VANADIN — VOLFRAM — KROM — MOLYBDEN

Efterföljande historiska notiser om fyra viktiga metaller har sammanställts av Aktiebolaget Ferrolegeringar.

Vanadin.

Den götiska mytologien har genom tiderna fått ge namn åt många väsensskilda ting. Till och med det metalliska grundämnet vanadin — eller vanadium — har blivit uppkallat efter en av dess mest kända kvinnogestalter, kärleksgudinnan Freja med tillnamnet Vanadis. Elementets definitive upptäckare, svensken Sefström, valde beteckningen Vanadin, emedan dess begynnelsebokstav »ej förekommer såsom sådan uti hittills kända enkla kroppars namn».

Vanadin upptäcktes första gången av den spanske mineralogen professor Andrés Manuel del Rio, då denne år 1801 examinerade ett blymineral från gruvan Zimapan i Mexiko och trodde att detta innehöll en ny metall besläktad med krom och uran. Detta nya grundämne gav del Rio benämningen erythronium, enär dess salter vid upphettning antogo en röd färgton. Några år senare, år 1805, analyserade emellertid den franske kemisten Collet-Discotils det nya ämnet och förklarade att erythronium inte var annat än krom. Del Rio ansåg sig då av en högre auktoritet övertygad om ett misstag och metallen föll i glömska ända tills Nils Gabriel Sefström år 1830 återfann den i järn, framställt ur malm från Smålands Taberg och kallade den vanadin. Konstaterandet av att mineralet från Zimapan håller vanadinsyra och inte kromsyra gjordes av tysken Wöhler, som påvisade att erythronium och vanadin voro identiska; likväl fick den nya metallen behålla namnet vanadin. Den mexikanska blymalm, i vilken del Rio upptäckte sitt erythronium, kallades sedermera vanadinit.

N. G. Sefström föddes i Ilsbo socken i Hälsingland den 2 juni 1787. Efter studentexamen i Upsala biträdde han några år sin fader i dennes prästerliga gärning men kom 1809 till Karolinska institutet, där han uppmärksammades av Berzelius och snart blev en av dennes mest omhuldade lärjungar. Han disputerade för medicine doktorsgrad och tjänstgjorde därefter några år som underläkare vid Serafimerlasarettet. Sefström verkade även samtidigt som lärare i kemi och naturalhistoria vid Krigsakademien på Karlberg, och blev 1818 professor vid Högre artillerilläroverket på Marieberg. Två år senare utnämndes Sefström till föreståndare för Bergsskolan i Falun, men måste 1838 begära avsked på grund av sjukdom och återvände till Stockholm, där han till sin död 1845 bl.a. var adjungerad ledamot av Bergskollegium. Sefström var icke blott framstående kemist utan även utmärkt geolog, bl.a. känd för sin teori att orsaken till räfflorna i våra berg

skulle ha varit en våldsam rullstensflod, som antogs ha översvämmat landet.

Det var alltså under sin Falutid som Sefström gjorde sin märkliga upptäckt av vanadin, dels på Bergsskolan och dels hos Berzelius i Stockholm. Låt oss höra vad han själv berättar härom i Kongl. Vetenskaps-Academiens Handlingar för år 1830. Han skriver sålunda: »För några år sedan uppgaf Bergmästaren Rinman en method att lätt upptäcka, om ett jern är kallbräckt, grundad på den omständigheten, att dylikt jern vid etsning med saltsyra gifver ett svart pulver. — Vid ett tillfälle, då jag var i behof af ett jern, som ej var kallbräckt, och för det ändamålet tog Eckersholms-jern, hvilket är tillverkadt af Tabergs-malm, samt undersökte det med det Rinmanska profvet, gaf det till min förundran reaction för kallbräcka. Detta jern är eljest, ända sedan Bergs-Rådet Rinmans tid, kändt för att vara ett af de mjukaste och segaste, som uti landet finnas.

Tiden tillät mig då ej, att undersöka detta förhållande närmare; men uti nästlidne April månad återtog jag försöket, för att se om det svarta pulvret innehöll fosfor, eller om det förorsakades af något annat ämne. Jag löste då en betydlig qvantitet jern ifrån Eckersholm, och undersökte den lilla qvantitet svart pulver, som dervid erhölls. Vid lösningen företedde sig den märkvärdiga omständigheten, att vissa delar af jernet, i synnerhet de som lemnade det svarta pulvret, löste sig hastigare än de öfriga, och att sådana ådror, liggande midtuti stången, bortlöstes så fort, att den blef ihålig på längden.

Vid undersökningen af det svarta pulvret, fanns deruti kiselsyra, jern, lerjord, kalkjord, koppar, kobolt, samt en kropp som i vissa afseenden liknar Chrom, och i andra Uran. I hvilket förhållande de förekomma, kunde ej bestämmas, emedan hela den qvantitet svart pulver, som erhölls, ej öfversteg 2 decigrammer, hvaraf kiselsyran utgjorde mer än hälften.

Efter några få försök, upptäcktes det lätt att den ej var chrom, och följande jemförelse visar äfven, att den ej var uran. Det var nemligen de högre syrsättningsgraderna som jemfördes; men den af den nya kroppen innehöll äfven något af en lägre oxid.»

Sefström deklarerar så i tabellform de divergenser han funnit mellan urans och den nya kroppens reaktioner och relaterar vidare: »Dessa reactioner bekräftades ytterligare i Maj månad på Professor Berzelii Laboratorium, hvarvid den nya kroppen reducerades med vätgas, och det afgjordes, att den hade en lägre oxidationsgrad, som

med syror gaf blågröna lösningar, och äfven var löslig uti alkalier.

Bland flere methoder som försökts, att bereda ren vanadin, har följande funnits ändamålsenligast.

Stångjernsslaggen rifves först så fin som möjligt, för att kunna siktas genom ett vanligt tagelsikt. Finare kan den ej, uti sitt vanliga skick, fås; emedan de deri varande jernkornen hindra pulveriseringen. För att undanröja detta hinder, genomfuktas det silade pulvret med vatten i en postlinsskål, hvarefter rökande salpetersyra tillsättes, så mycket som man anser nödigt för jernkornens oxidering, och massan ställes på ett kapell, samt omröres oupphörligt, tills syran upphört att verka. Den är då nästan torr. Derefter glödgas den uti en jernpanna, pulveriseras ytterst fin, slammas, tages på filtrum och torkas. Emot 3 delar slammad slagg tager man sedan 2 delar salpeter och 1 del fatisceradt kolsyradt natron, pulveriserar dem och sammansiktar alla ingredienserna i tre omgångar, så att de blifva noga blandade. Sedermera inläggas de uti en tackjernspanna med lock, samt hållas 4 timmar uti så stark glödgning som pannan tål, utan att smälta. I stället för glödgning uti jernkärl, skulle bränning uti calcinerugn vara fördelaktig; men med så små qvantiteter som jag arbetat, 2 ℔ (skålpund) slammad slagg i sänder, har det ej varit verkställbart. Om bränningen gått väl, så har massan dragit sig tillsammans till en fast klump, som är tät och homogen i brottet. Massan pulveriseras sedan ganska fin, öfvergjutes med vatten och kokas helst uti ett silfverkärl i flere omgångar. De frånsilade solutionerna blandas och mättas så noga som möjligt med salpetersyra, ifrån hvilken man, genom kokning, bortjagat all salpetersyrlighet, hvilken eljest oxideras på vanadinsyrans bekostnad, som reduceras till oxid, hvilken fälles. Hvad som eljest faller, består till största delen af kiselsyra, som frånskiljes genom filtrering. Skulle äfven någon vanadinsyra hafva blifvit utfälld, hvilket synes deraf att precipitatet på filtrum är tegelfärgadt, så öfvergjutes det ett par gånger med caustik ammoniak, och sedan med kokhett vatten. Utur den genomgångna solutionen, som än en gång neutraliseras, utfälles sedan vanadinsyran, med blysocker eller salpetersyrad blyoxid. Den erhållna fällningen tages på filtrum och tvättas. Sedan vattnet blifvit utprässadt, öfvergjutes fällningen med concentrerad saltsyra och omröres dermed ganska väl tid efter annan, under loppet af ett par timmar, hvarefter alkohol tillsättes och blandningen ställes några timmar i en temperatur, som går nära till dess kokning. Den blå solutionen af vanadinchlorur, smittad av lerjord, kiselsyra, zirkon-

jord och fosforsyra, afdunstas i retort, löses i vatten och försättes med salpetersyra, för att åter syrsätta vanadinoxiden till syra, hvilken mättas med kolsyradt kali och evaporeras. Den erhållna saltmassan lägges sedermera uti platinadegel och glödgas, tills den är fullkomligt smält och flyter utan gasutveckling. Derefter löses den i varmt vatten, filtreras och evaporeras, så att solutionen är temligen concentrerad, hvarvid man deruti insätter stycken af salmiak.

I den mån dessa lösas, bildas vanadinsyrad ammoniak, hvilken faller ut, tages på filtrum och tvättas med salmiakvatten, tills den fosforsyrade ammoniaken är aflägsnad, hvarefter salmiaken borttvättas med sprit.

Genom lösning i kokhett vatten och omkristallisering fås saltet renare, och gifver, om det upphettas uti öppen luft, vanadinsyra; men om det upphettas uti en atmosfer af kolsyregas, gifver det vanadinoxid.

Den vidare undersökningen deraf har Professor Berzelius lofvat att ytterligare fortsätta, hvarpå vetenskapen vinner och äfven de göromål, som tillhöra mitt kall. Här må blott nämnas att de kroppar, med hvilka vanadin eljest skulle kunna förvexlas, äro Chrom, Molybdén och Wolfram.»

Sefström och Berzelius arbetade i fortsättningen gemensamt med den nya metallen och i ett brev till sin f.d. lärjunge, den tidigare nämnde tysken Wöhler, berättar Berzelius i skämtsamma ordalag om den remarkabla upptäckten; Wöhler hade ju själv varit nära att göra samma upptäckt, då han sysslade med det mexikanska mineralet. Episteln inleds med följande drastiska anekdot: »I höga Norden bodde i fordom tid gudinnan Vanadis, skön och älskvärd. På hennes dörr knappade det en dag. Gudinnan satt bekvämt och tänkte: Det får väl knappas än en gång; men det knappade intet mer utan den knappande geck trappan utför. Gudinnan var nyfiken att se, vem det kunde vara, som var så likgiltig att komma in, sprang till fönstret och bekikade den bortgående. Ah! saden hon för sig själv, det är den skalken Wöhler. Nå, det har han rätt väl förtjänt, han kunde hava gjort sig litet angelägnare, så skulle han hava sluppit in. Den slusken tittar ej en gång uppåt fönstret i förbigående. — Om några dagar bultades åter på dörren; men bultades om och om igen. Gudinnan kom äntlig själv och öppnade dörren. Sefström steg in, och av detta möte föddes Vanadin.»

Berzelius tröstade sedan Wöhler för hans misslyckande att upp-

täcka vanadin med att det fordras långt mer geni till att syntetisera de urinämnen han undersökte än att upptäcka tio nya grundämnen. Ett par veckor senare tackade Wöhler för Berzelii brev med historien om gudinnan Vanadis, som hade roat honom mycket, ehuru det i början retat honom litet att han inte hade besökt den sköna. Mer misslynt är han däremot i ett brev till Liebig den 2 januari 1831, där han skriver, att han för tillfället bara är intresserad av den nya svenska metallen vanadin »upptäckt av Sefström, men i själva verket av Berzelius». Han säger vidare: »Jag var en åsna, som inte förr upptäckte vanadium i den bruna blymalmen från Zimapan i Mexiko. Jag höll på med att analysera den och hade redan funnit något nytt, men så blev jag sjuk i flera månader av fluorvätgas.»

Vanadinförsöken fortsattes alltjämt av både Sefström, Berzelius och Wöhler men det slutliga steget i upptäckten av vanadin och dess kemi togs av den engelske kemisten Sir Henry Enfield Roscoe, som år 1867 lyckades isolera metallen och påvisa att vanadin tillhör fosforgruppen och ej, som man tidigare trott, kromgruppens metaller.

Man påträffar vanadin mycket utspritt i naturen, men rena malmförekomster med betydande vanadinhalt äro sällsynta. Vanligen är vanadin bundet vid andra metaller i mineral av skiftande karaktär, såsom patronit, cartonit och vanadinit. I övrigt förekommer vanadin i låga halter i vissa skiffrar, sandstenar, bauxiter och bergoljor m.m., vilka även kunna tjäna som vanadinkällor. Den mesta vanadinmalmen kommer från Peru, U.S.A., Ceylon och Sydafrika. I Sverige finnas inga egentliga vanadinmalmer, men vanadin ingår dock till någon eller några tiondels procent i de titanrika järnmalmerna, t.ex. Taberg-malmen och i apatitjärnmalmerna från exempelvis Gränges berg och Blötberget. Dessa förekomster kunna tillvaratagas vid tackjärns- och stålproduktion, vilket exempelvis sker vid Domnarfvets Jernverk. Europas största vanadinproducent är Otanmäki-verken i Finland, där materialet utvinnes ur järnmalm och tillvaratages vid kulsintringen. Magnetitsligen blandas med ett natriumsalt och det under sintringen bildade vanadatet lakas ur kulsintern med vatten.

Vanadin uppträder så gott som alltid bundet vid andra metaller, men efter separations- och anrikningsprocesser kan vanadinpentoxid erhållas. Detta utgör utgångsmaterialet vid tillverkning av ferrovanadin, som är det ojämförligt mest använda för vanadintillsats vid ståltillverkningen, även om givetvis vanadinmetall, vanadintackjärn, vanadinslagg eller vanadinpentoxid nyttjas i vissa fall. Hu-

vuddelen av det vanadin som produceras går till stålverken för legeringsändamål; genom tillsats av vanadin kan man nämligen bibringa stålet vissa önskade egenskaper. Så t.ex. ger en V-halt av omkring 0,20 % i verktygsstål utmärkt seghet och slaghållfasthet i såväl normaliserat som härdat tillstånd genom att tillsatsen i främsta rummet åstadkommer kornförfining. Den goda anlöpningsbeständighet som även erhålles gör att vanadinstål utnyttjas t.ex. i ventilfjädrar för hårt belastade förbränningsmotorer.

Vid snabbstålstillverkning önskar man vanligen ca 1—2 % V, ty denna tillsats ökar både slitstyrka och anlöpningsbeständighet och ger därför stålet stor livslängd.

För att trygga de svenska ståltillverkarnas behov av vanadin, har AB Ferrolegeringar sedan många år producerat ferrovanadin vid Trollhätteverket även för export.

Förbrukningen av ferrovanadin ökar för var dag i allt snabbare takt, beroende på de allt större krav som ställas på stålet i vitt skilda sammanhang. Så har metallen, som Sefström och Berzelius en gång uppkallade efter den fornnordiska kärleksgudinnan, kommit att bli ett nyckelelement i atomernas och automationens dynamiska tidsålder.

Volfram.

»Detta Tidehwarf gynnar Natural Historien, likasom det förra Seculum befordrade det Philologiske och Antiquitets Studium, åtminstone hos oss», heter det i det anonyma företalet till Axel Fredrik Cronstedts vittberömda arbete »Försök til mineralogie eller Mineral-Rikets upställning», tryckt i Stockholm 1758 och sedermera översatt till ett flertal språk. Denne frejdade naturforskare tillkommer äran att ha gett den första betydelsefulla impulsen till vetenskapliga undersökningar av de mineral, ur vilka man lyckats framställa ett bland våra dagars viktigaste element i mekan- och elektroindustriens tjänst, nämligen volfram, eller tungsten som han kallade mineralet. Säreget nog har den svenska beteckningen tungsten hos oss remplacerats av det tyska ordet volfram, medan den däremot alltjämt används i den anglosachsiska världen. Meningarna om ordet volframs uppkomst går visserligen isär, men den mest plausibla tolkningen är att det härstammar från en tid långt innan metallen upptäcktes och har sin rot i en medeltida tysk bergsmansterm. Då de gode bergsmännen i Sachsen och Böhmen sysslade med att utvinna tenn ur mineralet kassiterit fann de understundom att störningar uppträdde under reduktionsprocessen, varvid den utvunna tennmängden minskade. De ansåg, att

störningen berodde på ett främmande ämne, som de kallade för Wolf, sedermera Wolfs-Rahm eller Wolfs-Schaum, emedan det så att säga åt upp delar av tennmängden liksom vargen äter upp fåren. Det kan också nämnas att Agricola i sin avhandling »De natura fossilium», utgiven år 1546 översatte detta tyska ord till latin med »Spuma Lupis», Vargens fradga.

En lång rad namn är förknippade med volframs upptäcktshistoria. Länge ansåg man mineralet tillhöra tennmalmerna tills A. F. Cronstedt år 1751 i Kongl. Vetenskapsakademiens handlingar beskriver en järnmalmsart från Bispberget i Säters socken, Dalarna. Hos malmen, som förekom »i körtlar uti en kopparskerpning» fann Cronstedt följande egenskaper:

»1. Färgen är hvit-grå, och visar brottet ingen viss figur af Particlarna, utan är gläntsande lika som en del quartz och Spatfjellig kalksten.

2. Har ingen särdeles hårdhet, utan låter sig rifvas til et hvitt pulfver, lika lätt som kalkstenar.

3. Sprakar sönder i elden, gifver då ingen lukt eller rök; men blifver rödaktig til färgen: uthärdar 1/2 timas hetta för stark bläster i degel, utan att smälta, och har ensam icke stått at bringas til slagg, ej heller förhåller sig derefter såsom bränd kalksten; men

4. Smält med lika mycket fluss-spat i 12 minuter, går til et blekgult opact glas, som dock vid bottnen finnes vara allena halfsmält, och med glas-sats i 1/2 tima til et igenomskinligt svartbrunt glas likt colophonium.

5. Är ganska tung, nämligen inemot 6 gånger mer än vatten, och är förhållandet emellan deras tyngder såsom 5,825 til 1,000.

6. Magneten har til denna art ingen attraction, förrän den med hartz (phlogisto) blifvit länge rostad, och är deraf anledning tagen, at, sedan den på tenn, zink och andra metaller fåfängt blifvit proberad;

7. Deraf utbringa järn, i et lika prof med det, som på den föregående arten blifvit anstält, fast halten icke säkert kan upgifvas, efter slaggen hölt sig seg och kornen voro strödde både der i och i det ofvanpå liggande kolstybbet.

8. Med acidis effervescerar denna art hvarken rå eller rostad.»

I det tidigare nämnda, sju år senare utgivna verket »Försök til mineralogie» kallar Cronstedt detta mineral för tungsten och beskriver det som en järnkalk bunden med en annan obekant jord.

Så tar Carl Wilhelm Scheele och Torbern Bergman vid och för forskningsarbetet vidare. Sina försök redovisar de i ett par uppsatser i Vetenskapsakademiens handlingar 1781. Scheele behandlade i sitt meddelande »Tungstens beståndsdelar». Inledningsvis heter det: »Denna sten-artens constituerande delar lära förmodligen ännu för Chemisterne vara obekante. Cronstedt räknar den bland järnhaltiga sten-arter, under namn af Ferrum calciforme, terra quadam incognita intime mixtum. Den, som jag brukat til mina försök, är pärlfärgad och tagen från Bitsbergs järngrufva». I fortsättningen relaterar Scheele hur han genom sina försök utrönt att tungstenen innehöll en syra, av honom kallad tungstenssyra, samt kalk. Han skriver bl.a. »På 4 Scrupel ganska fint rifven Tungsten slogos 12 Scrupel vanlig salpter-syra eller rent skedvatten; blandningen effervescerade ej, hvarpå den sattes i stark digestion och strax derpå fick pulvret citrongul färg. Syran afhälldes då uti särskild flaska och gula pulvret edulcorerades med vatten, som slogs i samma flaska. På detta gula pulvret slogs 8 Scrupel Alkali volatile causticum, samt ställdes uti varmen: gula färgen försvann genast och pulvret blef hvitt; detta menstruum afhälldes då likaledes uti särskild flaska och pulvret utlutades. Som nu stenen genom detta arbete var ansenligen minskad, så upprepades förra operationen med samma pulver flere gånger; först medelst digestion i Acidum nitri, och sedan i Alkali volatile, då omsider stenen til största delen uplöstes. Det som ouplöst återstod, vägde 3 gran, och tycktes vara Kisel. Salt-syra förhåller sig med Tungstenen på samma sätt som salpeter-syra, dock stöter denna solution mera på gult».

I en följande uppsats betitlad »Tilläggning om tungsten» noterar Torbern Bergman: »Redan för några år sedan, anstälte jag en undersökning om Tungstens bestånds-delar. Dess ansenliga tyngd gaf mig anledning at deruti söka tung-jord, men på så sätt, som den vanligen utdrages, ärhölls i stället en verkelig kalk, och första alkaliska uplösningen, som var med vatten gjord, afhälldes, innan på den smälta massan slogs syra, samt gaf genom mättning med någon syra, en hvit fällning af syrlig natur.

Et ganska lätt medel at skilja Tungsten från alla andra hittils bekanta sten-arter, är, at öfvergjuta dess pulver med skedvatten eller

saltsyra, och ställa i digestionsvarme. Man blifver då snart varse, i synnerhet med den senare, at pulvret efter hand vinner en vacker ljusgul färg.»

Några reduktionsförsök hann Torbern Bergman emellertid ej med att utföra. »Jag har hittils», säger han, »för andra göromål, blifvit afhållen at bestyrka min tanka genom reduction, men har icke dess mindre vid detta tilfälle bordt nämna derom, emedan til äfventyrs någon annan, förr än jag, torde hafva rådrum at, til vetenskapens fördel, anställa vederbörliga prof.»

Scheele hade alltså påvisat att det mineral Cronstedt benämnt tungsten var en kemisk förening av kalk med en tidigare okänd syra, tungstenssyra. Att lyckas frigöra själva metallen blev emellertid förunnat två spanska kemister bröderna Don Juan José och Don Fausto D'Elhuyar. Dessa fastslog 1783 att den syra, vilken Scheele funnit i tungsten eller scheelit, även fanns i volframit. Namnet scheelit myntades år 1821 av tysken C. G. Leonhard som en honnör för Scheele.

Don Juan José D'Elhuyar var liksom brodern, Fausto, född i Logroño, Juan José 1754, Fausto 1755. 1781 kommer bröderna till Freiberg för att studera kemi och mineralogi vid därvarande bergshögskola. Sannolikheten talar för att bröderna redan under vistelsen i Freiburg stiftade bekantskap med »Spuma Lupis». Senare besökte den äldre brodern Juan José även Uppsala, där han i sällskap med en fransk naturvetare, de Virly, arbetade ett halvår på Torbern Bergmans berömda laboratorium. Bergman håller för deras skull också en serie föreläsningar »i högre chemien». Av Don Juan Josés personliga anteckningar om dessa framgår att han härigenom fått kännedom om den svenska tungsten-volframforskningen. Under sin vistelse i Sverige sammanträffar Don Juan José också med Scheele. 1781 hade hans yngre broder Fausto tillträtt en plats som lärare i mineralogi och kemi vid Real Seminario Patriotico i Vergara och det är här som bröderna omedelbart efter Juan Josés hemkomst från Sverige utförde den remarkabla analysen av volframiten, vilken resulterade i den på sin tid mycket uppmärksammade isoleringen av den nya metallen, volfram. Sedermera förlade de båda bröderna sin verksamhet till Amerika. Juan José beger sig redan i maj 1784 till Nya Granada — nuvarande republiken Colombia — för att reformera arbetsmetoderna vid silvergruvorna, medan Fausto några år senare blir generalintendent för gruvväsendet i Mexiko. 1822 återvänder Don Fausto till sitt fädernesland och inträdde som generaldirektör

för den spanska gruvförvaltningen. Han kom även att bekläda posten som minister för gruvärenden. Don Fausto gick ur tiden år 1833 i Madrid. Hans äldre broder Juan José, som för en mera obemärkt tillvaro i Colombia, avlider redan den 20 sept. 1796 i Bogotá. Man har tidigare på spanskt håll gjort gällande att Fausto skulle varit den mest aktive vid forskningsarbetet rörande volfram och att initiativet till detta utgått från Fausto efter ett påstått besök i Sverige. Bevarade — tidigare misstolkade — brev från Don Fausto till Torbern Bergman liksom en bevarad kopia på ett brev från brodern Juan José från Sydamerika till Bergman visar emellertid att den senare spelat huvudrollen och att det ursprungliga initiativet till deras gemensamma insats när det gäller volframforskningen utgår från Torbern Bergman och Juan Josés besök hos denne i Uppsala.

Som utgångsmaterial för sina undersökningar använde bröderna D'Elhuyar volframit, som de hemfört från Zinnwald i Siebenbürgen under en resa i Mellaneuropa år 1783, varvid bl.a. de sachsiska och böhmiska tenngruvorna besöktes. Den apparatur de använde var mycket enkel. En intim blandning av volframtrioxid och pulveriserat träkol upphettades starkt i en degel. Sedan degeln därefter avkylts lossade man därur en mörkbrun, metallisk bottensats, som lätt smulades sönder mellan fingrarna. När de undersökte pulvret genom en lins upptäckte de små kulor av volframmetall, en del så stora som knappnålshuvuden.

Innan resultatet av undersökningarna kungjordes hade bröderna D'Elhuyar i brev underrättat Torbern Bergman om sin upptäckt och våren 1784 skriver Bergman i Vetenskapsakademiens Nya Handlingar under rubriken »Mineralogiske Anmärkningar» bl.a.:

»Ändteligen får jag nämna något om Tungsten, som Herr Cronstedt förer under Järnmalmer. Dess grundämnen äro redan upgifne i Kongl. Academiens Handlingar för år 1781. Jag har då, och sedan utförligare i Vol. III. af mina Oposcula, budit til at göra troligt, det den syrliga ingående gula jorden är metallisk. Denne sats är nu satt utom alt tvifvelsmål. Herr D'Elhuyar från Spanien, som 1782 vistades et halft år i Upsala, fann, vid sin återkomst till fäderneslandet, tungsten tillräckeligen för at underkasta min mening reductionsprof. Han afsöndrade den syrliga jorden, anstälte på vanligt sätt försöket, och erhöll omsider, men med strängaste eld, regulus. Denne metall har besynnerliga egenskaper, som skilja honom från alla andra bekanta. Gravitas specifica går till 17,6: fordrar strängare eld at smäl-

ta, än manganesium: löses icke i någon af de tre vanliga mineralsyrorna, ej heller i Kungs-vatten, salpetersyra och Kungs-vatten kunna dock, men med möda, calcinera honom. Än en märkvärdighet. Det är just denne metall, som tillika med litet manganesium och järn utgör hvad i Tyskland kallas Wolfram, och som gifvit anledning at med detta namn betekna den nya metallen. Herr D'Elhuyar är såsom Directeur öfver alla smeltverk i Nya Granada rest til America, men hans broder, som uti nu nämnda arbete varit honom behjelpelig, fortfar att undersöka den nya metallen, och arbetar dessutom på en Mineralogie öfver Spanien, inrättad efter grundämnen. Om nya metallen blifver med första, eller kanske redan är, en afhandling tryckt uti Journal de Physique.»

Trots att metallen sålunda var framreducerad redan år 1784 dröjde det till inpå 1850-talet innan de första försöken gjordes att använda volfram och dess föreningar för industriellt bruk. Det började inom textilindustrien, där man använde natriumvolframat som betmedel vid färgning av tyger. Så blev det emellertid stålindustriens tur att taga det nya grundämnet i sin tjänst som legeringsmedel och därmed fick volfram sin nutida huvuduppgift.

AB Ferrolegeringar upptog redan i mitten på 1930-talet tillverkning av ferrovolfram i Sverige. Som råmaterial för tillverkning av volframlegeringar används mineralerna scheelit, volframit, ferberit och hübnerit. Dessa malmer kommer huvudsakligen från Kina och Sovjet, U.S.A., Portugal, Bolivia, Korea och Australien. I Sverige bryts scheelit vid Yxsjöbergsfältet i Ljusnarsbergs kommun i Västmanland. Tidigare har ferberit utvunnits vid de numera nedlagda Baggetorps- och Algruvorna i Tjällmo, Östergötland.

Volframmalmen kan vidarebearbetas på två vägar antingen den metallurgiska eller den kemiska.

I den metallurgiska processen, där utgångsmaterialet i regel är volframit, utreduceras volfram och järn i elektriska smältugnar, varvid man erhåller ferrovolfram med ca 80 % W och max. 1 % C. Ferrovolfram går sedan till stålverken, som inlegerar det i stål för att öka stålets hårdhet och anlöpningsbeständighet. En karakteristisk ståltyp är snabbstål, som huvudsakligen används i verktyg för metallbearbetning.

Det kemiska förfarandet, som även kallas den våta vägen, ger efter en serie upplösnings- och fällningsprocesser ren volframsyra, WO_3, vilken glödgas och reduceras till ren volframmetall i vätgas-

atmosfär. Därefter karbureras volframmetallen, alltså överförs till volframkarbid, och blandas framför allt med koboltmetall, men även med karbider av titan, tantal och niob för erhållande av hårdmetall. I form av små skärbitar används denna hårdmetall i skärande verktyg för metallbearbetning ävensom till skär på bergborrar.

Den på kemisk väg framställda volframmetallen sintras även till stavar som dragas till lystråd i glödlampor.

Volfram, legerad i stål, i form av karbid eller som ren metall har alltså förmågan att kunna bana väg genom både berg och mörker, ja eventuellt kan den t.o.m. bli ett betydelsefullt element i den moderna astronautikens tjänst och tränga genom rymden.

Krom.

Det berättas hur man redan ett par tusen år före Kristi födelse bröt ädla metaller i Kleopatras gruvor vid Röda havet, smaragden, vilken Plinius den äldre ansåg vara den enda ädelsten som ögat inte tröttnar på att se. Sitt underbara gröna skimmer lånar dessa kostbarheter från metallen krom, som på grund av sina mångfärgade föreningar fått sitt namn efter det grekiska kroma, d.v.s. färg.

Äran av grundämnet kroms upptäckt tillkommer den franske kemisten Nicolas-Louis Vauquelin, vilken 1797 analyserade ett kromförande mineral och följande år lyckades framställa den fria metallen. Vauquelin var född 1763 i den lilla byn St. André d'Hébertot i Normandie, men begav sig vid 14 års ålder till Rouen och fick plats som assistent på ett apotek. Senare reste Vauquelin till Paris, där han kom in på den akademiska banan och slutade som professor i kemi vid universitetet i Sorbonne.

Vauquelin räknas med rätta till de största analytikerna genom tiderna. Hans berömmelse knyter sig måhända allra främst just till kroms upptäckt. Som utgångsmaterial begagnade Vauquelin ett vackert rött mineral från de ryska guldgruvorna i Beresof nära Ekaterinburg i Sibirien. Samma röda malm, numera känd som krokoit, dvs kromblyspat eller röd blymalm, hade redan trettio år tidigare analyserats av den tyske kemisten Johan Gottlob Lehmann. Denne blev 1761 professor i kemi i S:t Petersburg och bemyndigades av Katarina II att utföra ingående mineralogiska inventeringar i hela det ryska imperiet. Lehmann beskrev det sibiriska mineralet i ett brev till Comte de Byffon 1766, vari han uppger att det endast fanns vid en hytta femton verst från Ekaterinburg. När Lehmann analyserade mineralet löste han det i saltsyra, iakttog lösningens smaragdgröna färg och fann att den innehöll bly. Han drog då slutsatsen att det

måste vara »ett bly mineraliserat med seleniumspat och järnpartiklar». Tyvärr hann Lehmann aldrig fullfölja sina undersökningar, han omkom nämligen genom olyckshändelse 1767, när en retort exploderade under ett av hans experiment.

De kromförande gruvorna vid Ekaterinburg beskrevs vid samma tid ochså av en tysk vetenskapsman Peter Simon Pallas, som även han på uppdrag av Katarina II företog omfattande resor i Sibirien, Altaibergen, nedre Volga-regionen och södra delen av europeiska Ryssland. Han berättade bl.a. att Beresofgruvorna voro fyra och att de brutits sedan 1752. De voro både koppar-, bly- och silverförande. »Här bryts också ett mycket märkligt rött blymineral, som aldrig tidigare utvunnits vid någon annan gruva i kejsardömet eller annorstädes», säger Pallas. »Denna blymalm är tung, av varierande, stundom cinnoberliknande färg och halvgenomskinlig . . . Efter pulverisering av densamma får man en vacker gul substans, som borde kunna användas inom miniatyrmåleriet.»

Ett intressant bidrag till den röda malmens historia har även Vauquelin själv lämnat. Han skrev på slutet av 1790-talet att »alla de stycken av denna substans som finnas i de mineralogiska kabinetten i Europa, härstamma från guldgruvan i Beresof, vilket tyder på tidigare riklig förekomst, men det sägs att sedan några år tillbaka har malmen blivit mycket eftersökt och att den för närvarande betingar ett pris av sin vikt i guld, speciellt om den är ren och regelbunden till formen. De stycken som ej äro symmetriska eller äro brutna i fragment lämpa sig för målarkonsten, där detta material är av högt värde på grund av den vackra orangegula färgen, luftbeständigheten och lättheten att lösa det i olja».

För att återgå till själva händelserna vid kromens upptäckt så fann Vauquelin vid analyseringen av den sibiriska malmen att mineralet bestod av blyperoxid, järn och aluminium. Kemisten Johann Jakob Bindheim rapporterade emellertid från Moskva att det innehöll molybdensyra, nickel, kobolt, järn och koppar. Frågan måste avgöras, och Vauquelin upprepade därför sin analys. När han kokade det pulveriserade mineralet med kaliumkarbonat fick han en vit fällning av blykarbonat och en gul lösning innehållande kaliumsalt. Denna lösning gav en vackert röd fällning då Vauquelin tillsatte kvicksilversaltlösning och en gul vid tillsats av blysaltlösning. Syran vari den nya metallen ingick var röd, men lösningen blev grön då den reducerades med tennklorid.

Följande år kunde Vauquelin som nämnts isolera den nya metallen. Efter att ha avlägsnat blyet genom fällning med saltsyra avdunstade han filtratet och erhöll som återstod kromtrioxid. Denna lade han i en träkolsdegel placerad i en stor lerdegel fylld med pulveriserat träkol. Så följde en halv timmes intensiv upphettning samt därpå avsvalning. Den inre degeln befanns efter processen vara fylld med ett nätverk av grå, sammanflätade metallnålar vägande tredjedelen så mycket som den ursprungliga, nu reducerade kromtrioxiden. Metallen krom var fri!

Först hundra år senare, närmare bestämt 1894, lyckades man erhålla större kvantiteter krom i rent tillstånd genom att reducera kromoxid med kol i elektrisk ugn. Äran härav tillkom den franske kemisten Henri Moissan. Numera utför man reduktionen enligt Goldschmidts metod med aluminiumpulver. På detta sätt framställes krom i stora mängder, som framförallt användas inom metallindustrien som legeringstillsats. Intensiva och banbrytande forskningsarbeten på kromlegeringarnas område resulterade i att AB Ferrolegeringar som ett av de första företagen i världen i slutet på 1920-talet kunde framställa ferrokrom med mycket låga kolhalter på elektrothermisk väg. Först vid tillgång på dessa kvaliteter blev det möjligt för stålverken att på allvar sätta igång tillverkningen av rostfritt och syrabeständigt stål.

Idag finner man metallisk krom, kromföreningar och kromlegeringar på snart sagt alla områden av den moderna tekniken. Sålunda användes krom bl.a. i värmebeständiga legeringar och motståndsmetall, såsom kromsalter inom garveriindustrien, till betsning av trä, till betning inom färgeritekniken och som utgångsmaterial för de talrika kromhaltiga färgstofferna samt inom fotografien, pyroteknikén m.m. På grund av sin beständighet mot luftens angrepp har kromen på senare år också fått en allt större betydelse som rostskyddande överdrag på järn och metaller. Även i vissa medicinska preparat möter man krom som ingående beståndsdel.

Molybden.

Aristoteles, Plinius och andra sökandets stora män under antiken berör i sina naturvetenskapliga skrifter ett element, som i våra dagar fått en alldeles särskild aktualitet, den till kromgruppen hörande metallen molybden. Metallen som sådan kände de inte till, men använde beteckningen molybdaena — en latiniserad form av det grekiska ordet för bly—på allehanda blyliknande mineral som t.ex. grafit. Denna förväxling med bly fortfor ända in till senare delen av 1700-talet,

då svensken Carl Wilhelm Scheele påvisade att grafit och molybden är två till sitt väsen fullkomligt olika ämnen. Genom att behandla molybdenglans med salpetersyra lyckades han 1778 erhålla en vit oxid, molybdentrioxid, som han kallade acidum molybdaenae, molybdensyra. Fyra år senare, 1782, isolerade Scheeles vän och lärjunge Peter Jacob Hjelm den fria metallen och gav den dess nuvarande namn, molybden. Studiet och utforskningen fortsatte sedan i början av 1800-talet, främst genom Jöns Jacob Berzelius, som ingående undersökte molybden och dess föreningar.

Molybdens upptäcktshistoria rymmer många intressanta blad, intressanta inte minst för oss svenskar. I december 1777 skrev Scheele, som då var apotekare i Köping, till sin kollega den framstående mineralogen assessor J. G. Gahn: »Ni har säkert i Eder mineralsamling litet bladig molybdaena av samma slag som bifogade prov. Jag fick litet i somras från Assessor Hoffgaard och jag finner något egendomligt i det. Vill Ni vara snäll och sända mig litet per post! Vid tillfälle skall jag lämna en beskrivning över mina experiment.»

Det mineral Scheele här begär är molybdenglans, i vilken han sedermera kom att upptäcka det nya grundämnet molybden. I maj året därpå berättar Scheele i brev till Hjelm om sina undersökningar av molybdaena. I brevet lämnas en kort men innehållsrik redogörelse för den nyupptäckta molybdenens viktigaste reaktioner. Själva avhandlingen om det resultat han kommit till vid sitt »försök med blyerts, molybdaena» publicerade Scheele i Kongl. Vetenskap Academiens Handlingar samma år.

Här skriver Scheele: »Jag menar här ej den allmänna blyertsen, som finns på apoteken, ty denna är mycket skild ifrån den, om vilken jag nu vill meddela Kgl. Akademien mina försök; jag menar här den, som i Herr Cronstedts Mineralogie kallas Molybdaena membranacea nitens, och på vilken Hr Qwist, med flere, lärer hava anställt sina försök. De sorter jag haft tillfälle att underkasta prov, äro tagna på särskilda ställen, men funnits vara av enahanda art, och av samma beståndsdelar sammansatta.»

För att kunna pulvrisera det mjuka mineralet lade Scheele under hand in små mängder kaliumsulfat i glasmorteln och kunde på så sätt sönderdela detsamma till fint pulver. Därefter lakade han ut pulvret genom att dekantera det med varmt vatten i syfte att få bort kaliumsulfatet. Efter att dessutom upprepade gånger ha tillsatt salpetersyra och indunstat fuktigheten lyckades han till slut finfördela

mineralet så fullständigt att endast ett vitt pulver återstod. Detta kallade han terra molybdaenae. »Molybdaenae jord är av syrlig natur» konstaterade Scheele, »ty hennes solution rodnar av lacmus.» Vidare säger han: »På reduktionsvägen har jag undersökt molybdaenae-jord med svarta flussen och kol, och med Boraxglas och kol, men det var förgäves, jag blev ej varse det minsta metalliskt.»

Avhandlingen slutar med följande konklusion: »Man ser således här en jord art, som till denna tiden lärer varit okänd, och vilken man med skäl kan kalla acidum molybdaenae, efter den har alla egenskaper som syra. Men jag tycker mig redan höra sägas: den torde vara någon metallisk jord, förenad med en ännu obekant syra, eller ock vice versa. Jag lämnar sådan eller dylik mening i sitt värde: så länge här felas övertygande bevis, grundade på tydeliga försök. Och ehuru den samma uti vissa omständigheter liknar metallisk jord, tror jag dock med visshet, att molybdaena består av en syra, mineraliserad med svavel.»

Torbern Bergman framkastade för Scheele att molybdensyran måste vara oxiden av en ny metall. Scheele vände sig då med en direkt uppmaning till sin vän Hjelm att söka reducera syran enär han själv inte hade tillgång till de för dylika försök nödiga ugnarna. Hjelm villfor hans begäran och igångsatte omedelbart försöken att reducera molybdensyra med kol.

För att få bästa möjliga kontakt mellan de båda komponenterna blandade han den pulvriserade syran med linolja så att en pasta bildades. Därpå utsatte han blandningen för stark hetta i en sluten degel, varvid oljan förkolades och kolet reducerade molybdensyran till den metall, vilken blev känd under namnet molybden.

När Hjelm notifierat Scheele om det lyckliga resultatet uttalar denna sin glädje över molybdensyrans reaktion. Han skriver bl.a.: »Högtärade Herre! Gärna ursäktar jag min Herre för dröjsmålet uti skrivande, jag vet att min Herre är nu ganska mycket occuperad.

Jag fägnar mig, att vi nu åter hava en ny metall, molybdaenum. Jag tycker redan att åtminstone fransoserne lära vilja neka denna nya halvmetalls existens, efter de ej äro inventorer därav. — —

Se här allt mitt förråd av acidum molybdaenum, som med salpeter är tillrett, men ej med salpeter i elden. Det uti ena papperet är samma syra, som jag en gång smälte i digel. Om min Herre får en gång regulus därav, sänd mig då litet, om det ock allenast vore ett gram, för dess raritets skull. Molybdaena har jag ej. Lev väl.»

År 1790, då såväl Scheele som Bergman gått ur tiden, publicerade Hjelm en redogörelse över sina försök:

»På begäran av framlidna Scheele och Bergman», säger Hjelm, »anställde jag försök att ur gul molybdensyra framställa en metall med användande av samma syra, som den förre själv sände mig. Först smälte jag vegetabiliskt alkali flera gånger tillsammans med oxblod; därpå tillsatte jag lika mycket naturlig urinsyra och litet vinsten eller svart fluss för att reducera syran, sedan jag förut upprepade gånger bortdunstat fettet. Hela blandningen, ibland dock täckt med koksalt, satte jag in i en tillkittad degel och utsatte den under några timmar för hettan från en god blästerugn. Önskar man reducera en ny omgång syra använder man det vid föregående operation sammansmälta glaset, emedan detta torde vara mindre benäget att angripa själva terra molybdaenae och upplösa den.

Den lilla regulus jag erhöll ur det sparsamt tilltagna förråd av jord, som stod mig till buds, föranledde den beskrivning därav som återfinns i Herr Bergmans avhandling om blåsrör. De spår av svavel och järn, som förekommer i denna regulus, tillskriver jag den erhållna terra molybdaenae, enär min fluss var fullständigt ren: den förre var alltså blott ett slags sten, vars metalliska egenskaper äro fundamentala.»

Peter Jacob Hjelm, som räknades till tidens mest intelligenta kemister och mineraloger, blev sedermera föreståndare för Bergskollegiets kemiska laboratorium där han för att tala med en engelsk samtida »utförde sitt arbete i stor stil: de ugnar, som Mr. Hjelm hade på Kungl. laboratoriet voro lika stora, som dem våra hovslagare använde och hans övriga apparatur var av samma format».

Molybdenen framställdes ända in mot slutet av 1800-talet enligt den ursprungliga, relativt primitiva metoden tills fransmannen Henri Moissan 1893 reducerade oxiden med kol i elektrisk ugn. Numera smälter man i allmänhet molybdenglans med kalk och flusspat i elektrougn.

Molybden är en ganska hård, silvervit, glänsande metall, som vid vanlig temperatur är tämligen luftbeständig och smälter först vid ca 2 600°. Den påträffas aldrig i fritt tillstånd i naturen, men uppträder i flera mineraler, framförallt i molybdenglans eller molybdenit, MoS_2, och i wulfenit, $PbMoO_4$, av vilka den första är den huvudsakliga råvarukällan vid nutida molybdenutvinning för kommersiellt bruk. Mineralet förekommer i malmer, som bryts enbart eller huvud-

sakligen på grund av sin molybdenhalt, men erhålles även som biprodukt vid anrikning av vissa koppar- och volframmalmer. De största fyndigheterna finns i U.S.A. och Chile. I Europa förekommer molybden endast sparsamt, bl.a. i Norge och Finland. Sveriges molybdenförekomster är obetydliga och kan ej brytas ekonomiskt under normala tider. Under andra världskriget bröts dock molybdenmalm på flera platser, främst i den numera utbrutna Uddgruvan utanför Grängesberg. Även efter kriget utvann man smärre mängder ur Baggetorp- och Algruvorna i Östergötland. Numera importerar vi hela vårt behov av molybdenmalm, huvudsakligen från U.S.A., Chile och Norge.

Molybden i ren form används i stor utsträckning inom den elektriska industrien för tillverkning av glödlampor och elektroniska rör samt i motståndstråd för ugnar och annan apparatur med hög värmebeständighet. På senaste tiden har även molybden i vissa svavelföreningar börjat nyttjas som tillsats till smörjoljor. Ferromolybden kommer till användning uteslutande för legeringsändamål, framförallt vid ståltillverkning. Framställning av ferromolybden, det vill säga den molybdenlegering som för närvarande är tonnagemässigt störst, har sedan början av 1930-talet bedrivits vid AB Ferrolegeringars smältverk i Trollhättan. Denna tillgång på inom landet tillverkade legeringar har på ett icke oväsentligt sätt bidragit till de över hela världen välkända svenska stålens kvalitet.

Vissa av dessa molybdenlegerade stålsorter utmärker sig för god beständighet mot syror samt hög värmehållfasthet. Det torde därför ej vara alltför djärvt att förutspå en väsentligt ökad förbrukning, med tanke på jordsatelliter och månraketer, vid vilka en av stötestenarna är de enorma påkänningar som konstruktionsmaterialen utsättes för.