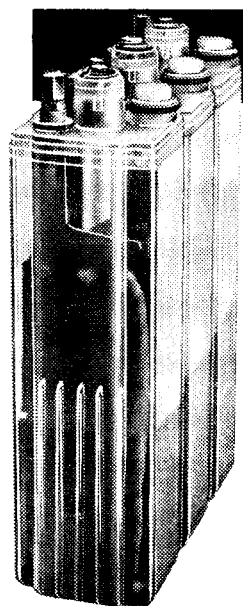


CEAG-kaivoslamppuja

CEAG-kaivoskäyttöön kehitetyille kypärälamppuille on ominaista pitkä käyttöikä, kyky kestää iskuja ja tippuvettä. Lisäksi ne ovat sisäisesti paineettomia.

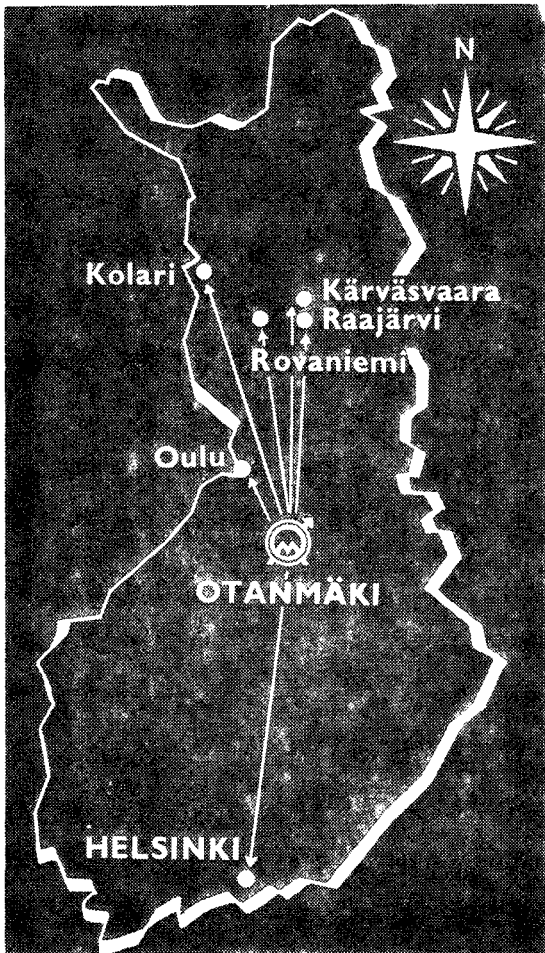
CEAG

nikkelikadmiumakut ovat kestäviä lipeäakkuja, joissa on käytetty perlonia levyjen sydämenä. Akkujen tehokas erikoisventtiili eliminoi täydellisesti painevuodot.



oy **ALGOL** AB

Eteläranta 8. Helsinki Puh. 12 631



OTANMÄKI OY

PÄÄKONTTORI

Postiosoite: Otanmäki
Sähkeosoite: Otanmäki, Kajaani
Puhelin: nimihuuto Otanmäki Oy,
Otanmäki
Telex: 9-45-11

HELSINGIN KONTTORI

Postiosoite: Ruoholahdenkatu 4 A
Sähkeosoite: Otanmäki, Helsinki
Puhelin: 640704
Telex: 12-590

KÄRVÄSVAARAN KAIVOS

Postiosoite: Misi, Kärvasvaara
Sähkeosoite: Otanmäki, Misi
Puhelin: Misi 16

SATAMA

Postiosoite: Oulu, Malmisatama
Sähkeosoite: Malmisatama, Oulu
Puhelin: 15 347



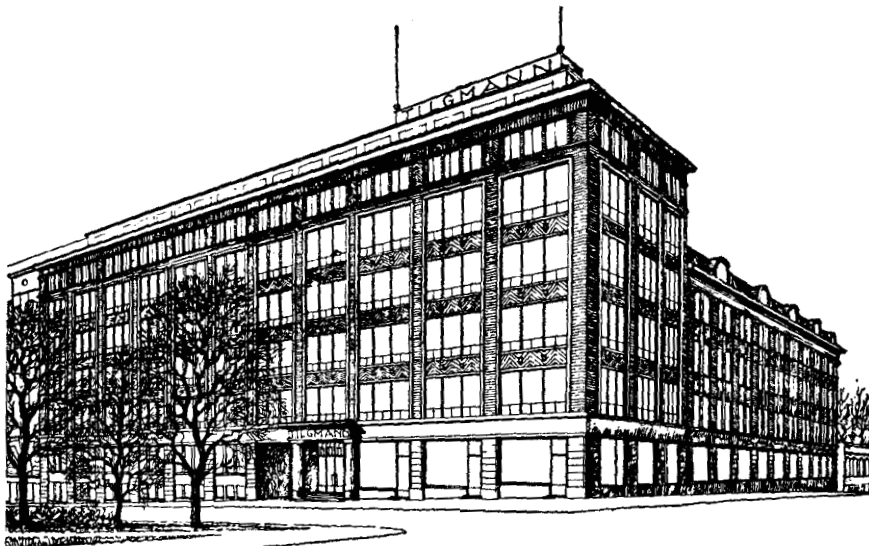
MASCHINEN - EXPORT

vuoriteollisuuskoneita

Yksinmyyjä Suomessa:

Oy Finnish Impex Ab

Helsinki Hallituskatu 17, puh. 660368



Monivuotinen
kokemuksemme graafisella alalla
sekä
uudenaikaisimmat
painatusmenetelmät
takaavat
hyvän painatustyön

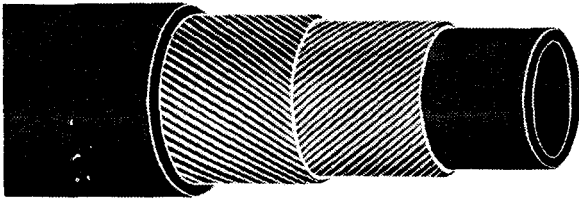
Oy Tilgmann Ab

Helsinki – Tampere – Turku
Vaasa – Oy LITO-BJÖRKELL

NOKIA

**tuttu
merkki
myös
kaivos-
teollisuudessa**

NOKIAN merkki on jo vuosikaudet ollut takeena korkeasta laadusta. Siihen on opittu luottamaan myös kaivosteollisuuden piirissä.



LCP-erittäin notkea ja kestävä cord-vahvikeinen paineilmaletku. Käyttöpaineeet 12 ja 25 kp/cm²



UKKO-VILLE

kaivospuvut on valmistettu kestävästä neopreenikumista.

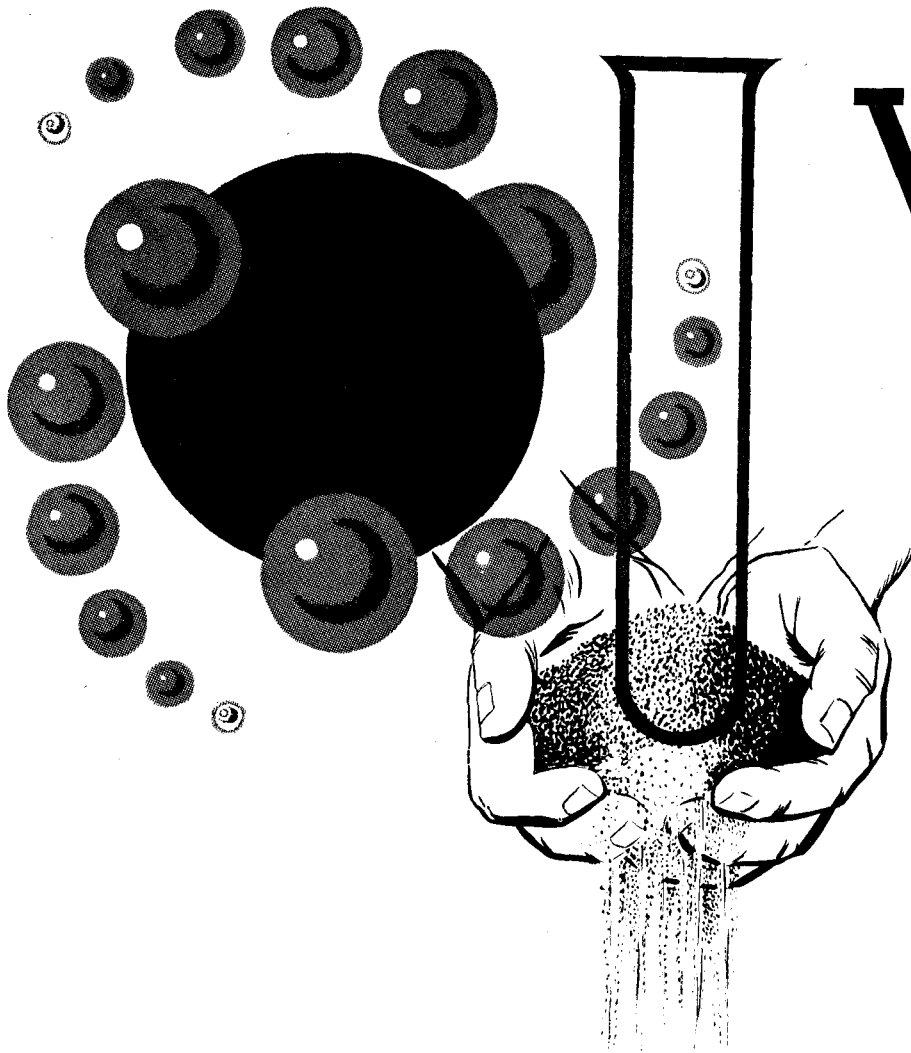


Suomen Hamitehdas Osakeyhtiö

Mikonkatu 15
Helsinki
Puh. 10711

Ilmoittajat — Annonsörer

Algol
Asea
Ekström
Finnish Impex
Fiskars
Grönblom
Hellefors
Karhula
Knorrning
Kone
Lokomo
Nissen, Chr.
Otanmäki
Outokumpu
Rikkihappo
Rotator
Rydqvist
Suomen Bofors
Suomen Kaapelitehdas
Suomen Kumi
Sähköliikkeiden Oy
Tallberg
Atlas Copco
Tallberg
Vuoriteknillinen osasto
Tammer Tehtaat
Tampella
Tilgmann
Tulenkestävät Tiilet
Valmet
Warkaus
Vuoksenniska
Vuorikone
Wedag
Vuorikone
Wärtsilä
Kone ja Silta



VASA

SALAN UUSIN PUMPPU-KONSTRUKTIO

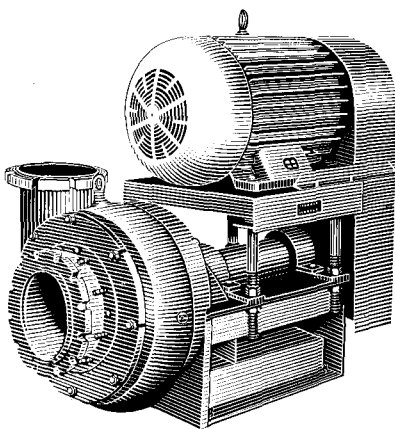
kuluttavien ja syövyttävien nesteiden pumppaamiseen

Lietettä ja hiekkaa pumpattaessa joutuvat pumpun kulutusosat ja tiivisteet erikoisen kovan rasituksen alaisiksi. Senvuoksi SALA-pumppujen kulutusosat valmistetaan erikoisosteisesta valuraudasta tai kumioidaan. SALA-pumput ovat luotettava ratkaisu pumppaustehtäviinne, sillä ne on konstruoitu monivuotisen kokemuksen perusteella.



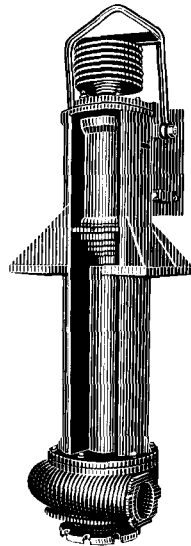
JULIUS TALLBERG

VUORITEKN. OS.
Aleksanterink. 21 H:ki, puh. 13611



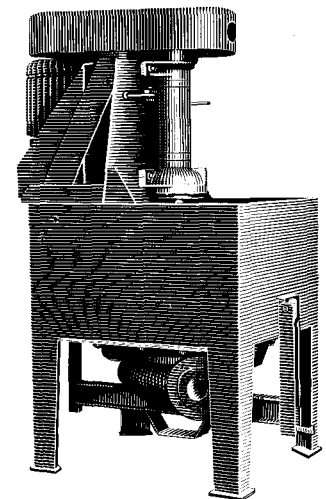
VASA-pumpussa on suljetun 3-kanavaisen juoksupyörän ansiosta pieneen tilaan saatu mahtumaan paljon tehoa. Niinpä 4" ja 6" pumppujen juoksupyörien halkaisijat ovat ainoastaan 280 mm ja 360 mm. Pumpun kulutusosat ovat Nihard-valua tai kumia. Pumpun pesän kumivuoraus on 2-osainen ja irrallinen. Kumi- ja Nihard-osat ovat identtiset ja keskenään vaihtokelpoiset.

Valmistuskoot: 3" — 4" — 6" — 8".



VASA-pumppuja valmistetaan myös pystyakselisina. Niitä voidaan tällöin käyttää upotettavina kokoojakaivoissa. Tämä tyyppi korvaa normaalin vaakapumpun, milloin tilanpuutteesta tai muista syistä johtuen pystypumpun käyttö on edullisempää. Pystypumpun suoritusarvot ovat samat kuin vastaavan vaakapumpun.

Valmistuskoot: 3" — 4" — 6" — 8".

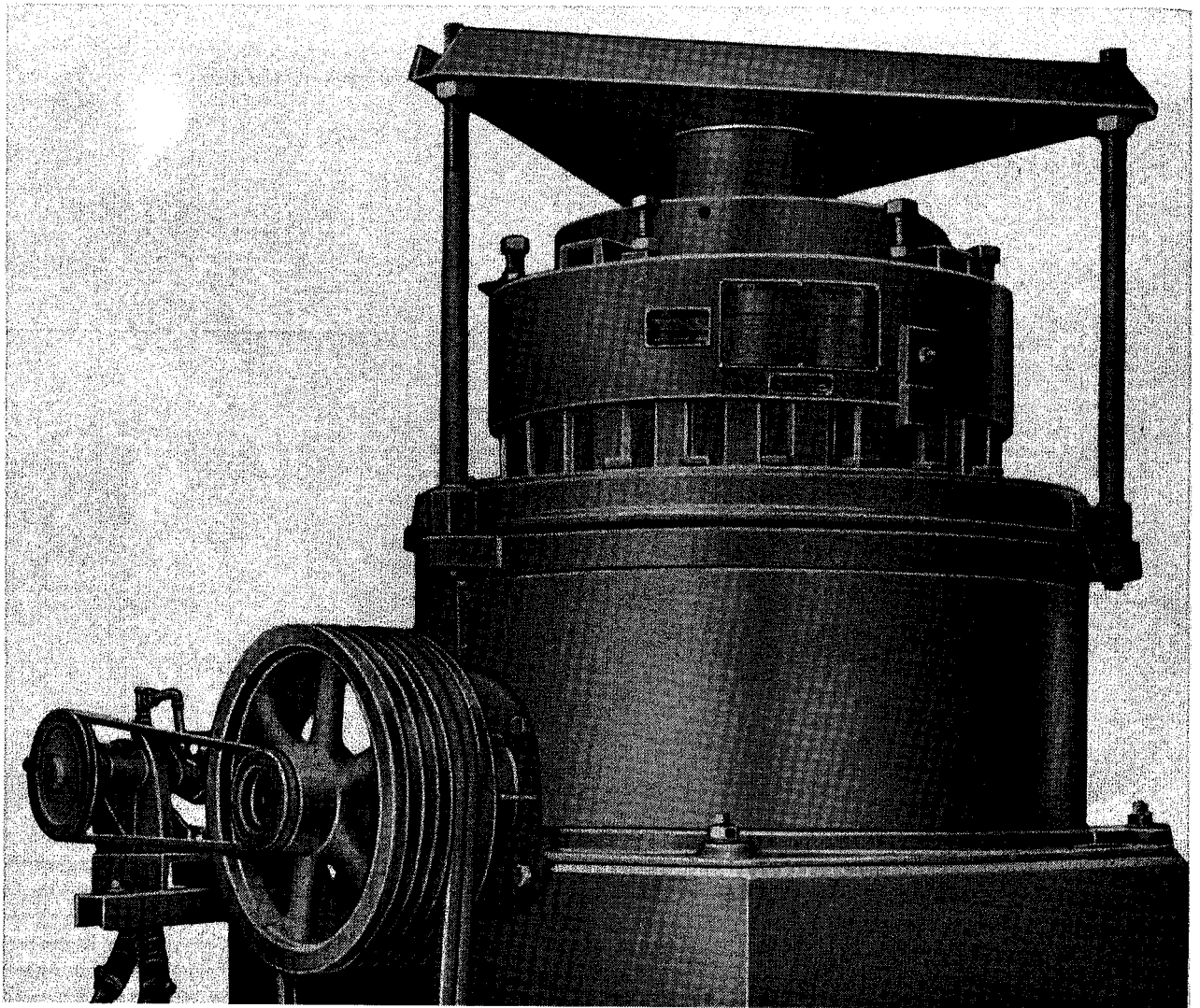


SALA-vertikaalipumpeissa (malli Boliden) on pumpun pesä altaan pohjana, ja akselin laakerointi kokonaan nestepinnan yläpuolella. Näissä pumpeissa ei siten tarvita laisinkaan akselitiivisteitä. Avonaisen rakenteen ansiosta ei pumpun ole myöskään herkkä ilmakuplille. Juoksupyörä on rakenteeltaan joko suljettu tai avoin. Pumpun toiminnassa on pääpaino asetettu pumpun liikuttavuudelle ja helppokäyttöisyydelle. Valmistuskoot: 1 ½" — 3" — 5 ½".

SYMONS 22" IC

Kartiomurskaimia

malmin, kalkkikiven, rakennus- ja tiekateaineiden hienomurskaukseen. Periaate sama kuin isoissa SYMONS-kartiomurskaimissa. Tasainen syöttö, nopea ja pitkä murskausisku sekä itsetoimiva joustinsuoja. Suuri tuotantokyky ja murskausaste. Pienehköihin ja keskisuuriin laitoksiin.



Yhteistyössä Morgårdshammars Mek. Verkstads AB:n kanssa.