



Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr 7175	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
Kommer fra ..arkiv	Ekstern rapport nr	Oversendt fra Raffineringsverket A/S	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel Våre nikkelmalmer og deres sammensetning				
Forfatter Bjørlykke Harald		Dato År 	Bedrift (Oppdragsgiver og/eller oppdragstaker)	
Kommune Generelt	Fylke	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad	1: 250 000 kartblad
Fagområde Geologi Malmgeologi Historikk	Dokument type		Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt) Evjefeltet Flåt grube Hosanger Mølland Ertelien Meinkjær	
Råstoffgruppe Malm/metall	Råstofftype Ni, Cu			
Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse Beskriver malmdanningsprosessen, i hovedsak fra magmatiske smelter og ofte knyttet til bunnen i store, nederoderte gabbromassiver i grunnfjellsområder. Hovedmineralisasjonen beskrives og spormetallinnholdet. Spesielt omtales Co-innholdet i Ertelien og Minkjær.				

Våre nikkelmalmer og deres sammensetning.

Av Haraa Bygelykke

De fleste magmatisk dannede malmer er dannet ved en differentiasjon eller utspaltnng som har foregått under smeltemassens krystallisasjon.

De sulfidiske nikkelmalmer står i en særstilling idet de er utskildt som flytende masser av et flytende modermagma under dettes avkjøling. Dette skyldes at en silikatsmeltemasse ved høi temperatur kan holde oppløst betydelige mengder sulfider men oppløseligheten avtar med synkende temperatur.

En silikatsmeltemasse som ved høi temperatur holder oppløst sulfider vil derfor ved synkende temperatur skille sig i to ikke blandbare smeltemasser, en silikatsmeltemasse og en sulfidsmeltemasse. Av disse smeltemasser er sulfidsmelten den tyngste og vil ~~sæx~~ synke tilbunns mens silikatsmelten vil flyte op. Dette er den samme prosess som man anvenner ved dne tekniske anrikning av kobber og nikkell som skjersten. Av de to smeltemasser har silikatsmelten det høieste smeltepunkt og vil begynne å krystallisere først.

Utskillelsen av sulfidsmelten vil foregå på den måte at små perler av sulfidsmelte vil skille sig ut av silikatsmelten og slutte sig sammen til større dråper. På grunn av sin tyngde vil disse dråper synke tilbunns i silikatsmelten.

Denne prosess vil foregå lett ved forholdsvis høi temperatur mens silikatsmelten ennu er forholdsvis lettflytende men ved temperaturer som nærmer sig silikatsmeltemassens krystallisasjonstemperatur vil silikatsmeltens viskositet stige og de sist

utskilte dråper av sulfider vil da vanskelig synke i smelten og kan derved bli innesluttet i den størkede silikatmasse før de rekker å synke helt ned i sulfidsmelten i bunnen.

De sulfidiske smeltemasser som er utskilt på denne måte vil bestå overveiende av jensulfid men vil inneholde betydelige mengder av nikkel, kopper og noget kobolt. Silikatsmelten vil være en basisk smelte av gabbrosammensetning.

Alle de elementer som tilhørte den oprindelige homogene sulfid-silikatsmeltemasse vil under utskillellesprosessen fordele sig på en lovmessig måte mellom silikatsmelte og sulfidsmelte. Lovene for elementenes fordeling i disse to smelter kan også studeres under den tekniske fremstilling av nikkelkopperskjersten i høiovn. Denne prosess kan opfattes som en videre teknisk anrikning av sulfidsmeltens elementer. Denne fordeling av elementene i silikatsmelte og sulfidsmelte blev først studert av J.H.L.Vogt som i virkeligheten var den som bygget grunnlaget for den moderne geokjemi. Ut fra teoretiske betraktninger skulde man normalt kunne vente sig at de sulfidiske nikkelmalmer optratte som lag i bunnen av gabbromassivene på samme måte som skjersten i bunnen av smelteovnen og i hovedsaken stemmer dette også med nikkelmalmens opptreden i naturen.

Gabbromassiver med bunn kan ha forskjellig form som lakoliter og fakoliter og man vil da oftest finne sulfidene anriket langs bunnen av disse. Konsekvensen av dette er at man må

fortrinsvis vente å finne sulfidiske nikkelmalmer i dagen i eldre geologiske formasjoner som har været utsatt for en sterkt erosjon som har blottet gabbromassivenes bunn.

De fleste forekomster av sulfidisk nikkelmalm er derfor kjendt fra grunnfjellisområder men man kjenner også en del forekomster fra sterkt nederoderte paleozoiske fjellkjeder således et par mindre forekomster i den norske fjellkjede.

På grunn av silikatmassens viskositet vil man ikke få noen skarp grense mellem sulfidbergart og silikatbergart. De vanlige forekomster av sulfidisk nikkelmalm vil derfor bestå av en inre kjerne som består overveiende av sulfider og utenfor denne vil man få en gradvis overgang til ren silikatbergart idet innholdet av sulfider avtar. Man skiller derfor gjerne mellem det man kaller ren malm og impregnasjonsmalm som bare inneholder underordnede mengder med sulfider.

Som tidligere nevnt vil silikatsmelten krystallisere først mens sulfidsmelten vil holde sig lenger flytense. Hvis der nu under eller efter silikatmassens størkning opstår trykk som bevirker bevegelser i jordskorpen vil den flytende sulfidsmelte som i større eller mindre utstrekning kunne presses vekk fra sin oprindelige leiested. Den kan derved trenge inn på sprekker i den allerede størknede gabbrobergart eller også inn i tilgrensende bergarter. Man får da dannet sulfidiske ganger som har skarpe grenser mot den omgivende bergart og som kaldes offsets. Disse offsets vil ha forskjellig sammensetning efter i hvilket stadium av størkningen utpresningen har fundet sted.

Man kan således også få dannet offsets som består overveiende av silikatmasse med bare underordnede mengder sulfider. Dette er tilfelde med mange offsets i Sudbury.

Hvis utpressningen av sulfidsmelten skjer etterat krystalliseringen av sulfidene er begyndt så vil den utpressede sulfidmasse være fattigere på de av sulfidsmeltens bestanddeler som krystalliserer først og anrikt på de bestanddeler som krystalliserer sist. På denne måte kan man forklare at offsetganger ofte er rikere på kopperkis enn hovedmalmen.

Hovedmineralene på de sulfidiske nikkelmalm er efter krystallisasjonsrekkefølgen:

Svovelkis (FeS_2)

Magnetkis (FeS)

Pentlandit ($(\text{FeNi})\text{S}$)

Kopperkis (Cu Fe S_2)

Foruten disse hovedmineraler er der på enkelte norske forekomster påvist små mengder av koboltglans, zinkblende og blyglans. Desuten optrer en del sekundære nikkelsulfidmineraler hvorav enkelte er vanskelig definerbare.

Alle disse hovedmineraler finnes i naturen i parageneser som er dannet under meget forskjellige trykks og temperaturforhold. det er altså typiske durchläufermineraler som er lite kresne i valg av selskap og optrer i mange forskjellige mineralselskaper.

De teknisk betydningsfulde forekomster av svovelkis er våre svovelkisleier hvis geologi og geokjemi flere ganger tidligere er omtalt i foredrag i dette selskap av prof. Vogt og Dr. Carstens. Disse forekomster er dannet ved lavere temperatur enn de sulfidiske nikkelmalm.

På de sulfidiske nikkelmalm er svovelkisen en underordnet bestanddel av sulfidene og utgjør vanligvis bare 5-10 % av disse. Denne svovelkis skiller sig fra svovelkisen på våre kisforekomster ved sit større innhold av kobolt. Efter röntgenspektrografiske analyser som jeg har utført av 19 svovelkis-krystaller fra norske nikkelmalm ligger koboltgehalten i disse fra 0,48-1,25 % Co (gjennomsnitt 0,78 %) mens svovelkisen i norske gangkiser ifølge Carstens ligger fra 0,05-0,2 %. Tidligere kjemiske analyser av J.H.L.Vogt av svovelkis fra nikkelmalm i Meinkjer Bamle og Ertelien Ringerike viste henholdsvis 1,07 og 1,19 % Co.

Koboltinnholdet både i svovelkis fra kisforekomstene og fra nikkelmalm må antas å inngå ispmorft i jernets posisjoner i svovelkisens gitter og da sekundær svovelkis som optrer på ganger i nikkelmalm i Ertelien ikke inneholder påvisbare mengder Co må man anta at svovelkisens toleranse for substitusjon av Co i jernposisjonene avtar med synkende temperatur. I enkelte svovelkis-krystaller fra nikkelmalm er også fundet små mengder nikkel, opptil 0,1 %. Denne nikkelgehalt er efter de röntgenspektrografiske undersøkelser meget varierende og det er derfor ikke utelukket at den kan skyldes en mekanisk

tilblanding av et nikkelmineral.

Magnetkisen i vare nikkelmalmer er karakterisert ved at den optrer sammen med pentlandit som oftest danner lameller i magnetkisen. Desuten kan pentlanditen også optre som egne mineralkorn i nærheten av magnetkisen. Pentlandit ligner magnetkisen meget på utseende og kan makroskopisk ikke skilles fra denne uten når den optrer i større korn. Under mikroskopet kan den skilles fra magnetkisen ved sin noget lysere farve og sin oktaedriske spaltbarhet.

Da pentlanditen ikke er magnetisk kan man utføre en delvis adskillelse av magnetkis og pentlandit ved å knuse mineralene og trekke magnetkisen ut med en magnet. Da de to mineraler alltid er meget intimt sammenvokset opnår man bare en delvis fraksjonering.

De fine lameller av pentlandit antar man er dannet av nikkel som oprindelig er inngått isomorft i magnetkisen men som senere er utskilt ved lavere temperatur.

Hvorvidt magnetkissubstansen inneholder Ni som er substituert i jernposisjonene i magnetkisens gitter lar sig vanskelig fastslå med sikkerhet da det er praktisk umulig å skaffe prøver av magnetkis som man med sikkerhet kan si er fri for mikroskopiske eller submikroskopiske inneleiringer av pentlandit.

Magnetkis og pentlandit er vanskelige å bruke ved mineralberegninger da de ikke har noen konstant sammensetning. Magnetkisens sammensetning varierer fra Fe_5S_6 til $\text{Fe}_{16}\text{S}_{17}$ normalt $\text{Fe}_{11}\text{S}_{12}$ og pentlanditen viser også varierende sammensetning idet Fe og Ni kan substituere hverandre.

Det har vist sig at magnetkisens varierende sammensetning skyldes et større eller mindre antal ubesatte parallelle jernposisjoner i magnetkisens gitter. Man må derfor bare for magnetkis og for pentlandit regne med en viss normal sammensetning og kan derfor ikke få helt eksakte verdier ved mineralberegningene.

Nikkelmalmens mineralsammensetning varierer meget innen en og samme forekomst. Det er derfor umulig å undersøke den på samme måte som en bergart ved å utta et håndstykke som tilsvarende malmens gjennomsnittssammensetning.

Skal man få et bilde av malmens gjennomsnittlige sammensetning må man derfor ha en stor mengde analyser av malmen eller også basere beregningen på gjennomsnittlige driftsanalyser hvis slike foreligger.

En vanlig nikkelmalms mineralsammensetning lar sig ikke uten videre beregne på grunnlag av en kjemisk analyse da man har jern og svovel bundet både i form av magnetkis og svovelkis og malmen ofte inneholder noget jernertser.

Hvis man analyserer malmstuffer som ikke inneholder svovelkis og jernertser viser det sig imidlertid at det ved hver enkelt forekomst synes å være et konstant forhold mellem mengden av pentlandit og magnetkis, og legger man dette forhold til grunn kan man således beregne hvor meget S er bundet i svovelkis og får derved svovelkismengden. De tal man da får frem synes å stemme godt med alle observasjoner.

Raffineringsverket A/S ved hr. direktør S. Glertsen har været så velvillig å gi mig tillatelse til å benytte deres analyser fra drift og undersøkelser ved grubene Flåt i Evje, Hosanger ved Bergen og Mölland skjerp i Iveland og deres laboratorier ved Evje og Hosanger har også utført en del analyser efter min anmodning.

På planchen er sammenstillet noen beregninger av stuffer fra Litland og Lien gruber i Hosanger, Flat grube samt Mölland.

Analysene av stuffer fra Litland og Flat er utført på malm som ikke fører svovelkis og jernerts og viser forholdet mellem magnetkis og pentlandit på disse forekomster.

Istedetfor å utføre en fuldstendig mineralberegning kan man karakterisere malmen ved tal-faktorexxxxxxxxxxx forholdet mellem S_{-K} = den totale S-gehalt + det svovel som er bundet i kopperkis og nikkelgehalten eller ved forholdet mellem magnetkis og pentlandit. Kjenner man dette forhold på vedkommende forekomst kan man lave sig en kurve og direkte utta svovelskismengden av denne.

På grunnlag av forholdet magnetkis/pentlandit som er fundet ved å undersøke stuffer som ikke inneholder svovelkis kan man beregne mineralsammensetningen som svarer til de gjennomsnittlige driftsanalyser og derved finne forekomstens gjennomsnittlige mineralinnhold. For Hosangers vedkommende er forholdet lettere fordi denne malm ikke inneholder jernerts og på planchen er utført en beregning av mineralsammensetningen av Hosangermalm basert på den gjennomsnittlige driftsanalyse for pasatt Smalm for febr. 1942. Som man ser stemmer forholdet magnetkis/pentlandit ved denne beregning godt overens med de som er fundet ved undersøkelse av enkelte stuffer.

For Flat grube lar en slik beregning sig ikke gjennomføre fordi der ved denne grube ikke bestemmes S-gehalten i den malm som påsettes vaskeriet. Jeg har derimot beregnet en gjennomsnittsanalyse av konsentrat fra Flat som er utført ved smelteverket på Evje.

Denne beregning gir imidlertid ikke noget riktig bilde

av malmen idet der under opberedningen skjer en anrikning i forhold til magnetkis av pentlandit og det går meget svovelkis i avgangen

Sekundære forandringer i malmenes mineralsammensetning består vesentlig i at pentlandit kan være omvandlet til en rekke andre nikkel-jernsulfider som violaritt og andre dårlig derfinerte mineraler.

I Flåt grube er nikkelmalmen flere steder gjennomsat av granittiske pegmatitganger og det viser sig at i nærheten av disse ganger er malmen hydrotermalomvandlet ved innvirkning av oppløsninger fra pegmatitmagmaet.

Ved denne omvandling blir de mørke silikatmineraler omvandlet til vannholdige silikater særlig kloritt og sulfidene blir omvandlet til en blanding av jernglans og milleritt, med underordnede mengder kopperkis, svovelkis og magnetitt. Det har således skjedd en bortføring av svovel mens forholdet mellem Cu og Ni synes å være nogenlunde uforandret.

Disse beregninger av mineralsammensetningen basert på gjennomsnittsanalyser av malmen gir ingen opplysninger om forholdet mellem mineralene i de forskjellige typer av malm. For å få opplysninger om dette har jeg benyttet mig av analyser av borkjerner fra diamantboringer i malm.

Disse analyser har jeg inndelt i grupper 3 %, 3-2 %, 2-1 %, 1-0,5 % og 0,5 %. Gruppen 3% tilsvarende de nesten ren sulfidmalm og de fattigere tilsvarende forskjellige grader av impregnasjon. For disse grupper har jeg beregnet det gjennomsnittlige forhold. Disse gjennomsnittsanalyser for hver gruppe viser som et generelt trekk at forholdet mellem Cu/Ni og S_k/S stiger med avtagende nikkelmengde. D.V.S. de fattigere impregnasjoner er rikere på svovelkis og kopperkis enn den rene sulfidmalm. Vi har altså i de fattige impregnasjoner en anriking av det tidligst krystalliserende mineral sammen med en anriking av det sist krystalliserende mineral, kopperkis. En slik

anrikning kan umulig foregå ved en krystallisasjons-differentiasjon og man må derfor anta at ~~diarsen~~ svovelkis og koppekis er lettere oppløselig i silikatsmelten og derved blitt anrikt i de sidste utskilningen som har dannet de fattigere impregnasjoner.

Man kan også ut fra dette materiale trekke interessante slutninger om forholdet mellem sulfidsammensetning og silikatbergarten på de forskjellige forekomster, men dette vil føre for vidt her da jeg da måtte gå inn på de forskjellige forekomsters geologi.