

Sjunkflytanläggningen i Stripa

Bergsingenjör Per H:son Fahlström, Guldsmedshyttan

Sjunkflytmetoderna kan sägas utgöra resultatet av de strävanden, som sedan länge funnits att med stor kapacitet och med ökat utbyte sovrå sådana malmer och bergarter, som tidigare behandlats mer eller mindre manuellt eller med dåligt utbyte. Samtidigt har de möjliggjort att utnyttjande av tidigare värdelösa råmaterial tack vare den noggranna separering, som kan uppnås mellan komponenter, vars skillnad i specifik vikt rör sig om endast några hundraenheter.

Den första anläggningen i Sverige enligt den amerikanska processen "Heavy Media Separation" (HMS)¹ har nyligen tagits i bruk i Stripa. Anläggningen arbetar med kiseljärn som medium och är byggd för en kapacitet av 50 t/h. I år kommer man att i denna anläggning behandla ca 40 000 t råmalm, motsvarande ca $\frac{1}{1000}$ av hela världsproduktionen enligt HMS-metoden. Mycket talar emellertid för att denna kommer att få ökad utbredning här i landet, och avsikten med denna uppsats är därför att ge en sammanfattning av de problem, som måste lösas vid Stripa-anläggningens tillkomst, och vidare något om dess konstruktion och inkörning.

Malmens natur

Stripa-malmerna består av kvartsrandig blodsten, som delvis omvandlats till magnetit. De har sedan länge sovrats genom handskrädning och under senare år även med hjälp av starkmagnetiska separatorer². Vid brytningen skiljer man mellan huvudmalm, som vid sovringen ger prima malm med 50 % Fe, sekundmalm med 35—40 % Fe och urskrätt avfall med ca 10 % Fe, och en fattigare, mindre "parallellmalm", ur vilken erhålles sekunda malm med 37 % Fe och avfall med 10 % Fe. Det gråberg, som sovras från malmen, består av omgivande leptit, samt gångar av aplit, pegmatit och amfibolit samt skarnpartier av diopsid, epidot och aktinolit.

Under senare år har bristen på arbetskraft för skrädning och en omläggning av brytningen till en magnetitfattigare del av malmen aktualiserat en övergång till en effektivare, arbetsbesparande sovringsmetod. Vid ett studiebesök i USA 1946 hade överingenjör Dalhammar tillfälle att närmare se ett flertal HMS-anläggningar i drift och

såg i denna metod en möjlighet till effektivare sovring av Stripas malmer.

622.766.4

Laborieförsök

På hösten 1946 igångsattes i Stripa sovringsförsök i laboratorieskala enligt HMS-metoden. För att denna skulle kunna användas, fordrades att man vid en specifik vikt av 3,4 eller lägre fick gråberget och fattigare mellanprodukt att flyta, så att en "sjunk"-produkt med 50 % Fe erhöles; 3,4 är nämligen den högsta specifika vikt som normalt kan hållas i en kontinuerligt arbetande anläggning med kiseljärnsmedium.

Ett annat viktigt villkor, som måste uppfyllas, var att den underordnade mängd magnetit, som vid separering av malmen skulle komma att uppstå i mediet, ej ändrade dettas specifika vikt. Vid reningen av kiseljärnet i magnetiska separatorer

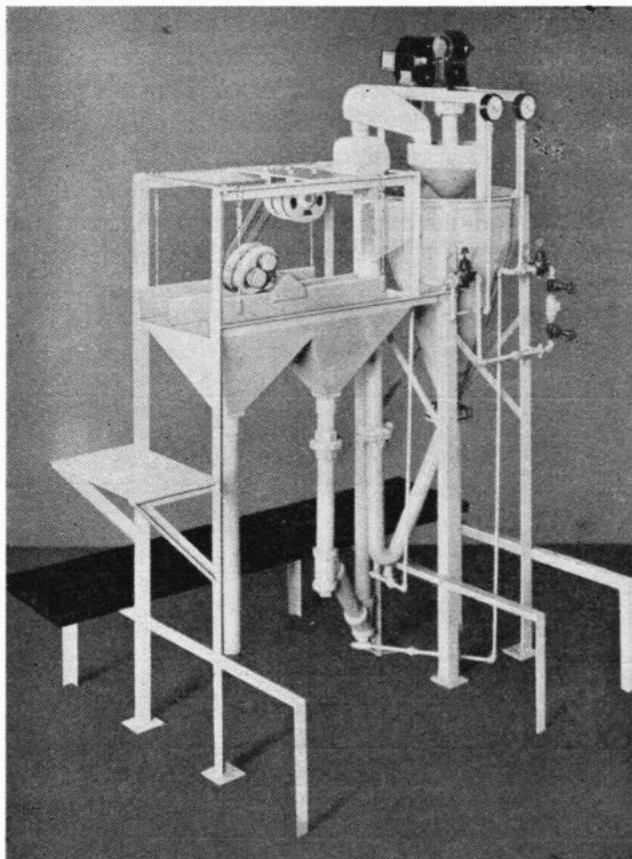


Fig. 1. Laborieapparat för sovring enligt HMS-metoden; t.h. 20" kon, t.v. dränerings- och tvättsikt, nedtill mammutpump för cirkulering av mediet.

kunde man förutsätta, att magnetiten skulle utvinnas i dessa, ackumuleras i mediet och sänka dettas specifika vikt. Innan man alltså kunde säga, att metoden lämpade sig för Stripa-malmen, måste man på något sätt bestämma den kvantitet magnetit, som skulle komma att upptas av mediet samt utarbeta en metod för separering av magnetit och kiseljärn. Denna fråga är för övrigt av största vikt vid sjunk- och flytanrikning enligt HMS-metoden av de flesta svenska järnmalm, och en kommitté inom Jernkontoret har som första punkt på sitt program tagit upp en undersökning av detta problem.

Separeringsförsöken utfördes dels i en liten anläggning (fig. 1), vilken kan användas för kontinuerlig behandling av gods mellan 3 och 25 mm vid en kapacitet av ca 100 kg/h², dels i en stående cylinder försedd med en omrörare för mediets uppslamning, i vilken grövre gods kan behandlas². Den förra apparaten gav väl reproducerbara resultat.

Försöken i laboratorieapparaterna tillgick så, att generalprov på den malm, som skulle komma att behandlas i en eventuell sjunkflytanläggning, separerades vid olika specifik vikt hos mediet, varvid man med ledning av de olika fraktionernas vikt och järnhalt kunde bestämma, vid vilken specifik vikt separeringen måste ske, för att önskad halt hos sjunkprodukten skulle erhållas.

Vid grafisk framställning av ett typiskt försök (fig. 2) anger den första branta delen det lätta gråberget, leptit, aplit och pegmatit. Den första flacka delen av kurvan omfattar den relativt underordnade mängden lågprocentig mellanprodukt. Den lilla hastiga ökningen vid specifika vikten 3,3—3,5 anger närvaro av de tyngre skarnen. Den andra flacka delen antyder åter den underordnade mängden mellanprodukt och den mycket branta delen av kurvan utvisar den stora mängden ren malm med 50 % Fe vid en specifik vikt av 4,2.

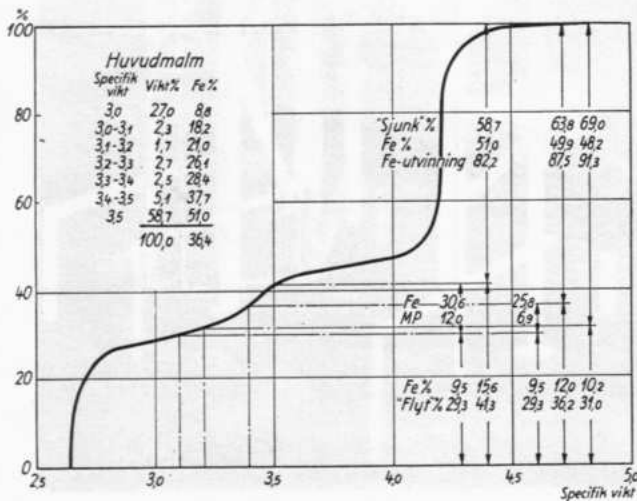


Fig. 2. Resultat av typiskt sovringsförsök med Stripa-malm; ackumulativ mängd flytprodukt som funktion av separeringssuspensionens specifika vikt.

Kurvan flackar snart ut på grund av den ringa mängden renkrossad blodsten. Som synes erhöles vid specifik vikt 3,4 61,8 % sjunkprodukt med 49,9 % Fe och en flytprodukt med 12,0 % Fe. Järnutvinningen var 87,5 %. Om flytprodukten omseparerades vid en specifik vikt av 3,1, skulle man kunna ta ut 6,9 % sjunkprodukt som anrikningsgods med 25,8 % Fe och 29,3 % flytprodukt som avfall med 9,5 % Fe.

Ett par exempel på andra möjliga separeringar har medtagits, dels vid specifik vikt 3,5 dels vid 3,2. Det kunde emellertid fastslås genom upprepade försök att den mängd mellanprodukt, som skulle kunna uttas genom omseparering av flytprodukten vid en lägre specifik vikt, var för liten och för fattig för att betala en extra separeringskrets.

Liknande försök med parallellmalmen visade, att man med sjunkflytmetoden kunde avlägsna gråberget och erhålla 70 % sjunkprodukt med 44 % Fe och ett avfall med 9 % Fe, vid en specifik vikt 3,20. De goda resultaten av försöken måste helt tillskrivas malmens petrografiska beskaffenhet. Den underordnade mängden mellanprodukt och tyngre järnfattiga skarnmineral gör den särskilt lämpad för sjunk- och flytanrikning.

Inblandningen av magnetit i kiseljärnet undersöktes genom nötningsförsök i liten skala i konen. Det visade sig härvid att man per ton behandlad malm, med en magnetithalt av ca 10 % skulle få ca 2 kg magnetit med kornstorlek under 0,2 mm, dvs. av samma kornstorlek som kiseljärnsmediet. För att rena detta utarbetade man vid American Cyanamids laboratorier en flotationsmetod, vid vilken magnetiten selektivt floterades ur kiseljärnet⁴. Flotationen skulle ske kontinuerligt med en del (ca 2 t/h) av det i anläggningen cirkulerande mediet, så att balans erhöles mellan med rågodset inkommande och avfloterad magnetit. För att flotationen skulle ge någorlunda gott resultat fordrades, att magnetithalten i mediet hölls vid 10—15 %, varvid dettas specifika vikt skulle kunna hållas vid 3,20—3,25. Härvid skulle det enligt sovringsförsöken vara möjligt att erhålla en godtagbar prima malm.

Stripa-anläggningen

Med stöd av de vunna resultaten beslöts på hösten 1948, att en anläggning för 50 t/h med separering i en krets skulle uppföras. Denna var färdig i januari 1950. Vid planeringen av anläggningen följdes i stort sett dåvarande praxis i USA, med smärre avvikelser betingade av tillgängligt utrymme i anrikningsverket. Härigenom blev planlösningen mindre kompakt, ty anläggningen fick i stor utsträckning byggas i höjdd, men nackdelen härmed är ej så stor, eftersom kontroll och övervakning av den i stor utsträckning automatiserats och centraliserats.

Den malm, som för närvarande intransporteras

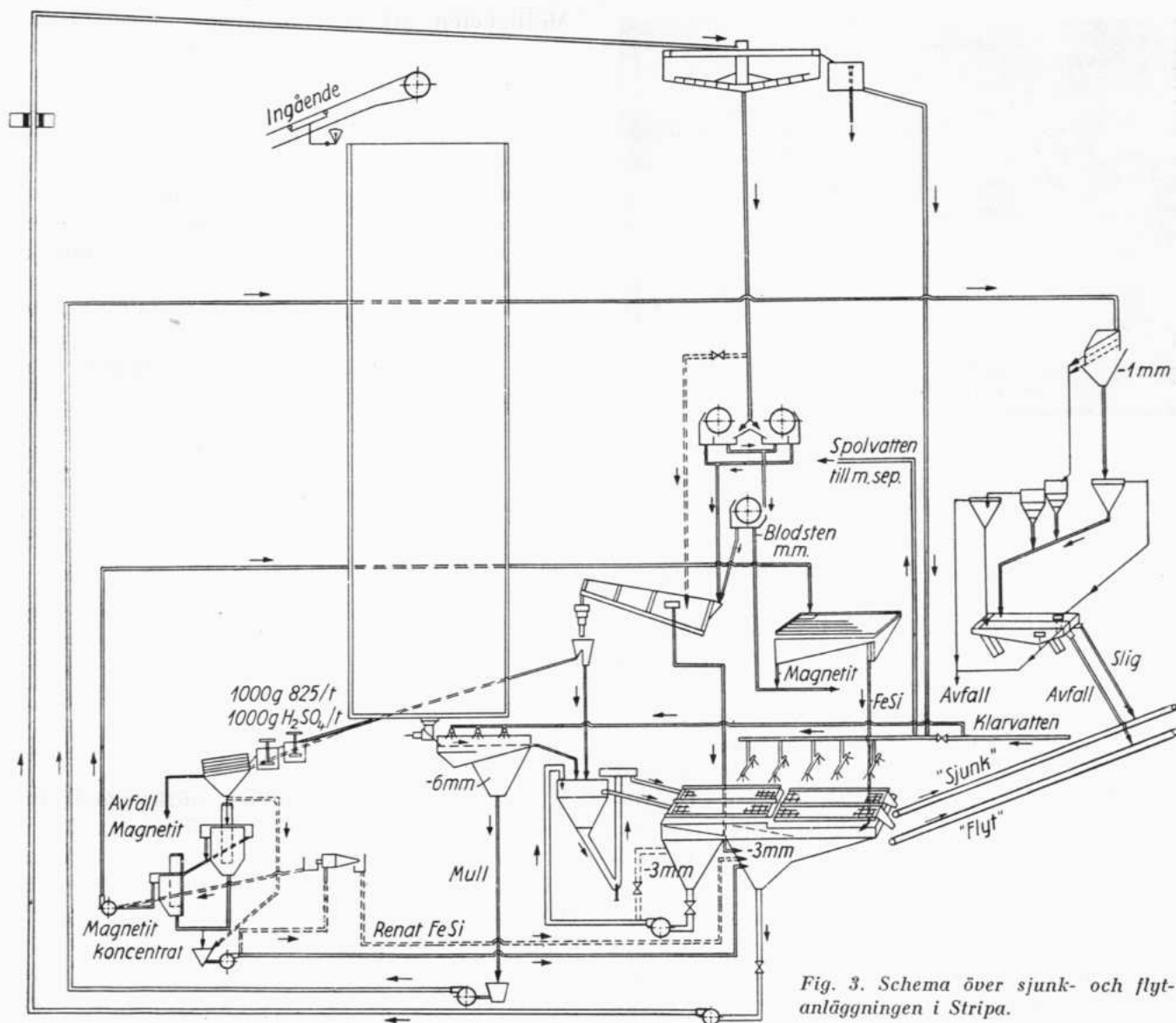


Fig. 3. Schema över sjunk- och flyt-anläggningen i Strömma.

till sjunk- och flytverket befrias på ett tidigare stadium i sovringen från magnetiskt gods i starkmagnetiska separatorer och från grövre blodstensmalm, tills vidare genom skrädning. Därefter krossas godset till storlekar under 50—60 mm och befrias från största mängden mull < 6 mm genom torrsiktning. Järnhalten i det ingående materialet är då 32—40 %.

Intransporten sker på ett band, som är försett med automatisk våg. Rågodset kan magasineras i en utjämningsficka rymmande 450 t. Härigenom blir det i framtiden möjligt att köra uppfordringen på ett skift och sjunk- och flytverket med två skift, varvid detta bättre utnyttjas. Godset utmatas från fickan över en elmagnetisk vibrationsmatare till en plansikt med 6 mm runda hål, på vilken det tvättas före separeringen (fig. 3).

Från plansikten faller godset direkt ned i en separeringskon försedd med yttre mammutpump. Sjunkprodukten upptas med mammutpumpen till ena hälften av en på längden uppdelad sikt, medan flytprodukten tillsammans med medium flyter över ett bräddavlopp och

faller ned på andra hälften. På denna sikt avskiljes huvudmängden av med godset följande medium, och detta uppsamlas i en sump under sikten och pumpas tillbaka till konen. På en följande sikt avtvättas därefter vid produkterna håftande medium och tvättvattnet uppsamlas i en sump för sig. Till denna ledes från dräneringsikten normalt även en viss mängd medium, vilken kan regleras med en åkbar skärm under siktarna.

Avtvättat medium, vilket normalt uppgår till 10 % av behandlad godsmängd, renas, upptjockas och återföres därefter till separeringskonen. Härvid pumpas tvättvattnet under samtidig magnetisering av kiseljärnet till en förtjockare, där huvuddelen av tvättvattnet avskiljes och via en utjämningskärva åter användes som spolvatten på plansikten. Det upptjockade mediet renas i tre trumseparatorer, först två parallella, följt av en tredje i serie för fullständig återvinning av kiseljärnet. Det renade mediet upptjockas i en "densifier", vilken lämnar en suspension, som via en avmagnetiseringsspole rinner tillbaka till konen. Bräddavloppet från densifiern återföres



Fig. 4. Interiör från Stripa-anläggningen; i förgrunden t.v. kon, i bakgrunden t.h. kopplingspanel för elutrustning till alla maskiner i anläggningen.

till förtjockaren via tvättvattenpumpen under tvättsikten.

En liten del av mediet befrias från magnetit. Härvid avskiljes den kontinuerligt efter avmagnetiseringsspolen och leds till en flotationskrets. Reagensen tillsätts i två blandare. Efter blandningen siktas mediet med en trumsikt, vilken tillåter kiseljärnet passera, medan grövre magnetit avsiktas. Den utspädda pulpen floterar i två flotationsceller, varav den ena är råcell och den andra repeteringscell. Magnetitkoncentratet håller fortfarande en del kiseljärn, vilket återvinnes på ett skakbord, medan magnetit uttas som avfall och lämnar kretsen. Avfallet från magnetitflotationen utgöres av renat kiseljärn, som pumpas till tvättvattensumpen, till vilken koncentratet från skakbordet även leds.

Efter verkets igångkörning har en annan reningsmetod för avlägsnande av magnetit utarbetats, varvid medium tas ut efter avmagnetiseringspolen på samma sätt som vid flotationen. Detta medium siktas på trumsikten, varefter det avslammas i en hydrocyklon. Det upptjockade godset, vilket samtidigt blir renat från finkornig magnetit, återföres till tvättvattensumpen, medan överloppsgodset pumpas till skakbordet, där kiseljärn återvinnes och magnetitvfall avlägsnas ur kretsen.

Den specifika vikt, som mediet måste ha, varierar med järnhalten i ingående gods. Håller detta 38 % Fe och relativt litet mellanprodukt, ger det vid så låg specifik vikt som 3,20 en sjunkprodukt med 50 % Fe, medan en fattigare malm med t.ex. 33 % Fe och större mängd mellanprodukt fordrar en specifik vikt på upp till 3,30, för att prima-malmen skall få önskad järnhalt. Vill man i genomsnitt erhålla en sjunkprodukt med 50 % Fe, bör specifik vikten hållas vid ca 3,25. Flytprodukten håller då 10—11 % Fe, och godsutbytet varierar mellan 62—70 %, medan järnutvinningen utgöres 85—92 %.

Möjligheten att erhålla önskad järnhalt vid denna specifika vikt har varit av stor betydelse för anläggningens driftsresultat. På grund av magnetitblandning i mediet är det nämligen svårt att hålla en specifik vikt mycket högre än 3,25. Normalt köres konen nu vid en specifik vikt av 3,20, varvid järnhalten i sjunkprodukten ligger vid nära 49 %. Specifik vikt 3,25 kommer troligen att kunna hållas, när magnetitreningen fullkomnats.

Separeringen sker med ungefär samma noggrannhet i samtliga kornklasser ned till 20 mm, vilket tydligast ger sig till känna i följande analyser av flytproduktens olika kornklasser:

Kornstorlek mm	Ingående		Sjunkprodukt		Flytprodukt	
	vikt-%	Fe %	vikt-%	Fe %	vikt-%	Fe %
50	5,2	34,0	2,2	46,3	2,6	7,5
40	8,2	36,0	12,6	48,0	11,8	11,1
30	19,8	37,8	34,2	48,3	21,0	8,1
25	22,0	36,9	12,8	47,7	19,0	9,1
20	17,8	36,7	16,0	47,9	16,4	9,3
15	15,2	34,0	13,0	49,4	16,2	11,3
10	8,8	36,2	7,1	48,9	6,0	11,8
5	1,4	35,3	1,1	47,9	5,4	13,8
3,5	0,5	32,9	0,3	46,5	0,9	17,1
< 3,5	1,0	39,3	0,7	50,0	0,7	23,5

En svag ökning av järnhalten märks i gods under 20 mm, men är först under 5 mm av större omfattning. Separeringen är alltså mycket bra inom hela intervallet från de största styckena på 60 mm storlek ned till de finaste av ungefär 6 mm storlek.

Parallellmalm är, som tidigare nämnts, fattigare i sig själv än huvudmalmen, men de resultat, som uppnåtts med den, är även mycket goda. Vid en specifik vikt av 3,20 erhålles av rågodset med ca 30 % Fe en sjunkprodukt med ca 44 % Fe och ett avfall med ca 7,5 % Fe. Godsutbytet blir därvid ca 62 % och järnutvinningen ca 90 %.

Variationen i specifik vikt vid separeringen är vid fortvarighetstillstånd endast några hundradels enheter. Detta gör att man erhåller en jämn och noggrann separation. Specifika vikten påverkas emellertid av rågodsets vattenhalt och inkommande slam, varför mediumcirkulationen genom reningskretsen måste anpassas därefter. Detta sker genom omställning av skärmen under dräneringssikten och av densifiern.

De differenser, som kunnat iakttas mellan försöksresultat och driftresultat i stor skala, har varit i positiv riktning. Förklaringen är troligen den, att det fortvarighetstillstånd, som är a och o för en god separering är lättare att upprätthålla i stor skala än i en liten försöksanläggning. Den produktionsökning av prima malm, som uppnåtts genom införandet av sjunk- och flytmetoden utgör mellan 40—50 %, räknat på tidigare utvunnen blodstensmalm nära 100 %.

Tills vidare körs anläggningen endast ett skift

per dygn. Resten av dygnet går konen i tomgång, och mediet cirkulerar inom den, medan den övriga anläggningen står stilla. En nackdel med konen är, att den måste tömmas vid längre driftsuppehåll, vilka nu endast uppstår vid veckohelgerna. Den dagliga igångkörningen och igenslagningen av anläggningen tar ca 13 % av drifttiden. Vid framtida full drift med två skift per dygn, och när en del planerade ändringar utföres, kommer denna tid att kunna minskas till 3—4 % av drifttiden.

Maskinella anordningar

Separeringskonen är en 7' "öppen" kon med yttre mammutpump. En roterande vinge för godset runt i konen och matar ut flytprodukten över bräddavloppet, samtidigt som den håller konväggen ren. Sjunkprodukten tas ut i botten genom en mammutpump, som består av ett fallrör, 5" × 5" i fyrkant och ett vertikalt stigrör med 6" diameter. De båda rören är förenade genom en rörkrök av hårdjárn i vilken luft inblåses vid ett tryck av ca 2 kp/cm². Luftförbrukningen är ca 1 m³/min fri luft. Den lyftverkan, som luften har, beror såväl på minskningen av vätskepelarens specifika vikt i stigröret som på direkt stöt av den hastigt expanderande luften i inströmningsmunstyckena. Rörkröken är försedd med en lucka, genom vilken konen i nödfall kan tömmas. Konen, som i stort sett bestämmer anläggningens kapacitet tar ca 50 t/h påmatat gods. Emellertid har kapaciteten tidvis varit så hög som 65 t/h, en siffra som dock ej kan hållas för finare ingående, vars högre fuktighetshalt, drar ned specifika vikten (fig. 4 och 5).

Lämpligaste styckestorleken för en mammutpump av ovannämnda dimensioner är högst 50 mm, men i regel är godset grövre och innehåller flata stycken på upp till 60 mm och mera. Risken för igensättning är ej så stor, om bara mediet är någorlunda rent och lättflutet och om man har stor cirkulation genom pumpen. Det har tvärtom visat sig, att finare gods har större benägenhet att sätta igen denna, och hängningar uppstår då vid övergången mellan kon och pump. Driftstillståndena på grund av stopp i denna är föga tidsödande; de utgjorde endast 4—6 % av drifttiden under inkörningsperioden, en siffra, som kan väntas sjunka.

För att konen skall arbeta bra, fordras att man har en skillnad mellan ytans och spetsens specifika vikter på minst 0,03. Specifika vikten vid ytan, som bestämmer separeringen, kontrolleras varje kvart genom noggrann vägning av 1 l medium. Specifika vikten vid botten kontrolleras en gång varje timme. Om differensen mellan ytan och botten är för liten, innebär detta, att mediet innehåller för mycket främmande material, varför cirkulationen över reningskretsen måste ökas.

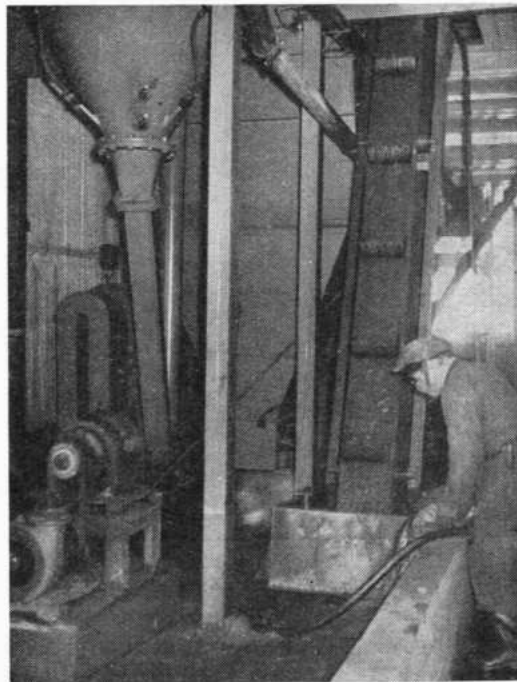


Fig. 5. Konbotten och mammutpump; i förgrunden sump för uppsamling av spillt medium, bakom t.h. bågverk för återföring av spillet till separeringen.

Den roterande vingen har vållat en del svårigheter. Den var från början placerad på ett litet avstånd från konväggen. Kiseljärn avsatte sig då i mellanrummet och bildade en mycket fast kaka, i vilken malmbitar fastnade och orsakade starka överbelastningar på drivanordningen. Efter en hel del provande av olika avstånd mellan vinge och konvägg har man kommit fram till en lösning, enligt vilken vingen förses med lister av mjukt slitgummi, vilka släpar mot väggen. Avståndet mellan ställist och vägg är lika med den största styckestorleken plus gummits tjocklek plus 10 mm. Gummit är så pass elastiskt, att det vid behov tillåter även de största malmbitarna att passera.

Ändamålet med tvättningen är att i största möjliga utsträckning befria rågodset från fint gods och slam, vilket strävar att sänka mediets specifika vikt och öka dess viskositet. Efter tvättningen måste emellertid godset avvattnas så fullständigt som möjligt, så att mediet i konen ej skall bli för utspätt på grund av den tillförda vattenmängden. Med en fuktighetshalt på 2 % får man vid 50 t/h ingående in ca 1 t vatten, och denna utspädning måste kompenseras av det renade mediets högre specifika vikt jämfört med konens.

Tvättning, dränering och avvattning kan ske på en plan sikt (fig. 6 och 7) vars rörelse åstadkomes av en på siktens över- eller undersida anbragt vibrator, som drivs med kilrep av en vid stativet fastsatt motor. Sikten är upphängd i linor med fästen i fjädrar. Rörelsen är linjär och riktad i 45° lutning mot riktplanet.

Normalt är inverkan av utspädningsföreningar av mindre betydelse för mediet i en HMS-an-

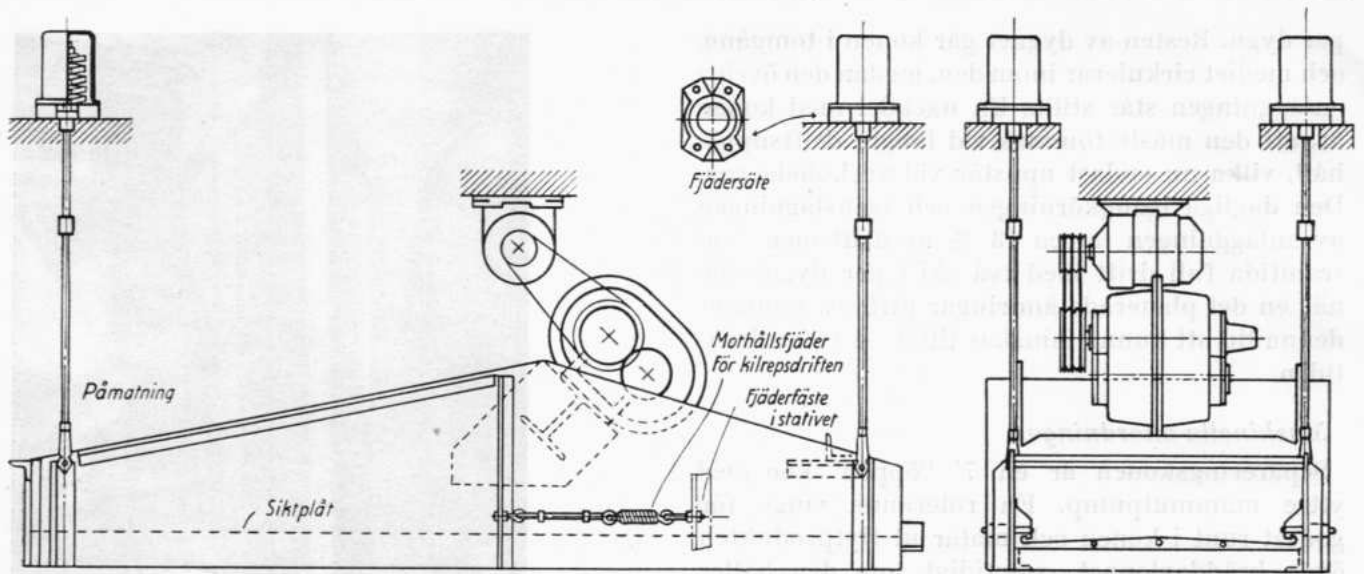


Fig. 6. Plansikt för tvättning, dränering och avvattning (4' x 10' "low head").

läggning, eftersom de kontinuerligt avlägsnas vid reningen av de magnetiska separatorerna. På grund av närvaron av magnetit i det fina godset, är det dock av största vikt, att avlägsna detta ur rågodset så noga som möjligt. Mängden fint gods under 3 mm, som inkommer i konen utgör ca 3 kg/t ingående, och magnethalten häri är ca 15 %. Vid separeringen upptas denna magnetit så gott som fullständigt i mediet, motsvarande ca 450 g magnetit per ton ingående. Den rent mekaniskt avnötta magnetitmängden synes emellertid vara av ganska underordnad betydelse. Den upptagna mängden är lyckligtvis betydligt lägre än den på 2 kg/t, som erhöles vid de förberedande försöken (fig. 8 och 9).

För cirkulation av mediet tillbaka till konen användes en 4" W-pump, som arbetar utan tillsats av spolvatten, vilket skulle sänka mediets specifika vikt (fig. 10). Pumpen är invändigt gummi-klädd, och både gummiklädda hjul och hårdjärnhjul har provats. De senare synes vara minst lika slitstarka som de förra.

Förtjockaren mäter 5 m i diameter. Maskineriet

är mycket stabilt byggt och dimensionerat för en ordinär 13 m förtjockare på grund av det tunga material som den behandlar (fig. 11). Förtjockaren tjänstgör vidare som utjämnings- och magasiningskärl för kiseljärnet, varför rakorna är höj- och sänkbara. Detta sker automatiskt med hjälp av en controller som styrs av belastningen på rakornas drivmotor. Vidare är maskineriet försedd med ett utlösningrelä för skydd mot överbelastning, så att det ej skall dras sönder vid för häftig sänkning av rakorna i mediet, en säkerhetsåtgärd som visat sig vara mycket värdefull.

Magnetiseringsapparaten är en permanentmagnet av Alnico. Den sitter direkt påträdd på pump-röret till förtjockaren. Genom magnetiseringen av kiseljärnet erhålles en utflockning av detta, som gör att det avsätter sig hastigare i förtjockaren.

De magnetiska separatorerna är av Löwenhielm-typ. Dyliga har tidigare ej använts för rening av kiseljärn men har visat sig arbeta bra (fig. 12). Det omagnetiska godset avskiljes full-

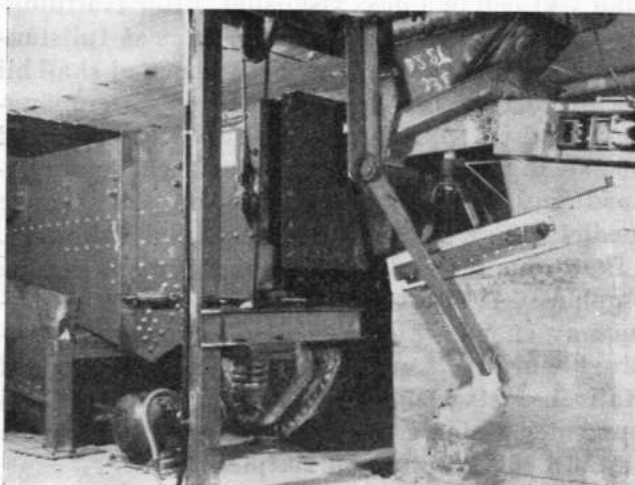


Fig. 7. Matarapparat och tvättsikt för ingående gods.

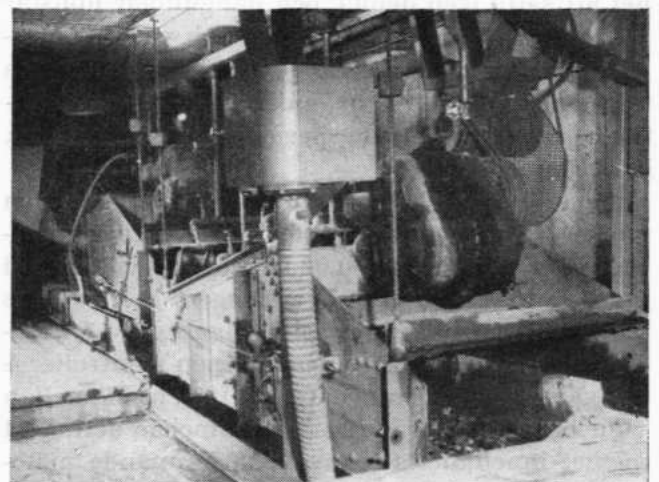


Fig. 8. Dränerings- och tvättsikt för sjunk- och flytprodukt.

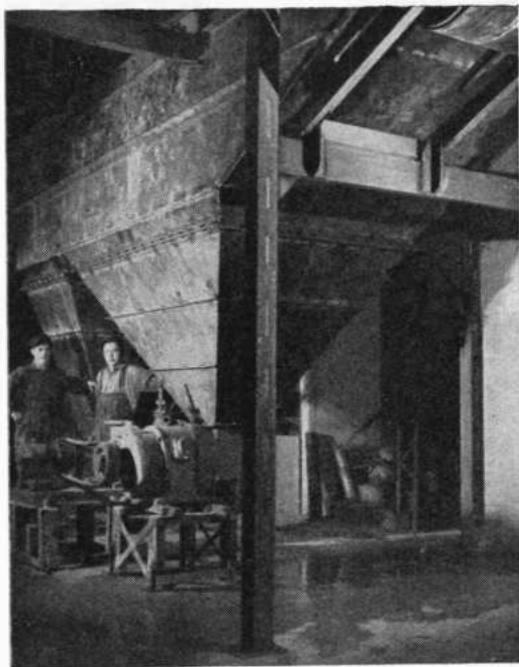


Fig. 9. Uppsamlingslådor för avsiktat och avtvättat medium.

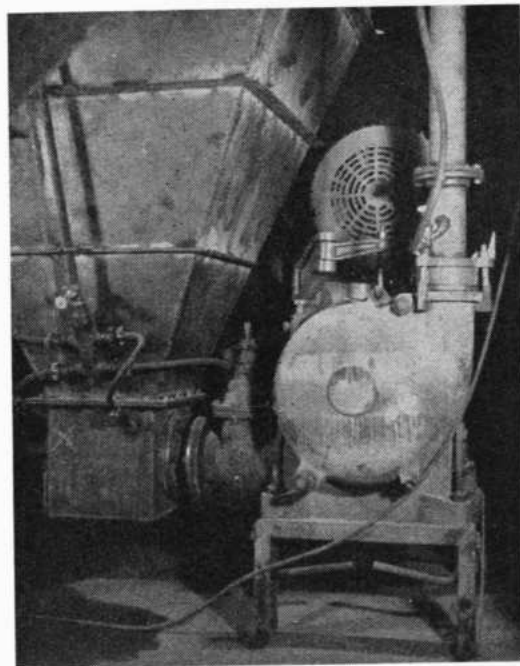


Fig. 10. Cirkulationspump för medium.

ständigt om belastningen ej hålles över 3—4 t/h. Tillsammans med kiseljärnet utvinnes största delen av i mediet upptagen magnetit. En viss avskiljning av magnetithalvkorn erhålles medan mängden kiseljärn i avfallet blir mycket obetydlig.

Densifiern är en i stort sett 36" skruv-"classifier" av Akin-typ med förlängd skruv och tank (fig. 13). Skruvhastigheten kan varieras kontinuerligt mellan 1—3,5 r/m. Skruven är lagrad kring en tapp i övre ändan samt höj- och sänkbar i nedre ändan. Genom reglering av skruvens varvtal och djup i tanken kan mängden och pulptätheten hos det återförda mediet till konen varieras och därmed dess specifika vikt. Manövreringen av skruven sker vid konen. Vattenhalten i det upptjockade mediet är normalt 12 % vid en specifik vikt av 3,55 hos suspensionen.

Vid densifierns övre ända finns en avmagnetiseringspole (fig. 14), som matas med 380 V växelström. När mediet passerar genom den, slås de magnetiska flockarna sönder.

Flotationskretsen för magnetitreningen är planerad för 2 t/h medium. Vid flotationen användes reagens 825, som utexperimenterats av American Cyanamid för flotation av oxidiska järnmineral. Reagens 825 utgöres av sulfonerade kolväten. Kiseljärnet tryckes med svavelsyra vid pH 4. Reagensåtgången är 1 kg av vardera reagenset per ton ingående till flotationen. För att denna skall ske på avsett vis fordras att godset är väl avslammat och att reagensen tillsätts vid en pulptäthet av ca 70 vikt % fast fas.

En särskild säkerhetsåtgärd har på grund av den höga pulptätheten vidtagits med blandarna för att hindra igensättning av omröraren vid driftstillestånd (fig. 15). Själva blandarkärlet, som rymmer 150 l, har frigjorts från stativet och

uppställt gejd på en luftcylinder. Vid drift står denna full av tryckluft, vilken utsläpps vid igenslagning av anläggningen; härigenom sjunker kärlet ca 25 cm. När mediet därefter sedimenterar kommer propellern att stå ovanför godset. Vid igångkörning höjes tanken successivt, sedan omröraren startats och uppslamningen tar bara några sekunder.

Trumsikten är 600 mm i diameter och 1,2 m lång. Den är försedd med fosforbronsduk med $0,44 \times 0,25$ mm maskor, vilka tillåter så gott som allt kiseljärn att passera, men avskiljer grövre magnetiskt gods < 3 mm.

Flotationscellerna, av Forrester-typ, är troligen ej de allra lämpligaste för detta tunga och relativt grova gods. Lutningen på botten är 1 : 7 men trots detta är det svårt att få godset att hålla undan. Cellerna är 2 m långa. Luften erhålles från en seriehögttrycksfläkt för 15 m³/min fri luft vid ett tryck på 1 500 mm vattenpelare. Skakbordet är av diagonaltyp, som visat sig mycket bra.

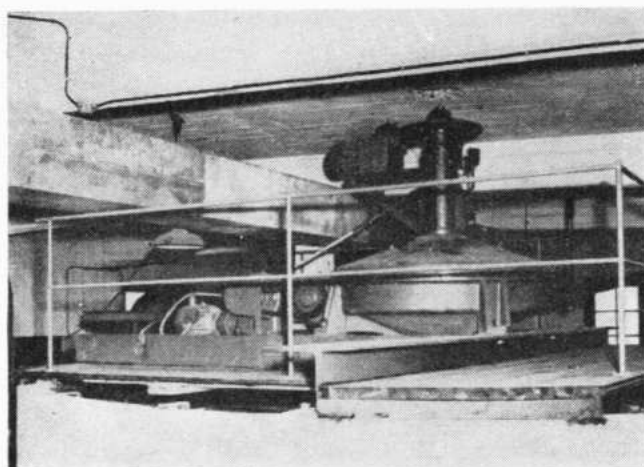


Fig. 11. Maskineri till 5 m förtjockare.

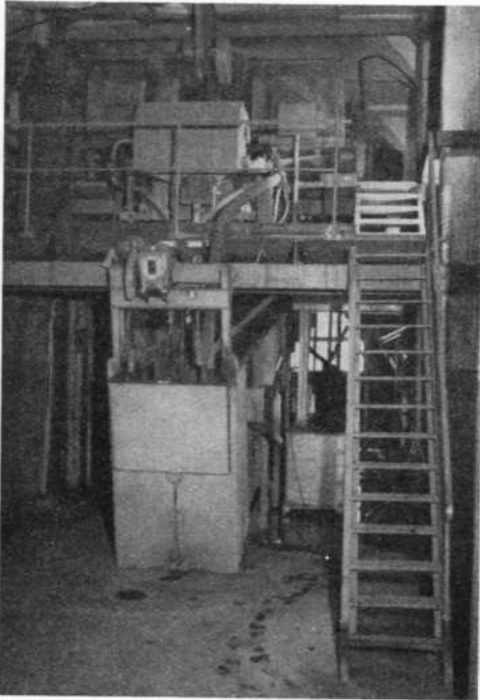


Fig. 12. Uppställning av magnetiska separatorer och densifier.

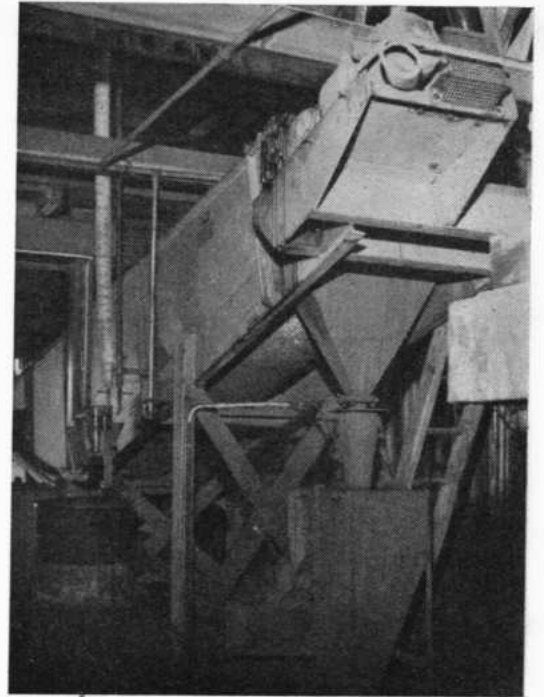


Fig. 14. Densifierns övre ända med avmagnetiserings-spole.

Man fann att vid 2 t/h ingående till flotationen ca 20 kg/h magnetit bortskaffades som slutligt avfall från skakbordet. Denna mängd var tillräcklig för att hålla jämvikt med den ingående magnetitmängden. Utbytet var betydligt lägre än vad försöken utvisat och endast den finaste magnetiten floterade medan magnetit mellan 0,053—0,2 mm till största delen gick i avfallet med kiseljärnet. Flotationen var mycket känslig för utspädning, närvaro av slam och pH. Det var därför mycket svårt att köra flotationskretsen parallellt med den övriga reningskretsen, då ändringar i denna påverkade godsmängden till flotationen, som därvid stördes. Med anledning härav kördes tidvis flotationen endast på extraskift, men kanske knappt i den skala som var erforderlig för upprätthållande av jämvikt.

Den ovannämnda magnetitfraktionen, som gick igenom trumsikten men som var för grov för att

flotera syntes emellertid efter en tid ej längre öka, varför tydligen ett jämviktstillstånd inträtt, på så sätt att denna fraktion kontinuerligt förslets genom nötning i det hårda kiseljärnsmediet. Kvantiteten av denna grövre magnetit var därför av ej allt för stort men för mediets specifika vikt.

Däremot var under en period svårigheterna med den finare magnetitfraktionen rätt stora. Denna bidrog både till att sänka mediets specifika vikt och öka dess viskositet. Den specifika vikt som därvid kunde hållas blev lägre än den man kunnat vänta sig att erhålla vid ifrågavarande magnetithalt. Magnetitens finkornighet försvårade upptjockningen i densifiern, från vilken vi erhöill ett upptjockat medium med lägre specifik vikt än normalt och en betydande mängd medium med överloppsvattnet, dvs. densifiern arbetade som en klassifier.

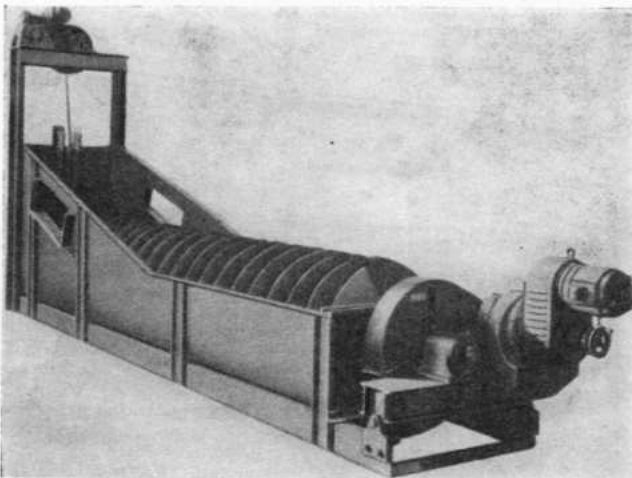


Fig. 13. Densifier (Wemco).

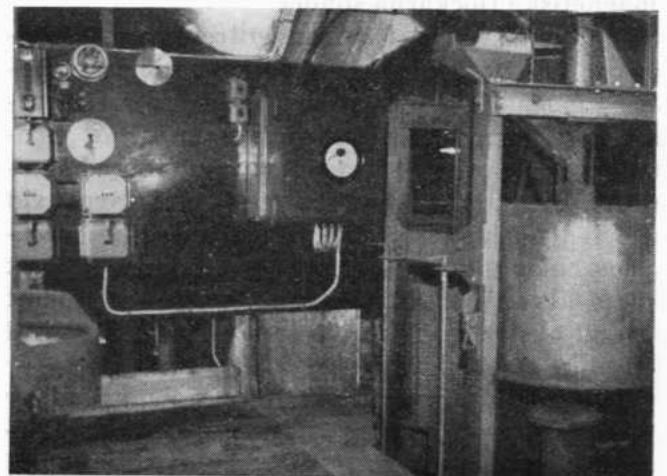


Fig. 15. Flotationsblandare uppställd på luftcylinder (t.h.), en del av kontrollpanelen i bakgrunden.

Vid flotationen kunde man konstatera, att endast mycket fin magnetit floterade. På grund härav föreföll det naturligt att genom avslamning avskilja denna och på skakbordet återvinna det kiseljärn, som följde med slammet. När därför densifiern började arbeta som classifier, uttogs en del av överloppsgodset direkt till skakbordet, varvid man rätt snart fick bort en stor mängd fin magnetit. Allt efter som magnetiten avskiljdes blev densifierns arbetssätt bättre och bättre och mängden överloppsgods mindre och mindre.

Man har tidigare funnit att hydrocyklonen⁵ är en mycket god avslammingsapparat⁵ och nästa steg blev därför, att ta ut en del av mediet till magnetitrening genom den tidigare antydda hydrocyklonkretsen. Till denna uttas ca 500 kg/h som siktas å trumman. Det fina godset pumpas av en centrifugalpump med en kapacitet av 400 l/min vid 30 m vattenpelare genom en cyklon med 200 mm diameter. Överloppsgodset pumpas till skakbordet. På detta avskiljes det fina magnetitslammet, medan kiseljärnet jämte en liten del grövre magnetit går tillbaka till kiseljärnskretsen. På detta sätt erhålles en mycket liten mängd kiseljärn på skakbordet och förlusterna därav bli små.

Kiseljärn

Av vikt för upprätthållande av en hög och jämn specifik vikt hos mediet, är att detta kontinuerligt förnyas genom tillsats av kiseljärn i proportion till förlusterna. Dessa uppgår till totalt 300 g/t ingående gods, varför man per dag tillsätter ca 100 kg nytt kiseljärn. Förlusterna kan anses normala, men mera torde kunna göras för att nedbringa dem, t.ex. ökning av vattenspolningen på siktarna och finjustering av de magnetiska separatorerna.

Det använda kiseljärnet är framställt vid Wargöns Smältverk. Dess kiselhalt är 15 % och specifik vikt 6,8. Till en början användes en malning A med följande siktanalys:

Kornstorlek mm	A vikt %	B vikt %
0,4	0,3	—
0,7	0,1	7,7
0,2	0,9	41,6
0,1	12,6	26,0
0,075	21,9	8,4
0,053	14,7	5,5
< 0,053	49,5	10,8

Som synes var kiseljärnet mycket finmalt med 49,5 % < 0,053 mm. Genom denna finkornighet och smärre föroreningar av magnetitslam får mediet lätt en för hög viskositet. För att råda bot på detta används nu en grövre malning B, med endast 10,8 % — 0,053 mm. Samtidigt kan man räkna med att de slamförluster av kiseljärn, som

erhålles på skakbordet kommer att minska. Genom successiv övergång från kiseljärn A till B räknar man med att kunna hålla mediets specifika vikt vid 3,25.

Kostnader

Driftkostnaderna för sjunk- och flytseparering, exklusive royalty, utgör 50 öre/t ingående gods eller 75 öre/t sjunkprodukt, varvid kostnaderna fördelas på följande sätt:

	Ingående öre/t	Sjunkprodukt öre/t
Arbetslöner	12	17
Kiseljärn	15	22
Kraft	9	14
Reparationer och diverse	14	22

Som synes kostar kraften nästan lika mycket som arbetet, vilket ju är ett uttryck för den långt drivna mekaniseringen vid separeringen. Anläggningen sköts normalt av två man, vilket är nödvändigt på grund av verkets utsträckning i flera våningar. Under inkörningen har en tredje man behövts.

Anläggningens effektförbrukning är ca 85 kW, som fördelar sig på de olika maskinerna på följande sätt:

	Kraftförbrukning kW	%
Kon	2	2,3
Siktar	12	14,1
Pumpar	60	70,6
Förtjockare	5	6,0
Separatorer	6	7,0

Pumpningen svarar tydligen för drygt 70 % av effektbehovet, och härav tar cirkulationspumpen för mediet mer än hälften.

Slutord

På det hela taget kan sägas, att sjunk- och flytverket infriat de högsta förväntningar. Detta hindrar emellertid ej, att man kan önska förbättra en eller annan detalj, t.ex. siktningen och avvattningen av godset före separeringen.

Den största svårigheten har varit avlägsnandet av magnetiten, men den har nu i det närmaste övervunnits. Med den utarbetade metoden, enligt vilken mediet renas med hydrocyklon och skakbord, har konstaterats, att det är möjligt att hålla dess specifika vikt vid 3,25, om den mängd magnetit, som avges av malmen vid separeringen kan begränsas till högst ca 400 g/t. Detta torde vara möjligt vid många någorlunda hårda magnetithaltiga malmer, om tvättningen av rågodset utförs med stor omsorg. Därför ligger det största värdet med de resultat, som uppnåtts i Stripa — sedda i större sammanhang — kanske däri, att HMS-metodens många fördelar kan utnyttjas för mera magnetithaltiga malmer än Stripa-malmen.

Litteratur

1. BERGLUND, L: *Sjunk- och flytprocessen i USA*. Tekn. T. 77 (1947) s. 42.
2. RUTBERG, K: *Stripa odalfäll, gravbrytning och sovring*. Tekn. T. 70 (1940) s. B 1, B 9.
3. SWAINSON, S J, FALCONER, S A & WALKER, C B: *Some recent applications of heavy-media separation*. AIME techn. Publ. nr 1600, juli 1943.
4. SWAINSON, S J, LOWE, R H & HERKENHOFF, E C: Sv. pat. ans. 7449/48.
5. FAHLSTRÖM, P: *Hydrocyklonens användning vid blodstansanrikning*. Tekn. T. 79 (1949) s. 291.
6. American Cyanamide Co.: *Ore Dressing Notes*.

Diskussion

Bergsingenjör GÖSTA SVENSSON: En ny sjunk- och flytmetod har utarbetats av Stahlbau Rheinhausen, Rheinhausen. Den första anläggningen i fullstor skala för malm har just kommit i gång, varför några driftresultat ännu ej föreligger. En provanläggning i halvstor skala igångkördes dock redan 1949 för kol och flera sådana anläggningar har redan byggts (Glückauf juli 1950).

Redan år 1936 började Fried. Krupp bygga anrikningsanordningar enligt sjunk- och flytmetoden. De principer, som hittills följts, överensstämmer i stort med de utländska metoder, som är kända genom fackpressen. Rheinhausens metod skiljer sig emellertid väsentligt från tidigare konstruktioner. Vid lösningen av detta problem har man betraktat det teoretiskt ideala tillståndet för en sjunk- och flytprocess, nämligen ett stillastående kärl, vari godset tillföres lugnt och sakta. Utskiljningen försiggår då utan några turbulenta strömningar eller virvelbildningar, som dels försvårar avskiljandet av mindre korn, dels förlänger tiden för avskiljandet. I ett sådant stillastående kärl kan man sedan länka sig särskiljandet av flytgods från sjunkgods genom en skiva, som införes horisontellt i vätskan mellan de utskilda produkterna.

Om man nu tänker sig ett antal sådana kärl placerade i rad på ett transportband, varvid kärlets väggar borttagits och ersatts av transportbandets uppvikta sidor, erhåller man en ränna, vari medium med gods rinner fram. Om nu detta transportband ges en hastighet, som motsvarar vätskans, blir vätskan stillastående relativt transportbandet och urskiljningen av godset kan äga rum under ideala förhållanden. Då vätskan nått bandets ände, delas den av en horisontell kniv eller plåt, som kan placeras efter önskan i höjddled. Flytgodset rinner då över denna kniv och sjunkgodset passerar under den.

Hastigheten för en fritt rinnande vätska med turbulent strömning fås ur formeln $\sqrt{2gh}$, där h är vätskans höjd i m. För laminär strömning gäller formeln \sqrt{gh} . Om nu bandet ges en hastighet av \sqrt{gh} är man därför fullt säker på att få en laminär strömning. Av fig. 1 framgår det schematiska förloppet. Från en brunn a pumpas mediet, som, när det gäller järnmalm, utgöres av kiseljärn, med en propellerpump b upp genom ett tilloppsror c till bandet d . Detta, som är av gummi, får genom snett ställda rullar sina kanter uppvikta, så att sektionen bildar en ränna.

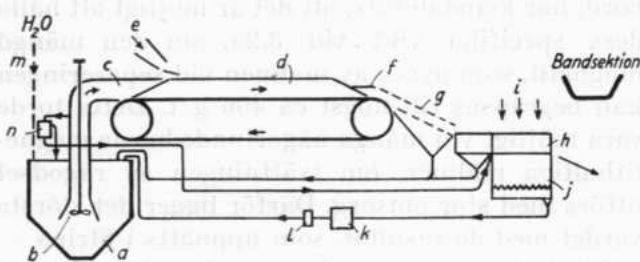


Fig. 1. Principskiss för sjunk- och flytanläggning enligt Reinhausen.

Tilloppsröret e är i sin utloppsända format efter rännans sektion.

Ovanpå mediet i rännan tillföres det gods, som skall skiljas genom en utmatningsanordning e , varvid godset erhåller en initialhastighet, som svarar mot mediets hastighet. När mediet och godset kommit till rännans slut, skils flytgods från sjunkgods genom en horisontell kniv f . Där efter får såväl sjunk- som flytgods passera över en fast sikt g , där den första avrinningen av mediet äger rum. Sedan går godset vidare på en plan skaksikt h , vars bakre del utsättes för en kraftig vattendusch i . Detta vatten jämte det avspolade mediet uppsamlas i ett underliggande kärl j , varifrån ett koncentrat av mediet via en magnetseparator k jämte en avmagnetiseringsspole l återföres till brunn a .

För att mediet i brunnens skall erhålla den rätta specifika vikten, måste friskvatten tillföras m . Denna friskvatten-tillförelse regleras av en kontrollapparat n , som håller mediets specifika vikt konstant. Denna kontrollapparat, som i princip utgöres av en flottör, står över en shuntledning i förbindelse med mediet i röret c . Om mediets specifika vikt skulle bli för hög, stiger flottören och påverkar därvid samtidigt en ventil i friskvattenledningen, som öppnas mera och mediet blir mera utspätt och lättare. På motsvarande sätt regleras vattentillförelsen om mediets specifika vikt skulle sjunka.

Det har i praktiken visat sig att man enligt denna metod med fördel kan skilja material i kornstorlek ned till 0,75 mm. Kornstorleken uppåt har ingen begränsning. Då ett litet korn kräver längre utskiljningstid än ett större korn har det visat sig lämpligt att uppdelat anordningarna i tre grupper alltefter kornstorleken 0,75—10 mm, 10—80 mm och 80—200 mm.

Mediets höjd i rännan görs lämpligen ca $2\frac{1}{2}$ gånger den största kornstorlek som skall bearbetas. För finkorn måste man dock använda större höjd och för de största kornstorlekarna kan en något lägre komma i fråga. För ovan nämnda tre storleksgrupper räknar man med en vätskehöjd av resp. 70, 240 och 550 mm. Enligt den tidigare nämnda formeln \sqrt{gh} erhålles hastigheten på bandet, som i dessa tre fall blir resp. 0,8, 1,5 och 2,3 m/s. Bandbredden kan varieras efter önskan. Om man antar en bandbredd av 500 mm, kan man ur ovan nämnda siffror beräkna den teoretiska kapaciteten för medium plus gods. Den blir:

Kornstorlek mm	kapacitet t/h
0,75—10	330
10—80	2 100
80—200	7 500

Den effektiva godskapaciteten blir sedan beroende av hur mycket gods som tillföres mediet.

Det har visat sig att tiden för ett korns sjunkning resp. uppflyttning är beroende av kornets storlek. Praktiska försök har visat att man för ett korn av 0,75 mm bör räkna med 12 s, för ett korn av 10 mm med 8 s, och för ett korn av 80 mm med 3 s. Av dessa siffror beräknar man bandets längd, som för ovan nämnda tre kornklasser blir 15, 6 och 4 m.

Metoden har följande fördelar: inga turbulenta strömningar, varav följer kort utskiljningstid och god utskiljning av småkorn; låg vätskehöjd, vilket även betyder kort utskiljningstid; ringa eller intet slitage, då mediet, godset och kärlets väggar praktiskt taget befinna sig i relativt stillestånd; låg uppföringshöjd, 1,2—1,5 m totalt, varav följer låg kraftförbrukning; anläggningen kan byggas i ett plan; mycket stor kapacitet.

Ett självinställande axiallager, konstruerat av en kanadensisk flygfabrik, är inbyggd i en plastring som genom deformation utjämnar missriktningar hos axeln; materialets inkompressibilitet ger erforderligt motstånd mot radialbelastningar.