



Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr 7245	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
Kommer fra arkiv	Ekstern rapport nr Oppredningslaboratoriet -NTH rapp12/78	Oversendt fra Stavanger Staal A/S	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato
Tittel Oppredning av nikkelmalm fra Ranaforekomsten				
Forfatter Sandvik Knut Lyng		Dato År 13.06 1978	Bedrift (Oppdragsgiver og/eller oppdragstaker) NTH- Oppredningslaboratoriet	
Kommune Ballangen	Fylke Nordland	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad 13311	1: 250 000 kartblad Narvik
Fagområde Oppredning		Dokument type	Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt) Rana Bruvannsfeltet	
Råstoffgruppe Malm/metall		Råstofftype Ni, Cu		

Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse

Foredrag ved Rana symposium i Narvik i 1978.

Her blir gitt en historikk, en gjennomgang av mineralogien analyseteknikker basert på typen Ni-binding. Aktuelle typer maling blir gjennomgått.

Flotasjon kan gjøres på 2 prinsippielt forskjellige måter. Flot. i surt miljø, hvor det kan oppnås utvinning på 95 % sulfinnikkel og konc over 7 % Ni.

Flot i basisk miljø gir konc på over 10 % men ulempen er at Ni tapes i magnetki og utvinningene går ned til under 80 %.

Det blir videre referert til arbeidet med å forbedre konsentratet.

Det foreslås at avgang deponeres i fjorden. Sur prosess gjør at avgangen først må nøytraliseres, mens i den basiske bindes metalionene til mineralpartiklene.

Oppredning av nikkelmalm
fra Rånaforekomsten

Foredrag ved Råna symposium
i Narvik 1978

NTH, 13.6.1978

Knut L. Sandvik

INNLEDNING

Rånamalmen har relativt lav malmverdi. Dette medfører at alle operasjoner, også oppredning, må være billige. Det er derfor ønskelig å kunne bruke prosesser som kan behandle store mengder og gi lave kostnader pr tonn behandlet. Antallet ansatte i oppredningsverket er relativt uavhengig av behandlet mengde og kapitalkostnadene stiger også relativt beskjedent med anleggsstørrelsen opp til en kapasitet på ca. 2 mill. tonn pr år. Oppredningsprosessen favoriserer derfor en stor råmalmsbrytning. Inntektene vil naturligvis øke proporsjonalt med utvinning av kobber, nikkel og kobolt. På den annen side vil salgsinntektene også øke med økende gehalter samtidig som fraktkostninger etc. minker. Gehalter og utvinninger må derfor balanseres mot hverandre.

HISTORIKK

Oppredningsforsøk med Rånamalmen har funnet sted over lengere tid. Tidligere forsøk ble utført i Tyskland i 1952 i Norsk Bergverks-dager. En greide der å oppnå 6-8% Ni i konsentrat ved en utvinning på 70-74%. En arbeidet her med relativt høye rågodsgehalter, rundt 0,5%.

Det ble også gjort forsøk med flotasjon av olivin. Idag er den norske produksjon allerede ganske stor. Dessuten ønskes grovere kornklasser enn det avgang fra nikkelproduksjon gir. Olivinproduksjon fra avgang er derfor mindre aktuelt.

MINERALOGI

Mineralogien er sikkert tatt opp særskilt i dette seminar, men det skal nevnes at fra et oppredningssynspunkt er mineraler, kornstørrelse og sammenvoksninger viktig. Bergartsmineralene veksler gjennom forekomsten. Oppredningsteknisk kan flakformige mineraler være meget brysomme fordi de floterer lett og tynner ut konsentratet. Magnesiuminnhold fra disse mineralene er spesielt uønsket hvis konsentratene skal smeltes da det gir slagger med høy viskositet som forårsaker nikkeltap.

De vanligste sulfidmineraler er pentlanditt, magnetkis og kobberkis. Noen få sulfidmineraler med høyere Ni-innhold er observert. Spesielt for forekomsten synes det å være at sammenvoksningen av pentlanditt og magnetkis er moderat. Det forekommer ikke særlig meget flammestrukturer. Økonomiske metaller vil være nikkel, kobber og med de nåværende priser også kobolt selv om mengden er liten. Nikkel foreligger i pentlanditt, magnetkis og i olivin. Bare det som foreligger i sulfider kan utvinnes. Ønskes høye gehalter vil også andelen i magnetkis kunne gå tapt.

Nikkelinnholdet i pentlanditt er ca 35%, men varierer fra 34% i de fattige deler av malmsonen til 36,8 i de rike partier. Co er også bundet i pentlanditt, 1,5% i de rike sonene og opp til 2,2% i fattige soner.

Magnetkisen er av en varierende sammensetning og fører fra 1,5% til spormengder av nikkel, mest i de rike deler av forekomsten. Mineralet varierer også i Fe-S-forhold.

Olivinbergarten fører ca 0,13% gitterbundet nikkel, men mengden kan gå opp til 0,3%.

Kobber foreligger i kobberkis.

Kornstrukturen kan karakteriseres som relativt grov i opprednings-sammenheng og de fleste sulfidmineraler er frimalt ved 60% finere enn 74 mikron.

En generell gehalt av råmalm kan ikke gis. Dette vil avhenge av hva som til enhver tid er cut off grade. Analysene kan i mange tilfelle ligge rundt 0,28% Ni, 0,03% Cu, 0,02% Co og 1% S.

ANALYSER

Dette felt er også sikkert tatt opp separat, men det bør nevnes at bare sulfidbundete tungmineraler kan utnyttes ved oppredning. Oppslutning i Lunges væske gir totalnikkel, mens oppslutning i

bromvann gir et uttrykk for sulfidnikkelinnhold. Det siste er av økonomisk interesse. Bromvannsanalysene muliggjør derfor en vurdering av de oppredningstekniske muligheter for de enkelte prøver fra feltet uten at bergartens nikkelinhold bringes inn. Analysemetoden bidro også til å redusere forsøksmengden fordi prøver med minimale mengder sulfidnikkel kunne elimineres. Helt feilfri er likevel ikke metoden så en bør bare regne med at det nikkel en greier å få frem i konsentrat er utvinnbart.

MALING

En stor del av utgiftene i oppredningsprosessen ligger i knusing/maling. I knuseanlegget ligger det meget kapital bundet og slitejernforbruket både ved knusing og maling kan være betydelig.

Det var derfor nærliggende å undersøke om autogenmaling er en aktuell metode. Kostnaden ved autogenmaling kan være 2-3 kr/t mens den for knusing-kulemøllemaling vil ligge rundt 10 kr/t.

For å undersøke om autogenmøllemaling var mulig, ble en større prøve tatt ut i Bruvannstollen og kjørt i Oppredningslaboratoriets 700 mm diameter x 1000 mm diameter autogenmølle. Gods slegget ned til -150 mm ble benyttet. Grovere stykker går ikke inn i møllen. Det viste seg at peridotittmalmen som forekommer i Bruvannstollen egner seg godt for autogenmaling. Kraftforbruk ved malingen var 12-15 kWh/tonn. Dette kommer av at den har høy egenvekt, tilfredsstillende overflateegenskaper (ingen tendens til polering) og den er seig så malesteinen slås ikke i stykker. Nedmalingen blir litt finere enn hva som er nødvendig, ca. 72% finere enn 74 mikron. Dette kan muligens justeres i et stort anlegg. Den etterfølgende flotasjon gikk like bra som ved et parallelt forsøk utført med kulemøllemaling.

Imidlertid finnes det ikke bare peridotitt i Råna. Erfaringer med autogenmøller andre steder tilsier at en må undersøke autogenmaleegenskapene til alle bergarter som kan bli brutt og ende i

møllen. Fosdalen har f.eks. problemer med sideberg som kommer inn i møllen og fyller opp denne med stort tap av kapasitet. Orkla fjerner jaspis fra malmen før autogen-møllemling fordi jaspisen er 100 ganger så slitesterk som kisen i en autogenmølle.

I Råna består en del av feltet av pyroxenitt. Den fører mindre nikkel enn peridotitten, men vil sannsynligvis likevel bli brutt i større eller mindre kvanta.

Forsøk viste at kraftforbruket ved maling av pyroxenitt var ca 52 kWh/tonn. Det vil si at møllens kapasitet vil synke 3-4 ganger når den maler pyroxenitt istedenfor peridotitt. En jevn møllepågang med ca. 10% pyroxenitt kan nok aksepteres men store svingninger vil føre til tap av kapasitet. Dette forhold er derfor viktig ved planleggingen av brytning.

FLOTASJON

Teknologien ved nikkelflotasjon er lite utviklet sammenlignet med teknologien ved flotasjon av andre sulfider. Konsentrater som holder fra 4-10% Ni godtas. Betalingen pr kg nikkel i konsentratet er imidlertid ganske avhengig av nikkelinholdet.

De uløste problemer ved nikkelflotasjon består i at en har vanskelig for å skille pentlanditt og magnetkis med et hederlig utbytte. Videre inneholder de fleste nikkelforekomster flakformige silikat-mineraler som floterer like lett som sulfidene og som vanskelig lar seg trykke. I tillegg kommer mineralogiske forhold som at magnetkisen inneholder en del nikkel og at en kan ha flamme-sammenvokstninger mellom pentlanditt og magnetkis som umuliggjør separasjon.

Primær flotasjon kan utføres på to prinsipielt forskjellige måter:

1. Flotasjon i surt miljø. Pulpen surgjøres med svovelsyre til pH 6,5. Alle sulfider floterer derved lett, en oppnår god utvinning og bergartsmineralene floterer relativt dårlig. Denne metode gir utvinninger av sulfidnikkel på over 95%. Problemet er at det er vanskelig å oppnå gehalter over 7% Ni og at avgangsvannet vil holde så meget Ni og Cu i løsning at det

kan være umulig å oppnå utslippstillatelse uten behandling av vannet. Det er også antydnet fra svensk hold at en mindre del nikkell kan lutes ut fra bergartsmineralene og adsorberes på sulfidmineraler ved lave pH. Ved våre arbeider har vi stort sett operert med sur pulp.

2. Flotasjon i basisk miljø. Fordelen er at magnetkis kan trykkes. Metoden brukes ved de fleste forekomster der magnetkisinholdet er høyt, f.eks. i Canada, og en oppnår konsentrater med over 10% Ni. Bakdelen er at nikkell tapes både i magnetkis og ved dårligere pentlandittutbytte. Utvinninger under 80% er derfor vanlig. I tillegg floterer en del silikater godt ved disse forhold. Dette bidrar til å gjøre konsentratet mindre attraktivt. Problemet har bestått lenge for de fleste produsenter og i den senere tid har det vært en utvikling når det gjelder organiske trykkere for bergart i basisk miljø. Stort sett er disse basert på stivelsesprodukter og har store kompliserte molekyler som så og si klistrer seg på bergarten.

Konsentratgehalten kan videre høynes ved å skille ut kobberkis i et eget produkt. Skille mellom pentlanditt og kobberkis er noe lettere enn mellom pentlanditt og magnetkis. Likevel må en regne med et betydelig kobberinnhold i nikkellkonsentratet eller nikkellinnhold i kobberkonsentratet. Nikkelholdige kobberkonsentrater er ikke lette å omsette da få smelteverk har egnede prosesser.

Flotasjonsundersøkelsene med Rånamalmen kan deles inn i to grupper:

1. Undersøkelser for å komme frem til egnet metode.
2. Undersøkelser med borhull rundt om i feltet for å vurdere mengden utvinnbare metaller.

På grunn av de lave gehalter utviklet vi metoder for å gjennomføre benkforsøk med 5 kg prøver. Det ble da så pass store mengder konsentrat at rensing kunne utføres.

Undersøkelsene ble utført både i surt og basiskmiljø. Pilotforsøk og forsøk for å fastlegge flotasjonsegenskapene for

malm fra de enkelte hull har imidlertid konsekvent blitt gjennomført i surt miljø.

Betingelsene ved sur flotasjon er som følger: pH 6,5 regulert med svovelsyre. Samler - amylxanthat 80 g/t. Skummer Dowfroth 250 50 g/t. Reagensene har blitt tilsatt trinnvis. Ser en på bromvannsløselig Ni lot avgangsgehaltene seg bringe ned i under 0,01% og konsentratene opp i over 6%. Noe endte i mellomprodukter. For malmer rundt 0,3% Ni oppnådde en derved ca 95% utvinning ved benkforsøk. Et eksempel på resultater er vist i tabell 1a.

Ved pilotforsøk går en del av mellomproduktene ut i avgangen som derved blir høyere enn hva som er tilfelle ved benkforsøk. Det er en tendens til at nikkelinholdet i produktene blir høyere enn nikkelinholdet i pågangen. Dette tyder på en svakhet i analysemetoden som slår positivt ut ved beregning av utvinnbare mengder konsentrat.

Tabell 1a

Resultater fra benkflotasjon av malm fra hull 280-140, 40-100 m. Analyser med bromvann unntatt kons. som er løst i Lunges væske.

Produkt	Vekt%	Analyse%				Fordeling
		Ni	Cu	Co	S	%Ni
Kons	4,7	7,5	2,0	0,29	39	96
Renseavg.	3,5	0,39				2
Avg.	91,8	0,01				2
Ber.påg.	100,-	0,36				
Anal.påg.		0,33	0,06	0,02	1,44	

Tabell 1a

Resultater fra pilotforsøk P.29 med malm fra Bruvannsstollen

Forsøks- betingelse	Produkt	%vekt	Analyser%			Fordeling%		
			Ni	Cu	S	Ni	Cu	S
Mating 150	Anal.påg.	100	0,34	0,09	1,82			
kg/h, 67,2%	Rougher	7,8	4,01	1,00	21,43	92	92	90
-200 M	Konsentrat	5,2	5,96	1,48	29,95	91	90	89
Stav-kule-	Total avg.	94,8	0,035	0,01	0,19	9	10	11
mølle	Ber.påg.		0,34	0,086	1,73			

Arbeid med å forbedre konsentrat

Som en ser ble utvinningene ved den sure metode meget gode. Konsentratgehaltene ble imidlertid noe lavere enn ønsket. Dette skyldes dels innblanding av silikater og dels flotasjon av magnetkis. Ved forsøk 7 vist i tabell 2 er råflotasjonen og rensing utført i surt miljø. Prøven har vært ekstremt lett floterbar idet det ferdige konsentrat holdt 10,2% Ni. Separasjon av dette konsentrat i separat Cu og Ni-konsentrat har vært bare delvis vellykket. Her ble pH 12 og cyanid brukt for å trykke pentlanditt.

Andre forsøk i basisk miljø har også vært utført uten at en har funnet den riktige bergartstrykker. Siden de siste forsøk ble utført, har det vært publisert en del på denne fronten spesielt av Canadian Mineral Processors, hvor spesielt bruk av stivelsesbaserte trykkere har vært omhandlet.

Ifølge muntlige opplysninger skal Lakefield Research i Canada ha utført forsøk i basisk miljø med slike trykkere og oppnådd ca 11% Ni ved 80% utvinning i konsentrat. Det dreier seg her om prøver med ganske høy Ni-gehalt. En videre undersøkelse i basisk miljø kan muligens bringe opp utvinning ytterligere.

Utvikling av metode for separasjon av kobber og nikkel er vanskelig i laboratorieskala fordi mengdene konsentrat som er tilgjengelig er små.

Undersøkelse av borhullsprøver

Feltet varierer en god del når det gjelder silikatmineraler. Av denne grunn har det blitt gjennomført en lang rekke benkforsøk med borhullsprøver. Gods fra de forskjellige malmsoner har da blitt undersøkt separat. Spesielt før bromvannsmetoden kom i bruk var disse viktige fordi benkforsøkene ga den eneste indikasjon på mengden sulfidnikkel. Benkforsøkene gir også en god indikasjon på hvor vanskelig bergarten er å trykke og en indikasjon på forholdet pentlanditt/magnetkis som er av betydning for endelige gehalter.

Undersøkelser av de få massive sulfider som er påtruffet indikerer at her er magnetkisinnholdet forholdsvis høyere enn i resten av forekomsten. Skal gode konsentrater oppnås må derfor flotasjonen av disse utføres i basisk pulp for å trykke magnetkisen. Dette forhold favoriserer basisk flotasjon av all malm dersom mengden sulfidnikkel skulle vise seg å bli stor, fordi to forskjellige behandlingsmetoder i samme verk vil bli prosessteknisk komplisert og følgelig kostbart.

Mengden av massive sulfider til undersøkelse har vært for liten til at en har kunne utarbeide noen faste rutiner.

METALLURGI

Konsentratene kan enten behandles ved vanlig pyrometallurgi eller ved ammoniakklutning. I begge tilfelle ønskes konsentrater med minst mulig bergart og høyest mulig nikkelinnhold. Dess bedre konsentratene oppfyller disse kravene, dess bedre kan en si betalingen blir. Kobber aksepteres i konsentratet, men betales relativt dårlig. Kobolt er ønskelig, men det kreves en minimumsgehalt for å oppnå betaling. Det er relativt få som tar i mot nikkelkonsentrater.

UTSLIPP

Avgangen kan enklest deponeres i fjorden utenfor. Denne er dyp slik at problemer burde ikke oppstå. Ved surprosess må avgangsvannet nøytraliseres slik at nikkel og kobber-joner bindes til mineralpartiklene. Brukes derimot basisk flotasjon vil ikke metallinnholdet overskride tillatte grenser.

RESUME

Rånaforekomsten kan gi en relativt enkel oppredning. Spesielt er dette tilfelle hvis autogenmaling og flotasjon i sur pulp velges. Flotasjon i basisk pulp gir heller ikke praktiske problemer. Skille mellom kobber og nikkel kan derimot være mere problematisk.

Tar en forbehold om at analysemetoden for sulfidnikkel byr på problemer, kan gehalter på 6-7% oppnås ved 95% utvinning ved flotasjon i sur pulp og gehalter opp til 10-11% ved 80% utvinning ved flotasjon i basisk pulp. Videre arbeid med flotasjon i basisk pulp bør utføres hvis det tas beslutning om ytterligere undersøkelse av Rånamalmen.

Trondheim, 13.6.1978

Knut L. Sandvik
Knut L. Sandvik

Tabell 2

Resultater fra forsøk 7 med malm fra hull 17, 104-118.

Flotasjon i surt miljø og skille av Cu og Ni ved pH 12 med Cyanid som Ni-trykker.

Produkt	Vekt%	Analyser%			Utvinning%	
		Ni	Cu	Uløst	Ni	Cu
Ni-kons	2,4	11,2	1,9	15,3	70	43
Cu kons	0,4	3,73	16,0	21,4	4	32
Cu+Ni komb	2,8	10,2	3,9	16,2	74	75
2.renseavg.	0,5	3,37	1,4		4	5
1. "	4,2	0,39	0,72		4	15
Avg.	92,5	0,08	0,008		18	5