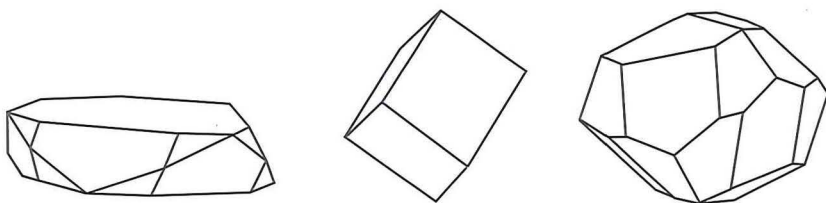
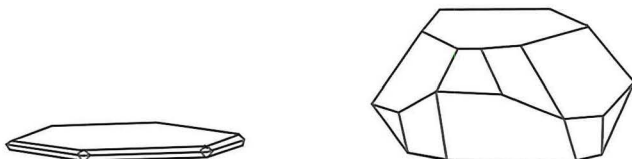


Under sin opvækst var Horace Benedict De Saussure af sin far og onkel systematisk blevet opdraget til at være naturelsker, og som aktiv naturforsker nød han til fulde de glæder, som altid vil høre til en feltgeologs frynsegoder. Dermed ikke være sagt, at De Saussure ikke tog sig sit geologiske feltarbejde yderst alvorligt. Det gik altid klart forud for andet - også samværet med hustruen. For, som han skrev i et af sine mange, yderst kærlige breve til hustruen: 'Hvorledes skulle jeg ellers forklare mine kritiske kolleger, at jeg ikke tog mig tilstrækkelig tid til at iagttage alt det, der var at se ? Jeg turde i hvert fald ikke vove at svare dem, at det var fordi, min frue ønskede mig hjem'. - I den henseende har godt 200 år vist ikke ændret ret meget.



Hæmatitkrystaller- i midten ses et romboeder.



Ilmenitkrystaller.

For jern-titan-oxid 'freaks'

Historien om jern-titan-oxiderne I

Aage Jensen

Jern-titan-oxider er de almindeligst forekommende malmmineraler i basaltiske bjergarter. Det drejer sig især om mineralerne ilmenit (FeTiO_3), hæmatit (Fe_2O_3), magnetit (Fe_3O_4) og ulvöspinel (Fe_2TiO_4).

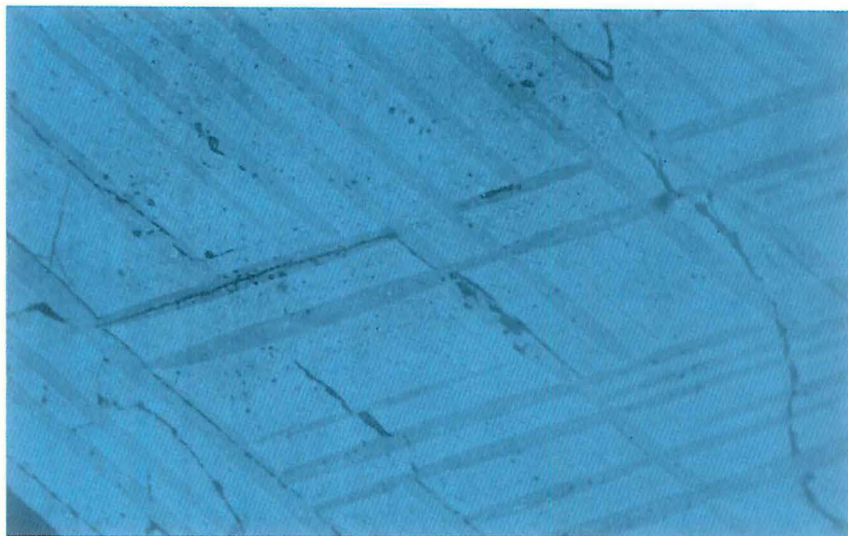
Der er tale om to serier af faste opløsninger: Den romboedriske fase ilmenit-hæmatit og den kubiske fase ulvöspinel-magnetit. Ulvöspinel er opkaldt efter den svenske ø Ulvö. Ved 1050°C er der fuldstændig blandbarhed mellem FeTiO_3 og Fe_2O_3 . Ved 950°C kan der højst være 33 mol% Fe_2O_3 i FeTiO_3 og 33 mol% FeTiO_3 i Fe_2O_3 .

Malmmineraler kaldes også opake mineraler, fordi de er uigennemskinnelige for lys selv i de 30μ tynde skiver, såkaldte tyndslib, som man bruger ved undersøgelse af mineraler og bjergarter i mikroskop. Tyndslib undersøges i gennemfaldende lys, det vil sige lyset sendes gennem præparatet og op til øjet. Dette kan ikke lade sig gøre med opake mineraler, de må undersøges i påfaldende lys. Lyset bliver derfor sendt ud gennem objektivet og ned på præparatet, der i modsætning til tyndslib skal være poleret, så lyset kan kastes tilbage fra præparatet op igennem objektivet til øjet.

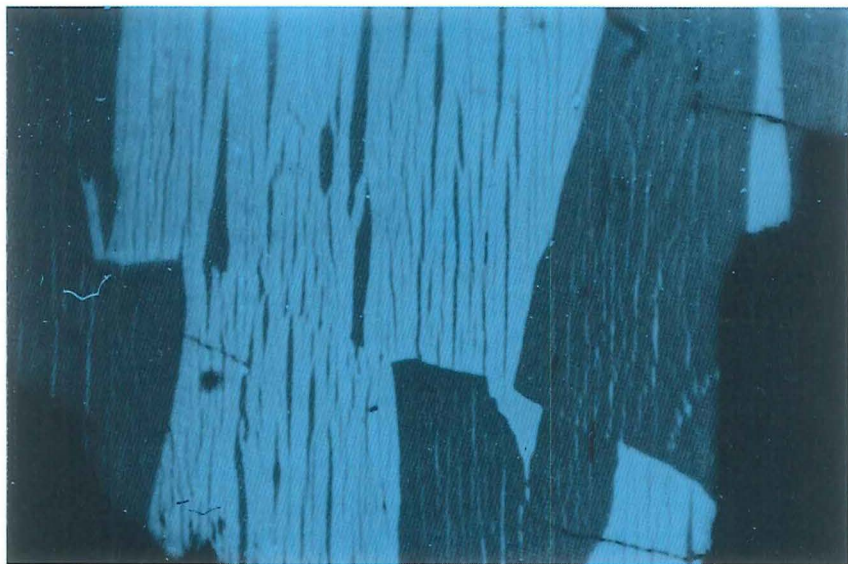
Mikroskoper, der anvender påfaldende lys, kaldes også malmmikroskoper, og man kan enten benytte polerede tyndslib (almindelige tyndslib er ikke polerede, men kun slebet ned til 30μ tykkelse) eller såkaldte polerprøver, hvor overfladen er poleret, men som kan have en tykkelse på flere cm.

I basaltiske bjergarter udskilles den romboedriske fase i regelen først og sammensætningen ligger mellem 80% ilmenit-20% hæmatit og 95% ilmenit-5% hæmatit. Der kan desuden være lidt MgO og MnO . Denne romboedriske fase udgør gerne 1-5 vægt% af basaltiske bjergarter.

Samtidigt med dannelsen af den romboedriske fase eller lidt senere begynder udskillelsen af den kubiske fase, der kaldes titanomagnetit. Denne har som regel en sammensætning på mellem 50% ulvöspinel-50% magnetit og 80% ulvöspinel-20% magnetit. Der kan desuden være lidt Al_2O_3 ($< 1\text{-}4\%$), lidt MgO ($< 1\text{-}3\%$) og lidt MnO ($< 1\text{-}2\%$). Den kubiske fase, titanomagnetiten, udgør ligeledes 1-5 vægt% af basaltiske bjergarter.



Ilmenitlameller i titanomagnetit opstået ved oxidation af ulvöspinel.

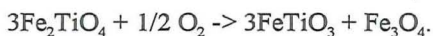


Gensidige hæmatit- ilmenitafblandinger.

Forholdet mellem mængderne af den romboedriske og den kubiske fase er gerne tæt ved 1:1, men er afhængig af iltrykket og aktiviteten af SiO_2 .

I basaltiske bjergarter sker der sjældent noget med den romboedriske fase under afkølingen, men i metamorfe bjergarter forekommer der ofte afblandinger. Først dannes der 2 faser, en ilmenitrig og en hæmatitrig. Derefter afblandes der hæmatitrige faser i den ilmenitrige og ilmenitrige faser i den hæmatitrige. Dette fortsætter, og slutresultatet er en intim sammenvoksning af en fase bestående af næsten ren ilmenit og en fase af næsten ren hæmatit.

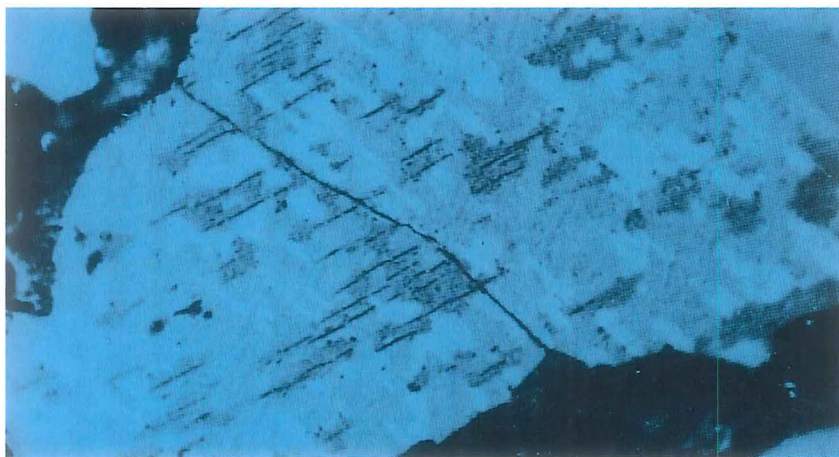
Det er yderst sjældent at der ikke sker noget med den kubiske fase under afkølingen, men hvis der ikke sker noget får man homogen titanomagnetit. Ulvöspinellen i den kubiske fase bliver dog næsten altid oxideret under afkølingen, og det sker efter reaktionsskemaet:



Den dannede magnetit kan godt tilpasses i den kubiske fase, men den romboedriske ilmenit kan ikke og den udskilles derfor som lameller parallelt med magnetitens oktaederretninger. Derved fremkommer der et imponerende mønster, der kan minde lidt om Widmannstättenfigurerne i jernmeteoriter. Denne afblanding af ilmenitlameller fortsætter indtil afkølingstemperaturen når 600°C . Ilmenitlameller afblandet ved høj temperatur kan nå at blive store og brede og undertiden også samles i større sammenhængende områder, der ikke har lamelkarakter. Efterhånden som temperaturen falder, bliver ilmenitlamellerne mindre og tyndere.

Når temperaturen når 600°C vil den resterende del af ulvöspinellen, hvis der er noget tilbage, blive afblandet. Det kan udmærket ske, at al ulvöspinellen når at blive oxideret til ilmenit og magnetit, inden temperaturen under afkølingen når 600°C . Afblandingen af ulvöspinel sker som et ganske fint mønster af tynde stave parallelt med terningretningerne. Hvis oxidationen fortsætter under 600°C , vil ulvöspinellen i de afblandede stave også oxideres til ilmenit og magnetit efter det nævnte reaktionsskema, og den dannede ilmenit udskilles efter ulvöspinellens oktaederretninger. Sker denne oxidation ved en temperatur høj nok til at tillade mobilitet, vil de talrige små ilmenitlameller indenfor de oprindelige ulvöspinelstave samle sig til større, oftest noget diffuse ilmenitlameller, stadig parallelt med oktaederretningerne.

Hvis titanomagnetiten har et relativt højt indhold af magnesium og aluminium, kan der også forekomme afblandinger af mineralet spinel MgAl_2O_4 . Spinelaftblandingen finder i regelen sted ret tidligt og sker både efter terningretninger og oktaederretninger.



Diffuse ilmenitlameller opstået efter oxidation af allerede afblandet ulvöspinel

Hvis man kan bestemme sammensætningen af den oprindelige romboedriske fase og den oprindelige kubiske fase, kan dette bruges til at bestemme såvel dannelsestemperaturen som iltrykket. Sammensætningen af den romboedriske fase fås let ved at analysere ilmeniten, der næsten altid er homogen. Bestemmelse af den oprindelige kubiske fase er derimod forbundet med flere vanskeligheder. Da ilmeniten som regel er udskilt før titanomagnetiten, finder man ofte sammensatte korn, der har en kerne af ilmenit omgivet af titanomagnetit. Sådanne korn kan ikke bruges, da det er umuligt at afgøre, hvor meget ilmenit der er født romboedrisk, og hvor meget der er afblandet fra titanomagnetit, men har nået at samle sig til større masser.

Sammensatte korn skal altså undgås. Herefter kommer så bedømmelse af, hvor meget af titanomagnetiten, der er afblandet ilmenit, og hvor meget der er kubisk grundmasse, samt beregning af hvor meget oprindelig ulvöspinel, den afblandede ilmenit repræsenterer. Er dette lykkedes, så tilbagesår der bare at analysere titanomagnetitgrundmassen og de afblandede ilmenitlameller, for det er ikke sikkert af afblandingslamellerne har samme sammensætning som den oprindelige romboedriske ilmenit. Er man kommet så langt, er der kun en lille joke tilbage: Sammenregningen af magnetitanalysen, der jo er baseret på fire ilt, og ilmenitanalysen, der er baseret på tre ilt.

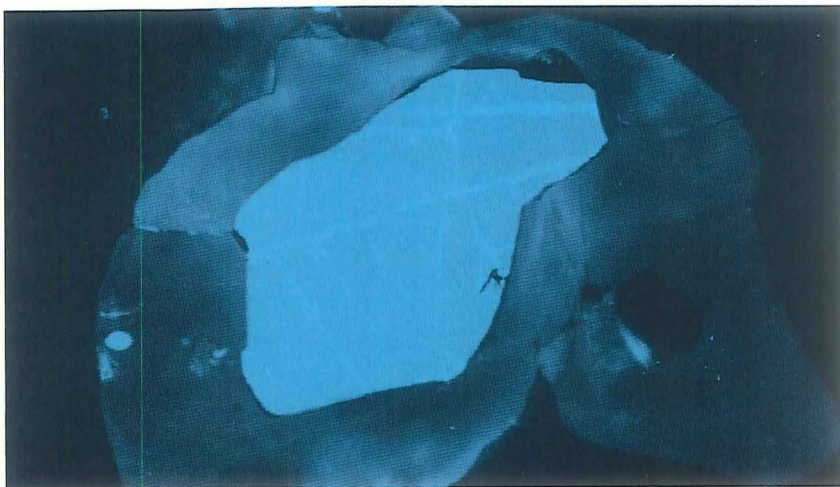
Beregningen af sammensætningen af den oprindelige kubiske fase kan yderligere kompliceres, hvis der er sket en oxidation af titanomagnetitens

grundmasse. Det hænder ikke så sjældent, at magnetiten oxideres til hæmatit. Hæmatit, der er dannet ved oxidation af magnetit, har fået sit eget navn: Martit. Processen hedder martitisering. Martitisering er karakteriseret ved at trænge frem langs oktaederretningerne.

Det kan også hende, at magnetiten oxideres til maghemit, der er kubisk krystalliserende Fe_2O_3 , i modsætning til hæmatit, der er trigonal krystalliserende Fe_2O_3 . Maghemitdannelsen - maghemitisering - trænger ikke frem langs krystallografiske retninger, men følger revner og sprækker. Titanomagnetiten omdannes undertiden også til såkaldt grumset titanit (engelsk: turbid sphene, englænderne og amerikanerne har nemlig haft en tilbøjelighed til at kalde titanit for sphene, men den internationale mineralogiske association IMA har nu forbudt brugen af ordet sphene og bestemt, at mineralet skal hedde titanit).

Ilmenit kan også omdannes til titanit, men så er der ikke tale om grumset titanit. Oprindelige ilmenitkorn kan blive fuldstændigt omdannet til titanit, men ofte finder man små afrundede rester af ilmenit inde i titaniten.

Endelig er der endnu en omdannelse der kan ramme ilmeniten, det er den såkaldte omdannelse af 'beach sand type'. Denne hedder således, fordi omdannelsen først er fundet i kystaflejringer af tungsand i tropiske og subtropiske områder. Ilmenitomdannelse af "beach sand type" er senere påvist blandt andet i diabas fra Bornholm og i tungsand fra Rågeleje



Rest af titanomagnetit med martitisering efter oktaederretning liggende i titanit.