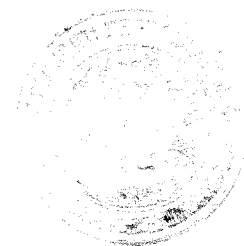


VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN

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



Sisältö — Innehåll:

Vuorineuvos Mäkinen 60-vuotta.

Prof. H. Hausen:

Blick på Sydamerikas bergsindustri och dess förutsättningar.

Tri Heikki Miekko-oja:

Metallin toipuminen muokkaustilasta.

Bergsing. Alfred Bjarme:

Gruvmaskiner i modern svensk bergsindustri.

Tri Risto Hukki:

Piirteitä mineraalien rikastustekniikan viimeaikaisesta kehityksestä.

Dr.-ing. Bølge Troberg:

Om manganproblemet.

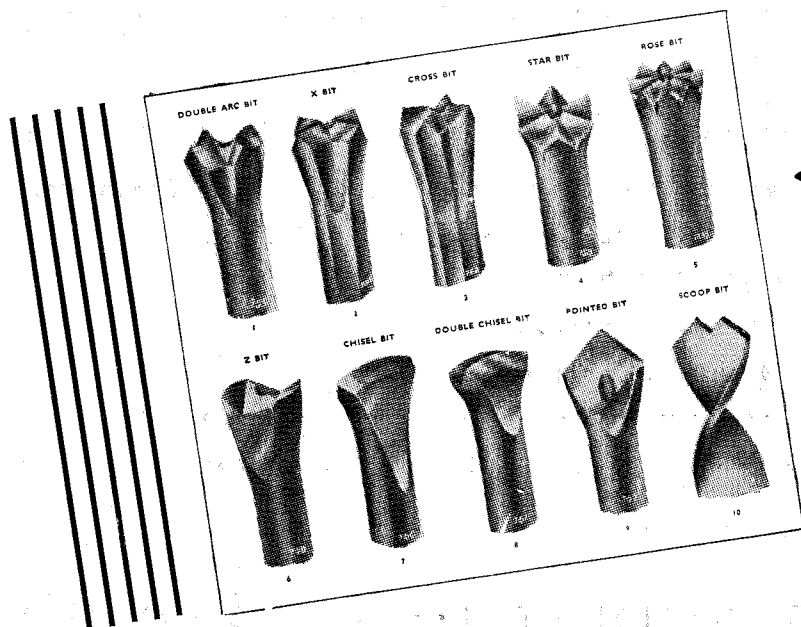
HADFIELDS

poraterästä

Hadfields Ltd, Sheffield, on jo vuosikymmeniä valmistanut poraterästä m.m. kaivosteollisuutta varten. Hadfieldsin porateräksiä käytetään kaikkialla brittiläisessä maailmassa ja ovat ne osoittautuneet suurimpiakin rasituksia kestäviksi.

Hadfieldsin insinöörit ovat kokeilemalla kehittäneet **uuden porateräksen**, joka jättää kaikki aikaisemmat laadut varjoon.

Toivomme voivamme lähitulevaisuudessa esitellä tämän uuden porateräksen Suomen kaivosteollisuudelle.



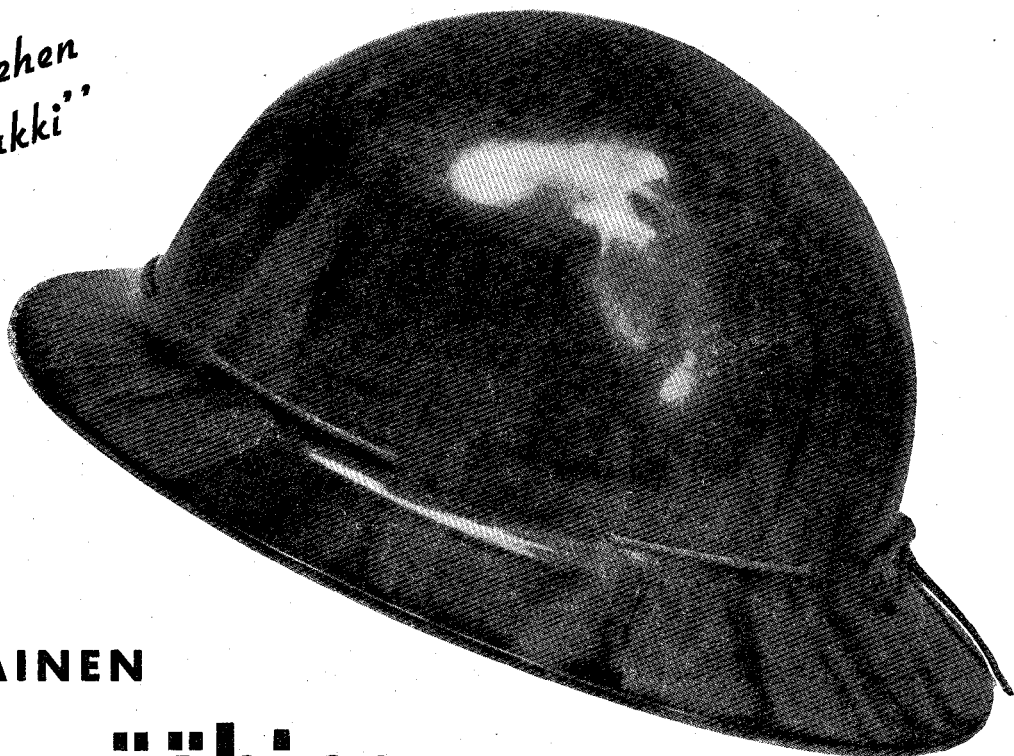
OTTAKAA YHTEYS MEIHIN!

KONTINO

Kommandiittiyhtiö T. Matikkala & Kumpp.

HELSINKI • KALEVANKATU 6 • PUH. 61 301 (vaihde)

*Kaivosmiehen
"virkkalakki"*



KOTIMAINEN

Suojapähine LAL

Valmistettu parhaiden amerikkalaisten esikuvien mukaan moninkertaisella puuvillakudoksella ja teräslankaverkolla vahvistetusta erikoistekohartsista.

Valmistustavasta ja käytetyn raaka-aineen laadusta johtuen pähine

- on erittäin luja mekaanisia rasituksia vastaan,
- kestää vettä ja syövyttäviä aineita,
- eristää sähköä,
- eristää lämpöä,
- ei ole tulenarka,
- on hygieninen ja helppo puhdistaa,
- on kevyt lujuteensa verrattuna.

Vaihdettavia sisuksia valmistetaan 6 eri suuruutta n:ot 55—60.

VALMISTAA: **A. Ahiström Osakeyhtiö**
KARHULAN TEHTAAT

MYY:



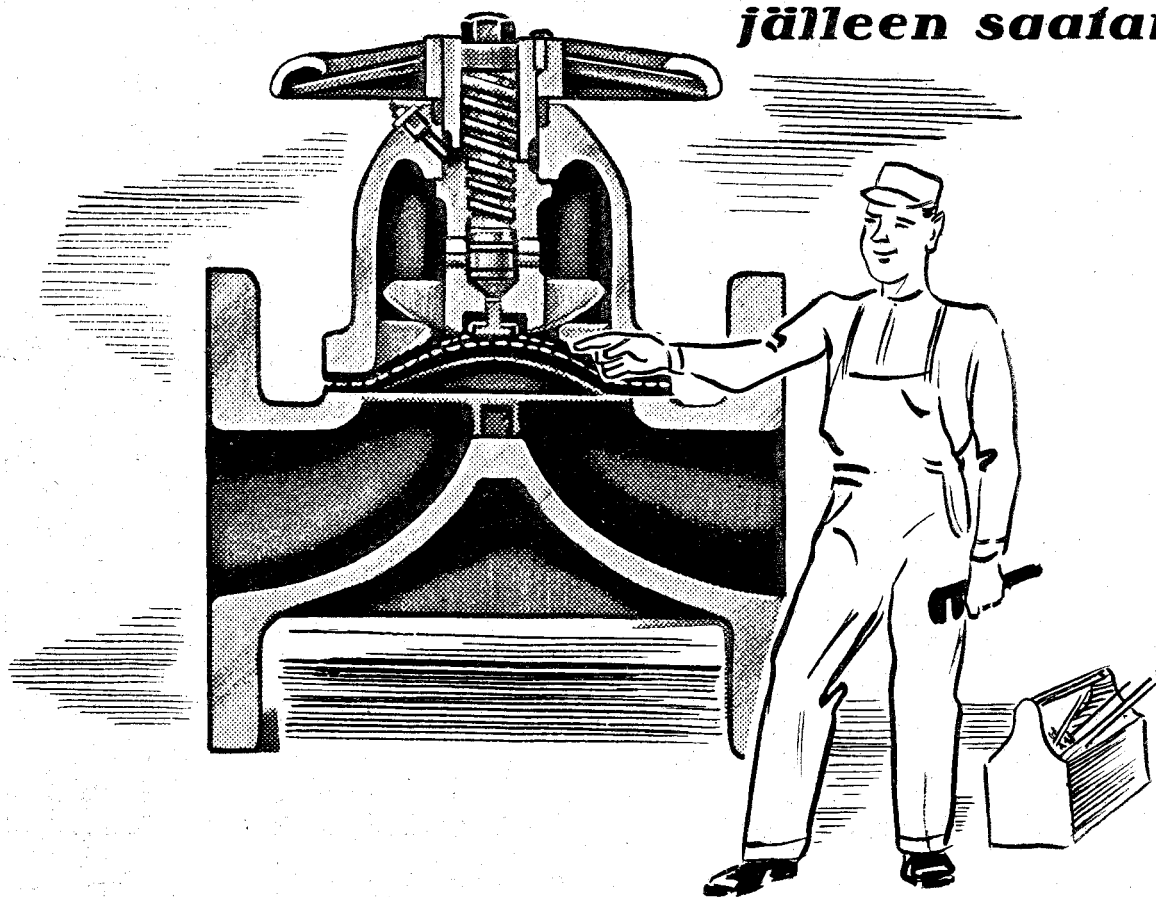
L. A. LEVANTO OY

BULEVARDI 3 — HELSINKI — PUHELIN 24 010.

SAUNDERS

VENTTIILEJÄ

jälleen saatavissa



Tunnetut SAUNDERS-venttiilit eroavat oleellisesti muista venttiileistä. Virtaviivaisen virtausaukon yhtä sivua rajoittaa SAUNDERS-venttiileissä kumikalvo, joka täydellisesti eristää sulkukojeiston läpivirtaavasta aineesta. Suljettaessa puristuu kumikalvo istukkaa vasten ja tiivistää tehokkaasti. Paineilmaverkon käyttöhanana SAUNDERS-

venttiili ehkäisee vuotoja ja tuottaa huomattavia säästöjä. Venttiiliaineksen vastustuskyky happoja ja syövyttäviä nesteitä vastaan on myöskin huomattava etu, joka lisää käyttövarmuutta ja alentaa huoltokustannuksia.

SAUNDERS-venttiilejä haponkestävästä teräksestä, lyijy-, kumi- ja emalivuoratusta valuraudasta ym. lyhyin toimitusajoin

toimittaa

Mercantile



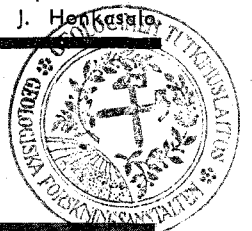
30 731

HELSINKI — MANNERHEIMINTIE 12.

VUORITEOLLISUUS BERGSHANTERINGEN

Lehti ilmestyy n. 4 numerona vuodessa. Kirjoitusten lainaukset — myös osittain — sallittuja vain erikoisluvalla, jolloin myös lehden nimi on täydellisenä mainittava. — Toimitus ja ilmoitusten vastaanotto Keskuskatu 1, II kerros, puh. 22 138. Toimitusvaliokunnan muodostaa yhdistyksen hallitus puheenj. vuorin. Eero Mäkinen. Päätoim. dipl.ins. J. Heikkinen.

Julkaisija: VUORIMIESYHDISTYS r.y. — Utgivare: BERGSMANNAFÖRENINGEN r.f.
Painatus ja iakelu: Tilgmannin kirjapaino, Helsinki



60-VUOTTA

täytti 27. 4. 1946 Vuorimiesyhdistyksen puheenjohtaja, vuorineuvos *Eero Mäkinen*.

Vuorineuvos Mäkinen on syntynyt Sortavalassa, tullut ylioppilaaksi Sortavalan Realliyseosta v. 1904, suorittanut fil. kandidaattitutkinnon v. 1909, lisenssiaattitutkinnon v. 1913 sekä päätti vuoritekniikan opintonsa Tukholman Teknillisessä Korkeakoulussa v. 1918. Outokumpu Oy:n toimitusjohtajana on vuorineuvos Mäkinen ollut v. 1921 lähtien. Vuorineuvoksen arvon hän sai v. 1936.

Näiden lyhyiden elämäkerrallisten tietojen puitteisiin sisältyy valtava työ Suomen vuorityön hyväksi. Kun kysymyksessä on ollut uuden teollisuusalan luominen, mikä on laadultaan ollut todellista uranuurtajatyötä, on se ollut mahdollista vain terävän kaukonäköisyyden, perusteellisen asiantuntemuksen, rautaisen työtarmon ja rohkean yrittäjähengen avulla. Näitä ominaisuuksia ei vuorineuvos Mäkiseltä ole puuttunut. Outokummun kaivoksien, kuparisulattimon ja metallitehtaan luoja vuorineuvos Mäkisen nimi piirtyy Suomen vuorityön historiaan sen merkittävimpanä hahmona.

Outokumpu Oy:n hyväksi suorittaman työn ohessa on vuorineuvos Mäkinen monella muulla tavalla edistänyt maamme vuoriteollisuutta. Hän on antanut asiantuntemuksensa käytettäväksi monissa alan tärkeissä kysymyksissä sekä tukenut vuoritekniikan koulutus ja tutkimustyötä.

Lähinnä vuorineuvos Mäkisen antaman tuen rohkaisemana perustettiin tammikuussa v. 1943 Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y., jonka puheenjohtajana hän on tehnyt arvokasta työtä maamme vuorimieskunnan yhteistoiminnan ja oikean vuorimieshengen hyväksi.

Vuorineuvos Mäkistä kävivät hänen merkkipäivänään Vuorimiesyhdistyksen puolesta onnittelemassa yhdistyksen hallituksen jäsen ins. Grönros ja sihteeri, ins. Järvinen ojentaen hänelle seuraavansisältöisen adressin

»Suomen kaivostyön elvyttäjää,
sen suurta esitaistelijaa,
uuden metalliteollisuuden luoja
ja yhdistyksemme syvästi kunnioitettua puheenjohtajaa
onnittelee hänen juhlapäivänään

Vuorimiesyhdistys — Bergsmannaföreningen r.y.»



Blick på Sydamerikas bergsindustri och dess förutsättningar

Föredrag inför Bergsmannaföreningens årsmöte den 5 maj 1946

Av professor H. HAUSEN, Åbo Akademi

Innehåll. — Kort överblick av världsdelens skapnad. — Ädelmetallutvinningen — Kopparindustrien. — Tennmalmproduktionen. — Järn- och stålmetallernas utvinning. — Bergoljaproduktionen. — Övriga icke-metalliska råämnena.

Sydamerika kan anses som en av världens ännu till stor del outnyttjade förrådskammare av naturalster av olika slag. Ja, denna väldiga päron- eller strutformade landmassa torde ej utan skäl kunna förliknas vid ett ymnighetshorn, som för århund-

raden framåt vore istånd att tömma sitt innehåll över hela den civiliserade världen, särskilt de nordliga, överbefolkade och varuhungliga rikena. Icke blott animaliska och vegetabiliska produkter stå här till buds, utan kanske i lika hög grad mineralrikets skatter. Att ett dylikt jätte-reservat i vår hektiska tid med dess industrialiserande expansionsbegär ännu står till buds, sammanhänger med en rad faktorer, icke minst av geografisk och politisk art. — Som bekant är Sydamerika (frånsett Guianas mandatområden) uppdelat i icke färre än 10 republiker av olika omfattning, och de styras av den latinska rasen. Benämningen 'Latinamerika', som man så ofta möter, är dock i någon mån vilseledande, emedan inbyggarna till stor del äro indianer jämte blandraser mellan dessa och inflyttade medelhavsfolk eller negrer. »Den vita rasen» här nere är i stort sett identisk med spanjorers och portugisers avkomlingar på sydamerikansk jord. Härtill kommer förstas i nutiden tillströmmande immigranter från alla Europas länder. Däremot ha ytterst få nordamerikanare sökt sig hit ned. — Mest framträdande 'vita' finner man i Argentina, i Chile och i vissa av Brasiliens federativa stater. Dessa länder ha ock hunnit längst i kultur och politiskt inflytande (»A.B.C.»).

Lika brokig som Sydamerikas geopolitiska och rasbiologiska bild är, lika mångskiftande och rik

Fig 1.



på kontraster är *naturen* själv. Icke blott höjdförhållandena äro till ytterlighet ojämnt fördelade, klimat, växt- och djurvärld visa även de stora skiftningar. — De mest dominanta dragen i världsdelen skapnad äro å ena sidan Andernas fjällmur i väster från Panamanäset i norr till Eldlandet i söder, å andra sidan de merändels flacka landområdena av väldig utsträckning i hela den övriga delen av kontinenten, där stora flodsystem behärska den geografiska bilden. — Anderna äro en mera sluten och svårforcerad mur än deras fortsättning i Central- och Nordamerika. Landytorna i öster falla till sin huvuddel inom den tropiska zonen och täckas av urskogen — 'selvas' — ifall de ej lämna rum för en öppen böljande 'campo'. Mot söder möta sedan sumpiga savanner och de argentinska pampas, vilka än längre mot söder övergå i Patagoniens ödliga mesetas. — Som en egendomlig kontrast till de tropiska urskogarna i Brasilien stå Högandernas torregioner med jordens mest nederbördsfattiga område — Puna de Atacama. Även en stor del av det inre Argentina är öken.

Sydamerikas trafiknät är ännu föga utbyggt. Visserligen erbjuda de stora floderna delvis utmärkta segelleder, men å andra sidan finnas områden av väldig utsträckning, dit endast mulastigar leda. Ett järnvägsnät i modern mening påträffar man blott i Argentina, överspannande i huvudsak det fuktiga 'littoral' eller jordbruksdistriktet, 'Fästetråderna' till detta nät, som täcker blott en bråkdel av landet, nå på särskilda ställen fram till Anderna. Brasilien äger banor förnämligast blott i kustens närhet, medan det långsmala Chile har det enklare ställt för sig: landet genomdrages från norr till söder av längdbanan med sina korta förgreningar ned till hamnarna. De nordligare belägna

andina republikerna ha alla att kämpa med svåra topografiska hinder. De internationella förbindelserna via rälsen äro fortfarande svagt utbyggda eller saknas helt, och samfärdseln sker allt ännu förnämligast utmed kusterna. På sistone har givetvis flygtrafiken snabbt utvecklats sig, men denna betjänar ju i främsta rummet blott persontransporten. De stora autostradorna tillhöra ännu framtidens desiderata.

Industrialiseringen är i Sydamerika — om man jämför med förhållandena i den nordliga nabo-kontinenten — ännu i sin linda. Det extensiva jordbruket och den likaså extensiva boskapskötseln trycka ju förnämligast sin prägel på nationalhushållningen i flera av republikerna, speciellt i Argentina. Därtill kommer plantagekulturer i härför lämpliga klimat. Bergsbruket har dock gamla anor i de andina staterna, och särskilt Bolivia är ju ett utpräglat bergsindustriland. Förärbettningsindustrier för de metalliska och de övriga mineraliska råvarorna saknas emellertid i stor utsträckning.

Vad nu *bergsbruket* beträffar, varmed vi här skola sysselsätta oss, kan man säga, att detta sådant det i våra dagar gestaltat sig, icke äger någon påfallande endemisk prägel i de republiker, där denna näringsgren uppblomstrat. Orsaken härtill är främst respektive länders låga tekniska kultur över huvud, deras kroniska kapitalbrist och den latinska rasens brist på det slags företaganda, som är av nöden i dylika kunskapskrävande, påfrestande och riskfyllda värv. Det är yankees och européer (engelsmän och tyskar), vilka infört nödigt kapital och satt igång med bergverken, och till kapitalets ursprungsländer vandra givetvis sedan produkterna, dels råa, dels i mer eller mindre förädlad skick. Detta gäller icke endast metalliska ämnen och olika slags salter,

svavel, ädelstenar m.m., utan även bergoljan, vilken sistnämnda produkt vinner allt mer i betydelse. — En blick på Sydamerikas bergsindustri blir på grund av det ovarsagda närmast en översikt av främlingars företaganda i dessa exotiska miljöer. Man torde utan egentlig överdrift kunna påstå, att Sydamerika trots sina tio självständiga republiker ur räämnessynpunkt i själva verket är ett enda väldigt kolonialområde för den nordliga civiliserade världen.

Tidigare har framhållits världsdelen synnerligen osymmetriska byggnad i topografiskt hänseende. Det är klart att även *berggrunden* i så vitt skilda naturområden som Anderna å ena sidan och de väldiga landområdena i öster å andra sidan skall uppvisa djuptgående olikheter. Detta medför i sin tur att de geologiska förutsättningarna för bergsindustrien te sig väsentligen olika i fjällregionens zon och i de östra landen. Anderna ha en starkt utvecklad vulkanism, delvis avdöende eller utslocknad, och denna har givit upphov till en oerhörd mångfald av rik malmer med guld och silver, förutom koppar, tenn, bly, zink, kvicksilver m.m. Det är härvid fråga om malmtyper, vilka höra hemma i jordskorpan s.k. överbyggnad — de unga, av erosionen ännu ej utslätade bergskedjorna. I Venezuelas, Guianas, Brasiliens, Uruguays och i Argentinas vida lägre landtytor ha vi åter djupare etager av jordskorpan blottade, vilkas berggrund för sina slag av malmer; De äga mer anklang till Kanadas och Fennoskandias malmtyper. Härtill kommer en för de östra områdena ogynnsam omständighet: berggrunden är icke sällan begraven under yngre pålagrande formationer, som äro utblottade på malmer, och därvid är underlaget tekniskt icke åtkomligt. Detta är fallet inom Sydbrasi-

liens s. k. Gondwanaformation med sina lavatäckten och vidare i de paraguaysk-argentinska Chacosavannerna samt i pampans stora område. Hårtill kommer ännu en omständighet av mera ytligt slag: I det andina området råder torrklimat med vegetationsbrist, varför berggrunden här är väl synlig och även väl uppsluten i de djupa dalarna. I kontinentens östra delar är fundamentet sönderfränt av vittringen och täckes merändels helt av savann- eller skogsvegetation.

Det är därför utan vidare klart, att bergsbruket alltsedan incarikets dagar har sin egentliga hemorts rätt i de andina staterna.

Till först må vi taga en översikt av Sydamerikas viktigaste malmtyper:

I. *Det andina området.* — Här finnas som sagt i främsta rummet ädlare malmslag. De äro dels högtermala pneumatolytiska, dels lägre — termala, hydrotermala. De förra äro anslutna till granitisk-monzonitiska djupbergarter, de senare åter i huvudsak till ungvulkaniska lavar och lavaproppar. Vanligast äro sulfidiska malmer. Därnäst kommer tennsten och wolframit. Järnmalmer och manganmalmer äro i Anderna sparsamt förhanden.

Mycket typiska malmslag i fjällområdena äro utom sulfider av järn och koppar sulfosalter av metallerna silver, koppar, bly och zink. De rikaste silvermalmen äro — eller rättare sagt, ha varit — sådana fahlerz- och sulfostannatmalmgångar i vulkanisk berggrund, som under inflytande av vittringen vid jordytan övergått till vad gruvfolket kallar »pacos» med klumpar av gediget silver och något djupare ned silverglans.

2. Vända vi oss sedan till *de stora östra landområdena*, ha vi här malmer av helt andra slag. Ungvulkanisk berggrund lyser med sin frånvaro, och i stället ha vi mineralanhopningar som

höra hemma i jordskorpan djupare delar och som bildats vid höga temperaturer och ett högt tryck. I Brasilien uppträda sålunda högtermala kvartsgångar med järn- och kopparkis samt arsenikkis förande guld, ävensom pegmatitiska- och kvartsgångar med friguld. Genom vittringen och avspolningen i markerna har det sistnämnda hamnat som korn eller nuggets i flodsanden. — I de argentinska 'Sierras Pampeanas' — uppstående delar av den annars i pampalandet djupt begravda undergrunden — finna vi i anslutning till graniter sådana malmslag som tennsten och wolframit, kopparkis och svavelkis (sällan med bornit). Vidare har man kvartsgångar med friguld.

Hårtill kommer i Venezuela och Brasilien ännu väldiga inlagringar av järn- och manganmalm i anslutning till gamla sandstenslager, som hårdnat, nedveckats i jordskorpan och omvandlats till kvartsit — den s. k. itabiritformationen. Järnmalmen är i huvudsak järnglans delvis även magnetit, manganmalmen är peroxid f. d. karbonat). Dessa bildningar erinra om järnmalmen vid Övre sjön i U.S.A.

Av *icke-metalliska fyndigheter* i Sydamerika ha vi många olika slag, de flesta geologiskt unga eller recenta bildningar, såsom bergoljan, salter av olika slag, svavlet i vulkanerna, den tropiska vittringsjorden bauxit, m. m. Vidare finnes på sina ställen sten- och brunkolsarter, bildningar delvis tillhörande äldre formationer, och slutligen ha vi den kristallina berggrundens tekniskt värdefulla mineral av icke metallisk art, såsom ädel- och prydnadsstenar (diamanten, topas, monazit, beryll o. d.).

Olika slag av bergsindustrier.

Ädelmetallutvinningen. — I forna dagar var det som bekant *guldet* vilket utgjorde det för-

nämsta lockbetet för de spanska erövrarna, då de drogo åstad till denna fjärran sydkontinent. När Incariket underkuvats räckte det icke länge, förrän ädelmetallutvinningen drivits fram av erövrarna i Columbia, i Ecuador, i Peru och Bolivia, så att man redan vid slutet av 1500:talet var uppe i en produktion, som i samma nejder under senare tider aldrig uppnåts. Till en början var det förstas flodguldet (*el oro lavado*) i Nya Granadas, alias Columbias strida strömmar, som blev föremål för utvinningen. Men allt efter som Pizarro med sina guldtörstiga krigare trängde fram mot söder på jakt efter sägnens *El Dorado* begynte man angripa även bergguldet. Härvid var det merändels ej enbart fråga om guld — utan fastmer om guld- och silverutvinning. Det förhåller sig nämligen så i dessa andina regioner, att guldet vanligen ej uppträder ensamt för sig (i kvarts), utan ingår det i allehanda andra malmslag med silver och även koppar. (Cerro de Pasco, Peru, producerar för närvarande c:a 1.500 kg guld om året.)

I de delar av Anderna vilka falla inom Chile och Argentina ha guldmalmer likaså hittats, ehuru de här aldrig kommit att spela någon större roll. Guld vaskades i de chilenska floderna dock redan före spanjorernas ankomst, ty indianerna där betalade sin årliga skatt till Incarikets härskare i guld. Det var i själva verket ryktet om oerhörda guldrikedomar som lockade spanjorerna till att utsträcka sina erövringståg även ned till det avlägsna Chile, ehuru det senare visat sig, att verkligheten är betydligt fattigare på denna åtrådade metall än vad man i fantasien utmålade.

I de stora östra områdena av kontinenten har guldproduktionen tagit vid långt senare. Det var förnämligast i den brasi-

lianska staten Minas Geraes flodguld anträffades och utvanns på 1700-talet, varefter följde upptäckten av bergguld-fyndigheter, dels i form av kismalmgångar, dels som s.k. jacutinga lines eller av vittringen angripen järnmalmsförande tillika guldhaltig berggrund. Till dessa nejder förlades sedermera även Sydamerikas (och Brasiliens) enda storindustri på bergguld-malm, när det engelska bolaget St. John del Rey Mining Co år 1834 öppnade driften i världens numera djupaste gruva — Morro Velho (2.500 m). Guldet förekommer här dock ej i gedi-gen form, utan är det inblandat i kiser, främst arsenikkis. År 1817 öppnades en gruva även i Ouro Preto vid Passagem i samma stat, även den i engelska händer (Ouro Preto Gold Mining Co). Driften nedlades här dock 1926, under det att Morro Velho allt ännu är i drift. St John del Rey Mining Co är för övrigt det brittiska världsväldets äldsta af-färsföretag i branschen, vilket ej vill säga så litet. — Guldet från Minas Geraes inlöses av den bra-silianska statsbanken.

I närvarande tid är det dock ej Brasilien som dominerar ifråga om guldproduktionen, utan de gamla guldfälten i Columbia, varest man startat maskinell utvinning av alluvialguldet (jäm-sides med platina-utvinningen) särskilt i Antioquia och Marino i Mellankordilleran, vilka områden stå för 80 % av hela guldutbytet härstädes.

Enligt senaste tillgängliga data från 1940 belöpte sig detta år guldutbytet till 640.000 oz. (motsv. ung. 19.840 kg). I de gamla guld- och silverländerna Ecuador, Perú och Bolivia, Incarikets forna do-mäner, spelar som sagt friguldet ej närmelsevis samma roll som de ädla gångmalmen med sina sulfidiska mineral. I Perú belöpte sig totala guldproduktionen 1942 till 9.014 kg.

Den nutida utvinningen av silver i Sydamerika håller sig allt fortfarande till de andina regionerna, närmast Perú och Bolivia. Mest bekant är måhända silver- och koppargruvan Cerro de Pasco i Perú, belägen uppe i högfjällen vid norra ändan av Lima-banan. Fyndigheten upp-täcktes 1630 och har sedan dess levererat enorma mängder av silver.* Under hela den långa tiden fram till slutet av det förra århundradet ha mestadels blott de ytligaste och rikaste partierna bearbetats (gediget silver och silverglans). Sedan 1902 är gruvan i händerna på Cerro de Pasco Mining Co, som emeller-tid i huvudsak framställer kop-par (se nedan!). Perú står f.n. för ca 7% av världens silverproduk-tion.

I grannrepubliken Bolivia har silverindustrien likaså gamla anor, och detta land var under tidig kolonialtid världens främsta silverproducent. Oerhörda tresorer av den vita metallen forslades över till moderlandet Spanien. Till en början sändes sådant som rövats från incafolket, sedermera det silver, vilket medels slav-arbete utvunnits ur de gamla silvergruvorna. — Med stigande och fallande intensitet har silver-utvinningen sedan fortgått i de andina rikena fram till 1890-talet, då priset på silver vållade betydande inskränkningar i drif-ten, och tennet trädde i stället som den bärande metallen.

Bolivias silverproduktion har för tidrymden 1553—1910 angivits till 48 miljoner kg, varav icke mindre än 30 milj. härstamma från en enda gruva Cerro Rico de Potosi, belägen i den södra delen av republiken. Denna fyndighet upptäckt 1544 är egentligen en kombinerad silver- och tennmalm, ett gång-system anslutet till resterna av

*) Nuvarande årsprod. ca 250.000 kg.

en gammal vulkan, där berggrun-den genomsvärmas av de mine-raliska ådrorna. I dessa anträffas primärt tennsten, silverfahlerz och andra rika silvermineral, när-mare dagytan (d.v.s. i oxidations-zonen) silverglans, hornsilver och klumpar av gediget silver. I våra dagar är tennmalmen den väsentliga. — Utom denna gruva äger landet ännu flera andra, s.s. Oruro, Pórcó, Pula-cáyo, Huanchála m.m. vilka alla i äldre tider bearbetats på silver, men nu leverera mest tenn. Det viktigaste primära sil-vermineralet i dem var silver-fahlerz, ehuru oxidationszonens lätt tillgängliga »pacos» av gedi-get silver m.m. spelat huvudrol-len.

Följa vi Anderna längre mot söder komma vi över till Chile, därifrån likaså en hel del bekanta silverfyndigheter äro att anteck-na. De flesta ha »gångkaraktär» (utgöra mineraliserade sprickor) och äro anknutna dels till grani-tiska djupbergarter, dels till ung-vulkaniska lipariter och daciter. De förra hålla blyglans, zinkblende och silverfahlerz, nära dagytan omvandlade till rikmalm (ged. silver). Fahlerzerna uppvisa en betydande guldhalt. — Silver-utvinningen i Chile är, om man jämför den med förhållandena i de nordligare belägna andina republikerna, jämförelsevis ung, i det att en nämnvärd produktion satte in först på 1800-talet. Års-produktionen belöpte sig under förra delen av samma sekel till 20.000 kg. Efter det att den rika fyndigheten i Chañarcillo i provinsen Atacama upptäckts steg produktionen, och 1855 var man uppe i det första maximet med 213.000 kg. Ett andra maxi-mum nåddes 1887 med 220.000 kg, synnerligast sedan silver-gruvan Caracoles efter kri-get med Perú på 1870-talet inför livats med norra Chile. I nyare tid har emellertid produktionen gått nedåt, väl närmast beroende

på att malmerna begynt taga slut. Den nuvarande produktionen av silver förskriver sig huvudsakligen från andra slags fyndigheter, i vilka metallen utgör en biprodukt.

I Argentina — »Silverlandet» — såsom namnet på svenska kunde återgivas, med sitt Rio de La Plata eller »Silverfloden» har silverutvinningen tvärt emot vad man kunde förmoda uppvisat blott blygsamma resultat. Namnen härleda sig från kolonialtiden, då indianerna från Högländet i nordväst bytte till sig varor mot silver av de sjöfarare, som sökt sig uppför La Plata. Några silverfyndigheter i Argentina kunna visserligen anföras innehållande dels blyglans, dels silverfahlerz m.m., men de äro mera kända som bly- resp. kopparproducenter.

Sydamerikas i äldre tid enorma silverproduktion i de andina staterna var i viss mån ett slags förspel till förhållandena i världens numera silverrikaste land Mexico och även i Rocky Mountains i U.S.A. Amerikanaren Spurr har hyst den förmodan, att vi här ha att göra med en enda väldig genetiskt sammanhängande silvermalmformation, den s.k. »silverkanalen» löpande från British Columbia i nordväst till Atacamaöknen i sydost.

På tal om ädelmalmer återstår att säga några ord om *platinametallerna*. Det enda land som härvid förtjänar omnämnande är Columbia, där i det tropiska regnskogsområdet nära Stilla havets kust platinavaskning bedrivs i det stora hela enligt ganska primitiva metoder, på sistone delvis ersatta med maskinell stordrift.

Platina (spanskt ord som betyder »litet silver») upptäcktes i Columbia redan 1513 i Rio Atratos dalgång i provinsen Chocó av conquistadorerna. Man satte emellertid då intet värde på metallen, ty man sökte

efter guld. Först mot slutet av 1700:talet begynte man samla upp denna egendomligt tunga silverglänsande metall. Stordriften sattes omsider in 1915 av ett nybildat engelskt bolag. Numera handhaves driften för tillvaratagande av såväl alluvialguld som alluvialplatina av The South American Gold and Platinum Co Ltd. Denna nya aktivitet kan närmast betraktas som en följd av Rysslands genom revolutionen förstörda platinaproduktion i Uralbergen. — Huvuddelen av Columbias platina utskeppas till U.S.A. för raffinering. Den columbianska platinan innehåller 80—85 % platina, Resten är iridium och osmium. Exporten av Pt 1940 belöpte sig till 4.000 oz. (124 kg.).

Blyproduktionen. — En viktig biprodukt vid silverframställningen är bly, då ju de flesta silvermalmer utgöras av blyglans (med zinkblände) jämte en del andra komplexa sulfider (teallit, boulangerit, bournonit). Ifråga om blyproduktionen är ogensägligen Bolivia det ledande landet med alla sina rika gångmalmer i Huvudkordilleran. Speciella blymalmer äro dock ej vanliga, utan sitter blyet i de mera komplexa malmslagen. Blyglansådror uppträda mest nära gränsen till Argentina (trakten av La Quiaca). Det blykoncentrat som numera framställles i Bolivia innehåller 60—70 % bly. Dessutom exporteras s.k. *escoria*, vilket intet annat är än gammalt blyrikt slagg, som i stora mängder hopats i närheten av de forna silversmält-hyttorna.

Även i Perù finnas fyndigheter av silverhaltiga blymalmer (sulfosalter och blyglans), såsom vid *Huanuco*, beläget i närheten av Rio Huallagas källor. — I Chile har blyproduktionen aldrig ernått någon större omfattning. De gångformiga malmerna äro föga uthålliga mot djupet. På senare tid ha vissa impregnations-

malmer med blyglans vunnit betydelse. Landets blyproduktion belöper sig för närvarande till omkr. ett tusental ton blyglans om året. — Argentina har att uppvisa en viss blyproduktion härledande sig från en del blyglansgångssystem i provinsen Jujuy vid gränsen till Bolivia. Nedsmältningen äger delvis rum i en hytta vid staden Jujuy, och metallen fraktas sedan med järnväg ända ned till La Plata. *) Produktionen täcker ej landets behov.

Kopparindustrien. — Under conquistadorernas klang- och jubeldagar betydde kopparn ej så mycket i bredd med de ädla metallerna guld och silver. Det har likväl senare visat sig, att kopparmalmerna för denna världsdel vid sidan av tennet blivit de bärande mineraliska råämnena, som invid platsen för brytningen bearbetats dels till halvfabrikat, dels till raffinadkoppar, varpå produkten sänts vidare till det land som i huvudsak givit upphov till den moderna kopparutvinningen i Sydamerika — U.S.A.

Liksom beträffande silvermalmer är det återigen den andina fjällkedjan vilken innehåller de viktigaste kopparfyndigheterna. Men, medan den förra metallen av olika anledningar synes hava föredragit Perù och Bolivia, äro de stora koppargruvorna i huvudsak belägna i Chile. Detta bör dock ej förstås så att ej de nordligare republikerna ägde värdefulla kopparmalmer även de.

Kopparutvinningen i Sydamerika är ett ganska fängslande kapitel, ty den når tillbaka ända till den för-incaiska tiden. Här är ej utrymme att närmare gå in därpå, utan få vi nöja oss med några korta antydningar. I Perù ha vi den redan tidigare nämnda betydande silverkop-

*) Även vid La Plata-stranden finnes en blysmälthytta.

parfyndigheten Cerro de Páscó (nuvarande prod. c:a 25.000 ton koppar om året), vidare — icke synnerligen långt därifrån — Merocócha m. fl. — I Bolivia finnes den viktiga fyndigheten Corocóro, innehållande malm med ända till 5 % koppar. Denna malm är anmärkningsvärd därigenom, att den vid sidan av kopparsulfider även innehåller metallisk koppar, en i sandsten avsatt reduktionsprodukt bildad då kopparsvavelgaser vid framträngandet kommit i beröring med redan förefintlig järnglans. Koncentraten som utskleppas, innehålla till 50 % koppar.

Produktionen av metallisk koppar ur denna fyndighet har för dess hundraåriga existens tid beräknats till 200.000 ton, varav ungefär hälften ur sulfidmalm.

Någon mer omfattande kopparutvinning i Sydamerika begynte ej förrän fram mot medlet av förra seklet, och därvid var det ej de nordliga republikerna, utan Chile som gick i spetsen. Under dekaderna 1831—1840 steg den årliga produktionen av koppar här till 240.000 ton, vilket motsvarade ungefär 31 % av världproduktionen. Först i början av 1880-talet överflyglades Chile av U.S.A., när 'Lake-kopparn' kom ut i marknaden. De malmer som under 1800-talet bearbetades i Chile, voro mestadels rikmalmer av gångkaraktär, såsom kopparkis, fahlerzer samt isynnerhet det för de andina regionerna så typiska mineralet enargit, en koppar-arseniksulfid, bunden till de ungvulkaniska lavornas sprickbildningar. I dessa malmer har naturen för övrigt sørjt för en betydande anrikning närmast under dagytans vittrings- och urlakningszon, i det att det rika kopparmineralet kalkosin (Cu_2S) i den underliggande cementationszonen utfällts. Man utvann alltså i äldre tider kopparn ur dagytans zon (karbonat, klorid, sulfat av

koppar) samt den därunder befintliga kalkosinen. Den sista hausseperioden under detta synnerligen aktiva skede inföll under dekaderna 1861—1870, varvid Chile stod för 43 % av hela världproduktionen av koppar!

I våra dagar upplever samma land emellertid en ny, man kunde nästan säga sensationell storproduktionsperiod, vilken bottnar i från Nordamerika införda moderna mineralseparationsförfaranden tillämpade på jämförelsevis fattiga malmer, alltså med en kopparhalt av 1,5—2,5 % och där omkring. Dessa malmer ratades i äldre tid, men de ha den fördelen, att de impregnationsartat omfatta väldiga volymer av berggrund, varigenom de totala tillgångarna bli kolossala.

Den första kopparfyndighet i Sydamerika som blev föremål för ett dylikt anrikningsförfarande, var El Teniente, belägen i en fjälltrakt några mil sydost om Chiles huvudstad Santiago. Förråden av malmen, som håller 2,18 % koppar uppskattas till omkr. 250 miljoner ton. Fyndigheten ligger 3000 meter över havet och tillhör Braden Copper Co. *) Den består av impregnationer i en vulkanisk explosionscaldera av svavelkis, kopparkis och bornit samt något antimonfahlerz. Denna impregnation har närmare dagytan anrikats på kalkosin. 16.000 ton malm om dagen fraktas till separationsverket. Där erhålles 1.100 ton koncentrat med 30 % koppar, vilket på en ort några mil från gruvan smältes till blisterkoppar, som exporteras till U.S.A. Blisterkopparn framställs genom smältning med petroleumbränsle. Årliga prod. är alltså c:a 100.000 ton Cu.

En annan betydande kopparfyndighet som likaså ligger i händerna på yankees (Andes Cop-

*) Dotterbolag av Kennecott-koncernen.

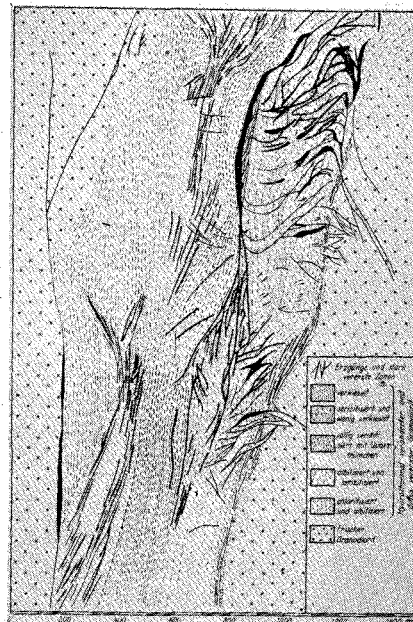


Fig. 2. Geol. karta över Chuquicamata, Chile. Det prickade området längst t. h. och t. v. är o-omvandlad granodiorit, däremellan en bred zon av hydrotermalt omvandlad och med malmmineral (primära sulfider) impregnerad berggrund. De svarta strecken och ådrorna utgöra primära malmgångar. Dagytans vittringsmantel tankes avlagrad. (Efter V. M. López, från Schneiderhöhn, Lehrb. d. Erzlagerstättenkunde 1941).

per Mining Co) är Potrerillos, beläget öster om staden Chañaral i norra Chile. Malmförråden här äro likaså mycket betydande, nära 140 miljoner ton, med en medelkopparhalt av 1,51 %. Arbetet begynte först 1926. Tills vidare utvinnas blott de ytliga zonerna av denna impregnationsmalm.

Slutligen ha vi ännu att nämna storgruvan Chuquicamata i Atacama öknen, även den en nordamerikansk anläggning. Den befinner sig norr om staden Calama och nära intill Antofagasta-Uyuni-järnvägen. Denna fyndighet som för övrigt var känd redan av incafolket, är en av de märkligaste i sitt slag i världen. Malmförråden äro praktiskt taget obegränsade — omkr. 1 miljard ton med en medelkopparhalt av 2 %! Arbetena begynte här 1913 av Chile Copper Co, men numera (eller sedan 1923) äges gruvan av Anaconda Copper Mining Co. —

Tills vidare har man inskränkt sig till utvinningen av själva vittringszonen i dagytan, där sådana lättlösliga Cu: mineral som atacamit och brochantit (klorid resp. sulfat) bildats i det extremt torra klimatet. Därunder komma rika kopparsulfider (sekundär anrikning) och än djupare ned har man den primära malmen med enärgit, kopparkis och bornit. Den ytliga malmen krossas och urlakas med svavelsyra, varpå kopparn utfälles elektrolytiskt. Redan 1927 var man uppe i en produktion av 123.000 koppar.

— Det funnes mycket att säga om Chiles gruvor, deras malmer och exploateringsförfaranden, men utrymmet medger ej. — Vad sedan den stora systerrepubliken i öster — Argentina — beträffar, ligga förhållandena med tanke på kopparutvinningen betydligt blygsammare till. Viktigast äro här gruvorna uppe i Sierra de Famatina i provinsen La Rioja på 5000 meters höjd — världens högst belägna bergverk — med sina gångmalmer innehållande både koppar- och silvermineral av andina typer. Driften har dock mött betydande svårigheter trots den argentinska statens stödaktioner. Förråden äro av allt att döma ej tillräckliga.

I Brasilien är kopparutvinningen av ringa omfång.

Tennproduktionen. — Denna vita metall har spelat en stor roll i Sydamerikas bergsindustri åtminstone under det senast förflutna halvsekle. Blickarna går härvid till Bolivia, som utgör en av världens allra märkligaste tennproducerande länder. Det anmärkningsvärda är dels att tennmalmföringen begränsas just till detta avsnitt av Anderna, dels att vid sidan av den vanliga tennstenen som malmineral uppträda även sulfostannater med silver, koppar, bly och järn.

Det är få trakter av världen som blivit grundligare undersökta

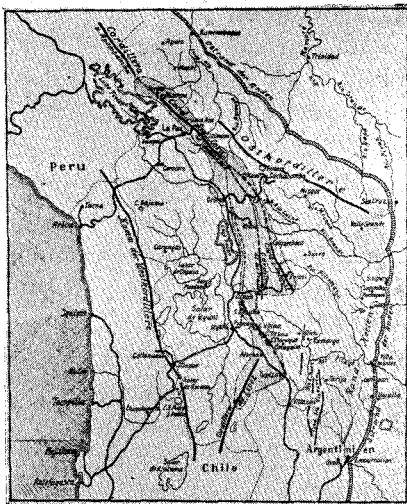


Fig. 3. Karta över det tennmalmsförande avsnittet av Anderna (republiken Bolivia) med Stillahavskusten t. v. Metallzonerna äro särskilt framhävda.

ifråga om malmföringen än det bolivianska tennmalmsdistriktet. Enligt nyaste rön kan man särskilja två kategorier av tennmalmer: 1. Sådana som äro anknutna till granitiska och närstående djupbergarter och omfattande hela den termala bildningsskalan från pegmatit-tennstenen (med wolframalm) genom pneumatolytisk tennsten och upp till de hydrotermala bildningarna med tennsten — sulfostannater, fahlerz, rika silvermalmer, ävensom zinkblende, m. m. 2. Vid sidan av denna man kunde säga normala malmbildningssuccession finnes i Bolivia en annan grupp av tennmalmer som enbart äro bundna till ungvulkaniska nära dagytan stelnade malmer. Dessa malmgångar uppvisa merändels en stark »telescoping», varmed menas, att olika malmbildningsfaser hörande till olika temperaturer lagt sig över varandra inom en kort vertikal sträcka (istället för att vara utdragna till ett större djup). På dessa fyndigheter anträffas utom tennsten sulfostannater, silverfahlerz m. m. Till samma grupp hör några betydande tennfyndigheter såsom Llallagua, Colquechaca,

ca, Oruro och Potosi Llallagua har till våra dagar levererat inemot 400.000 ton tenn.

Tennindustrien i Bolivia är i själva verket icke synnerligen gammal, eller från 1890:talet. Vid den tiden skedde nämligen en betydande omläggning av bergverksdriften, i det att silverutvinningen på grund av silverprisets fall blev oräntabel. Tenn ryckte då in i stället som landets mest bärande råämne. — Bolivias tennmalmsförande område är 720 kilometer långt och omfattar i huvudsak den s.k. Cordillera Real, kring vilken de många gruvorna gruppera sig. I anslutning till tennmalm finnes wolframalm och vismutalm. Även antimon- och kvicksilvermalmer äro förhanden tydande på speciellt låga bildningstemperaturer i malmgångarna (apomagmatiska mineral).

Tennmalmsdistrikten äro till antalet 7 och det största och mest bekanta är Uncia-Llallagua, den tennrikaste trakten i hela världen. Orsaken till varför tennmalm begynte brytas jämförelsevis sent i Bolivia var tydligen den, att man i äldre tid ej förstod sig på utvinningen av sulfostannaternas tennhalt. I de gamla tenndistrikten i Europa (Sachsen och Cornwall) är det ju enbart fråga om den lätthanterliga tennstenen, vilken tidigare helt tillgodosåg världens tennbehov. Numera står Bolivia för 25% av världsproduktionen. 1943 var totala tennproduktionen (koncentrat) = 38.500 ton. *)

I tennutvinningen i Bolivia deltaga tre intressegrupper: Patiño Mines and Enterprises Consolidated, Hochschild och Aramayo. Den förstnämnda är den viktigaste, och dess huvudaktionär är bolivianaren Simon I. Patiño, en av världens rikaste män. Mycket nordamerikanskt

*) Koncentraten innehålla omkr. 60% tenn.

kapital ligger ock bakom detta företag. Tennmalmkoncentraten ha tidigare sänts enbart till smältverket Williams Harvey i Liverpool, men numera torde en del gå till U.S.A.

Järn- och stålmetallens utvinning. — Till denna grupp av metalliska ämnen räknas som bekant utom järn även mangan, krom, molybden, wolfram, vanadium, nickel etc. Vi skola i det följande förnämligast skärskåda kontinentens järn- och manganfyndigheter samt de möjligheter som finnas till deras utnyttjande.

Härvid riktas blickarna främst till den största av Sydamerikas statsbildningar, Brasilien, närmast till dess östliga stater. I själva verket finna vi här rent av otroliga förråd av järnmalmer fördelade på staterna Matto Grosso, Minas Geraes, Goyaz, Bahia, Sao Paulo, Paraná, Santa Catarina och Rio Grande do Sul. Bäst kända äro malmerna i Minas Geraes.

Järnmalmerna äro inlagringar i en omvandlad sandstensformation kallad itabirit och av en icke närmare fixerad ålder. Den är dock yngre än omgivande berggrund och nedveckad i denna. I huvudsak är det fråga om en järnglimmer-kvartsitskiffer, i vilken kompakta lager av blodstensmalm, delvis ock magnetit uppträda. Dessa lagars tjocklek är varierande, men kan uppnå ett hundratal meter. Den kvartshaltiga itabiritmalmen kan i vissa lager vara yttermera anrikad på sådant sätt att kiselsyran utlösts av vittringen, och malmlagrets konsistens är då lös, mullartad. Sådant malm kallas *jacutinga*, och är anmärkningsvärt nog guldhaltig samt betraktas därför närmast som en guldmalm. Vidare finner man i flankerna av de i trakten uppstående järnmalmryggarna massor av nedrasade itabiritblock som åter hopkittats av nybildad mineralsubstans, och vilken ytliga massa kan anses som

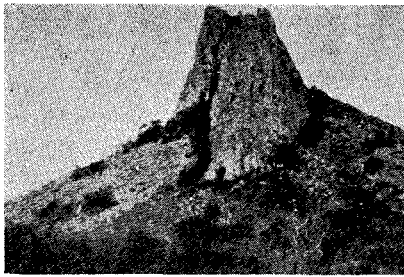


Fig. 5. Fico de Itabira, ett »järnberg» av massiv blodstensmalm i Minas Geraes, Brasilien. Malmlagret står brant upprest, och sluttningarna täckas av canga. (Efter B. v. Freyberg).

järnmalm lika väl som itabiriten. Denna ytbildning går under namn av *canga*.

Att Brasilien i själva verket ligger inne med världens största förråd av järnmalmer är känt sedan mer än trettio år tillbaka.*) Det bildades flera bolag för utvinningen, bl.a. ett brittiskt, två amerikanska, ett franskt, två tyska m.fl. Av dessa uppgjorde det brittiska Itabira Iron Ore Co ett storstilat projekt för malmbrytningen samt för järn- och stålframställningen i landet. Denna nya tungindustri skulle omfatta jämväl manganutvinningen, ty det finnes som vi skola finna betydande manganfyndigheter i anslutning till järnmalmslagren.

Emellertid upptornade sig allehanda svårigheter, på vilka det här ej närmare kan ingås. Bland dessa framstodo de långa och dåliga förbindelserna med hamnarna. Det förflöt ock långa tider utan att något uppsving hördes av. Uttalanden av fackmän från början av 1930-talet läto även mycket pessimistiska, varvid man hänvisade bl.a. till avsaknaden av koksande kol samt till bristen på träkol för reduktion av malmsmältan. Något före senaste krig var sålunda produktionen av tackjärn i Minas Geraes ur därvarande masugnar endast 30.000 ton om året. — Världens upprustning synes emellertid ha blåst

*) Uppskattad minimikvantitet = 6 miljarder ton (Fe:halt = 50 % och mer).

nytt liv i den brasilianska järn- och stålindustrien, att döma av de data från 1941 vilka kommit mig tillhanda. Itabiritmalmen som utvinnes i Minas Geraes, blev detta år till 74 % nedsmält i flera järn- och stålverk i samma stat, till 20 % i stålverken i staten Sao Paulo samt för övrigt i Rio de Janeiro, vid Pernambuco och i Rio Grande do Sul. Vilka kol som vid smältningen kommit till användning är ej bekant, ty Brasilien självt äger icke några därför ägnade kolsorter, och ej heller finnas för reduktionen träkol i nödiga mängder. I varje fall framställdes i Brasilien inalles året 1941 tackjärn till 209.000 ton, stål till 154.000 ton och valsjärn till 150.000 ton. Samtidigt exporterades från Minas Geraes över hamnen Victoria till U.S.A. och England sammanlagt 356.000 ton järnmalm.

1942 ingicks ett fördrag mellan brasilianska regeringen och U.S.A. samt England om en leverans av Itabiritmalm att utskeppas över Victoria till ett årligt kvantum av 1.5 miljoner ton. Det nya statsgaranterade stålverket i *Volta Redonda* skall samtidigt årligen leverera 300.000 ton järn och stål.

Detta är alltså ganska viktiga data, som dock utan tvivel bära högkonjunktorens prägel.

Situationen på stålfronten i Brasilien får en märklig relief därigenom, att landet äger flera betydande och högvärda *manganfyndigheter*. De anträffades 1881 i samband med anläggningen av en järnväg i Minas Geraes. Sedan följde nya upptäckter, vilka läto landet framstå som en viktig råämnesbas av detta slag. Exporten av manganmalm stimulerades under förra världskriget, men sackade sedan av för att helt upphöra 1932. Emellertid återupplivades brytningen och utskeppningen under det senaste kriget, så att exportkvantum 1941 låg uppe i 437.402 ton malm

en siffra som dock understiger 1917 års kulmen.

Manganmalmen bildas i själva verket tack vare sin höga kvalitet Brasiliens för närvarande viktigaste mineraliska råämne, och det torde ej finnas något land, Indien och Ryssland medtagna, som ägde motsvarande mängder av manganmalm. Fyndigheter anträffas i 10 stater, mest dock i Bahia, i Matto Grosso och i Minas Geraes så vitt man tills vidare har sig bekant.

Brasilien är ej det enda landet i Sydamerika där mer betydande järnmalmreserver stå till buds. Även i Chile finnes en högklassig malm, upptäckt och exploaterad av nordamerikanare, huvudsakligen i El Tófo i landets nordliga del, nära hamnen Cruz Grande i departementet Seréna av provinsen Coquimbo. Malmen är en blandning av magnetit och martit med en medeljärnhalt av 65 %. Fyndigheten hade 1913 övertagits av Bethlehem Steel Co, som anlade en elektrisk bana till hamnen. Malmen fraktas till Baltimore i Maryland, där koncernens stålverk äro belägna. I returfrakt hämtas kol eller olja som avlevereras på mellanliggande orter. En chilensk järn- och stålindustri har i och med El Tófo dock ej kommit till stånd, ty det saknas kokande kol i landet, och använde man sig av elektrisk energi, stode ej träkol för reduktionen till buds, — alltså samma handicap som i fråga om Brasilien.

På senare tid har man riktat sin uppmärksamhet på Venezuelas järnmalmförråd. Mest bekanta äro Sierra de Imatáca-fyndigheterna vid nedre Orinoco. Malmen är av utmärkt kvalité liksom de brasilianska och tillhör en formation som visar stor likhet med Itabiraformationen i Minas Geraes. Järnhalten

ligger i trakten av 70 %. Högre uppför Orinoco finnes en annan stor malmfyndighet tillhörig Colon Iron Mines, där en hel höjdygg består av hematit och där sluttningarna äro betäckta av cånga. Även från andra håll i Venezuela har järnmalm rapporterats. Tyvärr kan man på basen av alla dessa tillgångar ej tänka sig en inhemsk järn- och stålindustri uppbyggd, emedan kokande kol fattas även i detta land.

En export av malm till det icke synnerligen avlägsna U.S.A. är däremot möjlig. Även kunde man tänka sig import av malmen till grannrepubliken Columbia, varest kol i riklig mängd är förhanden, men detta land befinner sig som bekant i ett mycket ringa framskridet skede av industrialisering.

Av andra slag av »järn- och stålmetaller» vore wolfram att särskilt erinra om, då av denna vara rätt mycket finnes i Sydamerika. Äter är det Bolivia som går i spetsen med tillgångarna. Utbredningen av wolfram-malm i Cordillera Real härstädes sammanfaller i stort sett med den för tennstensfyndigheterna av det högtermala slaget (intrusiv-magnetiska malmbildningsfasen). Härtill kommer även wismutmalm som en karaktäristisk beståndsdel*) (både gedigen wismut och wismutglans). Wolframproduktionen har i Bolivia under senaste världskrig tiodubblats (1943 — 3.600 ton koncentrat). Denna industri är i själva verket ganska ung, i det att mineralen (wolframit och scheelit) begynte utvinnas först 1908.

Ännu återstår att säga några ord om Sydamerikas *vanadiumproduktion*. — Denna baserar sig på förekomsten av ett sällsynt råämne, uppträdande i Peru i Minas Ragra, nämligen vanadiumsulfiden patronit, egentligen en beståndsdel i en asfalt-

*) Bolivia är världens wismutrikaste land.

substans. Vid asfaltens förbränning erhåller man en aska som uppvisar 50 % vanadiumoxid. Fyndigheten äges sedan början av seklet av Vanadium Corporation of America. Asksubstansen sändes till Bridgeville i Pennsylvania U.S.A. i och för reduktion och för legering till ferrovandium. Produktionen var 1941 = 1.817 ton (80 % av världsprod.).

*

Vi få nu lov att sätta punkt för vår korta och skäligen rapso-diska överblick av Sydamerikas metallfyndigheter och metallproduktion, ty det skulle ännu återstå att säga några ord om *de icke-metalliska mineralen*. Utrymmet medger ej annat än ett uppräknande i allra största kort-het, så viktiga än många av produkterna äro såväl för världsdelen själv som för mineralämneshörsörjningen i de nordliga kurländerna.

Med förbigående av *ädelstens- och prydnadsstensindustrien*, som egentligen blott för Brasilien varit av någon betydelse, är det närmast *bergoljan* som påkallar en större uppmärksamhet. Den viktigaste oljeförande zonen löper utmed Andernas ostsida, den s.k. sub-andina zonen från Karibiska havet i norr till Magalhaes sund i söder. Denna zon är ännu långt ifrån slutgiltigt känd och prospekterad, vilket i främsta rummet beror på de dåliga trafikmöjligheterna i kontinentens inre. I norr, i Venezuela och Columbia äro förhållandena drägligast, och här har som bekant en väldig exploatering under senaste decennier utvecklats sig. Ön Trinidad utanför Venezuelas kust är ju känd för sina rika oljekällor. Vidare ha vi de bekanta petroleumfälten invid Maracaibo viken och desamma längre väster ut vid Darien-golfen i Columbia. Följa vi Andernas östra fot längre söderut, ha vi tecken

till oljeföring litet varstans i Columbia, i Ecuador, i Perú och särskilt i Bolivia, där i närheten av Santa Cruz de la Sierra ett stort oljedistrikt torde komma att utveckla sig. Även söderut härifrån inåt Argentina har man oljeförande lager, särskilt i provinsen Salta. Än längre mot söder blir oljeföringen sparsammare såsom i Mendoza och Neuquén, men nere på Atlantkusten i Chubût (alltså redan utanför den sub-andina zonen) möter åter ett rikt givande oljefält, Comodoro Rivadavia tillhörigt den argentinska staten.

Ute på Stillehavskusten i Ecuador och i Perú finnas andra oljeförande områden som förefalla rätt lovande. I Chile torde olja finnas blott längst i söder i Magalhaes — området. Brasilien, Uruguay och Guianas ha ingen oljeproduktion att uppvisa.

Venezuela är sålunda viktigaste oljeländ i Sydamerika och intager andra platsen i raden av världens oljeproducerande länder med en kvantitet 1942 av omkr. 30 miljoner ton.

1939 var oljesituationen i världen den, att Nordamerika som

produktionsland gick i spetsen med ung. 169 miljoner ton, därnäst kom Sydamerika med ung. 37 milj. ton. Till ungefär samma belopp nådde den del av Gamla världen, vilken innesluter Sovjetunionen och det övriga Europa. Det icke-ryska Asien uppvisade samma år 25 milj. ton. Sedan följde de oljefattiga sydkontinenterna Afrika med ett par hundra tusen ton (Egypten) och Australien med en icke närmare känd utvinning (i Västaustralien).

Vi se härav att den sydamerikanska oljan raskt marscherat fram dock tills vidare ej på synnerligen bred front, i det att produktionen i huvudsak inskränkt sig till Venezuela. Det råder dock knappast tvivel om att Sydamerika har en stor framtid ifråga om det flytande bränslet. Den viktigaste förutsättningen för en sådan utveckling är trafikmedlens utbyggande.

Vad sedan den långa listan på andra icke-metalliska mineralprodukter vidkommer få vi inskränka oss till blott ett omnämnande. Nutidens aluminiumhunger har frammanat en väldig *bauxitutvinning* i Venezuela — Guiana —; det är här givetvis

fråga om nutida bauxitlager och ej »fossila» sådana som i Sydfrankrike. — Vidare fås i kontinentens andina torrtrakter andra ytliga naturprodukter av klimatbetonad art — de många olika slagen av lättlösliga salter, bland vilka ju *chilesalpetern* intager främsta platsen. *) Förråden här äro ännu långt ifrån uttömda. — *Borax-lagren* i Puna de Atacama äro vidsträckta, men föga exploaterade, sammalunda allehanda salares med *koksalt* och andra natriumsalter. Utvinningen av *vulkaniskt svavel* i samma trakter är desslikes i sin början.

Vad slutligen världsdelen *kolfråga* beträffar, vore därom mycket att säga, ehuru mest in negativ riktning, varom redan antydningar gjorts på tal om järnindustrien. Bäst synas förhållandena ligga till i Columbia, varest även koksande kol äro förhanden, men detta lands tillgänglighet lämnar ju ännu mycket att önska. — Kolbehovet i Sydamerika tillgodoses i huvudsak genom import av engelska kol. Detta gäller som bekant även järnvägnas väldiga behov.

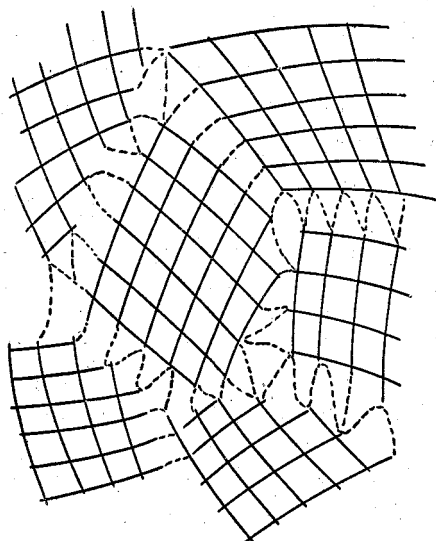
*) Senaste årsproduktion utgjorde omkr. 1.5 milj. ton.

METALLIN TOIPUMINEN MUOKKAUSTILASTA

Tri HEIKKI MIEKK-OJA, Outokumpu Oy., Pori.

Muokattaessa metalli joutuu epästabiliin pakkotilaan sen johdosta, että monet atomit siirtyvät pois niille energiasuhteiden perusteella kuuluvilta paikoilta. Tilan muutos ilmenee metallin monien ominaisuuksien muutoksina, sitä suurempina, mitä suurempi on muokkausaste. Röntgenkuvista on lisäksi havaittavissa hilan verkkotasojen käyritymistä, joka ulottuu läpimitaltaan $0,1 \mu$:n kertalukua oleville alueille ja on luonteeltaan kimmoista, joten verkkotasot pyrkivät oikeenomaan. Sen estävät kuitenkin ne hila-alueitten rajoilla olevat atomit, jotka ovat joutuneet muokkauksen vaikutuksesta väärin aseisiin. Sellaisen atomien ylimääräinen potentialienergia pitää käyrityneitten verkkotasojen jännitystilaa tasapainossa (kuva 1.).

Kaiken kaikkiaan muokatussa hilassa on huomattavasti enemmän potentialienergiaa kuin muokkaamattomassa, joten se siirtyy takaisin pienemmän potentialienergian omaavaan jär-



Kuva 1.

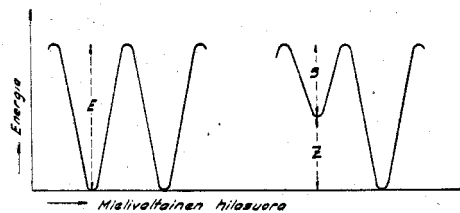
jestyneeseen tilaan silloin, kun siihen vain on mahdollisuus olemassa. Niin on laita puhtaassa kuumamuokkauksessa. Korkeassa lämpötilassa atomien liikkuvaisuus on nimittäin niin suuri, että hila voi toipua muokkauksen aiheuttamista häiriöistä nopeasti, jopa murtosekunnissa. Siitä onkin seurauksena, että riittävän korkeassa lämpötilassa suoritettua kuumamuokkauksen jälkeen metallin ominaisuudet ovat täysin rinnastettavissa muokkaamattoman metallin vastaaviin ominaisuuksiin.

Kylmämuokkaus sen sijaan tapahtuu atomien diffusiorajan alapuolella, so. lämpötilassa, jossa atomit pienen liikkuvaisuutensa vuoksi eivät pääse siirtymään eikä hila siis toipumaan muokkauksen aiheuttamista häiriöistä. Muokkauksen jatkuessa metallin ominaisuudet muuttuvat niin ollen jatkuvasti, jolloin muodonmuuttumiskyky esimerkiksi voi tulla niin pieneksi, että metalli repeää. Sen vuoksi kylmämuokkaukselta ei yleensä voida jatkaa mielivaltaisen pitkälle, vaan metalli on välillä hehkutettava sellaiseen lämpötilaan, jossa atomien liikkuvaisuus on riittävän suuri toipumista varten.

Viimeaikaisten tutkimusten tuloksena metallin toipumisen mekanismista on saatu varsin havainnollinen kuva, joka helpottaa kysymykseen liittyvän laajan ja monimutkaisen tosiasia-aineiston hallitsemista. Lisäksi on päästy niin pitkälle, että yksinkertaisten laboratoriokokeitten ja niihin perustuvien laskujen perusteella voidaan antaa ei ainoastaan summittaisia viitteitä, vaan myös ver-raten tarkkoja ohjeita kylmä-

muokatun metallin lämpökäsittelyä varten. Puuttamalla kysymyksen käytännöllisiin sovelluksiin vain ohimennen seuraavassa käsitellään metallin toipumisen mekanismia yleisesti, lähinnä van Liempt'in rekristallisatioteoriaan perustuen.

Muokatussa hilassa vallitsevia energiasuhteita esittää karkeasti kuva 2. Siinä on merkitty kir-



Kuva 2.

jaimella E sitä energiaa, »irroittumisenergiaa», joka tarvitaan potentialienergian minimiä vastaavalla oikealla paikalla olevan atomin irrottamiseksi paikaltaan. Sellainen atomi, joka muokkauksen vaikutuksesta on joutunut väärälle paikalle, on saanut muokkauksessa »lisäenergiaa» Z. Sen irrottamiseksi tarvitaan niin ollen pienempi »kynnysenergia» $S = (E-Z)$ kuin oikealla paikalla olevan atomin irrottamiseksi. Mitä suurempi on atomiin muokkauksessa varastoitunut lisäenergia Z, sitä helpommin atomi pääsee siirtymään pois väärältä paikaltaan lämpötilan kohotessa.

Metallin toipumiseen sanan yleisimmässä merkityksessä, jota tässä esityksessä käytetään, sisältyvät sekä muokatun hilarakenteen puitteissa tapahtuva varsinainen toipuminen että kokonaan uuteen hilaan johtava uudelleenkiteytyminen, jotka molemmat ovat atomien paikanvaihdosta muodostuvia tapahtumia. Niitä

voidaan tarkastella monomolekularisena reaktionä, joka sisältää muokatun hilan muuttumisen toipuneeksi hilaksi. Jos merkitään aikaa t :llä ja toipunutta murtoosaa hilasta x :llä, reaktionopeudelle saadaan silloin lauseke

$$(1) \quad dx/dt = k(I - x),$$

jossa nopeusvakio k ilmaisee, kuinka suuri murto-osa muokatun hilan atomeista toipuu aikayksikössä. Koko muokattuun hilaan ajatellaan kuuluvan saman kynnysenergian arvon, joka pysyy muuttumattomana koko toipumisen ajan. Kynnysenergian määritelmästä johtuu silloin, että ainoastaan ne muokatun hilan atomit pääsevät siirtymään paikaltaan, joitten energia on $\geq S$. Energian jakautumista koskevan Maxwellin lain mukaan sellainen energia on kulloinkin murto-osalla $e^{-S/RT}$ toipumattomista atomeista; R on yleinen kaasuvakio ja T lämpötila lausuttuna kelvinasteina. Paikanvaihdokseen kuuluvana aikavälinä, »hyppäysajassa», pääsee siis murto-osa $e^{-S/RT}$ muokatun hilan atomeista siirtymään paikaltaan. Ja aikayksikössä pääsee toipumaan murto-osa

$$k = c \cdot e^{-S/RT},$$

jossa kerroin c on hyppäysajan käänteisarvo. Se on ilmeisesti samaa kertalukua kuin karakteristinen atomifrekvenssi ν , jonka arvot eri metalleille vaihtelevat 10^{12} ja 10^{13} välillä sekunnissa. *van Liempt* asettaa $c = 4\nu$ sillä perusteella, että atomit ilmeisesti suorittavat paikanvaihdoksen maksimaalisella amplitudilla, joten paikanvaihdos voi tapahtua aina heilahdusajan neljänneksen jälkeen. Yhtälö (1) voidaan siten kirjoittaa muotoon

$$dx/(1 - x) = 4\nu \cdot e^{-S/RT},$$

josta saadaan integroimalla

$$(2) \quad x = 1 - e^{-\nu \cdot t \cdot e^{-S/RT}}$$

jos $x = 0$, kun $t = 0$.

Saatu yhtälö (2) kuvaa koko toipumisen kulun, sillä se ilmaisee, kuinka suuri murto-osa muokatusta hilasta toipuu ajassa t lämpötilan ollessa T ja muokkauksessa varastoituneen lisäenergian ollessa $Z = E - S$. Hilan toipumisen aste ei kuitenkaan ole niin yksikäsitteisesti todettava kuin yksinkertaisen kaavan muotoon saatettu tulos antaisi odottaa, sillä toipumisen indikaattorit ovat eri herkkiä. Röntgenkuvien perusteella esimerkiksi voidaan todeta toipumisen alkaneen sellaisessa lämpötilassa, jossa mikroskoopilla ei vielä ole havaittavissa minkäänlaista kiderakenteen muutosta. Sähkönjohtokyky ja kovuus toipuvat usein aivan eri lämpötiloissa j.n.e. Niin ollen yhtälön (2) määräämälle toipumisasteelle sinänsä ei voida antaa erikoisen suurta merkitystä.

Yhtälön (2) pääasiallinen merkitys onkin siinä, että sen avulla voidaan varsin tyydyttävästi määrätä niitten hehkutuslämpötilojen ja hehkutusaikojen välinen riippuvaisuus, jotka tarvitaan jonkin määrätyn toipumisasteen saavuttamiseksi määrättyllä tavalla muokatun metallin kysymyksessä ollen. Silloin ovat x ja S vakioita, joten voidaan kirjoittaa

$$4\nu \cdot t \cdot e^{-S/RT} = C,$$

jossa C on vakio; ja edelleen

$$(3) \quad \ln 4\nu \cdot t = S/RT + \ln C.$$

Koska C on $4\nu t$:hen verrattuna häviävän pieni, yhtälöstä (3) voidaan termi $\ln C$ jättää kokonaan pois. Jos lisäksi sijoitetaan R :n tilalle sen arvo $2 \text{ kal}^\circ\text{C.mooli}$ ja siirrytään luonnollisesta logaritmista Briggin logaritmiin, tulee yhtälö (3) muotoon

$$(4) \quad T \log 4\nu \cdot t = \frac{S}{4,6} = \text{vakio}.$$

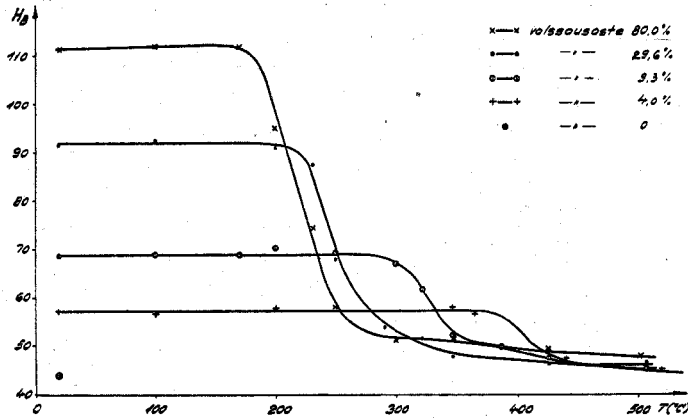
Saatu tulosta (4) nimitetään *van Liempt*'in mukaan toisiaan vastaavien toipumistilojen laiksi. Sijoittamalla S :n tilalle $E - Z$ se voidaan kirjoittaa muotoon

$$(5) \quad T \log 4\nu \cdot t = \frac{E-Z}{4,6},$$

josta ilmenee, että määrätyn toipumisasteen saavuttamiseksi tarvittava lämpötila T on sitä alhaisempi, mitä pitempi on hehkutus-aika t ja mitä suurempi on muokkauksessa metalliin varastoitunut energia Z , eli toisin sanoen, mitä suurempi on muokkausaste. Kylmämuokkauksen välillä suoritettavan lämpökäsittelyn ja päästöhehkutuksen suunnittelussa mainittujen riippuvaisuussuhteitten merkitys on niin ilmeinen, ettei se kaipaa erikoista selvittelyä. Sen sijaan seuraavassa koetetaan valaista itse *van Liempt*'in lakia osoittamalla, kuinka suurella tarkkuudella se pitää paikkansa käytännössä.

Kuparin lämpökäsittelyn tutkimiseksi Outokummun Metallitehtaassa suoritettiin sarja hehkutus-kokeita kuparilevyillä, joiden valssausaste vaihteli 4:stä 80:een prosenttiin. Hehkutukset tapahtuivat tehtaan omaa valmistetta olevassa sähköuunissa, jossa saadaan lämpötila pysymään asteen tarkkuudella muuttumattomana mielivaltaisen pitkän ajan. Lämpötilan tasautumisen jouduttamiseksi uunissa käytettiin suola- ja öljykylpyjä.

Lähtökohtana oli elektrolyyttikuparista suojakaasussa valettu laatta (Cu 99,983 %, Si 0,0042 %, Ni 0,0032 %, S 0,0027 %, Fe 0,0017 %, Ag 14 g/tonni, Au 0,4 g/tonni). Se valssattiin ensin kuumana 100:sta 20 mm:n paksuuteen ja siitä kylmänä 15 mm:iin. Täydellisen toipumisen aikaansaamiseksi levy hehkutettiin 3 tuntia 800°C :ssa, jolloin sen kovuudeksi tuli $H_B = 44,0$. Niin käsitelty levy valssattiin sitten kylmänä eri paksuuksiin valssausasteen ollessa 4,0, 9,3, 29,6 ja 80,0 %. Toipumisen tutkimiseksi levyistä otettuja koe-kappaleita hehkutettiin eri lämpötiloissa 5, 30 tai 120 minuuttia minkä jälkeen niistä määrättiin kovuus H_B . Toipumisen yleinen



Kuva 3.

kulku käy selville kuvasta 3, jossa on esitetty 120 minuutin hehkutuksille saadut toipumiskäyrät. Niistä ilmenee ensinnäkin, että toipumislämpötila on sitä alhaisempi, mitä suurempi on muokkausaste, kuten *van Liempt*'in laki määrää. Mutta

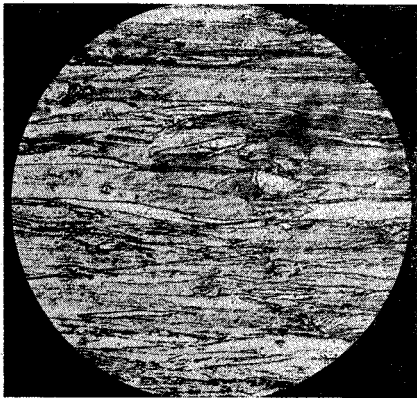
se lämpötila, jossa toipuminen tulee täydelliseksi, so. jossa kovuus palaa alkuperäiseen arvoosa 44,0, on käyrästä vaikeasti todettavissa.

Samoin on laita myös muihin toipumisindikaattoreihin nähden, esimerkiksi seurattaessa kidera-

kenteessa tapahtuvia muutoksia mikroskoopilla. Se ilmenee kuvista 4, 5, 6 ja 7, jotka esittävät eri toipumisvaiheissa olevan kuparin kiderakenteita. Kuvassa 4 on vielä täydellinen muokkausstruktuuri, kuvassa 5 uudelleenkiteytyminen alkamassa ja kuvassa 6 primäärinen uudelleenkiteytyminen jo melkein päättynyt. Toista uudelleenkiteytymisvaihetta, jyvän suurenemista, esittää kuva 7. Kolmannen vaiheen, erikoisen suuriin kiteisiin johtavan sekundärisen rekrystallisation, syntymiselle oli 80 prosentinkin muokkausaste liian pieni ja korkein käytetty lämpötila, 775° C, liian alhainen. Vaikka mikrovalokuvat esittävät havainnollisesti toipumisen kulun, niistä ei paremmin kuin toipumiskäyrästäkään voi tarkkaan päättää, missä lämpötilassa toipuminen alkaa ja missä se tulee täydelliseksi. Sen vuoksi on tarkoituksenmukaista tarkkailla jonkin sellaisen toipumisasteen saavuttamista, joka on yksikäsitteisesti määrättävissä.

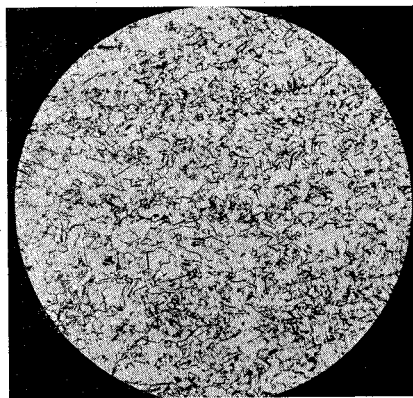
Kun toipumisindikaattorina käytetään kovuutta, voidaan helposti määrätä, milloin toipuminen on tapahtunut puoleksi. Esimerkiksi 80 prosentin muokkaukselle, joka aiheuttaa kovuuden kasvun 44,0:sta 112:een, kovuuden puolittainen toipuminen vastaa arvoa 78. Se lämpötila, jossa kovuus saavuttaa mainitun arvon on määrättävissä hyvinkin yksikäsitteisesti. Se ilmenee kuvasta 8, joka esittää 80 % muokatun kuparin kovuuden toipumista hehkutuslämpötilan funktiona, erikseen 5, 30 ja 120 minuutin hehkutusajoille. Puolittaista toipumista vastaaviksi hehkutuslämpötiloiksi saadaan 224, 238 ja 266° C.

Niin pian kun on kokeellisesti määrätty puolittaista toipumista vastaavat hehkutuslämpötilat (T) eri hehkutusajoilla (t), voidaan todeta *van Liempt*'in lain (4) paikkansapitävyys. Outokummun



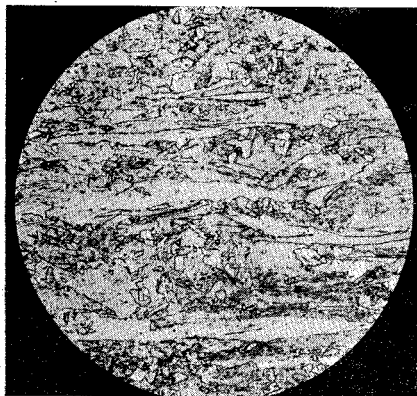
Kuva 4.

Kupari. Hehkutettu 80% valssauksen jälkeen 30 min. 170° C:ssa. Suurenus 200.



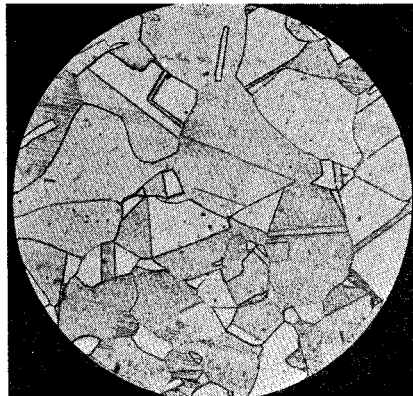
Kuva 6.

Kupari. Hehkutettu 80% valssauksen jälkeen 30 min. 347° C:ssa. Suurenus 200.



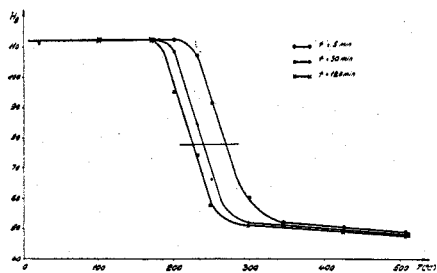
Kuva 5.

Kupari. Hehkutettu 80% valssauksen jälkeen 30 min. 231° C:ssa. Suurenus 200.



Kuva 7.

Kupari. Hehkutettu 80% valssauksen jälkeen 30 min. 775° C:ssa. Suurenus 200.



Kuva 9.

kuparia tutkittaessa eri muokkausasteille saadut tulokset on yhdistetty taulukkoon I.

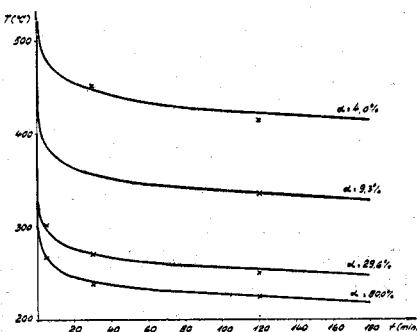
Taulukko I.

T ($^{\circ}K$)	t (sek)	$T \log 4 vt$ ($= 6,7 \times 10^{12}$)
Muokkausaste 80,0 %		
497	7200	8590
511	1800	8530
539	300	8570
} 8560		
Muokkausaste 29,6 %		
523	7200	9040
543	1800	9060
575	300	9150
} 9080		
Muokkausaste 9,3 %		
608	7200	10500
} 10500		
Muokkausaste 4,0 %		
687	7200	11880
725	1800	12100
} 11990		

Siitä ilmenee, että muokkausasteen ollessa määrätty tulo $T \log 4 vt$ pysyy muuttumattomana hehkutuslämpötilan ja -ajan vaihdeltaessa niin kuin *van Liempf*'in laki edellyttää. Sille saadut vakioarvot määräävät siis toisaalta puolittaiseen toipumiseen tarvittavien lämpötilojen ja aikojen välisen riippuvaisuuden. Se on esitetty graafisesti kuvassa 9, josta näkyy mm., että metallin toipuminen voi tapahtua hyvin nopeasti, jos hehkutuslämpötila on tarpeeksi korkea. Puolittainen toipuminen 9,3 prosentin kylmämuokkauksesta esimerkiksi tapahtuu $504^{\circ}C$:ssa jo 1 sekunnissa. Niin ollen on ymmärrettävää, että kuumavalssauksessa — joka ei tosin ole aivan tarkkaan rinnastettavissa kylmämuokkauk-

seen — metalli pääsee toipumaan jokaisen piston välillä.

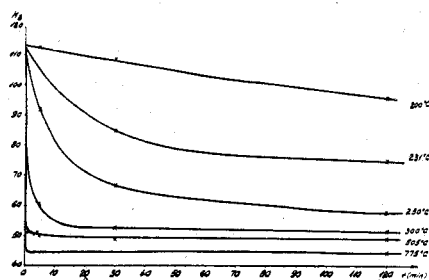
Päästöehkutusta varten toipumisen kulusta saadaan paras kuva toipumisistotermien avulla jotka kuvaavat kovuuutta — tai jotain muuta toipumisindikaattoria — hehkutusajan funktiona lämpötilan pysyessä vakiona. Kuvasta 10 näkyy esimerkiksi, että jo $505^{\circ}C$:ssa 80 prosenttisesti muokatun kuparin toipuminen on melkein momentaninen, niinkuin *van Liempf*'in lain avulla jo saattoi laskeakin. Lyhin hehkutusaika, jota käytettiin, 30 sekuntia, alensi kuparin kovuuden 112:sta 52:een. Sen vuoksi



Kuva 9.

päästöehkutuksissa on varotettava korkeita lämpötiloja, jos halutaan välttää metallin täydellinen pehmeneminen. Käytännössä kysymykseen tulevissa olosuhteissa on käytettävä alhaisia lämpötiloja, joissa toipuminen on riittävän hidasta. Jos 80 prosenttisesti kylmämuokattu kupari halutaan pehmentää esimerkiksi kovuuteen $H_B = 75$, hehkutuslämpötilaksi on sopiva valita $230^{\circ}C$, jossa haluttu pehmeneminen tapahtuu 2 tunnissa. Muokkausasteen ollessa pienempi, hehkutuslämpötila on luonnollisesti valittava vastaavasti korkeammaksi (vertaa kuva 3).

Vaikka edellä selostetut kokeet onkin suoritettu täysin teknillisiä tarkoituksia varten, niiden tulokset tarjoavat samalla lähtökohdan eräisiin mielenkiintoisiin teoreettisiin tarkasteluihin. Taulukossa I tulolle $T \log 4 vt$ anne-



Kuva 10.

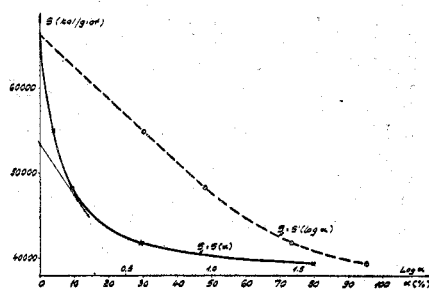
tuista arvoista voidaan nimittäin ilman muuta laskea niihin kuuluvia muokkausasteita vastaavat kynnysergiat S , so. ne energiat, jotka tarvitaan irrottamaan kupariatomi paikaltaan muokatussa hilassa. Yhtälön (4) mukaan saadaan kynnysergia kalorioina gramma-atomia kohti siten, että mainitun tulon arvo kerrotaan 4,6:lla. Siten saadaan taulukossa II esitetyt kynnysergiat.

Taulukko II.

Muokkausaste (%)	Kynnysergia S (kal/g.-at.)
80,0	39400
29,6	41800
9,3	48300
4,0	55000

Ja kynnysergian arvoista taas saadaan ekstrapoloimalla irrottamisenergia E , joka on $E = S + Z$ eli siis muokkausastetta 0 ($Z = 0$) vastaava kynnysergia. Ekstrapolointi on suoritettu graafisesti kuvassa 11, johon kynnysergian arvot on merkitty ekstrapoloinnin helpottamiseksi myös muokkausasteen logaritmin funktiona. Tulokseksi saadaan 66 000 kal/g.-at.

Aikaisemmin kuparin irrottamisenergialle eri menetelmillä saa-



Kuva 11.

dut arvot vaihtelevat 40 000 ja 60 000 kal/g.-at:n välillä. *Rollin* esimerkiksi on saanut (1939) diffusionopeuden määräämiseen perustuvilla tutkimuksilla arvon 60 000 kal/g.-at. Ja *van Liempt* on laskenut (1934) *Karnop*'in ja *Sachs*'in mittauksien perusteella arvon 53 500 kal/g.-at. Viime-mainitut tutkimukset perustuivat sen lämpötilan havaitsemiseen, jossa uudelleenkitetymsstruktuuri oli puoliksi syönyt muokausstruktuurin. Niistä kynnysenergialle saadut arvot sopivat erinomaisesti yhteen edellä taulukossa II annettujen arvojen kanssa, kuten kuvasta 11 ilmenee. Mutta kynnysenergioista ekstrapoloidut irroittumisenergian arvot eroavat toisistaan huomattavasti; allekirjoittaneen saama arvo 66 000 kal/g.-at. vastaa *van Liempt*'in arvo 53 500 kal/g.-at. *van Liempt* on tullut tulokseensa linearisella ekstrapoloinnilla hyvin ahtaalta muokkausasteintervallilta olevista kynnys-

energian arvoista lähtien. Kuten kuvasta 11 näkyy, linearinen ekstrapolointi ei kuitenkaan ole ollut läheskään oikeutettu, joten *van Liempt*'in tulosta on pidettävä liian pienenä edellyttäen, että hänen lähtökohtansa on oikea.

Toisaalta allekirjoittaneen saama arvo taas saattaa olla jonkin verran liian korkea. Siihen viittaa se, että siitä lasketut lisäenergian ($Z = E - S$) arvot ovat suuremmat kuin ne, joita kirjallisuudessa tavallisesti esitetään. *G. W. Burgers*'in mukaan lisäenergia olisi nimittäin korkeintaan 20 % irroittumisenergiasta, kun taas taulukon II arvojen perusteella tullaan jopa 40 %:iin.

Taulukko III.

Muokausaste (%)	Lisäenergia Z (kal/g.-at.)	$Z/E \times 100$
80,0	26600	40
29,6	24200	36
9,3	17700	26
4,0	11000	17

Tuloksia arvosteltaessa on kuitenkin otettava huomioon, että ne kertaluvultaan sopivat täysin yhteen aikaisemmin eri menetelmillä saatujen tulosten kanssa. Kysymyksessä olevat asiat ovat vain niin vaikeasti käsiksi päästäviä ja niitä käsiteltäessä on tehtävä niin paljon yksinkertaistavia oletuksia, ettei suuri tarkkuus ole kerta kaikkiaan mahdollinen. Lisäksi on vielä kerran todettava, että saadut teoreettiset tulokset ovat sivutuloksia teknillisiä tarkoituksia palvelevista kokeista ja tehdyt sitä vastaavilla välineillä. Tutkimuksen pääasiallinen tarkoitus on ollut osoittaa, että metallien lämpökäsittelyä voidaan varsin pitkälle ohjata laboratoriomittakaavassa suoritettavilla kokeilla, millä seikalla on suuri merkitys sen vuoksi, että teollisuudessa joudutaan käsittelemään hyvinkin erikoislaatuisia lejeerinkejä, joille ei ole saatavissa asiatietoja kirjallisuudesta.

Gruvmaskiner i modern svensk bergsindustri

Bergsingenjör ALFRED BJARME

De svenska gruvorna äro i stor utsträckning utrustade med gruvmaskiner som tillverkats i svenska verkstäder. Allt efter som mekaniseringen som i stort sett har börjat och framskridit under detta århundrade, har så fordrat, så har den svenska mekaniska industrien kunnat tillhandahålla svenskbyggda maskiner och utveckla desamma i takt med och man skulle kunna säga i en del fall före gruvindustriens fordringar. Naturligtvis ha förebilderna i de flesta fall kommit utifrån, mestadels från U.S.A. där en stor del av gruvindustrien arbetar under förhållanden, som äro mycket lika dem i Sverige.

Det förhållandet att den svenska maskinindustrien har intresserat sig för gruvornas maskinella problem och alltså den fortsatta utvecklingen kan fortgå under samarbete mellan gruvornas ingenjörer och verkstädernas konstruktörer är otvivelaktigt av stor nytta för bägge parterna och särskilt bidrager det till en snabb utveckling av gruvindustrien i mekaniserande riktning.

Lavbyggnader.

Bild 1 visar i mitten utseendet av laven till ett av de modernaste och i alla händelser största schaktet i Sverige, nämligen Centralschaktet i Grängesberg. Till vänster synes anrikningsverket till höger spelspelhuset. Genom detta schakt skall upptransporteras all Grängesbergs exportmalm. Det är utrustat med tre gruvspel, av vilka åtminstone två höra till de största i Europa. Vi skola senare återkomma till dessa och för tillfället endast fästa oss vid

det yttre utseendet av laven. Man ser inga stödjande lavben. Laven är konstruerad och utförd som en i berget inspänd balk. Materialet är armerad betong.

Bolidens gruvaktiebolag har f.n. under utbyggnad två gruvor, vid vilka lavarna konstrueras och byggas enligt helt och hållet nya principer. Dessa lavar — Typ Boliden — konstrueras för att tjänstgöra dels under den tid som gruvorna undersökas, dels vid ev. kommande drift. Laven består, enligt vänligen lämnade uppgifter från Bolidens Gruvförvaltning, av ett betongrör med 6,5 m inre diam. Gjutningen har företagits med glidform. Underjordsdelen av laven, d.v.s. delen mellan markytan och fasta berget, gjutes ovan jorden, varefter den nedschaktas som en sänkbrunn. På denna del uppgjutes sedan själva laven med en höjd av 4,5 m, fortfarande med användande av glidform.

Fördelen med denna lavkon-

struktion är huvudsakligen att den blir billigare än motsvarande trälave, kostnaderna ställa sig för två fullkomligt jämförbara fall som 75 000 till 102 000. Vid övergång till kommersiell brytning erfordras endast små kompletteringar på själva anläggningen. Laven är vidare ellsäker och sänkningar genom vattendränkt jordbetäckning är enklare än vanligt.

Gruvspel.

Det svenska gruvspelet har alltid varit av speciell svensk typ och den nuvarande utvecklingen pekar på att detta förhållande kommer att än ytterligare accentueras. De moderna rationaliseringssträvandena i gruvorna ha även sträckt sig till gruvspelen och försakat en man kan nästan säga febril utveckling beträffande dessa maskiners konstruktion och allmänna anordning.

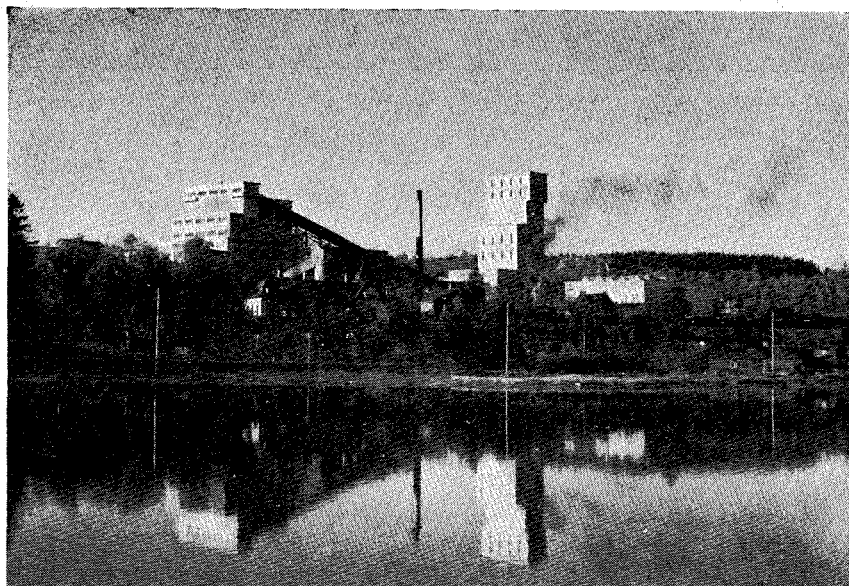


Bild 1.

De största gruvspelen i Sverige äro f.n. uppställda i Central-schaktet i Grängesberg, som är utrustat med:

2 st. gruvspel utförda med linkar, därav ett spel från Asea och ett från Morgårdshammar, vilket senare försetts med elutrustning från Siemens. Speldjup till att börja med upp till 660 m, senare 1000 m, varvid spelen ombyggas till Köpespel.

Hastighet 8, senare 16 m/sek.
Linkarsdiam. 7 m.

Nyttig last 14,5 ton.

Bottentömmande skip, vikt 12,5 ton.

Direkt kopplad likströmsmotor med motoreffekt 2800 kw.

I samma maskinsal finnes uppställt:

1 st. Köpespel från Morgårdshammar med elutrustning från Siemens för personspelning, med 6 m linkskiva.

Dessa spel, särskilt de två trumspelen, beteckna ett krafttag och ett genombrott av de två firmorna Asea och Morgårdshammar, vilka härmed visat sig kunna gå iland med uppgifter, både mekaniska och elektriska

inom denna bransch, som hittills varit förbehållna åt Siemens, AEG och möjligen någon annan kontinental firma.

Avanmärkningsvärda nya konstruktioner vid dessa och andra svenska gruvspel kan anföras följande:

Linkaren utföras numera nästan alltid helsvetsade av plåt samt klädas med ekplank. Linkspåren utföras svarvade och gängade så att linan kommer att lägga sig med jämn stigning på linkaret. Detta utförande är säkerligen nyttigt icke blott för att man skall kunna placera spelet närmare schaktet utan även för att skona linan.

S.K.F:s rullager användas numera genomgående på svenska gruvspel, icke för egentlig kraftbesparing utan för besparing av smörjmedel och skötsel.

Vid högre hastigheter än 4 m pr sek har man funnit att den vanliga öppna linkarsväxeln är behäftad med olägenheter och på senare tid har därför de flesta spel utrustats med helkapslad kuggväxel, vars sekundäraxel med fast koppling kopplas till linkarsaxeln. (Bild 2.) Även i de

fall då likströmsdrift användes begagnar man sig i allmänhet av hastigt gående motor och kuggväxel, undantag är endast de stora spelen i Grängesberg, som stå i en särskild man skulle kunna säga mellaneuropeisk klass.

Beträffande frågan om växelström eller likströmså har, som redan anförts, växelström ansetts lämpa sig mycket bra för svenska förhållanden och vid vanliga handmanövrerade mindre spel kommer knappast något annat i fråga. Eljes tränger sig f.n. otvivelaktigt Ward-Leonard systemet fram, beroende bl.a. på att det är så smidigt och användbart vid automatisering.

Man kan ganska exakt fastställa tidpunkten då den pågående moderna och forcerade utvecklingen av det svenska gruvspelet startade. Det var nämligen 1936, då Asea upptog tillverkningen av kompletta gruvspel, även det mekaniska. Därmed startades en konkurrens mellan olika tillverkare och nya djärva idéer kommo upp och bragtes i många fall till utförande. Den gruva som först utrustades med Aseas var Lavers koppargruva, som tillhör Bolidenkoncernen.

När Laveranläggningen planerades ansåg man att automatisering skulle i största utsträckning praktiseras. Gruvan ligger i en ödemark och beräknades snart bli utbruten, man ville ha så lite folk som möjligt på denna avlägsna plats.

Beträffande uppfordringen så hade man från början mycket djärva planer. Personhissarna borde utföras på samma sätt som i enbostadsvåning, d.v.s. skötas av passagerarna. Detta var ju icke så märkvärdigt, men betydelsefullare var att malmuppfordringen borde vara automatisk i den grad att gruvingeniören praktiskt taget endast hade att trycka på en knapp i sitt kontor, varefter uppfordringsverket skulle sätta igång och arbeta tills ve-

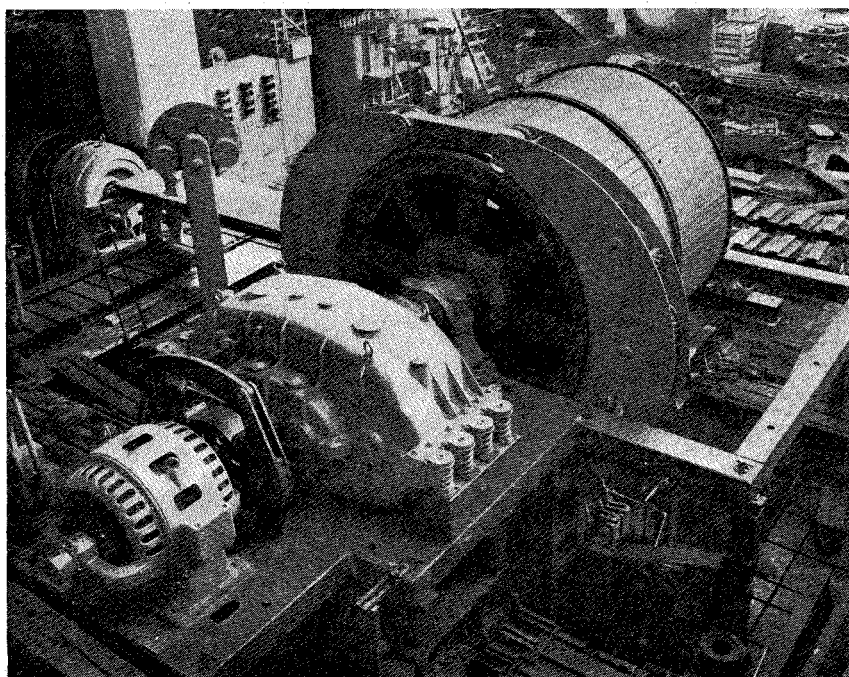


Bild 2.

derbörande malmfickor voro tomma resp. fyllda.

Impulserna till dessa förhoppningar torde ha kommit från den tyska firman Skip Company i Essen. Detta företag hade utfört och refererade till åtskilliga automatiserade anläggningar i Tyskland, Frankrike och Ryssland.

En studieresa till de anläggningar, där besök var möjligt, gav emellertid vid handen, dels, att automatiseringen var mycket begränsad, dels att den i nämnvärd grad existerade endast vid sådana gruvor, där berget var av ett helt annat och mera lätthanterligt slag än i Sverige. Tyskarna räknade det egentligen som automatisering redan att endast använda skip, och för att kunna använda sådana under de i kolgruvorna existerande förhållandena hade de konstruerat det s.k. botten tömmande skipet.

Det bestämdes slutligen i Laver att spelen skulle placeras på toppen av laven, så att särskilt spelhus skulle inbesparas, samt att de skulle vara automatiska i så måtto, att ingen särskild spelstyrare skulle användas.

Då spelen skulle placeras i laven så var det också givet, att inga andra spel än Köpespel eller linskivespel samt hiss med motvikt kunde komma ifråga. Beträffande personspelet föreföll problemet att vara rätt enkelt. Man hade ju endast att taga efter spelen i skyskraporna i Amerika. Ward-Leonard drift var praktiskt taget självskriven, och Asea hade just levererat ett spel till Katarinahissen i Stockholm, som ansågs kunna tjäna som mönster. Det är för övrigt klart, att det ändock fanns en hel del problem som voro rätt besvärliga. Särskilt problemet om bromsarna och linans slirning på linskivan, som sammanhänger med problemet att stanna exakt vid stannplanen, fordrade mycket arbete

och en del nya konstruktioner. Det gick emellertid bra, och all manövrering sker vid detta spel från hisskorgen, genom passage-rarna.

Förut och i allmänhet hade som bekant personspelet även använts för spelning av material och gråberg, alltså för vagnar. Detta måste man avstå från i Laver, man inrättade i stället bergspelet för dessa ändamål.

En viktig nyhet i Laver var att personspelets hisskorg upphängdes i två linor. Detta jämte användning av hängande kabel i schaktet för tillförsel av elektrisk ström till hisskorgen var åtminstone för Sverige en nyhet.

För bergspelet vågade man icke använda upphängning i två linor, eljes är detsamma principiellt lika personspelet. Spelet kan köras på två sätt, antingen med spelstyrare eller automatiskt, d.v.s. med avståndsmanövrering. I det förra fallet, som användes endast när spelet går för personbefordran eller materialtransport eller eljes utom regulier drift, sköter en maskinist instrument och tryckknappar på en manöverpulp i ett rum på avstånd från spel och hiss, utan att se någondera.

Den automatiska driften för bergspelet är enkel, egentligen endast avståndsmanövrering. Den består huvudsakligast däri att tapparen nere i schaktet övertagit spelstyrarens funktion att sätta igång spelet, sedan sköter det sig själv. När tapparen alltså fyllt ett skip, så trycker han på en knapp, varpå skipet går upp, tömms och återvänder automatiskt. Detta arbetsätt är lätt att ordna mekaniskt och elektriskt.

Sedan uppläggningsen av uppföringen i Laver under några år mötts med misstro och kritik så torde förhållandet just nu vara att man diskuterar om att gå ännu längre på den väg som man då slog in på, nämligen flera linor för lastens upphängning

och små linskvivor placerade över schaktet. Den befarade olägenheten med ökad linslitning har visat sig vara av mindre betydelse.

Utvecklingen av metoderna för person- och berguppföringen i de svenska gruvorna har under de senaste åren skett så hastigt, att det ännu är för tidigt att uttala sig om vad som kan komma att stanna kvar av nyheterna. Man vet ju inte heller riktigt, vad som försiggått inom detta område i andra delar av världen. Det anmärkningsvärda är emellertid att man i Sverige vid automatiseringen i stor utsträckning använt sig av linskivespel. Själva automatiseringen löses naturligtvis lättare vid ett trumspel. Frågan har emellertid råkat bli sammankopplad med önskan att inbespara icke blott spelstyrare utan även spelhus, vilket senare kan ske genom att placera spelet i laven över schaktet. Vid sådan placering av spelet kan man icke, åtminstone vid större djup, använda trumspel, och följden har blivit att man med frejdigt mod givit sig in på att automatisera linskivespelen.

I Bolidenkongcernen, där man har en massa oftast ganska små schakt, har man börjat med planer på att standardisera gruvspelen. Man tycks därvid endast tänka på linskivespel. För berg skulle användas uppföring med två skip à 2 tons last och för material och personspelet en hiss med motvikt lastande c:a 4 ton. De två spelen skola vara lika och utförda som Köpespel på en plattform överst på laven. Uppföring pr skift och år 100 000 ton, spelhastighet 3 m/sek. till 300 m djup och 6 m/sek. ned till 600 m djup.

Krossar i gruvan.

Första upprinnelsen till användning av krossar under jord

i Sverige torde även ha kommit från den lilla märkliga gruvan Laver. Placeringen av bergspelet i toppen av laven nödvändiggjorde som jag förut anfört detsamma utbildning som linskivespel, detta å sin sida ansågs nödvändiga bottentömmande skip och för att skona detta ansågs säkrast att krossa malmen innan den kom i skipet. Sannolikt är också att hela anläggningen blev mera koncentrerad och billigare på detta sätt. Man har alltså en krossanläggning i gruvan och matar det i störtshaktet hopskrapade berget medelst en vibrerande matapparat direkt ned i en tuggare med ca 900 × 600 mm käftöppning. Matningen fungerar utmärkt, man har dock en man på stationen för att reglera matningen och se över maskineriet. Numera planeras krossstationer under jorden vid flera svenska gruvor, varvid ca. 1000 × 900 mm käftöppning har utsikt att t.v. bli en slags standard. Men även den ytterligare nedkrossningen torde i en del fall bli förlagd under jord, så att malmen efter uppfordringen är klart att matas direkt in i kulkvarnarna. Detta har gjort att man även planerar uppställning av Symons konkross under jord. Vid åtminstone en gruva ämnar man förfara på så sätt att man placerar hela krossverket under jord och uppfordrar malmen i ett schakt samt störtatar den i en ficka och låter den gå genom olika grov- och finkrossar och på transportband till samlingsfickan vid ett annat schakt, där den finkrossade malmen slutligen med ett annat gruvspel uppfordras till anrikningsverket. På detta sätt ersätter man de eljest erforderliga uppfordringsanordningarna i ett krossverket med en enda radikal uppfordring i ett gruvspel, den mest driftsäkra av alla uppfordringsanordningar. Samtidigt får man präktiga fickor för malmen.

Vagnar, tappar och lok.

Vagnarnas konstruktion och storlek spela en stor roll i gruvan. Betr. konstruktionen så har den samma nu stadgat sig kring några bestämda typer, som här icke skall närmare beröras. Vad som för dagen är under diskussion bland en stor del av Sveriges gruvingeniörer är emellertid frågan om större vagnar för underjordsdrift. Impulsen torde ha kommit från Norge. Man lutar nog åt den åsikten, att de gamla vagn typerna äro för små. Man torde vara ganska enig om att skall man lämna de gamla vagnarna, så skall man ta ett ordentligt steg och inte nöja sig med några halvmesyrer. Man måste i alla fall taga till lok för växling, så snart man aldrig så litet ökar de nu gängse vagnarna. I allmänhet torde man sikta på 4 m³ vagnar, vilket betyder en last av ca 12 ton järnmalm. Varje gruvingeniör förstår omedelbart, att en övergång till en sådan vagnpark, om den överhuvud går för sig, betyder genomgripande förändringar i gruvan, och många problem att lösa beträffande lastning och tappning, transport och

tippning. De svenska gruvingeniörerna synas emellertid numera vara beredda att vidtaga betydande modifikationer brytningsmetoder o.s.v. om så skulle visa sig nödvändigt för längre driven rationalisering.

I Bolidenkoncernen förefaller det som om man skulle successivt gå in för Granby vagnar av motsvarande storlek 4 kbm. Orsaken härtill är att man vill ha en vagn som kan användas på olika ställen i dagen och i gruvan och vid olika gruvor.

Gruvloken i de svenska gruvorna ha länge varit och äro nog ännu till stor del av utländsk, mestadels tysk tillverkning, detta sannolikt till följd av bristande intresse från de svenska verkstädernas sida. Detta förhållande kommer nu sannolikt att ändra sig.

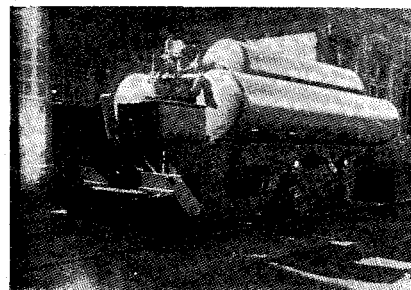


Bild 3



Bild 4.

Av svenskbyggda lok finnas elektriska kontaktlok och accumulatorlok av Aseas tillverkning samt luftlok. Diesellok med effekter från 9 till 75 hkr ha även använts underjord, de äro mig veterligt alla av tysk tillverkning Nyhammars bruk tillverkar bl.a. ett litet luftlok, för max. 25 tons bruttolast. Bild 3.

Borrning.

Den ledande firman på detta område är som bekant i Sverige Atlas Diesel. — Det är tydligt att den moderna bormaskinen, som i sitt nuvarande skick representerar högt utvecklad teknik och lösning av mekaniska och metallurgiska problem, som ligga på gränsen till det möjliga, fortfarande är under utveckling.

Enligt meddelande från Atlas Diesel dominera de självroterande typerna numera helt. Bild 4 visar en självroterande maskin typ RWT 802, monterad på en pneumatisk pelare vid ortdrivning i en större gruva. Bilden visar tydligt hur självständigt maskinen arbetar, medan arbetaren tittar på.

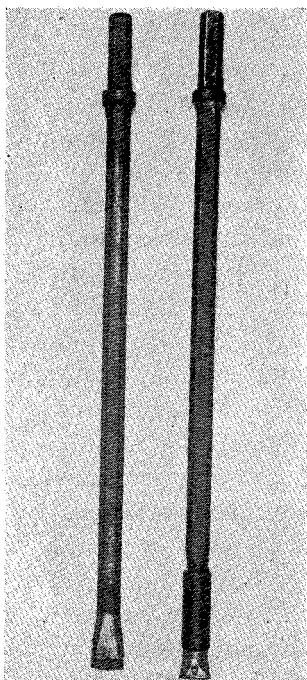


Bild 5.

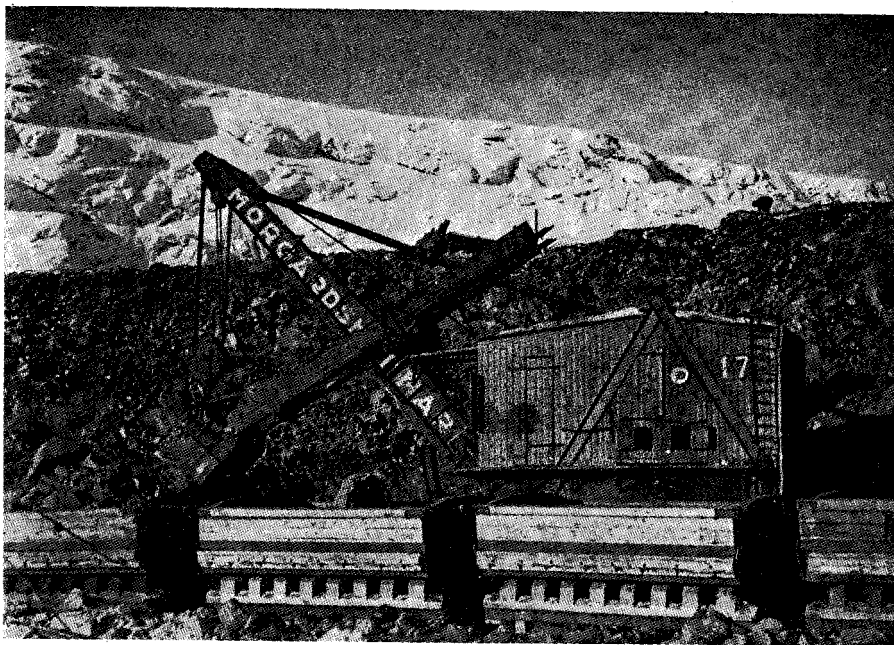


Bild 6.

Utvecklingen har gått fram på olika linjer. Följande äro särskilt märkbara.

1. Elektrisk borrhoppvärmning vid vässning.

2. Lösa borrhävar.

I förra fallet har man lättare att placera borrhävar i gruvan och ett resultat blir i bägge fallen mindre transporter av borrhävar.

3. Hårdmetall i borrhävar.

Arbetena för att lösa denna fråga bedrivs av Sandviken och Fagersta i samarbete med Atlas. Hårdmetallborrhävarna, bild 5, kunna antingen vara försedda med utbytbara pågående borrhävar eller med i borrhävar inlödda plattor av hårdmetall. Borrhävarna kunna köras ca. 15 m utan omslipning, men behöva därefter skärpas, vilket går mycket lätt med en tryckluftdriven slipmaskin, som man kan hålla i handen.

4. Ökat lufttryck. 8 a 10 kg anses i allmänhet vara lämpligt.

5. Hydrauliska luftmagasin i gruvan med kraftig kompressor och effekreglering åtnjuter f.n. stort intresse bland gruvorna. I Blötberget finnes en anläggning, levererad av Atlas Diesel, som har en kapacitet av 67 m³/min. och den exceptionellt låga effekt-

förbrukningen av 6,6 hkr per m³/min. Kompressorn arbetar tillsammans med ett hydrauliskt luftmagasin och regleras med utgångspunkt från gruvkoncernens hela effektuttag. När den uttagna effekten tenderar att bli större än abonnemanget, avlastar maskinen i flera steg, och om detta ej räcker, stannar den automatiskt helt och hållet. När överskottseffekt finnes tillgänglig, startas den igen automatiskt.

Lastning.

Beträffande maskinlastning i dagbrott har Kiruna varit banbrytaren och vägvisaren i Norden. Under de första 10 a 15 åren användes uteslutande Menck och Hambrock skopor. Den tyska firman bet sig väl hårt fast vid växelströmsdrift och hade icke ögonen öppna för vad som hände i Amerika, där särskilt Bucyrus Co. utvecklade likströmsdriften med Ward-Leonard koppling och bragte upp sina lastmaskiner till betydligt större produktionsförmåga och pålitlighet. En svensk firma, Morgårdshammar byggde till Kiruna under 1920-talet en serie stora lastmaskiner (Bild 6)

enligt moderna principer med likströmsutrustning av Aseas fabrikat. Tyskarna blevo utslagna och f.n. äro i Kiruna i arbete endast svenska lastmaskiner av nämnt fabrikat Morgårdshammar-Asea, samt amerikanska Bucyrus. De senare maskinerna ha under åren utvecklats alltmera till en beundransvärd smidighet och produktionsförmåga och det är naturligtvis svårt för de svenska fabrikanterna att följa med i den forcerade tekniska utvecklingen. Särskilt svårt är det att konkurrera med leveranstiden, beträffande vilken Amerika som bekant ofta kunna erbjuda för en mindre nation med mindre resurser fullkomligt omöjliga prestationer.

Grävskoppor av mindre dimensioner hava i Sverige använts för över och underjordsarbete i gruvor, kraftstationsbyggnader, tunnlar, bergverkstäder o.s.v. och utrustningen har då varit i allmänhet växelström eller förbränningsmotorer.

Beträffande lastmaskiner under jord så började sådana att diskuteras redan under första världskriget, då arbetslönerna stego och det var ont om arbetare. I Sverige slog man från början in på två vägar, nämligen dels skovelmaskiner, d.v.s. egentliga lastmaskiner, och dels skrapor. En del arbeten gjordes med lastmaskiner på sin tid huvudsakligen av Morgårdshammar i samarbete med LKAB i Malmberget och Kiruna. Efter första världskrigets slut avstannade utvecklingen för en tid åtminstone vad beträffar lastmaskinerna, skraplastning applicerades emellertid så småningom i allt flera gruvor.

Metoden vid skraplastning är principiellt densamma som vid starten, men man har i allmänhet övergått till elektrisk drift i stället för komprimerad luft som i början var vanligast. Den elektriska driften har möjliggjort användning av större enheter och

numera användes och planlägges vid olika gruvor skrapspel av upp till 100 hkr. För speciella ändamål finnas naturligtvis ännu större sådana spel. Skrapspel tillverkas numera i Sverige av Morgårdshammar, Asea, Sala och ev. någon mera. De kunna fås av vilken som helst standardstorlek och med två eller tre trummor. Bild 7.

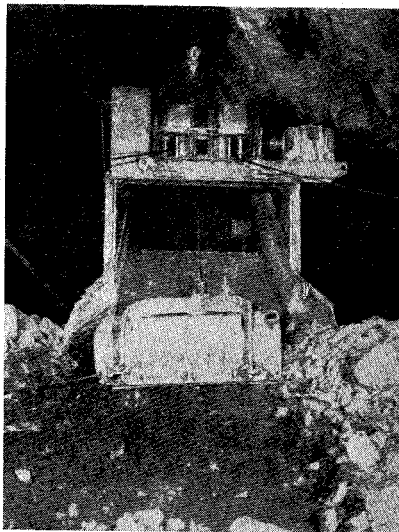


Bild 7.

Vid vissa gruvföretag, t.ex. Boliden, har metoden att lasta malm med skrapor utbildats alldeles särskilt. I Boliden användes två och tretrummiga spel och man planerar att övergå till stora sådana. För provning är f.n. beställt 2 st. Salaspel på 95 hkr. för 6,5 resp. 4 tons dragkraft vid 0,81 resp. 1,27 m/sek. Returhastighet 1,48 och 2,2 m/sek.

Under det att skraporna alltså haft en så att säga kontinuerlig utveckling så såg det länge mörkt ut för de egentliga skopmaskinerna underjord. De ursprungligen i Sverige använda typerna Hoar och Armstrong slogo icke igenom. Vi kommo aldrig i Sverige på den idén att hela skopan med vagnen måste göras rörlig fram och tillbaka under arbetet. Den idén kom från U.S.A. liksom ju för övrigt hela grundidén för maskinen och den kallades då

Eimco-maskinen. Denna maskins karakteristik och vad som möjliggjorde dess framgång var just fram- och återgången under arbetet.

Atlas Diesel tog upp denna Eimco-typ och nedlade ett aktningvärt arbete på att förbättra densamma. Firman har haft framgång härvidlag och ett betydande antal — över 300 — Atlas Diesels lastmaskiner äro sålda och arbeta med goda vitsord. En koncern i Sverige — Håksbergs gruvaktiebolag — använder f.n. c:a 55 Atlas Diesels skopplastmaskiner. Vid en av gruvorna anser man sig med 25 skopmaskiner ha reducerat arbetsstyrkan från 60 till 20 man. Man anser här skopor vara överlägsna i skivor och ort, eljes kan man överväga även användning av skrapor.

Luftförbrukningen för dessa maskiner är ganska stor, och tanken på att använda elmotorer har varit uppe och provats av kombinationen Asea-Boliden. Försöken voro ganska lovande men fullföljdes icke. Då utvecklingen beträffande skraporna emellertid gått från drivning med luft till elektrisk drift så torde det också vara att förvänta att även lastmaskinerna under jord så småningom bli eldrivna. Sannolikt kommer detta att medföra en genomgripande omkonstruktion av maskinen, sannolikt också till större typer.

På allra senaste tid har en s.k. Pneumatisk lyftkran för handlastning i gruvor förts i marknaden av A.B. Knut Eriksson i Borlänge. Den är beskriven i T.T. 1944 och är efter vad jag kan förstå redan känd och använd i Outokumpu. Denna lilla anordning är tydligen bekväm och billig och man bör med densamma kunna uppnå en betydande effektökning, och lättare arbete för lastaren. — Anordningen är också intressant ur en annan synpunkt, den innebär tydligen att endast själva lyftarbetet utföres maski-

Piirteitä mineraalien rikastustekniikan viimeaikaisesta kehityksestä

Tri R. T. HUKKI

Kun Arthur F. Taggart julkaisi rikastustekniikan käsikirjan vuonna 1927, oli sen nimi Handbook of Ore Dressing — Malmien rikastustekniikan käsikirja. Tämän käsikirjan uusi painos vuodelta 1945 on nimeltään Handbook of Mineral Dressing¹ — Mineraalien rikastustekniikan käsikirja. Lisäksi se on vielä Osa I: Malmit ja teollisuusmineraalit. Osa II, joka on vasta suunnitteluasteella, tulee käsittelemään polttoaineiden valmistuksen sekä metallipitoisten ja epämetallisten rikasteiden jatkokäsittelyn niiden jalostamiseksi käyttökelpoisiksi tuotteiksi tai raaka-aineiksi. Rikastustekniikan ala on valtavasti laajentunut. Se tulee vastaisuudessa laajenemaan edelleen siihen suuntaan, että raja rikastustekniillisten ja metallurgis-kemiallisten eroitusmenetelmien välillä tulee pienenemään.

Suomessa tunnettu C. G. MacLachlan, Norandan rikastamon johtaja, määritteli kerran tämän kirjoittajalle rikastustek-

niikan sanoin: »It is an art how to make a dollar for less than a dollar.» Vaikka tämä määritelmä soveltuu yhtä hyvin kaikkiin teollisuusaloihin, painostaa se kuitenkin rikastustekniikkaa alana, joka todella vastaa sen melkein päkaksimielistä suomenkielistä nimitystä.

Suurimmat parannukset ovat odotettavissa siellä, missä epäkohdat ovat suurimmat. Kustannuksissa se merkitsee hyökkäystä sinne, missä kustannukset ovat suurimmat. Prof. Charles E. Locke'lla, eräällä Yhdysvaltain tunnetuimmalla, nykyisin jo eläkkeellä olevalla vuori-insinöörin kasvattajalla oli tapana teroittaa oppilaisiinsa ajatus: »Koeta pyydystä suurin kala ensin.» Pari vuotta takaperin haastatteli Engineering and Mining Journal silmäntekeviä amerikkalaisia rikastusmiehiä rikastustekniillisistä parannusmahdollisuuksista, jotka luonnollisesti liittyvät välittömästi kysymykseen kustannusten alentamisesta. Lehden julkaisema

yhteenveto rikastuksen kustannusten jakautumisesta osoitti seuraavaa:

Kustannusten jakautuminen kuperirikastamoissa

	Rikastamo A 400 tonnia 24 tunnissa	Rikastamo B 50 000 tonnia 24 tunnissa
Työpalkat ...	46.5 %	27.2 %
Murskaus	18.6 %	12.2 %
Jauhatus	23.2 %	26.2 %
Vaahdotus ...	7.8 %	25.8 %
Vedenpoisto ...	0.9 %	0.7 %
Sekalaiset menot	3.0 %	7.9 %

Taulukko osoittaa, että työpalkat ovat ainakin Yhdysvalloissa suurin kustannuserä rikastamon koosta riippumatta. Jauhatus on toisella tilalla samoin rikastamon suuruudesta riippumatta. Murskaus ja vaahdotus ovat kolmannella ja neljännellä tilalla vaihtoehtoisina. Pienissä rikastamoissa edustavat työpalkat ja jauhatus noin 70 % kokonaiskustannuksista, suurissa yli 50 %. Nämä ovat ne menoerat,

nellit. Sådana maskiner har nog funnits för många år sedan, de förkastades då samtliga. Allmänna uppfattningen var då, att en lastmaskin måste kunna både gräva och lasta, eljes skulle den icke accepteras av arbetaren. Arbetarnas motstånd, som var en allvarlig realitet för pionjärerna inom detta område inom tekniken, som på många andra, har nu övervunnits och försvunnit till den grad, att man kan

använda även en sådan enklare lösning av problemet i de fall då man finner det ekonomiskt motiverat.

Slutligen förtjäna även att omnämnas de omfattande sprängningsarbete av intresse för gruvkarlen, som i Sverige utförts av väg- och vattenbyggare vid anläggningar av kraftstationer, bergverkstäder o.d. alltså icke egentligt gruvarbete. De stora arbetsrum, som i allmänhet karakteri-

sera dessa arbeten har möjliggjort en i vissa avseenden från gruvorna skild teknik, karaktäriserad av långt driven mekanisering. Borrningsplanering, borrning, skjutning, lastning och utfrakt har av väg- och vattenbyggare studerats och utvecklats delvis efter egna linjer och bl.a. så torde de genom desamma vara mera oberoende av arbetarnas yrkesskicklighet än vad fallet vanligtvis är i gruvorna.

joiden alentamista kannattaa erikokoisesti tutkia. Tulopuolella on toisaalta se, miten hyvin rikastus voidaan suorittaa. Tämä liittyy lähinnä vaahdotukseen (tai muuhun rikastusmenetelmään) sekä jauhatukseen. Rikasteen pituus ja samanaikainen saanti-prosentti määräävät rikastusprosessin laadun. Olosuhteista riippuu, kummalleko on annettava pääpaino. Rikastus on kehitettävä taloudellisia tosiasioita tyydyttäväksi.

Edellä on osoitettu, että työpalkat ovat rikastamoiden suurin kustannuserä. Erän osuus kasvaa käsitellyn tonnimäärän alentuessa. Erän määrää voidaan alentaa kahdella tavalla: Toinen tapa, joka tuskin johtaa onnelliseen tulokseen, on alentaa työpalkkoja. Toinen tapa on saada rikastamon käsittelemän tonniston määrä työvuoroa kohti nousemaan. Viimemainittu edellyttää, että miehellä annetaan entistä paremmat ja entistä tehokkaammat työvälineet tai että mies korvataan automaattisesti toimivalla koneistolla. Nämä seikat tulevat yksityiskohtaisemmin esille eri käsittelyasteiden yhteydessä.

Murskaus.

On hämmästyttävää todeta, että Blake leukamurskaaja, joka otettiin käytäntöön vuonna 1858, on vielä nykyisinkin murskaajista yleisin. Tämän päivän leukamurskaaja eroaa alkuperäisestä vain osien muodossa ja rakenteessa, mutta periaate on sama. Prof. A. M. Gaudin², eräs aikamme johtavia rikastusspecialisteja, on huomauttanut, että murskausmeidän päivinämmä on yhä vielä suurten osasten musertamista pienemmiksi valtavilla koneilla, jotka eroavat vanhoista perinnäisistä ruokapöydän pähkinäsakseista ainoastaan koossa.

Edistystä on luonnollisesti tapahtunut. Tavallisesti käytetyt murskaajat kuten leukamurskaajat,

karamurskaajat, Symonsmurskaajat ja vasaramurskaajat ovat kehittyneet pääasiassa rakennekonstruktion, kestävämmän rakennemateriaalin ja laakerien puolesta. Taggart¹ on esittänyt, että suorien leukalevyjen muuttamisen kaareviksi ja leukamurskaajan iskunopeuden samanaikaisen lisäämisen sanotaan lisäävän leukamurskaajan kapasiteettia 33—50 %. Asentamalla SKF-rullalaakerit leukamurskaajan epäkeskoakselille liukulaakerien asemasta on voimansäästön eräessä kokeessa todettu olevan 68 % tyhjäkäynnin aikana ja 30 % murskauksen aikana.³ Morgårdshammar on rakentanut rullalaakereilla varustettuja Symonsmurskaajia ja ovat ne par'aikaa perusteellisten kokeilujen alaisina.

Viime vuosien kehitys on yhä enemmän pyrkinyt painostamaan murskauksen taloudellisuutta jauhatuksen rinnalla. Suuntaus on ulottaa murskaus niin pitkälle kuin mahdollista. Tunnussana näyttää olevan: murskaus kannattaa. Kolmiasteinen murskaussiiri alkaa olla normaalin keskikokoisissa rikastamoissa. Tyypilliseen murskaamoon kuuluu karkeamurskaajan lisäksi Standard Symons- ja Short Head Symonsmurskaajat. Sekä avointa että suljettua murskaus-seulontapiiriä käytetään. Suljetussa piirissä on murskaus luonnollisesti viety pitemmälle kuin avoimessa piirissä. Valssimurskaajat ovat saaneet väistyä nykyaikaisempien Symonsmurskaajien tieltä.

Kehitys murskauksen osalla tulee olemaan kehitystä murskaajien rakenteen parantamisessa, parempien metallilejeerinkien soveltamisessa sekä murskaajien syöttölaitteiden kehittämisessä ja automatisoimisessa. Murskaus on toistaiseksi suoritettava karkealla voimalla. Parempi menetelmä on vielä kehittämättä, mutta sen hyväksi työskennellään.

Helposti säädettävät, vähän tilaa vievät ja taloudelliset Jeff-

rey-Traylor tärysyöttäjät ovat voittaneet ja todennäköisesti tulevat jatkuvasti voittamaan jalansijaa yhtenä joustavimmista syöttölaitteista, jotka sopivat erikokoisesti suhteellisen hienolle materiaalille.

Jauhatus.

Rittinger esitti jo 1867, että energian kulutus murskauksessa ja jauhatuksessa on suhteellinen murskauksessa syntyneeseen uuteen pintaan. Vasta noin 60 vuotta myöhemmin voitiin tämän lain pätevyys todistaa pinta-alamääräysten avulla, joissa murskattua kvartsijauhetta liuotettiin fluorivetyhapossa⁴. Sama voitiin myöhemmin todistaa koersiivoimamittausten perusteella magnetiitin suhteen⁵. Mutta vasta viime vuosina on pinta-alatutkimus kaasuadsorptiomenetelmiä soveltaen päässyt siihen, että minkä tahansa kiinteän hienon aineen pinta-ala on määrättävissä^{6,7}. Murskaus- ja jauhatustutkimukset, vaahdotus, sementin lujuustutkimukset ja monet muut perustuvat oleellisesti pinta-alaan. Tutkijoilla on nyt ensikerran käytettävänä laitteet, joiden avulla päästään arveluista tosiasioihin. Tutkimustyössä on otettu pitkä askel eteenpäin.

Rittingerin lain mukaisesti on murskaus ja jauhatus mekaanisen energian muuttamista pinta-energiaksi. Tähän mennessä suoritettu tutkimustyö osoittaa, että murskauksen ja jauhatuksen hyötysuhde on hyvin alhainen. Saadun tuotteen uuden pinnan edustama pinta-energia jaettuna prosessiin käytetyllä energiamäärällä ja kerrottuna luvulla 100 antaa hyötysuhteen arvoksi noin 0.4—0.8 %². Gaudin on sanonut, että rikastusmiesten tulisi painaa päänsä alas ja hävetä. Höyrykonekin, jota tavallisesti ajatellaan energian tuhlaajana, on todellinen tehokkuuden ihmelaite murskaajien ja myllyjen rinnalla. Jokaisesta tu-

hatmarkkasesta, jolla maksetaan murskaajan tai kuulamylyn sähkölaskua, menee yli 990 markkaa johonkin muuhun kuin hyödylliseen murskaus- tai jauhatustyöhön. Ottaen huomioon koneiden kulumisen, peruskustannukset sekä työpalkat, on selvää, että jokainen 4—8 markan edustama todellinen jauhatustyö tulee maksamaan yli tuhat markkaa. Erääksi tehokkaimmaksi jauhatuslaitokseksi hyötysuhteen kannalta on sanottu jotakin kanadalaisista rikastamoista, jonka rakennus on niin hyvällä eristyksellä varustettu, että kuulamylyn kehittämä lämpö pitää laitoksen lämpimänä talvella. Siellähän kuulamyly toimii sekä jauhajana että lämmityslaitteena.

Herää luonnollisesti kysymys, mitä on tehtävä tilanteen parantamiseksi. On todettu, että murskaus on johonkin rajaan asti tehokkaampi ja taloudellisempi tapa hienontaa mineraaleja kuin jauhatus. Murskaukselle on näin ollen annettava riittävän suuri osuus hienonnustyöstä. Jotta jauhatuksessa päästäisiin suurimpaan mahdolliseen taloudellisuuteen, on jauhettava tonnimäärä pidettävä mahdollisimman alna ja liikajauhatus eliminoidava mahdollisimman pitkälle.

Jauhettavan tonniston alentaminen on usein mahdollista. Hyvä yhteisymmärrys ja yhteistyö kaivosinsinöörin ja rikastusinsinöörin välillä jo sellaisenaan voi varmasti eliminoida paljon sivukiveä, joka muuten joutuisi jauhettavaksi. Magnetiitin rikastuksen yhteydessä eroitetaan sivukivi magnetiittipitoisista lohka-reista kuivamagneettisilla eroittajilla mahdollisimman karkeana. Jos magnetiittimalmin murskaus tapahtuu kolmella perättäisellä murskaajalla A, B ja C, asetetaan eroittaja esimerkiksi A:n ja B:n välille. Mikäli malmi on jauhettava, on varmasti kannattavaa suorittaa uusi kuivaeroitus B:n ja C:n välille sijoitetulla eroitta-

jalla. Tällöin on kuitenkin B:n antama tuote parasta seuloa ennen eroitusta ja vain karkea osa käsitellään eroittajalla. Viime vuosina kehitetty Sink and float-menetelmä eli Heavy-media separation-menetelmä on tarjonnut ainutlaatuisen keinon vähentää jauhettavan ja rikastettavan aineen tonnista ominaispainon perusteella. Suuri osa sivukiveä on eräissä sopivissa tapauksissa voitu eliminoida varsin karkeana ja halvalla.

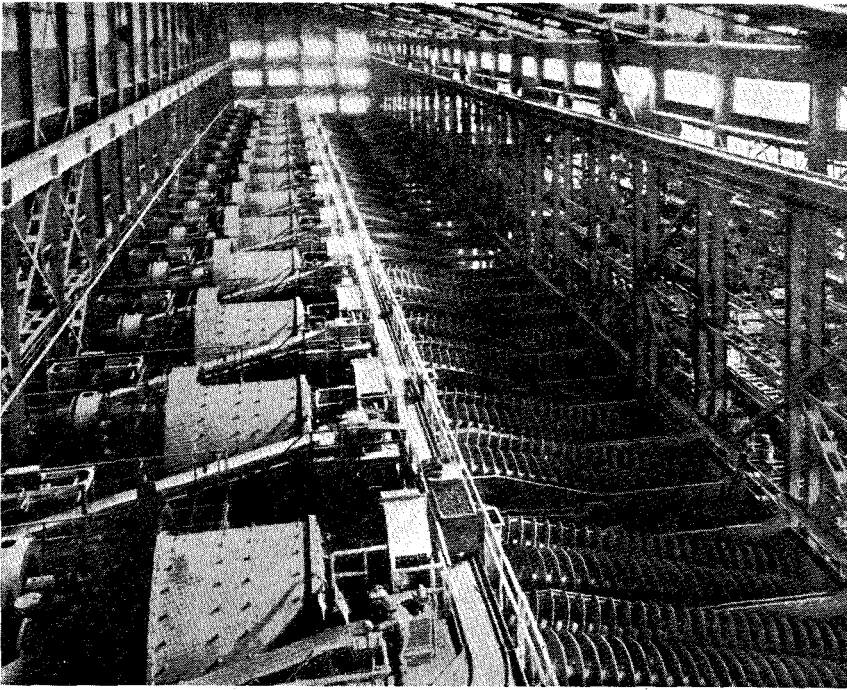
Esimerkiksi heavy-media-menetelmän erinomaisesta soveltamisesta sopii Central Mill-niminen rikastamo² (Eagle-Picher Mining & Smelting Co., Cardin Oklahoma). Eroittamalla lyijysinkkimalmin köyhä sivukivi ennen jauhatusta voitiin rikastamon kokonaiskapasiteettinostaa 5500 tonnista 12 500 tonniin eli 127 prosentilla. Samanaikaisesti kasvoi tonnimäärä työvuo-roa kohti 33 prosentilla, voimankulutus malmitonnia kohti aleni 8 prosentilla ja jätteen sinkki-välkepitoisuus aleni 45 prosentilla alkuperäiseen verrattuna. Viimeiset saapuneet tiedot³ osoittavat, että innokas tutkimustyö on käynnissä eräiden Yhdysvaltojen länsivaltioiden kultakaivos-ten uudelleen avaamiseksi. Entisten menetelmien perusteella ne olivat liian köyhiä. Eroittamalla 50 prosenttia malmista karkeana heavy-media-menetelmän avulla, alenevat rikastuskustannukset siinä määrin, että kaivostyö tulee kannattamaan. Eroitetun sivukiven kultapitoisuuden sanotaan vastaavan jätteen normaalista kultapitoisuutta.

Rittingerin lain sovellutus jauhatukseen merkitsee sitä, että jauhatuslaitteiden kapasiteetin korjoittaminen on saavutettavissa rajoittamalla uuden pinta-alan kehittymistä. Hienoilla raeluokilla on suurempi pinta-ala painoyksikköä kohti kuin karkeilla raeluokilla. Tästä seuraa, että pölymäisen aineksen syntyminen

jauhatuksen yhteydessä on pyrittävä eliminoimaan niin pitkälle kuin mahdollista. Viimeaikaiset tutkimukset osoittavat kuitenkin, että on olemassa joku luonnolaki⁶, jota raesuuruuden jakautuminen murskatuissa ja jauhe-tuissa aineissa seuraa. On ilmen-nyt, että tämä laki ulottuu ääret-tömän pieniin osasiin asti, osasiin, jotka lähentelevät mineraalien alkeiskiteiden suuruusluokkaa. Hienojen raeluokkien syntymistä ei näin ollen voida kokonaan ehkäistä, mutta niidensuhteellista osuutta voidaan pienentää määrättyyn rajaan asti.

On jo kauan ollut tunnettua, että kuulamylyn ja luokittelijan ollessa suljetussa piirissä kuulamylyn kapasiteetti kasvaa palautusaineen prosenttimäärän kasvaessa. Käytännössä on pyritty 300—600 prosentin arvoihin. Mitä korkeampi palautus prosentti on, sitä enemmän materiaalia myllyyn syötetään aikayksikköä kohti. Seuraus on, että jauhatusaika lyhenee. Luokittelija puolestaan erottaa riittävän hienon aineksen pois, joten sen ylijauhatus välttyy. Jauhatus keskitetään siihen aineosaan, jota halutaan jauhaa.

Ei suinkaan ole mikään sattuma, että ns. Marcy-mylyt ovat tulleet yleisesti suosituiksi viime vuosien aikana⁹. Marcy-mylyjen takapääty on varustettu sisärinnalla, joka pidättää jauhin-kuulat, mutta laskee karkean malmilietteen lävitsensä. Lisäksi arinapäätyyn kuuluva nostosysteemi ammentaa lietteen pois myllystä niin pian kuin materiaali on kulkeutunut myllyn läpi. Liette luokitellaan ulkopuolisessa luokittelijassa, joka palauttaa karkean osan takaisin myllyyn. Myllyn suuren kapasiteetin salaisuus on yksinkertaisesti se, että se rajoittaa hienojauhatusta poistamalla lietteen myllystä mahdollisimman nopeasti. Marcy-mylyjä käyttävät esimerkiksi kolme uusinta jättiläisrikastamo, Mo-



Kuva 1: Jauhatusosasto Morenci'n uudessa rikastamossa. Kuva on otettu ensimmäisen osan valmistuttua. Kuvassa näkyy 16 sen 27 Marcy-myllystä ja 32 sen 54 Akins-kaksoisluokittelijasta. Malmisäiliö on vasemmalla ja vaahdotusosasto oikealla. Kuulamylyjen sisämitat ovat 10'2" + 10'5" ja paino kuulien kanssa 150 tonnia. Niiden jauhatuskapasiteetti on noin 65—70 tonnia malmin tunnin myllyä kohden. Myllyjen yläpuolella kulkeva nostorana pystyy kuljettamaan täysin kuormitetun myllyn osaston päässä sijaitsevaan korjaamoon korjausta ja vuorauksen uusintaa varten. Myllyjen ja luokittelijain välissä on rata, jota pitkin sähköveturi vetää kuulavaunuja.

renci ja Castle Dome Aritsonassa ja Cananea Meksikossa.

Eräs melko uusi piirre, joka sulautuu hyvin edellä esitettyyn, on tankomylyjen voimakas työn-tyminen esille⁹. Onhan itsestään selvää, että tankomylyjen jauhatu keskittyy karkeisiin rakeisiin. Koska myllyyn syötetään jatkuvasti uutta ainesta, saavat tangot harvoin tilaisuuden joutua aivan kylki kylkeä vastaan, vaan pieni rako erottaa ne toinen toisistaan. Pienet osat kulkeutuvat näissä raoissa häiriytymättä poistopäätä kohti. Tankomyllyjä on alettu kutsua hienomurskaajiksi. Samalla osa murskaajien hienonnustyöstä on jätetty tankomylyille syöttämällä niihin normaalia karkeampaa materiaalia, piirre, joka puolestaan rajoittaa määrättyjä vaikeuksia murskaamossa. Tankomylly on tavallisesti avoimessa piirissä, mutta sitä seuraa luokittelija ja kuulamyly suljetussa piirissä. Esimerkkeinä

ovat Kennecott Copper-yhtiön Hayden-rikastamo, Tennessee Copper ja Norandan Waite Amulet.

Eräissä Yhdysvaltain magnetiittirikastamoissa suoritetaan jauhatu tankomylyillä, jotka ovat suljetussa piirissä seulojen kanssa. Luokittelijat on jätetty kokonaan pois⁹.

Jauhatuksen säännöstelyä on pyritty automatisoimaan. International Nickel ja Sladen Malartic Kanadassa ovat kokeilleet sähkökorvan käyttöä jauhatuskapasiteetin lisäämiseksi¹. Kojen toiminta perustuu myllyn antamaan ääneen, joka muuttuu jauhettavan materiaalin määrän ja laadun mukaan. Kokeet ovat osoittaneet, että 10 prosentin parannus tonneissa hevosvoimantia kohti on mahdollinen kojeen avulla. E. H. Rose, International Nickel Co:n rikastamon johtaja, on esittänyt eräässä vasta ilmestyneessä artikkelissa⁹, että

kaksi rikastamo on nyttemmin saavuttanut sellaisen täydellisyyden jauhatu-luokittelupiirissä, että piirin valvojan ei ole enää lupa koskea yhteenkään vesihanaan. Morenci, Castle Dome ja Tennessee Copper ovat asentaneet puoliautomaattisia hihna-vaakoja, joiden avulla jauhettava tonnimäärä ja luokittelijan liete-tiheys ovat suhteellisen yksinkertaisesti kontrolloitavissa.

Rikastusmiehet ovat alkaneet kiinnittää huomiota myös siihen seikkaan, että myllyn kapasiteetti kasvaa läpitan potenssissa 2.6. Käytännössä tämä merkitsee, että tuuma vuorauslevyjen paksuudessa edustaa noin 5 % myllyn kapasiteetissa⁸. Eräissä tapauksissa on alettu käyttää val-sattuja, 1.5—2 tuuman paksuisia levyjä, jotka kiinnitetään paikoil-leen tukitangoilla. Nämä toimivat lisäksi kuulakuormituksen nostajina.

Eräät alat, joissa aikaisemmin käytettiin kuivajauhatusta, ovat siirtyneet tai ovat siirtymässä suljetussa piirissä tapahtuvaan märkäjauhatukseen. Esimerkkeinä ovat bauxiitin jauhatu ja sementin raaka-aineiden jauhatu.

Seulonta.

Melkoinen joukko erilaisia täryseuloja on kehitetty. Ne hallitsevat murskauksen yhteydessä suoritettavan raesuuruuden säännöstelyn. Kuten edellä on mainittu, on täryseulaa käytetty myös jauhatu-piirissä luokittelijan asemasta. Seulonta on täysin käyttökelpoinen säännöstelymenetelmä kostealle aineelle, jos kosteusprosentti on vain riittävän korkea.

Luokittelu.

Dorr- ja Akins-luokittelijat ovat luokittelijoista tärkeimmät. Eräissä rikastamoissa on niitä käytetty rinnan ja tulokset ovat olleet identtiset. Akins-luokitteli-

jan parempi ja taloudellisempi mekaaninen konstruktio on johdantanut siihen, että monet uudet rikastamot ovat antaneet niille etusijan. Tässä yhteydessä on syytä huomauttaa, että normaali-virhe jauhatu-luokittelu-piirin suunnittelussa on valita liian pieni luokittelija. Luokittelijan kapasiteetin nostaminen on suhteellisen vaikea tehtävä sen jälkeen kun se on asennettu paikoilleen.

Hienot raeluokat ovat saaneet osakseen kasvavaa huomiota. Rose mainitsee⁹, että vuonna 1945 myytiin useampia Haultain Infra-Sizer nimistä laboratorio-luokittelijaa kuin koskaan aikaisemmin laboratoriotutkimuksia varten. Hyvin hienojen raeluokkien erottaminen karkeammista lietteessä suoritetaan käytännössä joko Dorrcy hydroseparaattorin tai Bird-keskipakoluokittelijan avulla. Dorrcy-hydroseparaattori¹ on oleellisesti pienehkö sakeuttaja, jonka ylijuoksuliete tuo mukanaan hienoimman liejun. Bird-luokittelija¹ puolestaan on keskipakoperiaatteelle suunniteltu Akins-luokittelija. Siihen kuuluu vaakasuoran akselin ympäri pyörivä kartio, jonka seinille karkein aines painautuu keskipakovoiman vuoksi. Karkea aines poistetaan luokittelijasta jatkuvasti spiraalimekanismin avulla. Hienot raeluokat virtaavat lietteenä ulos luokittelijan toisesta päästä. Universal Atlas Cement Company¹⁰ käyttää Bird-luokittelijoita uudessa sementtitehtaassaan erottamaan karkean materiaalin, jonka kalkkipitoisuus on riittävän korkea, hienosta materiaalista, joka on vaahdotettava kalkkipitoisuuden nostamiseksi. Bird-luokittelijaa voidaan käyttää myös suotimena.

Vesirikastusta varten haluttujen raeluokkien erottamisessa käytetään nykyisin Fahrenwald Sizer- tai Dorrcy Sizer-nimisiä luokittelijoita, joissa luokittelu tapahtuu ylöspäin nousevassa ve-

sivirrassa. Nämä luokittelijat eroavat toisistaan raeluokkien poistotavassa. Edellisessä vaikuttaa lietteen hydrostaattinen paine kalvomekanismiin, joka säätelee poistovenktiilin avautumista ja sulkeutumista. Jälkimmäisessä siirretään paineen vaikutus herkään painekojeen välityksellä sähkömoottoriin, joka puolestaan avaa tai sulkee venttiilit.

Rikastus raskaiden väliaineiden avulla. (Heavy-Media Separation tai Sink-and-Float-menetelmä).

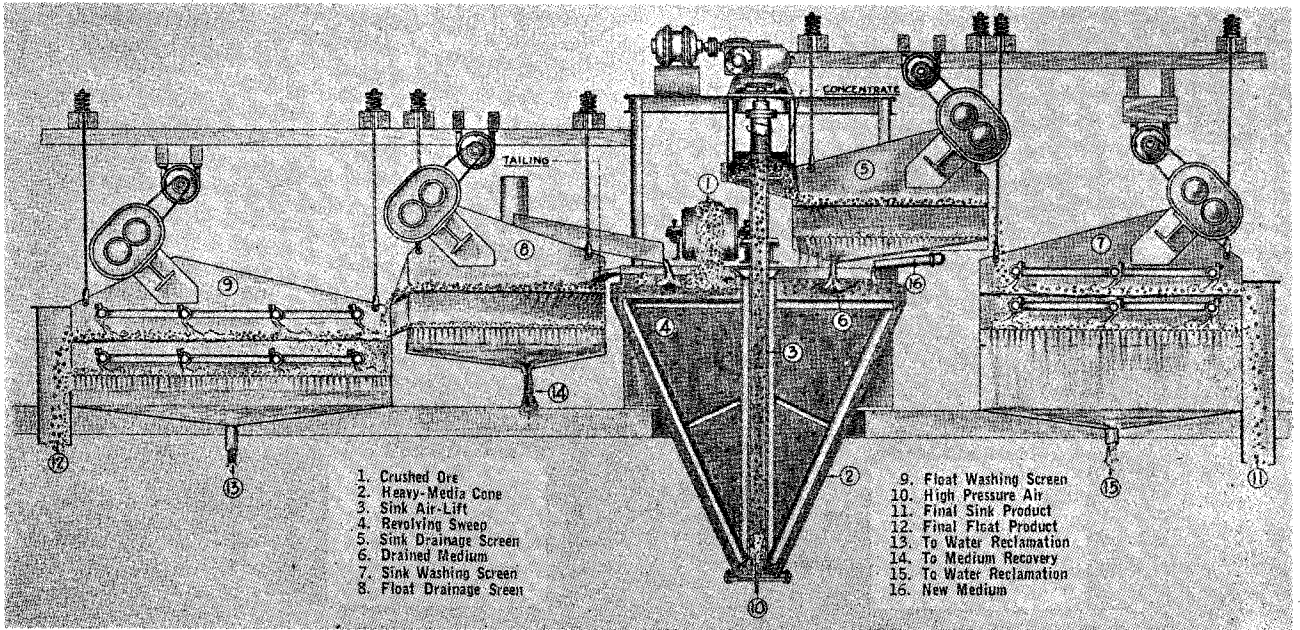
Vaikka sink-and-float-menetelmän periaate on ollut kauan tunnettu ja vaikka sitä onkin jo kauan käytetty pienessä mittakaavassa kivihiilen rikastamisessa, on sen kehittyminen käyttökelpoiseksi rikastusteknilliseksi teollisuusmenetelmäksi tapahtunut vasta viimeisen kymmenen vuoden aikana. Niinpä ensimmäinen sink-and-float-rikastamo Yhdysvalloissa alkoi toimintansa vasta 1938. Menetelmän leviäminen viime vuosien aikana on ollut ainutlaatuinen¹¹.

Sink-and-float-menetelmän yksinkertaisuus ilmenee vertaamalla sitä sellaiseen helposti ymmärrettävään seikkaan kuin mitä tapahtuu, jos hiekan ja sahajauhon sekoitusta kaadetaan vedellä täytettyyn ämpäriin. Hiekka, joka on väliainetta raskaampi, painuu pohjalle. Sahajauhut väliainetta keveämpiä kelluvat pinnalla virraten laitojen yli astiasta pois. Menetelmän käytännöllisenä vaikeutena on ollut sopivan väliaineen kehittäminen. Harvoja poikkeuksia lukuunottamatta käytetään väliaineena nykyisin piirautalietettä. Piiraudan tulee sisältää 15—22 % piitä. Jos piipitoisuus on yli 22 %, tulee lejeerinki epämagneettiseksi. Jos piipitoisuus on alle 15 %, se ruostuu helposti. Sopivan piiraudan ominaispaino on 6.7—6.8, kovuus 7.3—7.6 ja sitä käytetään jauheena, joka on noin

98 % alle 65 mesh ja yli 75 % alle 200 mesh. Lietteän ominaispaino saadaan nousemaan aina arvoon 3.2—3.4, ja voidaan se nykyisin säännöstellä muutaman sadasosayksikön tarkkuudella.

Sink-and-float-menetelmä asettaa rikastettavalle aineelle määrättyjä edellytyksiä ennenkuin sitä voidaan käyttää. Erotettavilla mineraaleilla tulee olla erilainen ominaispaino. Mitä suurempi ero on, sitä parempi. Arvokas mineraali on tavallisesti raskas mineraali. Eroitettavien mineraalien tulee esiintyä verraten suurina yksilöinä tai rakeinaita ainakin niin, että suuri osa sivukiveä on mahdollisimman vapaa arvomineraalista. Eroituksen suhteen ei ole olemassa mitään tarkkaa maksimirajaa. Kappaleet voivat olla aina 5 cm:n suuruusluokkaa, poikkeustapauksissa suurempiakin. Eroittaminen vaikeutuu raesuuruuden pienentyessä. Alarajana pidetään 35—40 mesh'in rakeita (0.4—1.6 mm). Tätä hienommat raeluokat on seulottava pois ennen eroittamista. On sanottu, että sink-and-float-menetelmän avulla voidaan rikastaa kaikki ne mineraalit, jotka voidaan rikastaa hytkyttäjillä. Sink-and-float-menetelmä on vain yksinkertaisempi ja taloudellisempi tapa kuin hytkytys. Menetelmän avulla saadaan joko lopullinen karkea rikaste tai karkea välituote, joka jauhetaan ja rikastetaan edelleen jollakin muulla tavalla.

Sink-and-float-menetelmän vaatima koneisto on melko yksinkertainen. Seulottu karkea materiaali syötetään eroituskartioon, joka on täytetty väliaineella. Eagle-Picher-yhtiön rikastamossa käsittelee 6 metrin läpimittainen kartio noin 200 tonnia malmia tunnissa¹. Väliainetta kevyempi osa eroittuu kartion yläosassa. Väliainetta raskaampi osa painuu kartion pohjalle ja poistetaan sieltä mammut-pumpun avulla. Sekä rikaste että jäte joutuvat



Kuva 2. Kaaviokuva heavy-media-eroitusta varten tarvittavasta koneistosta.

ensin valutusseuloille, missä suurin osa väliainetta erottuu laimentamattomana. Sen jälkeen ne joutuvat pesuseuloille, missä lopuosa väliaineesta pestään pois vesisuihkujen avulla. Väliaine puhdistetaan magneettisilla eroitajilla, sakeutetaan sopivaksi lietteeksi ja palautetaan takaisin

kartioon. Aikaisemmin käytettiin väliaineena myös lyijyhohdelietettä, joka puhdistettiin vaahdottamalla. Uusin variaatio on ns. selective media concentration, missä malmi itse toimii omana väliaineenaan⁹.

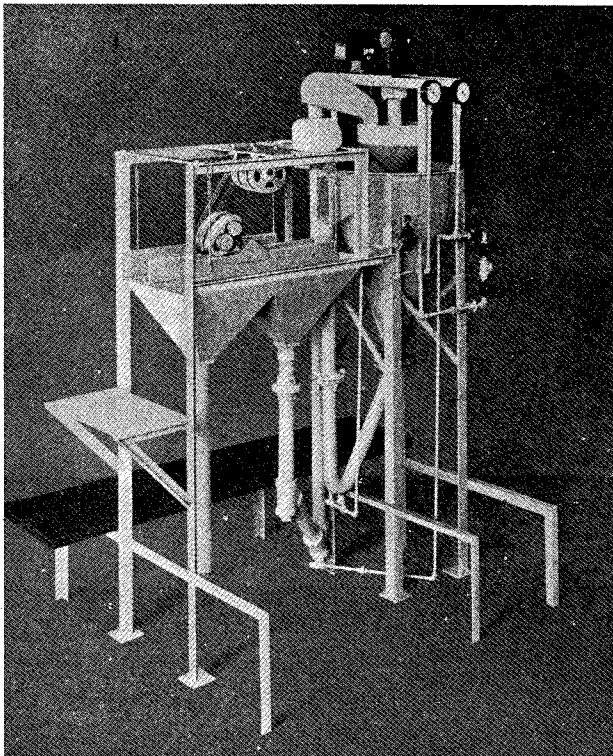
Viimeisissä sink-and-float-rikkastamoissa on käytetty Akins-

luokittelijaa erotuskartion asemesta⁹. Akins-luokittelija on osoittautunut taloudellisemmaksi eroitajaksi ja metallurgiset tulokset ovat samalla parantuneet.

Sink-and-float-menetelmää on sovellettu lyijyhohteen, sinkkivälkkeen, hematiitin, mangaanimineraalien, granaatin, kassiteeriin, fluorisälvän, magnesiitin ja kultapitoisen rikkikiisun eroitamisessa sivukivestä.

Vaahdotusreagenssit.

Sulfiidivaahdotuksessa käytävissä reagensseissa on tapahtunut jossakin määrin yksinkertaistumista. Sulfiidien valtaosa vaahdotetaan muutamien harvojen reagenssien avulla. Xantaateista käytetään etylixantaattia silloin kun halutaan verraten heikkoa kokoojaa, amyli- (tai pentasol-) xantaattia silloin kun halutaan voimakasta kokoojaa. Jos sulfiidivaahdotuksessa pyritään mahdollisimman suureen selektiivisyyteen, tulevat kysymykseen myös eräät neutralisoidut fosfaattiyhdistykset, jotka tunnetaan aerofloat-reagenssien nimellä. American Cyanamid Company'n valmistama 200-sarja käsittää ryhmän näitä kokoojia.



Kuva 3: Laboratoriokoje heavy-media-eroitusta varten.

Oksiidivaahdotuksessa ovat öljyhappo ja oleaatit edelleen suosittuja. Nämä reagenssit jouduttiin Yhdysvalloissa sodan aikana korvaamaan ainakin osittain mm. eräillä puuteollisuuden sivutuotteilla⁹. Eräitä uusia reagensseja on tullut markkinoille, joista erikoisesti American Cyanamid Company'n 800-sarja on ennakkotietojen perusteella varsin lupauva⁸. Sarjan reagenssien avulla on 20-prosenttisesta hematiittijätteestä saatu 58.7 % rautaa sisältävä rikaste saannin ollessa 91.9 %. Magnetiittimalmista, jossa on 22.9 % rautaa, on saatu 65.5 % rautaa sisältävä rikaste saannin ollessa 91.1 %. Yhdysvalloissa on tällä hetkellä yksi rikastamo toiminnassa ja kaksi rakenteilla, joissa maasälpä vaahdotetaan tai tullaan vaahdotamaan 800-sarjan reagensseilla. Samoin on yksi rikastamo rakenteilla, jossa niitä tullaan käyttämään granaatin vaahdotuksessa. Niiden sanotaan soveltuvan hyvin myös ilmeniitin, fluorisälvän, baryytin, scheeliitin ja wolframiitin vaahdotukseen. Näitä uusia reagensseja ei ole toistaiseksi lähetetty Suomeen. Syynä lienee se, että niille on haussa patentti-oikeus.

Silikaattien vaahdotuksessa käytetään osittain samoja reagensseja kuin oksidien vaahdotuksessakin. Ovathan silikaatitkin oksideja. Silikaattimineraaleille on kehitetty myös omia erikoiskokoojia, jotka tunnetaan ns. kationisten kokoojien nimellä. Ne ovat reagensseja, joiden ajatellaan ionisoituvan positiiviseksi kokooja-ioniksi ja negatiiviseksi sivu-ioniksi, jolla ei ole vaahdotuksessa sanottavaa merkitystä. Kationisten kokoojien avulla voidaan vaahdottaa joukko silikaatteja muista oksideista. Ne toimivat myös sulfidien kokoojina, vaikka niitä ei ainakaan toistaiseksi tähän tarkoitukseen käytetä. Kationisten kokoojien avulla voidaan rikastaa esimerkiksi mag-

neettisella eroittajalla saatu magneettirikaste entistä rikkaammaksi ja entistä fosforiköyhemmäksi vaahdottamalla epäpuhtautena olevat silikaatit ja jättämällä magnetiitti jätteeseen¹². Niiden avulla on 40 % TiO_2 sisältävästä ilmeniittirikasteesta vaahdotettu silikaatit pois jätteen TiO_2 -pitoisuuden noustessa yli 50 prosenttiin¹³. Rose on esittänyt⁹, että titaanivalkoisen valmistusta varten tulisi ilmeniittirikasteen puhtausasteen voida nousta nykyisen tekniikan puitteissa 99.75 prosenttiin.

Eräs uusi piirre selektiivisessä vaahdotuksessa on pyrkimys kohottaa kahden mineraalin vaahdotuksen selektiivisyyttä kertauksessa tuhoamalla etuvaahdotuksessa käytetty kokooja. Tämähän tuli sodan aikana kysymykseen Yhdysvalloissa esimerkiksi molybdeenihohteen eroittamiseksi kuparirikasteesta. Kysymyksessä olevien kuparirikasteiden molybdeenipitoisuus oli noin 0.3—0.5 % MoS_2 . Eroitus on saatu aikaan kolmella tavalla: Ensiksi, jos käytetty kokooja oli xantaatti, se tuhottiin höyryttämällä rikaste, minkä jälkeen helposti vaahdotettava molybdeenihohde vaahdotettiin sopivan vaahdottajaöljyn avulla. Toiseksi, jos käytetty kokooja oli aeofloat-perheeseen kuuluva, rikaste oli alustavasti pasutettava kokoojan tuhoamiseksi. Kolmanneksi, olipa kokooja joko xantaatti tai aerofloat-reagenssi, sen vaikutus voidaan eliminoida lisäämällä sopiva reagenssi. Toistaiseksi ei ole annettu julkisuuteen, mikä tämä reagenssi on ja miten se vaikuttaa. Joka tapauksessa se avaa tavallaan uuden tien selektiiviseen vaahdotukseen. Tavoitteena olisi luonnollisesti sellainen onnellinen tilanne, että jokaisella kokoojalla ja jokaisella muulla reagenssilla olisi vastareagenssinsa, jonka avulla edellisen vaikutus voitaisiin eliminoida niin täydellisesti, että eliminoiminen ei häiritsisi

millään tavalla myöhempää vaahdotusta uusilla reagensseilla.

Prof. Gaudin'in johdolla on suoritettu uusia tutkimuksia kokooja-ionien tiheydestä mineraalipinnoilla. Näytteet ovat useista nykyisin toimivista rikastamoista. Pinta-alan määräykset on suoritettu kaasuaSORPTIOMENETELMÄN avulla. Kokeet osoittavat, että normaalioloissa käytetty kokoojakonsentraatio riittää vain epätäydellistä mono-ionista kerrosta varten. Mineraalisaanti on kasvanut ionitiheyden lisääntyessä mineraalipinnalla⁹.

Edellä on mainittu, että rikastusteknikot ovat alkaneet kiinnittää kasvavaa huomiota pieniin raeluokkiin, unohdettujen ja laiminlyötyjen dimensioiden maailmaan. Tämä alamaailma käsittää esim. kolloidit, joiden on sanottu edustavan rajojen 0.5μ ja 10 \AA välisiä suuruusluokkia. Martin H. Fischer on sanonut, että kolloidikemia on hämäryys kemian ja fysiikan välillä. Nykyajan rikastusmies on ollut pakotettu tunkeutumaan tähän hämäryyteen. Kolloidien edustama painomäärä on vain muutama kymmenesosa prosenttia jauhetun materiaalin kokonaispainosta. On ehkä yllättävää, että vähintään 50 % vaahdotettavien rakeiden pinta-aslata kuuluu juuri kolloideille, mineraalijauheelle, joka on niin hienoa, että se voidaan todeta vain ultramikroskoopilla tai sitä paremmilla laitteilla. On näin ollen ilmeistä, että vaahdotus, joka loppujen lopuksi perustuu mineraalien pintaominaisuuksiin, on läheisesti sidottu näiden unohdettujen osasten käyttäytymiseen.

Vaahdotus on alkanut silfiidien vaahdotuksesta. Sulfiidien vaahdotus on ollut suhteellisen yksinkertaista. Siirtyminen sulfiidien vaahdotuksesta menestykselliseen oksidien ja silikaattien vaahdotukseen on monissa tapauksissa

edellyttänyt varsin kovakouraista puuttumista kolloideihin ja hienoihin raeluokkiin. Vasta sen jälkeen, kun tämä ainesosa on eroitettu lietteestä, on monien oksiidien ja silikaattien vaahdotus onnistunut. Samalla liejuneroitus pienentää huomattavassa määrin reagenssikulutusta ja auttaa suodatuksessa ja kuivauksessa.

Lietteiden flokkuloiminen ja dispersoiminen liittyy läheisesti edelliseen. Lietettä sanotaan dispersoiduksi silloin, kun jokainen siihen kuuluva mineraalirae esiintyy itsenäisenä yksilönä. Liete on flokkuloitu, jos mineraalirakeet kerääntyvät paljain silmin nähtäviksi ryhmiksi. Vaahdotuksessa käytetään ns. ehkäiseviä reagensseja lisäämään vaahdotuksen selektiivisyyttä. Tavallisesti nämä reagenssit vaikuttavat samalla joko dispersoivasti tai flokkuloivasti. Tähän mennessä on yleisesti puhuttu selektiivisestä vaahdotuksesta. On kuitenkin todennäköistä, että selektiivinen vaahdotus on monessa suhteessa riippuvainen suuremmissa tai pienemmissä määrässä tapahtuvasta selektiivisestä flokkuloitumisesta tai dispersoitumisesta. Malmilietteessä, jossa on esim. kuparikiisua, rikkikiisua ja silikaatteja, voivat nämä kaikki olla flokkuloituja. Flokkuloituminen voi olla tässäkin tapauksessa selektiivinen esim. siten, että kuparikiisu flokkuloituu ensin ja voimakkaimmin, rikkikiisu toisena, mutta heikommin, ja silikaatit viimeisenä ja heikoimmin. Selektiivisyyden tutkiminen tästä näkökulmasta on tällä hetkellä vasta alulla. Käytännössä eräiden kemikaalioiden sovellutus on kuitenkin tutkimustyötä edellä. Ehkäisevien reagenssien käyttö on viime vuosina laajentunut. Eräät tanniinit ja ligniinisulfohappojen suolat ovat olleet erikoisesti suosittuja⁹. Manuel ja Lewis ovat todenneet, että ne olosuhteet, joissa tanniinit vai-

kuttavat vaahdotuksessa parhaiten vastaavat niitä olosuhteita, joissa ne vaikuttavat parhaiten nahan parkitsemisessa. Rose on sattuvasti verrannut tätä vastaavanlaiseen yhtäläisyyteen kumin vulkanisoinnin ja sulfiidien vaahdotuksen välillä xantaattien avulla⁹.

Vaahdottajista on pine oil edelleen johdossa. Kresyylihattua käytetään siellä täällä joko sellaisenaan tai yhdessä jonkun vaahdotusöljyn kanssa. Synteettiset alkohoolit, joissa hiiliatominäärä vaihtelee 7—10, ovat osoittautuneet kilpailukykyisiksi erittäinkin oksiidien ja silikaattien vaahdotuksessa. Nykyisin käytettävät vaahdottajat ja niihin kuuluvat yhdistykset sisältävät poikkeuksetta yhden OH-ryhmän.

Rose on esittänyt eräässä äskettäin ilmestyneessä artikkelissa⁹, että todistusaineisto kasvaa nopeasti siitä, että vaahdottamalla voidaan erottaa mikä tahansa erillinen kiinteä aine mistä tahansa toisesta erillisestä aineesta vaahdotukselle sopivissa raeluokissa. Vaahdottamalla rikastetaan nykyisin hyvin kirjava joukko mineraaleja. Samalla on vaahdotus levinnyt sekä epäorgaanisen että orgaanisen kuin myös biokemiallisen teknologian aloille. Eräitä suurteollisuudessa tarvittavia kloriideja, nitraatteja ja karbonaatteja eroitetaan toisistaan ja muista yhdistyksistä vaahdottamalla. Siemeniä voidaan erottaa toisistaan vaahdottamalla. Vesijohtoveden puhdistus vaahdottamalla on eräässä tapauksessa eliminoinut 70 % sameudesta, 79 % epäpuhtaudesta ja 90 % bakteereista. Rikastusmiehelle yhtä hyvin kuin kaivosmiehelle voi tuntua kohtalon ivalta se, että oluessa olevat öljy-hartsiyhdistykset voidaan nykyisin erottaa ja eräissä tapauksissa myös eroitetaan suurteollisuudessa vaahdottamalla olutta.

Vaahdotuskoneet.

Jokaisella rikastusmiehellä on oma käsityksensä parhaasta vaahdotuksesta. Useimmissa tapauksissa tämä käsitys perustuu toiveajatteluun enemmän kuin tosiasioihin. Ne rikastamot ovat harvat ja valitut, joissa eri vaahdotuskoneita olisi todella vertailtu keskenään paikallisissa olosuhteissa. Pari tällaista poikkeusta ovat Morenci'n uusi rikastamo Aritsonassa ja Tennessee Copper Company'n rikastamo Tennessee'ssä. Ennenkuin Morenci'n 45 000—50 000 tonnia päivittäin käsittelevä rikastamo rakennettiin, suoritettiin siellä lähes kaksi vuotta kestäneitä rikastuskokeita kaikilla tunnetuilla vaahdotuskoneilla mittakaavassa 1 500 tonnia päivässä. Tulokset osoittivat, että Fagergren-kone pääsi kilpailussa voittajaksi, pneumaattisten South-Western- (Forrester-) kennojen tullessa toiselle tilalle. Fagergren-koneen konstruktio muutettiin samalla varsin radikaalisti siten, että koneen roottorimekanismi kytkettiin hammaspyörästön välityksellä moottoriin ja koko yhdistelmä rakennettiin yhdeksi yksiköksi, joka kiinnitetään täysin avoimiin kennoihin muutamilla ruuvipulteilla.

J. F. Myers, Tennessee Copper Company'n rikastamon johtaja, on suorittanut laajoja tutkimuksia eri vaahdotuskoneiden soveltuvaisuudesta malmille, joka muistuttaa Outokummun malmia. Hänen tutkimuksensa¹⁴ osoittavat, että yksi ja sama kone ei anna yleispätevästi parhaita tuloksia, vaan että eri vaahdotusvaiheet edellyttävät erilaisia koneita.

Nykyisistä mekaanisista vaahdotuskoneista tavallisimmat ovat Denver, Fagergren, Kraut ja Pan-American, pneumaattisista Forrester ja sen lukuisat muunnokset ja mekaanis-pneumaattisista Minerals-Separation Counter-current, Geco, Weirig ja Agit-

air koneet. Yksityiskohtaiset kuvaukset näistä koneista on löydettävissä Taggart'in käsikirjasta¹.

Vaahdotuskoneiden kehityksessä on ollut selvä pyrkimys suurempiin yksiköihin. Jos Morenci'n uudessa rikastamossa olisi käytetty alkuperäistä suurinta M-S-konetta, olisi niitä tarvittu noin 2 000. Uusia Fagergren-koneita on siellä pyöreän luvuin 600. Rikastamon valmistuttua alkoi esiintyä arveluita vielä suuremmista koneista. Eikö niitä olisi voitu yhtä hyvin rakentaa niin suuriksi, että niitä olisi tarvittu vain 60? Rose on esittänyt vastaajatuksensa, että pienet vaahdotuskoneet ovat käytännössä antaneet parhaat metallurgiset tulokset. Tätä ajatusta on arvoiteltu ja suurien koneiden tulevaisuutta on puolustettu sillä perusteella, että konerakentajat eivät ole toistaiseksi vielä oppineet tyydyttävästi konstruoimaan näitä jättiläisiä.

Nykyisistä vaahdotuskoneista on sanottu, että ne ovat liian pieniä, liian kömpelöitä, tuhlaavat liiaksi energiaa ja ovat aivan liian vähätehoisia². Vasta äskettäin on vaahdotusta alettu tutkia voimataloudellisena probleemina. Uuden kehityksen tulokset eivät ole vielä näkyvissä, mutta jotakin uutta on odotettavissa.

Vaahdotuksen sääntelyyn käytettävät kojeet.

Rose⁹ on huomauttanut sattuvasti, että nykyisissä rikastamoissa tehdään päivittäin kymmeniä, ehkäpä satoja kemiallisia analyyseja ja seula-analyyseja, jotka kaikki ovat enemmän tai vähemmän post mortem-hautauspuheita siitä, mikä valitettavasti on jo tapahtunut ja jota ei enää voida korjata. Tällainen laboratoriotutkimus olisi pyrittävä korvaamaan automaattisilla laitteilla, jotka osoittavat, mitä kulloinkin ollaan tekemässä. Mei-

dän teknillisellä aikakaudellamme automaattiset kojeet mittaavat, laskevat, ajattelevat ja ohjaavat ilmatorjuntatykistön tulta kohteen liikkeessä 1 000 kilometrin tuntinopeudella. Tähän verrattuna työskennellään rikastamossa toistaiseksi kilpikonna nopeudella. Edellä mainituilla analyyseillä on kylläkin valtava moraalinen merkitys, erikoisesti sille, joka on vastuussa rikastamosta. Niiden avulla voidaan kontrolloida mm. rikastamon saanti-prosentti melkein hiuskarvan tarkkuudella kaivosinsinöörin iloksi, jonka pienet vastoinkäymiset saattavat maksaa valtavia malmimääriä, joita ei kukaan pysty numeroluvuin paljastamaan.

Jokainen rikastusmies tajuaa pH-arvon merkityksen vaahdotuksessa. Normetal ja Nevada-Massachusetts Yhdysvalloissa olivat ensimmäiset rikastamot, joissa on otettu käytäntöön automaattinen pH-sääntely⁹. Molemmissa on Beckman pH-indikaattori kytketty Bristol kuristajatyypin säätäjään. Tennessee Copper säätää xantaatin käytön automaattisesti oksidatiopotentiaalilla avulla.⁹ Mutta vielä on kehittämättä automaattinen kemiallinen analysaattori, joka ilmaisisi joko jatkuvasti tai hyvin lyhyessä ajassa rikasteen ja jätteen pitoisuudesta. Tosiasia on kuitenkin, että tällainen analysaattori on intensiivisen tutkimustyön alaisena.

Muut rikastusmenetelmät.

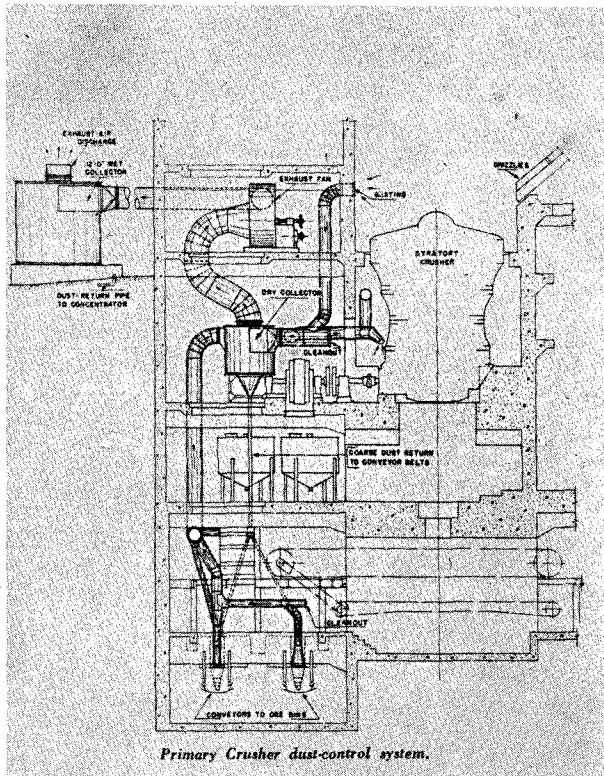
Ominaispainon ja painovoiman vaikutuksiin perustuva verraten uusi rikastuslaite on ns. Humphreys-spiraali¹. Kojee on pystyyn asetettua korkkiruuvia muistuttava ränni, jossa ei ole mitään liikkuvia osia. Liete, josta on eroitettu lieju pois, saa juosta ränniä alas. Ominaispainoltaan raskaat rakeet pysyttelevät rännin pohjalla, kun taas keveät

rakeet nousevat virran mukana enemmän tai vähemmän rännin reunoille. Rikaste eroitetaan jättestä sopivien poistoaukkojen kautta. Laitetta on käytetty esimerkiksi kromi- ja titaanipitoisen hiekan käsittelyssä sekä wolframi-, tina-, mangaani-, tantaali- ja litiummineraalien rikastuksessa kuin myös hematiitin ja kivihiilen erottamisessa sivukivestä. Yksi spiraali on pystynyt käsittelemään 250 tonnia kromipitoista hiekkaa 24 tunnissa rikastaen sen 6-prosenttisesta 25 % Cr₂O₃ sisältäväksi rikasteeksi saannin ollessa 90 %.

Edellä on mainittu, että raja rikastusteknillisten ja kemiallis-metallurgisten erotusmenetelmien välillä on pienentynyt ja tulee edelleen pienentymään. Esimerkiksi sopii Nevada-Massachusetts-rikastamo Yhdysvalloista⁹. Se käsittelee scheeliittimalmia, jossa on 0.9 % WO₃. Lopullinen rikaste sisältää 70—75 % WO₃. Rikastuskaavio on varsin monimutkainen käsittelemällä tärypöytiä, vaahdotuskennoja, pasutusuneja, magneettisia eroittajia sekä laitteita kalkkisälvän ja apatiitin liuottamiseksi kemiallisesti rikasteesta. Eräässä toisessa rikastamossa muutetaan wolframipitoisen mineraalin soodan, hiilen ja suolan kanssa sintraamalla natriumwolframaatiksi, joka uuteetaan. Rose⁹ on maininnut koko joukon tällaisia esimerkkejä kirjoittamassaan artikkelissa. Mm. hän huomauttaa siitä, että 2 000 miljoonaa dollaria maksaneen atomipommi-yrityksen raaka-aine myös oli rikastettava. Asianomaiset rikastusmiehet tekivät lujasti työtä, saivat paljon aikaan, mutta eivät puhuneet mitään.

Tutkimustyö.

Sodan aikana ja sodan päätyttyä on rikastusteknillinen tutkimustyö laajentunut jatkuvasti. Uusia laboratorioita on perustettu ja entisiä on uusi



Primary Crusher dust-control system.

Kuva 4: Morenci'n karkeamurskaamoon asennettu pölynimurisysteemi. Imuverkko ulottuu sekä murskaajaan että niihin kohtiin, missä murskattu malmi putoaa kuljetushihnoille. Karkein osa imetystä materiaalista palautuu ensimmäisestä sykloonista alas hihnoille. Hienempi osa joutuu saostus-sykloonisiin, jossa vesisuihkutsa ostavat pölyn lietteeksi, joka juokseen rikastamoon.

Oliver Iron Mining Company on tässä suhteessa edellä kaikista muista. Sen uuden, 750 000 dollarin (100 miljoonan markan) koelaboratorion pitäisi olla tekniikan viimeinen sana alallaan. Tennessee Copper-yhtiön rikastusteknisessä koelaboratoriossa on enemmän henkilökuntaa kuin itse rikastamossa. Saavutetut parannukset ovat hyvin korvanneet tutkimustyöhön käytetyn pääoman. Ei yksin sillä hyvä, että uusia laboratorioita rakennetaan. Tutkimustyön periaate on myös kehittynyt. Armour Research Foundation on alkanut soveltaa rikastustekniikkaan eräänlaista tieteellistä massatuotantomenetelmää. Jokainen ratkaistava ongelma joutuu runsaslukuisen tutkijakunnan yhteisanalysoinnin ja ajattelun kohteeksi. Tällä tutkijakunnalla on käytettävissä eri alojen specialistit. Tämä sama

tutkimusperiaatehan sai loistavan kruunauksen sodan aikana monien vaikeiden tehtävien uskottoman nopeina ratkaisuna.

Silicosis-suojelu.

Silicosis-suojelu liittyy monissa kaivoksissa ja rikastamoissa työskentelevien henkilöiden ensiarvoisen tärkeään terveyshuoltoon. Rikastamoissa silicosis-vaara on tarjolla lähinnä murskaamossa. Suojelua varten on nykyisin kaksi mahdollisuutta, jotka kulkevat käsi kädessä. Ensiksi, kehittyvä pölymäärä on eliminoitava niin pitkälle kuin mahdollista. Tämä saadaan aikaan asentamalla pölynimurisysteemi, joka imee jatkuvasti ilmaa murskaajan tai seulan läpi vieden mukanaan hienon aineksen, joka saostetaan sopivassa kohdassa vesisuihkujen

avulla ja palautetaan lietteenä esim. luokittelijaan. Toinen tapa on alumiinipölyhoito¹⁵. Tämä perustuu alumiinin ja alumiinioksiidin piihappoa neutralisoivaan vaikutukseen. Alumiinihoito on kehitetty McIntyre-kaivoksilla Kanadassa. Sitä käyttää Kanadassa 65 kultakaivosta ja 7 muuta kaivosta edustaan yhteensä 15 000 työlläistä. Tämän lisäksi on menetelmä levinnyt Yhdysvaltoihin, Meksikoon, Chileen, Peruuun ja Etelä-Afrikkaan. Menetelmä on patentoitu. Patentin haltija on McIntyre Research Limited, yhdistys, joka toimii rahallista voittoa tavoittelematta. Se luovuttaa tarvittavat välineet ja käyttöohjeet kaivoksille kustannuksia vastaavasta hinnasta.

Tämän esityksen tarkoitus ei ole ollut puuttua yksityiskohdin rikastusmenetelmiin, koneisiin tai laitteisiin. Yksityistiedot ovat löydettävissä ammattikirjallisuudesta. Olen pyrkinyt esittämään eräitä rikastustekniikan oleellisia peruskysymyksiä lähinnä syy- ja seurausnäkökulmasta. Olen koettanut tuoda esille sen, miten vähän me toistaiseksi tiedämme monista asioista ja miten puutteelliset ne menetelmät ja välineet ovat, joilla me vielä nykyisinkin yritämme tulla toimeen. Jokaisessa rikastamossa on parantamisen varaa. Meyers Tennessee Copper-yhtiöstä esitti kerran tämän kirjoittajalle vertauksellisesti, että on suorastaan hämmästyttävää, kuinka paljon rikastamoissa tehdään turhaa työtä lattian pesemiseksi ja pesulaitteiden kehittämiseksi sen sijaan, että ryhdyttäisiin korjaamaan ränniä, josta liete vuotaa lattialle. On paljon sekä pieniä että mahdollisesti myös suuria asioita, joita jokainen rikastusmies omassa ympäristössään on ajatellut korjausta tai muutosta kaipaaviksi. Aika on tullut ryhtyä ajatuksista tekoihin. Korjaukset ja muutokset on ulotettava sinne asti mistä vika on lähtöisin.

KÄYTETTY KIRJALLISUUS:

1. A. F. Taggart: Handbook of Mineral Dressing, (1945), Wiley & Sons.
2. Reducing Postwar Milling Costs, Staff survey, Eng. and Min. Jnl. (Jan. 1944) 145 N:o 1, 72—75.
3. Morgårdhammars tuggare, typ Blake, kataloogi, 1944.
4. J. Gross and S. R. Zimmerley: Crushing and Grinding. Trans. A.I.M.E. (1930) 87, 7—50.
5. R. S. Dean and C. W. Davis: Magnetic Separation of Ores. U. S. Bur. Mines Bull. 425 (1941) 321—323.
6. A. M. Gaudin and R. T. Hukki: Principles of Comminution — Size and Surface Distribution. A.I.M.E. Tech. Pub. 1779 (Nov. 1944).
7. A. M. Gaudin and S. Suphi Yavasca: Principles of Comminution — Size and Surface Distribution. A.I.M.E. Tech. Pub. 1819 (May 1945).
8. S. A. Falconer: New Reagents and Methods Mark Ore-Dressing Advance. Eng. and Min. Jnl. (Feb. 1946) 147 N:o 2, 104—107.
9. E. H. Rose: Ore Concentration and Milling. Min. and Met. (Feb. 1946), 70—76.
10. L. G. Sprague: The New Cement Plant of the Universal Atlas Cement Company at Northampton, Pennsylvania. A.I.M.E. Tech. Pub. 1619. (Sept. 1943).
11. American Cyanamid Company: Heavy-Media Separation. Ore Dressing Notes, N:o 11, July 1942.
12. N. W. Scott, A. C. Richardson and N. Arbiter: Amine Flotation of Gangue from Magnetite Concentrates. A.I.M.E. Tech. Pub. 1902. (Nov. 1945).
13. L. L. McMurray: Froth Flotation of a North Carolina Ilmenite Ore. A.I.M.E. Tech. Pub. 1653 (Jan. 1944).
14. J. F. Myers and F. M. Lewis: Flotation Machines at the Tennessee Copper Company. A.I.M.E. Tech. Pub. 1680 (1940).
15. A. W. Jacob: The »Know-How» in Fighting Silicosis with Aluminum. Eng. and Min. Jnl. (March 1946) 147 N:o 3, 70—75.

VUORI-INSINÖÖRIN KÄSIKIRJAT

Sodan aikana on Yhdysvalloissa ilmestynyt uudet painokset vuorialan käsikirjoista, jotka tunnetaan alan edustajien keskuudessa nimityksillä »Peele» ja »Taggart».

»Peele» on Mining Engineers' Handbook. Sen vastaavana toimittajana on prof. Robert Peele. Tästä käsikirjasta on tähän mennessä otettu kolme painosta, nimittäin vuosina 1918, 1927 ja 1941. Vuoden 1941 käsikirjan kirjoittajina on 46 kaivosalan eri haarojen spesialistia. Se on kaksiosainen teos sisältäen yhteensä 2442 sivua. Mining Engineers' Handbook on N:o 1 kaikista kaivostekniikkaa käsittelevistä teoksista. Sen tulisi olla jokaisen kaivosinsinöörin käden ulottuvilla joka päivä joko hänen omassa kirjastossaan tai yhtiön

kirjastossa. Teokseen ei sisälly mineraalien rikastustekniikka. Teoksen tilaamiseksi on sen täydellinen nimitys seuraava:

Peele: Mining Engineers' Handbook Third Edition, two volumes, 1941 Wiley & Sons, Inc., New York.

Teoksen hinta on Yhdysvalloissa noin \$ 15.00 molemmilta osilta yhteensä.

»Taggart» puolestaan on Handbook of Mineral Dressing, siis mineraalien rikastustekniikan käsikirja. Sen vastaavana toimittajana on prof. Arthur F. Taggart. Teoksesta on otettu kaksi painosta, ensimmäinen 1927, toinen 1945. Prof. Taggart on kirjoittanut viimemainitun yhdessä kolmentoista asiantuntijan kanssa. Uusi

»Taggart» sisältää 1915 sivua. Teosta on ja syystä kutsuttu rikastustekniikon raamatuksi. Tilausta varten sen täydellinen nimitys on:

Taggart: Handbook of Mineral Dressing Ores and Industrial Minerals, 1945 Wiley & Sons, Inc., New York.

Teoksen hinta on Yhdysvalloissa \$ 15.00 kappaleelta.

»Peele» ja »Taggart» ovat ne kaksi kirjaa, joita käytännön vuorimies lähinnä tarvitsee. Ne ovat verraten kalliita kirjoja, jotka on lisäksi maksettava dollareissa. Niiden, jotka haluavat tilata mainittuja teoksia on paras kääntyä pääkaupungin johtavien kirjakauppojen puoleen asian järjestämiseksi.

R. T. Hukki

Om manganproblemet

av dr-ing. BÖLGE TROBERG, Vuoksenniska.

I normala tider, då jordens råvarukällor s.a.s. stå till var mans disposition, erbjuder industriländernas försörjning med mangan inga svårigheter. Högvärdiga manganmalmer och olika manganlegeringar, främst ferromangan med ca 80 % Mn finnas då att köpa till billigt pris. Detta ämne är något så självfallet som legeringsmedel vid ståltillverkningen att få kanske tänka på hur oundgänglig manganen i själva verket är för åstadkommande av ett prima stål. Så snart krig hotar, begynner emellertid »det stora skriket» efter denna strategiskt livsviktiga metall. Före det sista världskriget ha sålunda bägge parterna, i synnerhet Tyskland, försökt säkra åt sig möjligast stora lager av Mn-malm innan kriget bröt ut.

Redan efter det första världskriget började emellertid de stora länderna försäkra sig om jordens manganmalmfyndigheter, med den påföljd, att de tre stora, U.S.S.R., England och U.S.A. år 1929 kontrollerade ca 90 % av Mn-malmfälten. De brittiska intressena hade då kontroll över ca 35 %, de sovjetryska 34 % och de amerikanska över 20 % av jordens Mn-malmproduktion. Närmast kom Brasilien med 4 % av totalproduktionen. Allteftersom Mn-behovet växer, blir kampen om Mn-malmfälten allt hårdare. Icke utan skäl har den berömde stålexperten Sir Robert Hadfield sagt: »Det var förr en strid om guldfälten, det är nu en strid om oljefälten och säkert kan numera striden om Mn-malmfälten anses vara lika stor.»

På grund av att malmfyndig-

heterna för de flesta länder (utom för Rådsrepubliken) ligga bortom världshaven, i Indien, Sydafrika eller vid Guldkusten (närmaste större Mn-malmförekomst för de västliga demokratierna finnes i Algier) är det ej nog med att man i fredstid försäkrat sig om Mn-fyndigheter. Försvarade transportmöjligheter, bl.a. till följd av tonnagebrist under kriget, verka därhän att också andra utvägar måste tillgripas för förbättrande av Mn-försörjningen. Av dessa må nämnas:

1:o förbättring av manganekonomin, d.v.s. manganutbytet vid stålprocesserna;

2:o utnyttjande av lågprocentsiga Mn-malmer inom det egna landet, eventuellt efter anrikning av malmen.

Punkterna 1) och 2) utgöra

olika, var för sig intressanta deluppgifter av manganförsörjningens stora problem, på vilken det gäller att i en snar framtid finna en lösning. Vi gå nu att närmare skärskåda några föreslagna lösningar.

Vad den första punkten, förbättring av manganekonomin, beträffar, finnes härvidlag säkert mycket att göra. Mn-utbytet i det färdiga stålet, räknat på insatt Mn i malmen, är t.v. sorgligt lågt, nämligen i bästa fall kanske 40 %, vanligtvis blott 20 %. Man har därför, speciellt i Tyskland, utfört intensiva undersökningar för förbättrande av Mn-balansen. Ett skema av H. Bansen¹⁾ belyser dessa utredningar (se fig. 1).

Hela »Mn-fluxen» passerar masugnarna vid e , varvid ca 33 %

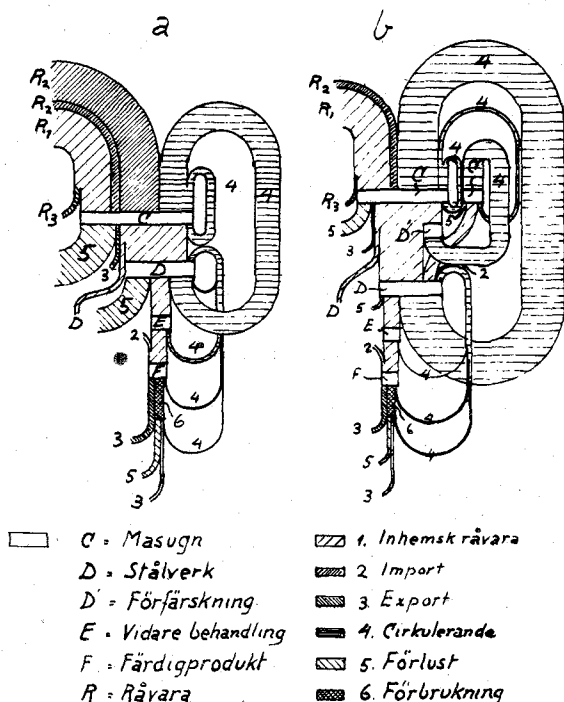


Fig. 1. Manganbalans för Tyskland (1929) enligt H. Bansen.

av den insatta manganen går förlorad i masugnsslaggen.

Av all införd ny mangan härstammade pos. $R_2 = 56\%$ ur utländsk malm, medan blott 44% av manganen kom från inhemska Mn-fyndigheter. D anger stålverken. Här förloras ytterligare ca 20% av manganen i thomaslaggen, medan martinslaggen (4) går tillbaka till masugnen. Vid E ha vi vidarebehandlingen (valsning etc.) och F anger färdigvaran. I det färdiga stålet återfinnes blott ca 23% av total insatt Mn, resten är förlorad.

För minskande av de stora manganförlusterna i slaggen har man sökt ändra de metallurgiska processerna därhän att förlustströmmarna $5C$ och $5D$ i möjligaste mån minskas. H . Bansen har i detta syfte uppgjort ett schema för en »idealprocess», som återges i fig. 1 b. I jämförelse med fig. 1 a se vi först, att Mn-utbytet i masugnen förbättrats. (Förlustströmmen $5C$ mindre). Detta kan ske genom *Mn-fattigare beskinkning* och *hetare gång* i masugnen. Vi få visserligen nu blott 1% Mn i tackjärnet, vilket dock har ansetts tillräckligt för framgångsrik avsvavling, då ju tack vare den hetare gången masugnsslaggen verkar effektivare avsvavlande och man dessutom numera på annat sätt kan avsvavla tackjärnet, t.ex. genom sodabehandling. Genom att alltså kunna hålla Mn-halten i tackjärnet på ca 1% mot $1,5\%$ tidigare, sparar man i masugnsprocessen avsevärt Mn.

Den andra väsentliga förbättringen består i att i basisk konverter (punkt D') förfärska det ur inhemska malmer framställda spegeljärnet, varvid kunde erhållas en färskslag med $38-40\%$ Mn, ca 15% Fe och ca 10% SiO_2 , med ett Mn-utbyte i slaggen av $60-70\%$. Denna slagg skulle ersätta huvuddelen av importerad högvärdig manganmalm

på ferromanganugnarna. Den sålunda framställda ferromanganen går slutligen in i ståltillverkningen vid D .

Den tredje förbättringen skulle bestå i, att genom en omställning av ståltillverkningsprocesserna (mera martin) erhålla en större andel av den förslaggade manganen i form av för masugnsprocessen användbar Mn-slagg. Sålunda skulle cirkulationsströmmen av Mn ökas (4).

Som resultat av det hela se vi

1) att betydligt mindre Mn går in i processen vid samma mängd färdigprodukt F , m.a.o. manganutbytet har avsevärt ökats; nämligen från 23% i fall a) till runt 40% i fall b).

2) att andelen utländsk manganmalm reducerats från ca 56% i fig. 1 a till runt 15% i fig. 1 b.

Det är inte bekant, huruvida detta för Tyskland skizzerade »idealförlopp» under det andra världskriget kunnat genomföras, men säkert är, att intensiva ansträngningar i denna riktning gjorts.

Sedan vi nu i stora drag ventilerat problemet: förbättring av manganekonomin genom utveckling av de metallurgiska processerna samt ökning av mangan-cirkulationen, är det kanske av intresse att skärskåda, vilka lösningar den andra delen av problemet, nämligen anrikningen av manganen ur lågprocentiga malmer erbjuder.

I det nyss framförda mötte vi redan en dylik anrikningsprocess. Det var den basiska förfärsknigen av spegeljärnet, som gav till resultat en manganrik slagg, vilken sedan bearbetades vidare på ferromangan. Förfarandet ifråga har redan år 1878 prövats av R. Åkerman och J. Tamm och har sedermera utvecklats i olika varianter i U.S.A., där anrikningsproblemet är mycket aktuellt tack vare att Förenta Staterna äga stora förekomster

av järnhaltiga manganmalmer, vilka tarva anrikning för att kunna ge fullvärdig ferromangan.

Någon frågar kanske: varför kan man inte likaväl direkt förhytta dessa lågprocentiga Mn-malmer till en lågprocentig ferromangan? (spegeljärn). Enda skillnaden vore väl, att man vid inlegeringen måste använda motsvarande mera av den Mn-fattiga legeringen än om högprocentig ferromangan komme till användning? Saken ligger dock ej så enkelt till, emedan vanlig ferromangan, nästan oberoende av Mn-halten, håller $5-7\%$ kol, och man för att kunna få in tillräckligt med Mn i ett mjukt stål utan att kolhalten blir otillåtet hög måste se till att förhållandet Mn : C är möjligast högt. Detta är orsaken till att 80% -ig ferromangan föredrages framom manganlegeringar av lägre halt och därför dominerar bland dessa. Av samma orsak försöker man om möjligt anrika alla Mn-malmer till följande sammansättning:

$$\begin{aligned} \text{Mn} &= 47\%, \text{ helst} = 50\% \\ \text{Fe} &= 5\% \\ \text{SiO}_2 &= 8\% \\ \text{P} &= 0,2\% \end{aligned}$$

SiO_2 är skadlig emedan den ökar slaggmängden vid förhytningen och därmed Mn-förlusten i slaggen. Förhållandet Mn : Fe bör vara minst 8 : 1.

Efter denna avstickare skall vi då något beröra de metoder för anrikning som man i U.S.A., främst vid Bureau of Mines experimentstation i Minneapolis utarbetat. Det gällde här främst att finna ett användbart förfarande för Cuyna-malmen, en stor järnmanganmalmförekomst i Minnesota. Malmen är en karbonatmalm och håller ca 16% Mn, 11% Fe, $10-18\%$ SiO_2 , $0,5\%$ P, resten h.s. CaO, MgO och CO_2 . Mekaniska anrikningsmetoder slo-

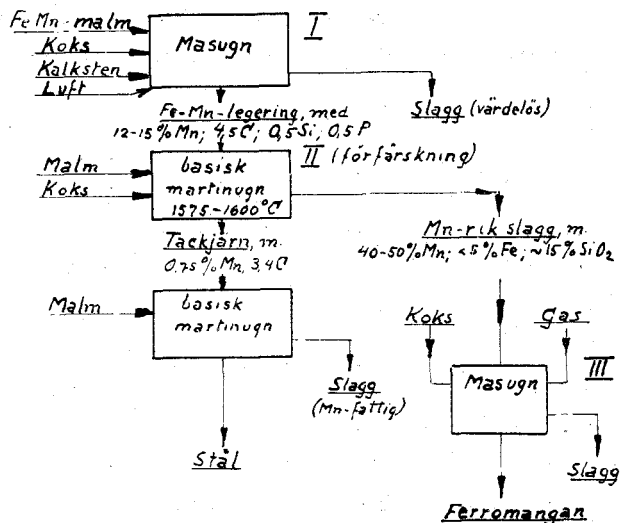


Fig. 2. Anrikning av Mn enligt Joseph.

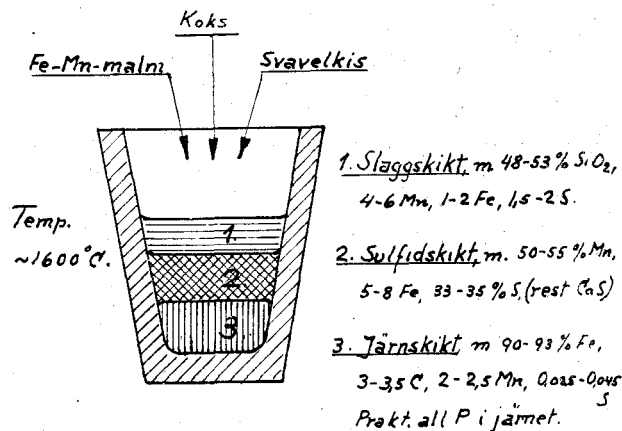


Fig. 3. Anrikning av Mn enligt Betts.

go slint, emedan Mn- och Fe-mineralen voro för intimt blandade eller bildade fasta lösningar med varandra. På metallurgisk väg lyckades det dock T. L. Joseph²⁾ jämte medarbetare att år 1927 utfinna en metod av vilken fig. 2 återger ett schema. Manganjärnmalmen + koks blåstes i en liten masugn till ett spegeljärn av den ungefärliga sammansättningen Mn = 12—15 %, C = 4,5 %, Si = 0,5 % och P = 0,5 %. Manganutbytet är högst 70 %. Detta spegeljärn smältes (förfärskas) i basisk martinugn med färskmalm, varvid manganen ganska fullständigt oxideras (spegeljärnets Mn reducerar järnet ur järnoxiden, Fe och Mn byta alltså plats). En fosforfattig slagg med 40—50 % Mn, ca 5 % Fe och 15—20 % SiO₂ erhålles, som lämpar sig som råvara för ferromangantillverkning. Det förfärskade järnet åter, med ca 1 % Mn och 3—4 % C färskas vidare till stål i en andra martinugn.

Sålunda kommer man enligt Josephs metod efter tre på varandra följande processer till en något så när skaplig högprocentig FeMn. Det totala Mn-utbytet från malm till ferromangan uppgår i bästa fall till 45 % — ett inte vidare tillfredsställande ut-

byte alltså. Härtill kommer, att man i den manganrika slaggen för flytbarhetens skull måste ha ca 20 % SiO₂, vilket i hög grad minskar slaggens värde som råvara för Fe-Mn-tillverkningen, i det man antingen måste räkna med stora slagggkvantiteter med tytäföljande stor Mn-förlust eller också nöja sig med att framställa Si-Mn-legeringar.

Ett annat, ursprungligen av A. G. Betts³⁾ föreslaget förfarande grundar sig på följande iakttagelse: järnsulfid och mangansulfid jämte en blandning av dessa bägge äro blott obetydligt lösliga i en järnsmälta, likaså i kalciumsilikatslager. Vid upphettning av en järnmanganmalm tillsammans med »svavelbärare», (pyrit, gips, järnsulfid, järnsulfat) och reduktionsmedel, reduceras järnet nästan helt, medan manganen övergår i MnS. Här utnyttjas manganens höga affinitet till svavel. Smältan skiljer sig i tre skikt, vilka åskådliggöras i fig. 3.

Man erhåller nämligen:

a) ett slaggsikt, m. 48—53 % SiO₂, 4—6 % Mn, 1—2 % Fe, 1,5—2 % S.

b) ett sulfidsikt m. 50—55 % Mn, 5—8 % Fe och 33—35 % S resten h.s. kalciumsulfid.

c) ett järnsikt m. 90—93 % järn, 3,0—3,5 % C, 2,0—2,5 % Mn och 0,025—0,045 % S. Praktiskt taget all fosfor återfinnes i detta skikt.

Nämnda analyser äro att betrakta såsom optimala. I sulfidskiktet återfinnes i genomsnitt 87—88 % av all insatt Mn. Sulfidskiktet toges för sig tillvara, krossas och dödrostas, varvid erhålles en förstklassig Mn-malm.

Processen består alltså av tre steg, nämligen

- 1) nedsmältning av Mn-järnmalmen med sulfider + kol
- 2) rostning av mangansulfiden och
- 3) förhyttning av manganoxiden på ferromangan.

Den synes vara en i allo idealisk lösning på mangananrikningens problem, men — här kommer dock åter ett men:

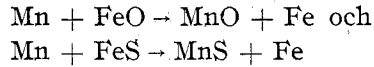
Den rena Mn-sulfiden är mycket svårsmält (smp. 1620°), vilket i hög grad försvårar processens genomförande. Man har föreslagit olika tillsatser för att sänka smältpunkten, men för att få ner denna till 1500°, vilket ännu får anses som en väl hög temp., erfordras exempelvis en tillsats av FeS av icke mindre än 35 %.

En dylik järntillsats ifrågasätter emellertid metodens användbarhet.

Det ligger dock något bestickande i manganens stora affinitet till svavel, som man tycker borde kunna utnytsjas. I själva verket dröjde det heller ej så länge innan H. Löfquist⁴) fann den åtminstone ur teoretisk synpunkt bästa av alla metallurgiska Mn-anrikningsmetoder hittills. Metoden kan sägas utgöra en kombination av den nyss beskrivna Bettska och den Josephska metoden och grundar sig på manganens stora affinitet till såväl syre som svavel, samt på smältpunktsdiagrammet för systemet MnO-MnS, som vi se återgivet i fig. 4.

Kan man blott på lämpligt sätt förslagsa manganen så att en MnO-MnS-slugg uppstår så kan man uppnå en så låg smältpunkt som 1280° (i gynnsammaste fall), en temperatur, som arbetstekniskt inte bereder några svårigheter. Principen är, att det ur Mn-fattigt malm framställda spe-

geljärnet bringas till reaktion med en blandning av järnmalm + FeS. Härvid förlöpa reaktionerna:



nästan helt åt höger, m.a.o. manganen förslaggas praktiskt kvantitativt.

För processens genomförande har Löfquist utarbetat ett produktionschema, som vi se i fig. 5. Jag tillåter mig att återge Löfquists egen beskrivning av sin metod. (Jernkontorets Annaler 1941, sid. 173).

»Spegeljärnet med t.ex. 20 % Mn behandlas i en liten blandare (II) eller i skänken vid tappningen från masugnen med en möjligast SiO₂-fri, oxiderande (FeO-rik) slagg, till vilken tillsättes FeS i form av rik magnetkis eller som av hopsmält FeS₂, svavelkis och järnskrot erhållen FeS (enligt FeS₂ + Fe = 2 FeS). Slaggens mängd och sammansättning beräknas så, att spegeljärnets Mn förslaggas av FeO och FeS så när som på 3 a 5 % Mn,

som bli kvar i järnsmältan (tackjärnet). Den erhållna, lättsmälta sulfidoxidslaggen, som lätt avtappas efter mycket kort reaktionstid (10 min.), kommer då att hålla 50—60 % Mn, 2—4 % Fe, 10—18 % S och låg SiO₂-halt.

Efter rostning i rostugn eller sinterpanna (III) erhålles en sinter med 53—64 % Mn, högst 5 % Fe och låg SiO₂-halt, användbar för framställning av ferromangan i masugn eller i elektrisk reduktionsugn (IV). Utförda försök ha visat, att rostning och sintring kan utföras i vanliga anordningar — även vid vida högre S-halter. Det efter slaggbehandlingen kvarvarande tackjärnet med mindre än 5 % Mn och 0,04 % S färskas vidare i basisk martinugn, gärna med Mn-haltig järnmalm, ned till 0,3 a 0,4 % Mn i det färdiga stålet. Basisk konverter kan ock tänkas användbar. Härvid erhålles en oxidslag med 15—30 % Fe, 30—40 % Mn och låg SiO₂-halt. Denna oxidslag användes

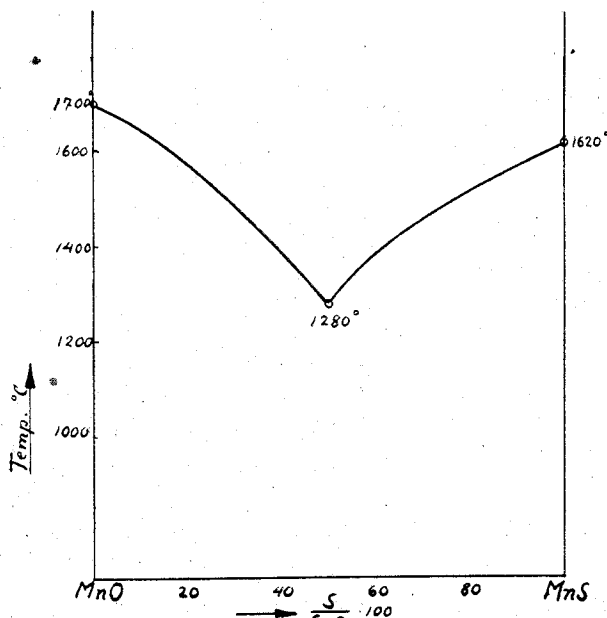


Fig. 4. Smältpunktsdiagrammet MnO—MnS.

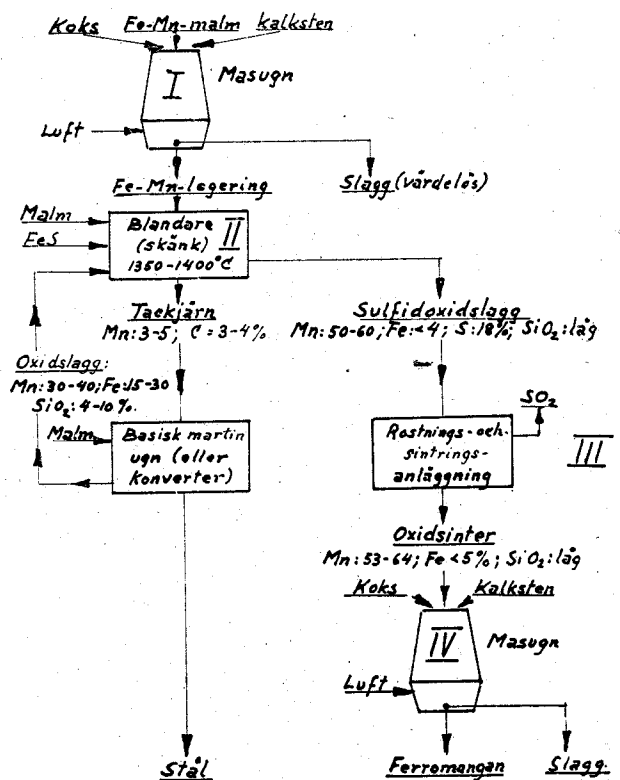


Fig. 5. Anrikning av Mn enligt Löfquist.

som oxiderande tillsats tillsammans med järnsulfid för en ny charge av spegeljärn i ugnen II o.s.v. Härigenom överföres praktiskt taget all Mn från spegeljärnet till sulfidoxidslaggen.»

En mycket ingående undersökning över Mn-oxidsulfidanrikningens förlopp har utförts av W. Oelsen⁵⁾ vid Kaiser-Wilhelm-Institut f. Eisenforschung i Düsseldorf.

I fig. 6 återges från denna undersökning förloppet vid oxidation av Mn ur fosforhaltigt tackjärn med Fe_3O_4 och FeS. Ferrofosfor har härvid tillfogats så, att P-halten i järnet före reaktionen hållits konstant (= 1,62 % P). Till charger av 100 g Fe-C + Fe-P + 13 g FeS + 8 g Fe_3O_4 tillfogades ökande mängder Mn, blandningen upphettades till ca 1350° C och den erhållna metallens samt slaggens sammansättning analyserades. Av fig. 6 framgår, att slaggen vid tillsats av 15 g Mn kommer att hålla 58,5 % Mn, 0,3 % P och ca 5 % Fe. Efter rostning erhålles en Mn-malm som vid förhytting ger en 80 %:ig Fe-Mn med runt

0,4 % P, en förstklassig produkt alltså. Det efter oxidationen kvarvarande järnets Mn-halt bleve i detta fall = 2 %. Tillsätta vi ännu mera Mn, ökar slaggens Mn-halt ytterligare något, dess Fe- och P-halter däremot sjunka avsevärt, slaggens kvalitet förbättras alltså, men å andra sidan kvarblir något mera Mn i järnet, vilket är liktydigt med sämre Mn-utbyte vid förslagningen. — Viktig är iakttagelsen, att slaggens P-halt följer Fe- (FeO) halten åt (jmf. P-raffinationen i ställ). S-halten i slaggen förblir däremot praktiskt taget konstant, medan S-halten i järnet avtar i samma mån som slaggens järnhalt går ner.

Fördelen med det Löfquistiska förfarandet är att man vid en temp. av 1300° kan förslagga manganen ur spegeljärnet med 97 a 98 % utbyte. Man erhåller en Mn-oxid-sulfidslag, som är låg i järn, fosfor och SiO_2 och alltså har ett synnerligen högt Mn:Fe-förhållande. Vid rostning av denna slagg erhålles en »konstgjord» Mn-malm, som t.o.m. överträffar de bästa naturliga. En nackdel är dock, att utvinandet av manganen erfordrar hela fyra operationer och att lämplig apparatur för alla dessa ej finnes tillhands i varje järnverk. Så måste exempelvis rostningen företagas vid minst 1000° temp., vanligaste rostugnstyper Wedge eller etageugnar, kunna alltså ej användas. (För rostningen måste sulfidoxiden sannolikt finkrossas — och den är mycket svårkrossad.) Också totalutbytet lämnar — trots att själva Mn-förslagningen förlöper med 97 a 98 %:s utbyte — en del övrigt att önska. Räkna vi nämligen med följande utbyten för delprocesserna:

- 3) » rostningen 99
- 4) » framst. av Fe-Mn 80

så blir det slutliga Mn-utbytet, räknat från malm till Fe-Mn = 57,6 %. Detta utbytesvärde måste betecknas som ett optimum. Tilläggas må också, att de många produktionsfaserna ju med nödvändighet fördyra processen.

Den Löfquistiska metoden har rönt ett livligt intresse och underkastats noggrann prövning både i U.S.A. och i Tyskland. Troligt är också, att den under det sista världskriget mångenstädes genomförts i teknisk skala.

Vi ha nu sett, att de metallurgiska metoderna för Mn-anrikning, trots all forskarmöda, ännu ej givit ett ekonomiskt och ur utbytessynpunkt verkligt tillfredsställande resultat. Man har därför också sökt andra lösningar på problemet. Så har t.ex. Bradley⁶⁾ i U.S.A. angivit en metod, innebärande rostning och påföljande lakning med ammoniumsulfat av dylika Mn-haltiga malmer. Metoden synes dock vara dyrbar och egnar sig blott för vissa speciella malmer. Frågan är dock, huruvida man inte just på denna våta väg måste finna den slutliga lösningen på Mn-problemet. För detta tala följande omständigheter:

1:o kan genom utlakning och därpåföljande elektrolys Mn-utbytet stegras till närapå det teoretiska;

2:o erhålles en mycket ren Mn-metall, överlägsen all på smält metallurgisk väg framställd Mn.

Rätt litet är ännu känt om den elektrolytiska Mn-utvinnigen, men säkert är, att den under det andra världskriget avsevärt vunnit terräng i U.S.A. Metoden har utarbetats av Bureau of Mines⁷⁾ och genomföres numera i stor skala. Enligt uppgift »extraheras» manganen ur malmen med svavelsyra, den sura MnSO_4 -lösningen underkastas elektrolys

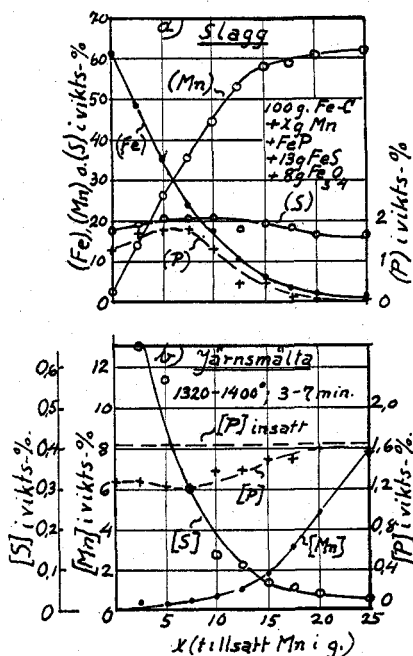


Fig. 6. Oxidation av Mn ur fosforhaltigt järn med Fe_3O_4 och FeS. Efter W. Oelsen.⁵⁾

Mn-utbyte i %

- 1) för spegeljärn 75
- 2) » förslagningen 97

och den vid elektrolysen frigjorda svavelsyran användes åter för lakning av ny malm: Consolidated Mining and Smelting Co of Canada har patenterat en variant av förfarandet⁸, enligt vilken elektrolysen sker under användande av diafragma. Kato-lyten består här av en $MnSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4$ -lösning av pH-värdet 4—8, anolyten däremot utgöres blott och bart av svavelsyra av viss koncentration, som genom successiv vattentillsats städse hålles lika. I den mån katolyten under elektrolysens förlopp utarmas på mangan, tillfogas $MnSO_4$ -kristaller. Förutsättning för ett störingsfritt förlopp av elektrolysen är en *ytterlig renhetsgrad hos mangansulfatet*, som måste vara fritt speciellt från järn, arsenik och fosfor. Vid denna elektrolys torde därför gälla samma förhållande som ifråga om zinkelektrolysen, att elektrolytens renande från praktiskt taget alla föroreningar utgör det största problemet.

Också i U.S.S.R. har R. I. Agladse⁹) efter ingående undersökningar genomfört manganelektrolys. Här elektrolyseras en lösning, hållande 300 g. $MnSO_4 \cdot 5H_2O + 100-150$ g. $(NH_4)_2SO_4$ per liter, också med diafragma. Utan ammoniumsulfattillsats tycks elektrolysen ej lyckas. Agladse erhöi vid en strömtäthet av 15 amp. per dm^2 och en temp. av 15° en 98 %:ig Mn metall med 35—45 %:s utbyte. Lösningen anrikas åter på Mn och går efter rening ånyo till elektrolysen. Sålunda förloras praktiskt taget ingen Mn.

Också i Mn-kloridlösningar har elektrolys med framgång genomförts. Här erfordras åter ammoniumklorid-tillsats för elektrolysens framgångsrika genomförande. Energiförbrukningen uppges till 9—13 kWt/kg Mn. — De elektrolytiska metoderna erfordra sålunda något mera kraft

än de smältmetallurgiska, men i den mån det blir ont om mangan i världen, kommer den våta metoden, tack vare att den möjliggör ett högre Mn-utbytet och ger en renare metall, att med all sannolikhet undantränga de numera som »klassiska» ansedda utvinningsförfarandena. Ett parallellfall erbjuder härvidlag zinken, där den pyrometallurgiska metoden också håller på att undanträngas av elektrolysförfarandet.

Slutligen några ord om vår egen manganförsörjning speciellt under det senaste kriget.

I likhet med de flesta större länder, hade Finland vid krigets utbrott inga nämnvärda tillgångar av manganmalm i vanlig bemärkelse, och ganska snart stodo vi där, fullständigt utestängda från den stora världen. Det gällde då att taga vara på den mangan, som möjligen kunde finnas hos oss. Lyckligtvis äger vårt land en rätt stor mangantillgång i sjömalmen från de mellanfinska sjöarna; det gällde blott att på lämpligt sätt tillgodogöra sig manganen i denna malm.

Relativt litet är känt om sjömalternas uppkomst, åtminstone har undertecknad ej påträffat någon litteratur på området.*) Sannolikt är väl att sjöarnas källvatten så småningom utlöser järn, mangan etc. ur berggrunden. Ytvattnets starkare syre- (eventuellt kolsyre-) halt torde sedan bidra till utfällningen av de lösta metallföreningarna som oxidhydrat eller karbonat. Möjligen kunna en del av föreningarna också vara kolloidalt lösta och bringas till utflockning av ytvattnets i förhållande till källvattnets annorlunda surhetsgrad.

*) Anm. Enligt meddelande av Prof. H. Hausen har O. Aschan järntecknare i tiden utfört undersökningar på området, vilka publicerats i tidskriften »Teknikern».



Fig. 7.

I varje fall är ytvattnets speciella beskaffenhet av avgörande betydelse för utfällningen; sjömalmen påträffas nämligen ej på större djup än 4—5 m. Utforskningen av sjömalmsbildningen skulle erbjuda en tacksam, ehuru — på grund av processens långsamma förlopp — nog så svår uppgift.

Under detta krig har den sedan hedenhös bedrivna malmupptagningen ur våra sjöar åter kommit till heders, tack vare Vuokseniskablagets initiativ och under dess ledning.

Så snart det stod klart, att Mn-situationen skulle bli kritisk, begynte bolaget verkställa »prospektering» av några kända malmsjöar i Idensalmtrakten. Malmskikten på botten kartlades, prov uttogos med jämna mellanrum av malmagret och proven undersöktes på Fe och Mn, ofta också på P och SiO_2 . Med ledning av analyserna kunde man sedan lätt konstatera var den Mn-rikaste malmen fanns och denna började man i första hand upptaga.

Fig. 7—9 ge en bild av huru det går till vid upptagningen av sjömalm.



Fig. 8.

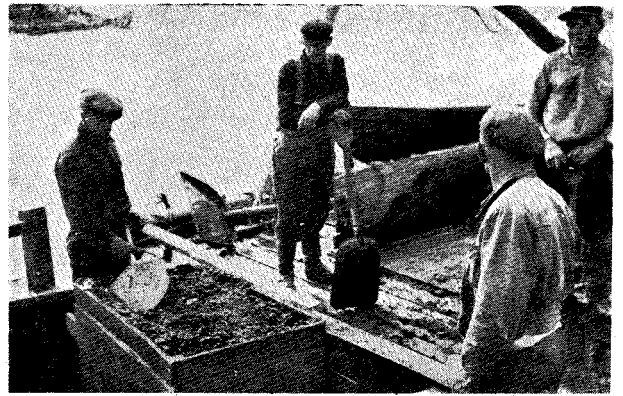


Fig. 9.

Sjömalmen, vilken, såsom nämnts, just ej ligger djupare än 4 m, tages än så länge mest upp för hand. Arbetarna stå på en flotte och raka medelst långa spadar eller rakor längs med botten. Rakan är nedtill försedd med ett vasst bett och en ståltrådkasse av speciell form, i vilken malmen samlas och lyftes upp. Kassens innehåll tömms i en sikt, som flyter på vattnet. Genom att föra sikten fram och tillbaka i vattnet spolas malmlumparna fria från lera. Den renskölda malmen upptages sedan i ett fack på flottan, varifrån den tid efter annan tömms i speciella malmbåtar, vilka av en bogserbåt dragas till platsen för att »vittja» flottarna. Under töm-

ningen verkställes samtidigt mätningen av malmen. Ackordet för upptagningen är nämligen baserat på den upptagna *volymen*, emedan *vikten* på grund av vattenhalten skulle bli svårbestämd och opraktisk som grund för ackordet.

Under fjolåret kom Oy Vuoksenniska Ab i gång med en mekanisk upptagningsmaskin för sjömalmen. Maskinen, som är avbildad i fig. 10, är firmans egen konstruktion: ett flytande mudderverk, som i stort sett består av en muddringelevator för upptagande av malmen, en roterande sikt jämte vattenspolningsanordning för utsköljning av lerslammet etc. samt en andra elevator som överför den ren-

spolade malmen i en invidliggande pråm. — Sedan mudderverket i fjol provkörts och en del anordningar något förbättrats, äro dess barnsjukdomar, såsom vi hoppas, övervunna, och sannolikt kommer sjömalmsupptagningen instundande sommar att bli av en helt annan storleksordning än hittills.

Från sjöstränderna, där malmen får avrinna och delvis torka, transporteras den per bil till närmaste järnvägsstation eller ock går den direkt per pråm till Vuoksenniska hamn. Från varje last uttages ytterligare prov vid inlastningen, så att varan genast kan destineras till sina rätta bestämmelseorter: Åbo Järnverk för den manganfattiga sjömalmen

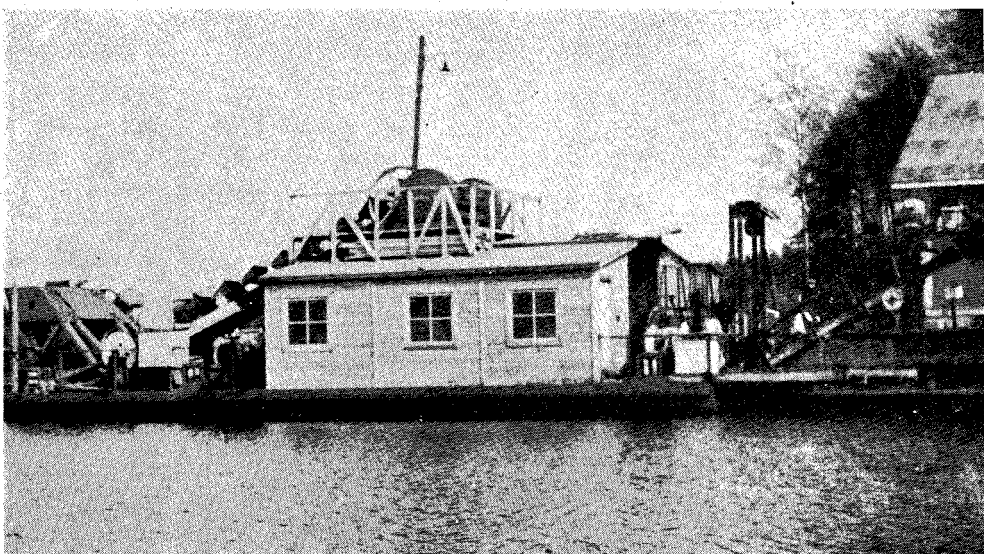


Fig. 10. Mudderverk för upptagning av sjömaln.

och Vuoksenniska Smältverk för den manganrika.

En typisk analys på den manganrika sjömalmen är följande:

	Fukt 30,0—35 %
På torrt prov:	Mn 21,4 %
	Fe 28,8 %
	SiO ₂ 7,0 %
	P 0,8 %

Det finns dock i undantagsfall ännu Mn-rikare sjömalmer, ja, det har påträffats sådana med över 25 % Mn.

Ett bekymmer utgör den höga fosforhalten, som kan variera mellan 0,2 och 1,6 %. Vanligen håller sig fosfor vid 0,5 a 0,8 %.

Det gällde nu att med tillbudsstående medel ur denna järnmanganmalm åstadkomma en för stålverket användbar legering. En hel del försök gjordes, bl.a. för att uttröna Löfquist-förfarandets möjligheter, men ansågs detta bliva för dyrt. Också kunde man tänka sig en *förreduktionsprocess* varvid huvudmängden av fosfor jämte en del järn skulle utvinnas och den erhållna, på Mn anrikade slaggen sedan kunde vidare bearbetas på Fe-Mn. Också detta visade sig icke vara ändamålsenligt, emedan en avsevärd del av den värdefulla manganen gick förlorad i den första smältningens järnlegering.

Manganens och fosfors förhållande vid olika kraftig reduktion framgår av fig. 11, där den i legeringen erhållna Mn-halten utsatts på abscissaxeln, medan motsvarande P-halt angivits som ordinata. Av undersökningen framgår klart det f.ö. kända sakförhållandet, att P reduceras ut före manganen. Sedan maximum i P-halten, 1,38 % P vid ca 32 % Mn uppnåtts, sjunker vid ytterligare inreduktion av Mn P-halten raskt, av den enkla orsaken, att det ej finnes mera P att reducera ut. — Man kan ju inte anlägga några fredstida

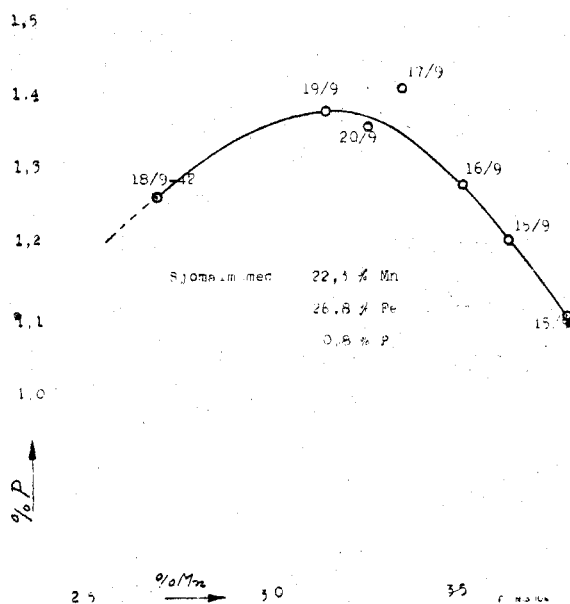


Fig. 11. Mn- och P-halter i Fe-Mn vid olika kraftig reduktion av sjöalm.

synpunkter på Mn-utvinningen under ett krig, men — för att få en något så när tillfredsställande legering gäller det — som synes — åtminstone att försöka ernå ett *möjligast högt Mn-utbyte vid reduktionen*.

Nu var ju vårt land även under kriget, trots allt, i den lyckliga situationen, att vi fick köpa en hel del prima Fe-Mn från Tyskland. Uträkningen gav vid handen, att vi med vårt eget sekunda Fe-Mn kunde utdryga den utländska ferromanganen, *utan att högsta tillåtna analysgränser i stålet överskredos*. Följaktligen kunde vi bortse från vår legerings förhållandevis höga P- och C-halt och verkställde så smältningen av sjömalmen i elektrisk schaktugn i analogi till tackjärnsframställningen, vilket gav oss en Fe-Mn med 30—40, i bästa fall upp till 47 % Mn, ca 5 % kol och ca 1,1 % P. Mn-utbytet blev 75—80 %.

Denna enkla lösning var samtidigt ur manganekonomisk synpunkt den fördelaktigaste och det är åtskilliga hundratal ton Mn, som på denna väg blivit inlegerade i det inhemska stålet.

Den översikt av manganför-

sörjningens problem, som jag här försökt giva, har väl ådagalagt, att vi ifråga om manganens utvinnande än så länge äro ett stycke från målet. De bästa teorier och eleganta anrikningsmetoder äro ej tillfyllest; vad man i praktiken ju främst frågar efter, är den *ekonomiska* lösningen. Kommer den snart, så är det tack vare den hektiska forskningsverksamhet som manganöden under det andra världskriget framtvingade. Intressant blir det att se, huru långt man kommit, då en gång resultaten bli tillgängliga. Måhända den dag redan är mycket nära, då ren manganmetall eller högvärdiga manganlegeringar kunna produceras ekonomiskt också ur lågvärdiga Mn-malmer.

Litteraturförteckning:

1. H. B a n s e n: Metallurgische Aufgaben und Möglichkeiten zur Anpassung an die Rohstofflage. Stahl u. Eisen 56, 1936, S. 1.
— Die Rohstofflage und Manganfrage in der Roheisenwirtschaft. St. u. Eisen 57, 1937, S. 1109.
2. T. L. J o s e p h, E. R. B a r r e t t, C. E. W o o d, Experiments

demonstrate method of producing artificial manganese ore. Trans. A.I.M.E. 90, 1930, s. 378. Se även Engineering and Mining J. 127, 1929, s. 308.

3. A. G. Betts, U.S.A. patent 1703657, av 26. febr. 1929; se också Iron Age 147 (1941) Nr 7, s. 56—59.

4. H. Löfqvist: Manganbehovet inom stålindustrien och en

ny metallurgisk anrikningsmetod. Jernkontorets Annaler, årg. 125, H. 4. 1941.

5. Willy Oelsen: Die Umsetzungen hochkohlenstoffhaltiger Eisen-Manganschmelzen mit Eisenoxyden, Eisensulfid und Silikaten bei 1300 bis 1400°. Mitt. K.-W.-Inst. f. Eisenf. 21, 1939, Abh. 370, S. 79.

6. C. Z a p p i c: Leaching manganese

from the siliceous iron ores of Minnesota. Engin. and Min. J. 127, 1929, s. 1039; 128, 1929, s. 14.

7. R. S. Dean, U. S. Bureau of Mines; Report of Investigations N:o 3547, Washington D C, 1941.

8. ——— Iron Coal Tr. Rev. 143 (1941), s. 454.

9. ——— Metallurg 14 (1939), s. 15—33.

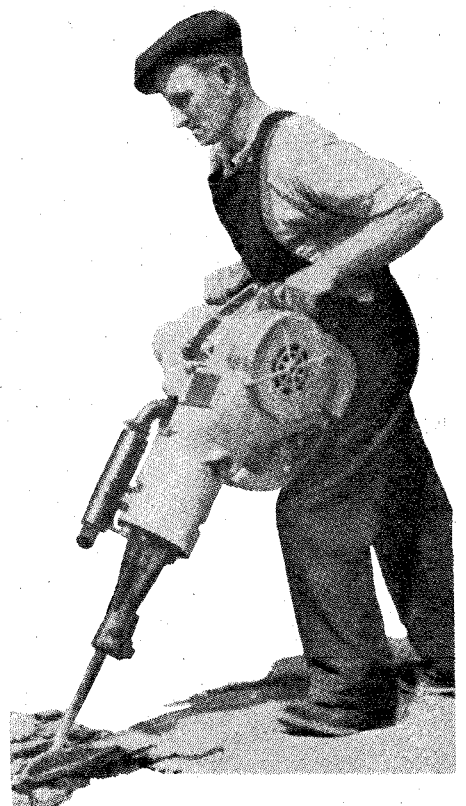
ENGLANTILAISIA
WARSOP
 KALLIOPORAKONEITA
 ja MOOTTORIKANKEJA

Ilman kompressoria ja ilmajohtoa
 — Yhden miehen kannettavia.

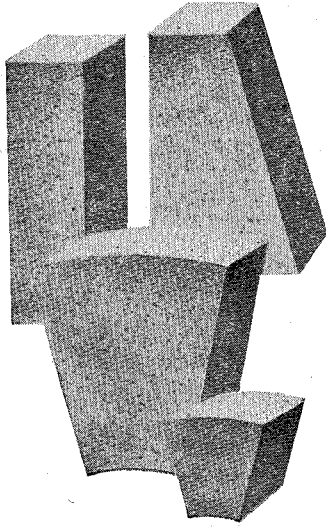
- Kallioporaukseen
- tie- ja katutöihin
- kivien raivaukseen ym.

Oy GRÖNBLÖM Ab

HELSINKI — E. ESPLANAADIK. 14 • TURKU — TAMPERE — OULU



Vi leverera högvärdigt eldfast material såsom



- **MAGNESITSTENAR**
- **— SINTER och — MJÖL**
- **KROMMAGNESITSTENAR**
- **KROMSTENAR**
- **SILIKASTENAR**
- **SILLIMANIT**
- **CHAMOTTE**
- **DOLOMIT**
- **STAMPMASSA m.m.**

BEGÄR ANBUD:

Knorrning
HELSINGFORS

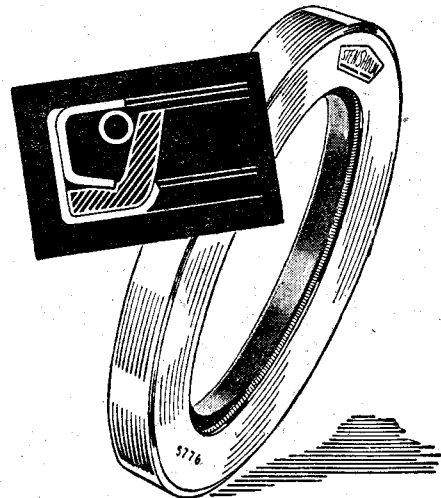
PIENENTÄKÄÄ ÖLJYTAPPIOT!

SUOJELKAA KONEISSANNE
OLEVIA LAAKEREITA!

K Ä Y T T Ä K Ä Ä

**STENSHOLM-
TIIVISTEITÄ**

TOIMITETAAN VARASTOS-
TA HELSINGISSÄ SEKÄ TEH-
TAALTA!



Knorrning
HELSINKI

RUSTON-BUCYRUS

LTD

KAIVINKONEITA — GRÄVMASKINER



Voimalaitoksia
Kuljetus- ja lajit-
telulaitoksia
Laahauskauha-
laitoksia
Rikastuslaitoksia
(Dorr-Oliver)
Classifiers
Kaivosvinttureita
Kompressoreja
Kaivinkoneita

Sähkö-, höyry- ja
Diesel-vetureja
Pumppuja
Rikastussuottimia
(Oliver-Young)
Pneumaattisia
työkaluja
Rikastusöljyä
Kaivoslamppuja
ja latauslaitteita
Kaivoskypärejä

Kraftanläggningar
Transport- & sorte-
ringsanläggningar
Släpskopeanlägg-
ningar
Flotationsanläggning-
ar (Dorr-Oliver)
Classifiers
Gruvspel
Kompressorer
Grävmaskiner

Elektriska-, ång- o.
Diesellokomotiv
Pumpar
Anrikningsfilter
(Oliver-Young)
Pneumatiska
verktyg
Flotationsolja
Gruvlampor och
laddningsaggregat
Gruvhjälmar

*Ekströms
Koneliike*

HELSINKI
Postilokero 310



*Ekströms
Maskinaffär*

HELSINGFORS
Postfack 310



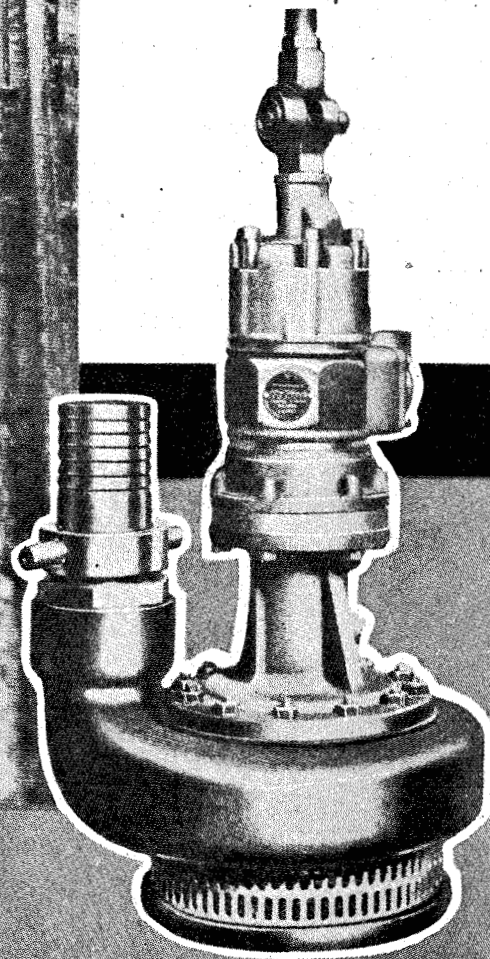
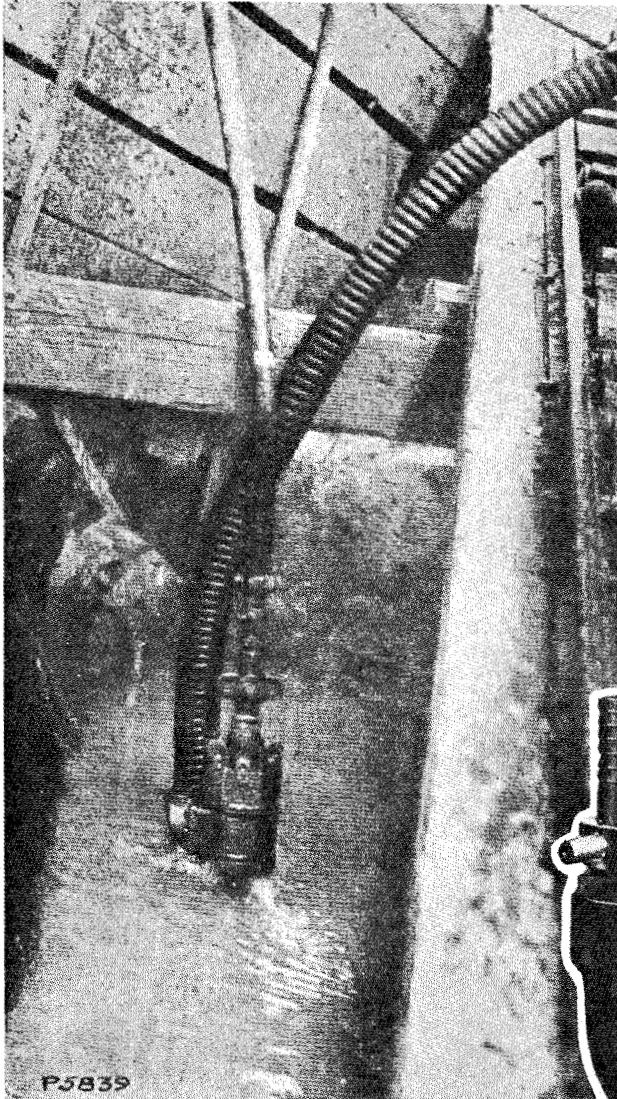
20 577

Rotopump

TRADE MARK

paineilmakäyttöisiä
tyhjiennys-
pumppuja

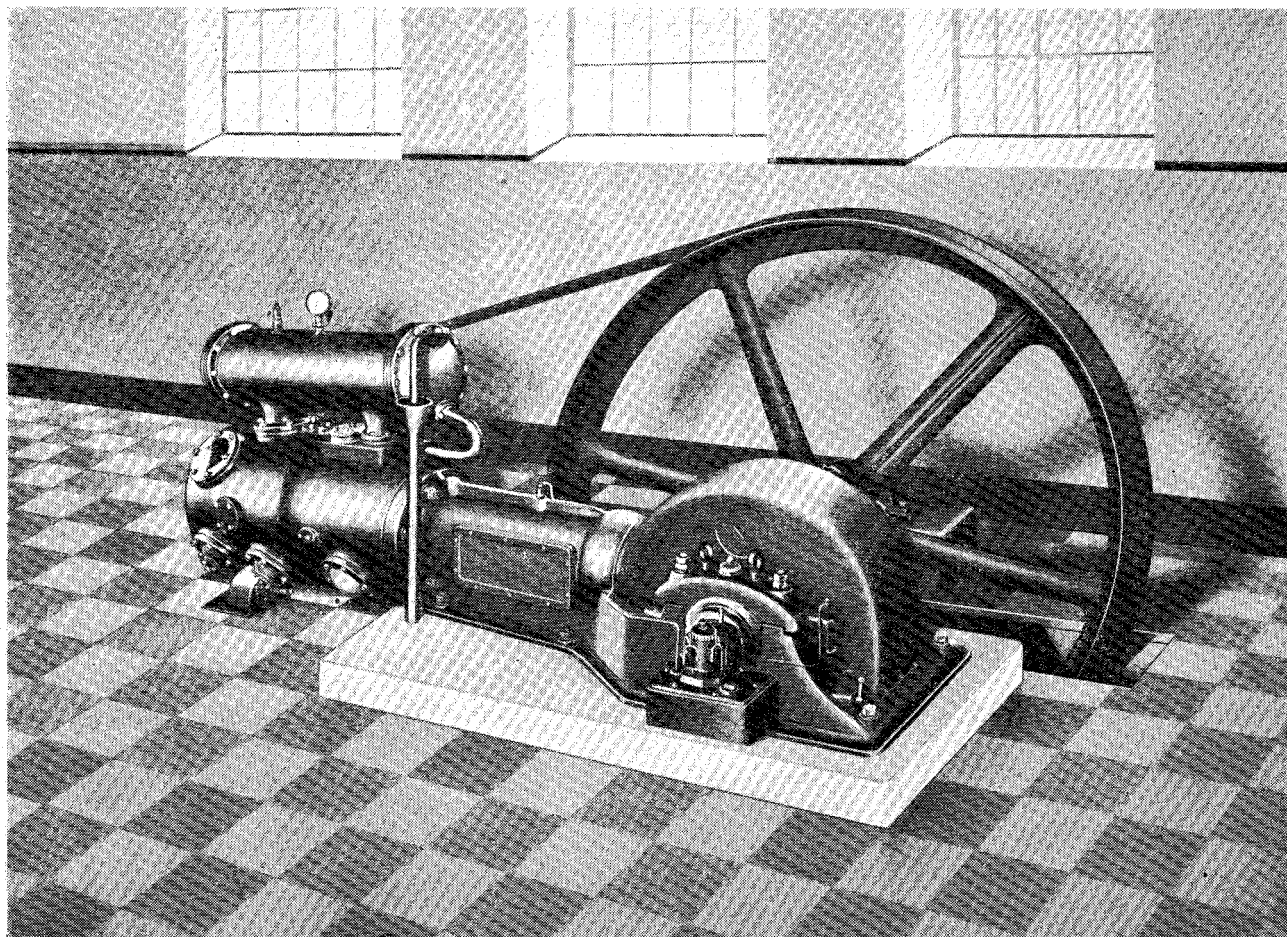
HOLMAN BROS



Lyhyt
toimitusaika.

EDUSTAJA:

HELSINKI **Cronvall** PUH. 20381



KOMPRESSOREJA

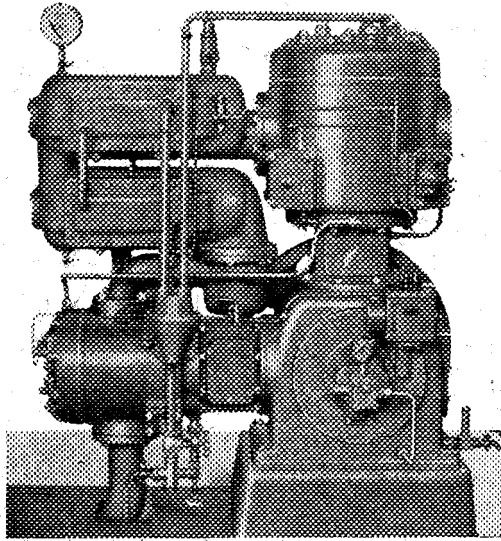
KAIKKIA KOKOJA
kaikkiin tarkoituksiin

Machinery



10 222 - 61861 - 46 99 - 30 47 - 2295 - 34

TURKU - HELSINKI - TAMPERE - OULU - JYVÄSKYLÄ - VIIPURI



Vesijäähdytöinen, 2-sylinterinen, kaksitoiminen, kaksivaiheinen ilmakompressori AR, 9,2—12,5 m³/min. 7 iky:lla.

KOTIMAISIA

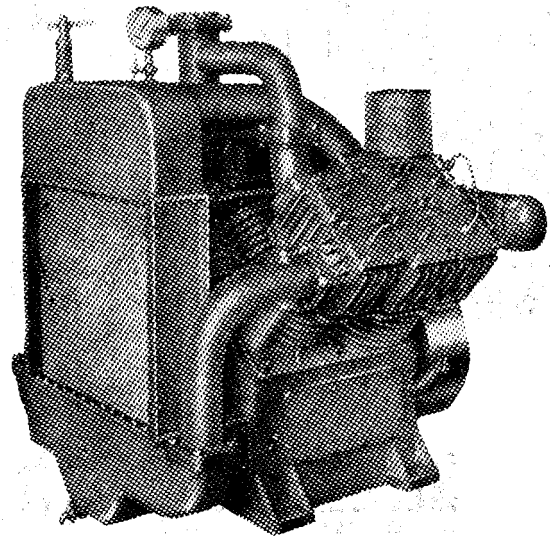
Atlas Diesel ILMAKOMPRESSOREJA

teho 4,5—12,5 m³/min. 7 iky:lla.

Valmistaja:

LENTOKONETEHTAAT

TAMPERE



Ilmajäähdytöisiä, kaksivaiheisia, 2- tai 4-sylinterisiä, yksinkertaisesti vaikuttavia ilmakompressoreita GF-3 ja GF-6, teho 4,5 ja 7,1 m³/min. 1ky:lla.

Pyytäkää tarjousta myyjältä:

Helsinki • **AB JULIUS TALLBERG OY** • Helsingfors

OSASTO **Atlas Diesel** AVDELN.

Puh. 20 921 Tel.

General Refractories Company

Philadelphia, Pa. U.S.A.

MAGNESITE	BRICKS
CHROMMAGNESITE	"
SILICA	"
FIRECLAY	"
SUPERDUTY FIRECLAY	"
HIGH ALUMINA	"
MAGNESITE GRAINS	

(Sinter Magnesit)

Highest qualities — Lowest prices — Short deliveries

Walsh Refractories Corporation

St. Louis, Missouri. U.S.A.

Fireproof bricks for the Glass industry
'Cast-flux'-Vacuum tank blocks
(Wannablocks)

U.S.A. highest quality in the branch.

PÄÄEDUSTAJA SUOMESSA — GENERALREPRESENTANT I FINLAND:

OY. AXTEM AB.

HELSINKI — HELSINGFORS — Erottajank. 5, Skillnadsg. 5.

PUHELIMET 23 001, 23 002 TELEFONER