

Koppar, en lång tid använd metall.



Denna skrift beskriver grundämnet koppar som var en av de första metaller människor använde, dess förekomst i naturen samt framställning och användning genom tiderna. Kemiska processer vid kopparframställningen beskrivs översiktligt och kortfattat. Koppars och dess legeringars kemiska och fysikaliska egenskaper behandlas. Svenska gruvors historia berörs.

Huvudändamålet är att vara en faktareferens vid läsning om enskilda gruvor och kopparverk men den står som som skrift på egna ben och kan därför också läsas separat och ge en bild av koppar i allmänhet.

Koppar, en lång tid använd metall.

Version 230426

Författare: Bo Edlund
e-post: kontakt@brukshistoria.se

Innehåll	Sida	Innehåll	Sida
Koppar	1	Smältning	12
Metallens egenskaper och användning .	2	Vändrostning	13
Kopparlegeringar	4	Smältning i råkopparugn	14
Mynt av koppar	6	Garning	14
Tillsatsmaterial koppar	8	Kopparframställning med torra metoden .	14
Kopparmalm	9	Koppar med den våta metoden	15
Processerna i kopparverket	10	Kopparframställning med anrikning	16
Sovring	10	Kopparbrytning i Sverige	18
Kallrostning	11		

Omslagsbilden visar världens största kopparmynt, värde 10 Daler Silvermynt präglad i Avesta år 1644. För sådana mynt behövdes en stor plånbok och en stark karl som bar den, myntet är 33x66 centimeter stort och väger 19,72 kg. Bara 17 år senare kom de första sedlarna i Sverige. Foto Kungliga Myntkabinetet.

Skriften får helt eller delvis kopieras och spridas fritt under förutsättning att källan anges. Däremot får kopior av materialet ej försälas utan författarens medgivande.

Upphovsmännen eller rättighetsägarna till fotografierna anges vid bilderna. Författaren är upphovsman till de foton och bilder där uppgifter saknas.

Källor:

Bergsbruk - gruvor och metallframställning, Jernkontoret.

Malmer och malmbildning, Naturhistoriska riksmuseet.

Från malm till garkoppar. Kopparframställning i 1840-talets Åtvidaberg, Roy Andersson.

Ingenjörshandboken (1947-1948). Del 5 Materiallära, värme och sanitet, husbyggnad, Carl Axel Strömberg.

Nordisk familjebok. Ugglepplagan 1904–1926.

Rapporter och periodiska publikationer från Sveriges geologiska undersökning.

Wikipedia.

Ett antal miljöutredningar av Länsstyrelser.

Ett flertal webbsidor.

Jag vill tacka de personer och organisationer som bidragit med kunskaper och material till denna skrift.

TÄBY 2023

Koppar.

Koppar är en ljus röd metall som har en ganska hög densitet, 8,96 kilogram per kubikdecimeter (eller gram per kubikcentimeter). Kemister brukar räkna koppar till ädelmetallerna på grund av en stor motståndskraft mot kemisk påverkan. Juvelerare däremot deklarerar koppar bara som en halvådel metall, kanske beroende på den relativt rika förekomsten av koppar och det mycket lägre priset än guld, silver och platina.

I slutet av stenåldern när den moderna människans förfäder hade vandrat in i Europa för cirka 40 000 år sedan och börjat praktisera jordbruk kan man föreställa sig hur de förundrade sig över metaller de funnit. Det fanns då bara tre metaller i jordytans ytskikt, koppar, guld och nickelhaltigt järn. Koppar och guld hade skrapats fram under istider och det nickelhaltiga järnet kom från meteoriter som bildats i vårt solsystem och därefter träffat jorden. Nickelhalten var tillräckligt hög för att göra järnet rostfritt varför det inte rostade bort i jordatmosfären.

Det har hittats ett smycke i Irak av bearbetad koppar från cirka 8700 före Kristus samt spår av gruvsdrift av koppar från omkring år 5000 före Kristus. I båda fallen är det troligtvis metalliskt koppar som hittats i naturen. Senare, omkring år 4000 före Kristus, hade man i Mindre Asien lärt sig smälta koppar. Troligtvis lärde man då också att framställa koppar från kopparoxidhaltig malm, en ganska enkel process där man endast smälte malmen tillsammans med träkol. Ötzi, ismannen, som påträffades 1991 infrusen i en alpglaciär levde någon gång omkring år 3300 före Kristus och bar med sig ett yxhuvud i massiv koppar. Flera fynd som består av brons (legering av koppar och tenn eller arsenik), är sannolikt av koppar som förorenats av arsenik eftersom arsenikhalten var riktigt låg och arsenik ofta förorenar kopparmalm.

Omkring år 2500 före Kristus var konsten att legera koppar med tenn och framställa brons så pass känd att stenåldern övergick till bronsålder i Medelhavsområdet. I Skandinavien anses bronsåldern börja ungefär år 1500 före Kristus.



Kopia av bronsålderssvärd från omkring 1500-1300 före Kristus. Originalen är 446 mm långt och hittades i början av 1800-talet i en mosse vid Segerstad. Svärdet är väl utsirat så ägaren tillhörde nog eliten i sin stam. Det offrades gissningsvis till gudarna i en grund sjö annars skulle det funnits i en grav som en fantastisk exklusiv gravgåva. Svärdet visas på Historiska museet.

Under antiken, från cirka 800 före Kristus till år 500 efter Kristus var först den grekiska kulturen dominerande därefter från 500 före Kristus blev romerska riket ledande. Romarna satte ordentlig fart på koppar- och bronsstillverkningen genom att hämta hem stora mängder koppar från Cypern som på den tiden kallades Cyprium vilket gav kopparen dess namn.

Ungefär vid 500 år före Kristus började järnframställning och bronsvapen blev då föråldrade och ersattes av stick- och huggvapen av järn eller ett primitivt stål. Då avslutades bronsåldern och den nya tiden, järnåldern, påbörjades.

Brons användes däremot ganska länge för att gjuta kanoner. De första gjutna kanonerna (artilleripjäserna) tillverkades på 1300-talet och de sista i början av 1800-talet när gjutjärnet hade fått högre hållfasthet än brons. En kort tid därefter kom stålet att slutligen göra bronset föråldrat för tillverkning av pipor för kanoner. Handhållna bössor hade från början av 1400-talet sina pipor av järn (stål) med undantag av de äldsta hakebössorna från 1300-talets senare del som var gjutna i brons men de var knappast handhållna eftersom de vägde 50 till 60 kilo. Möjligen var de handhållna kanoner.

Metallens egenskaper och användning.

Ren koppar är en mycket mjuk metall som enkelt i kallt tillstånd kan plastiskt formas genom böjning, sträckning, pressning eller smide. Ren koppar smälter vid 1083 °C. Smält koppar löser lätt gaser som dock lämnar metallen då den stelnar men kopparn blir porös eller blåsig. Därför är det ofta olämpligt att gjuta ren koppar. En egenheten har koppar liksom vissa andra metaller att efter plastisk bearbetning bli hårdare men efter en glödning återfå mjukheten. Att på det sättet öka hårdheten och hållfastheten hos metallen kallas deformationshärdning.

Koppar påverkas i luft av syre och bildar snabbt ett mycket tunt och tätt oxidlager som inomhus i torr luft stoppar vidare påverkan. Om koppar eller kopparlegeringar påverkas av fuktig luft kommer syre, koldioxid och vatten tillsammans med luftföroreningar bilda ett grönt lager på kopparen vilket benämns ärg som egentligen består av tre olika skikt, närmast metallen ett lager röd kopparoxid (Cu_2O) ovanpå det ett lager svart kopparoxid (CuO) samt slutligen ett grönt lager av kopparhydroxid och kopparkarbonat. I det yttre lagret kan det finnas kopparklorid om havsvatten varit inblandat, kopparsulfat om föremålet fått surt regn på sig eller kopparnitrat om fågelspillning kommit på ytan. Ärg kan ha lite olika nyanser av grönt och föremålet verkar illa rengjort om flera olika ämnen har påverkat kopparytan.



Ärgade bronskanoner. Foto från Wikipedia.

Koppar leder elektrisk ström riktigt bra, endast silver har bättre ledningsförmåga än koppar. Därför används koppar i elektriska ledningar för att minska elförluster eller för att kunna minska på ledningsarean. Elektronikapparater byggs på isolerande kort man belagt med en några hundradels mm tjock kopparfolie. Från denna folie etsar man bort koppar så att ett mönster av millimeterbreda ledningar bildas som sedan elektronikkomponenterna löds fast på. På det viset kan avancerade elektronikapparater bli så små att de exempelvis ryms i ett mobiltelefonskal.

När nätverk av telefon- och elledningar förr byggdes upp användes massiv oisolerad koppartråd upphängd i porslinsisolatorer på stolpar för att leda den elektriska strömmen och det fortsätter man med elledningar men inte alls när det gäller telefonledningar, de ersätts av fiberkablar nergrävda i jorden. Fiberkablar innehåller ingen koppar utan informationen transporteras med ljuspulser i de enskilda fibrerna. Telefontrafiken har också blivit omodern, nu transporteras den med radio mellan telefon och basstation. Fibrerna används för datatrafik och TV. Oisolerade kopparledningar försvinner i elnäten och ersätts av isolerade kablar som hängs

upp i stolparna och kan leverera el även om kabeln rivits ner från stolparna och ligger på marken vilket glädjer elabonnenten. Med oisolerade ledningar blir det avbrott i elen så fort ett träd endast lutar sig mot ledningen. De enda elledningar som har oisolerade ledningar är för högspänning men de ligger så högt över marken att träden inte når upp.

Ytterligare en modernisering som görs på elnäten är att byta kopparledningarna mot aluminium. Man måste öka arean på ledningen med ungefär 60 % för att bibehålla den låga energiförlusten men ledningar av aluminium blir ändå lättare och billigare. Man räknar med att två tredjedelar av all framställd koppar går till elöverföring och elektronikutrustningar. Trots att elnäten i större utsträckning använder aluminium och att teletrafik går på fiber kommer nog användare i abonnentänden att bibehålla koppar i elkablar och sladdar eftersom det är mycket enklare att få en fullgod anslutning när kopparledningar ska kopplas till kontaktdon och apparater.

Koppar kan också dras ut i långa tunna trådar som spinns ihop till grövre ledare för att användas i flexibla elkablar. Ju tunnare och ju flera trådar desto böjligare kablar.

Koppar används ofta för klana rör som installeras i trånga utrymmen exempelvis oljerör till bilars hydrauliska bromsar och dricksvattenledningar i bostäder. Mjukglödgad koppar är så mjuk att den lätt kan formas för hand så rören kan anpassas till omgivningen och rörändar kan kragas ut så de tätar mot varandra i rörkopplingar. Med moderna kopplingar för vattenledningar behöver man inte ens kraga ut rörändarna utan kopplingen innehåller en skärring trycks in i kopparröret och säkrar tätning när kopplingen skruvas åt lagom hårt. Det gör att det går fort att installera vattenledningar med sådana kopplingar. Förr hårdlödde man vattenledningsrören med kopplingsstycken innan man började använda skärringskopplingarna men det tog längre tid och man riskerade att alstra bränder med gaslågor och heta kopplingar.

Koppar är också en utomordentligt god värmeledare och används ofta för att transportera värme från punkter som behöver kylas. Sådana kylare utformas så att stora ytor fångar upp värmen som leds till kylflänsar med ändå större ytor som vetter mot den luft eller vätska som fungerar som kylmedium och skall ta hand om värmen. Kylflänsar färgas ofta svarta för också transportera bort värme genom värmestrålning. Exempel på kylare är de små kylare som klistras på effektslukande halvledarkomponenter som leder bort värme till luften eller bilkylare som leder bort kylarvattnets värme till luften. Sådana kylare tillverkades förr alltid av koppar men håller i hög grad på att ersättas av aluminium.

Koppars goda värmeledningsförmåga utnyttjades tidigt till matlagingskärl som kittlar, grytor och kastruller som tillverkades av koppar. När sura vätskor kokas under lång tid i ett kopparkärl kommer en hel del koppar att lösas upp i vätskan. Allt levande använder koppar i flera av sina processer så små kopparmängder har ingen direkt giftverkan men om en människa får för stor kopparmängd i sig försöker kroppen göra sig av med den och det sker med diarré och uppkastningar. Det upptäckte nog de första användarna av kopparkittlar och de upptäckte också vad som behövde göras. Insidan av kopparkärlet behövde täckas av en metall som inte löstes av svaga syror. Man valde tenn, tenn smältes i kopparkärlet som slängdes runt tills hela kärlets insida var tenntäckt. Överskottet av smält tenn tömdes ut ur kärlet som nu var förtent och klart att användas när det kylts ner. Kringvandrande kittelflickare eller förtennare som mot betalning gjorde förtenningsjänster var säkert lika viktiga som skärslipare som vässade kniv- och yxeggar.

Förr var det vanligt att rika människor lade tak av kopparplåt på sina hus då det medförde underhållsfrihet några hundra år men nutidens höga priser på kopparskrot har minskat koppartakens antal eftersom tjuvar till och med stjal koppar på taken till hus.

Koppar är enkel att löda och att svetsa. Mjuklödning av koppar görs ofta med tennlod med smältpunkt omkring 230 °C och med harts som flussmedel. Flussmedlet löser upp kopparens oxidskikt och förhindrar syre att nå lödstället. För lödning av komponenter på mönsterkort ligger lödtemperaturen för högt för halvledarelektroniken som förstörs av värmen under lödningen. Där används tenn-blylod bestående av 63 % tenn och 37 % bly med smältpunkt 183 °C.

Hårdlödning av koppar görs med lod som har smältpunkt över 450 °C, vanligtvis 600-700 °C. Som flussmedel används vanligen lödpulver med borax eller kolofonium, om fosforkopparlod används behövs inget extra flussmedel, fosfor bryter ner kopparoxiden.

Svetsning av koppar kan genomföras med vanliga svetsmetoder utan särskilda åtgärder men används mest för

grova arbetsstycken, för tunnväggigt gods brukar hårdlödning vara tillfyllest. En metod som gör det möjligt att svetsa koppar mot aluminium eller rostfritt stål är friktionssvetsning. Med högt tryck pressas kopparen mot det andra materialet och därpå roteras koppermaterialet varpå friktionen värmer upp båda materialen till glödvarmt tillstånd, då stoppas rotationen och trycket ökas ändå mer. Fogen får svalna och svetsningen är genomförd. En enkel och snabb metod men den kräver en stor och dyr maskin.

En annan spektakulär metod att sammanfoga plåtar av helt olika, klassiskt sett ej sammanfogbara, material är explosionssvetsningen. Om en stålplåt och en kopparplåt skall svetsas samman mot varandra läggs den första plåten mot en sandbädd och den andra plåten gillras upp kant i kant med den första med en liten vinkel så att plåtarna liknar en något öppnad krokodilkäft. En mängd högbrisant explosivämne läggs ut i ett jämnt lager på den andra plåten och en sprängning initieras utmed plåtarnas gemensamma kant. De övre plåten sprängs mot den undre och i den lilla kilen luft mellan plåtarna sprutar oxider och andra föroreningar ut och plåtarna förenas metalliskt med varandra. Om en grop grävs i den underliggande sanden blir de hopsvetsade plåtarna skålformade i samma skott så att säga.

Kopparlegeringar.

Koppar har använts och används som basmetall för ett otal legeringar, det har registrerats mer än 400 olika legeringar. De har tagits fram för många olika användningsområden och då getts olika egenskaper som passar användningen. Främst har kopparens grundläggande motstånd mot korrosion samt goda ledningsförmåga för elektricitet och värme som utnyttjats. I detta kapitel ska några av de viktigaste och mest intressanta legeringsfamiljerna och legeringarna beskrivas.

Brons, var i början en legering av koppar och arsenik som uppstod när malmen reducerats och smälts eftersom arsenik ofta fanns med som en annan ingrediens i malmen. Det var den första kopparlegeringen som började användas troligtvis tidigare än år 3000 före Kristus i Egypten. Legeringen var mycket hårdare och hållbarare än den rena kopparen. Senare när man upptäckte metoder att ta bort arseniken från koppermalmen gjordes brons efter klassiska receptet med 80-95 % koppar och 5-20 % tenn vilket var bättre än legeringen med arsenik. I allmänhet blev bronset hårdare och mera hållfast med ökande tennhalt och det användes för tillverkning av vapen och verktyg som knivar, svärd, yxor, lansar och pilspetsar. Med låga tennhalter liknar bronset mycket kopparen och kan smidas medan med större tennhalter blir bronset svårare att bearbeta och måste gjutas i former för att få önskad utformning. Nästan all brons ges sin grundform genom gjutning och slutformas med skärande bearbetning. Bronserna har en smältpunkt omkring 950 °C beroende på legering. Då koppermalm och tennmalm så sällan finns i samma trakter måste såväl handelsvägar som handel vara utvecklade för att göra det möjligt att låta koppar och tenn mötas och brons tillverkas. Koppar- och blymalm fanns ofta på samma plats och då tenn och bly uppfattades som samma material men i olika form så det tillverkades brons av koppar och bly men den bronset blev spröd och mindre användbar än tennbrons.

Brons kan också tillverkas med andra metaller och ämnen som legeringsmaterial, dock inte betydande mängder av zink för då erhålls mässing vilken är en helt annan kopparlegering. Brons har i allmänhet hög motståndskraft mot korrosion och används ofta i aggressiva omgivningar och har god hållfasthet och hårdhet. Brons har ett utseende med färg som kan variera mycket beroende av vilka legeringsämnen och vilka koncentrationer som används. Färgen kan variera från ljus gulaktig till mörkbrun eller rödaktig som koppar. Se bild på sid 2 i denna skrift. Vissa legeringar kännetecknas av låg friktion mot stål och används i glidlager.

Kanonbrons består av ungefär 90 % koppar och resten (ungefär 10 %) tenn. Kanonbrons användes till att gjuta den mynningsladdade typen av kanoner ända till de bakladdade kanonerna av stål började användas.

Klockbrons, även kallad *malm*, är en legering av 78-85 % koppar och 15-22 % tenn som används för att gjuta kyrkklockor, skeppsklockor och pinglor. 1-3 % procentenheter av tennet kan ibland ersättas av bly. Den höga andelen tenn ger slagtlighet åt klockbronsen. Termen malm är ålderdomlig och förekommer numera mest i auktionskataloger där gjutgodset i bland annat antika ljusstakar beskrivs.

Myntbrons består av 95 % koppar, 4 % tenn och 1 % zink och används ofta för så kallade kopparmynt. Färgen är rödaktig för att kopparinnehållet är högt och tennet ger god slitstyrka men tenninnehållet är tillräckligt lågt för prägning medan zinken dämpar ärgbildning.

Nordic Gold (Nordiskt guld) är en myntmetall som utvecklades av det finska företaget Outokumpu för det svenska myntverkets räkning för att användas till det som i vardagligt tal kallas skiljemynt. Legeringen räknas till bronserna med guldlignande färg och består av 89 % koppar, 5 % aluminium, 5 % zink och 1 % tenn, men saknar helt nickel. Det var en försiktighetsåtgärd för att minska uppkomst av nickelallergi hos människor som hanterar mynt. Aluminiuminnehållet gör myntet beständigare mot korrosion. Legeringen började användas år 1991 i det svenska 10kr-myntet och senare i det moderna svenska 5kr-myntet samt i euromynten 10, 20 och 50 cent.

Rödmetall är en bronslegering som på grund av ett stort kopparinnehåll har en rödaktig ton och består ofta av 88 % koppar, 4 % tenn, 4 % bly och 4 % zink. Den är korrosionsbeständig, trycktät och tål nötning samt är lätt att gjuta och bearbeta med skärande verktyg. Dessa egenskaper gör legeringen lämplig för kranar och ventiler.

Konstbrons är en legering som har släktskap med rödmetall och består av 86,7 % koppar, 6,7 % tenn, 3,3 % zink och 3,3 % bly. Den används för att gjuta statyer och liknande konstföremål, zink- och blyinnehållen kan variera. Den väsentliga egenskapen är att legeringen är lättgjuten, hårdhet och hållfasthet är av underordnad betydelse. Vanligtvis brukar konstföremål som lagras inomhus snabbt färgas med olika syror så att färgen blir mörkt grön eller blå. För konstföremål som ska stå utomhus väntar man på den naturliga ärgbildningen till en ljusare grön färg men för att det ska lyckas måste bronzen vara utan zink. Konstbrons för utomhusplacering brukar bestå av 90-95 % koppar och 5-10 % tenn.

Blybrons består typiskt av 74 % koppar, 20 % bly, 4 % tenn och 2 % nickel. Legeringen är beständig mot korrosion och har goda glidegenskaper och har haft stor användning i glidlager. Numera försöker man generellt minimera användning av bly och ersättningsmaterial för blybrons har utvecklats där blyet ersatts med vismut. En sådan lagermetall har sammansättningen 86 % koppar, 10 % tenn och 3,2 % vismut.

Aluminiumbrons är en ljusgul legering som består av 76-83 % koppar, 8,5-10,5 % aluminium, 4-6 % nickel och 4-5,5 % järn. Aluminiumbrons är segt, hårt, höghållfast och har kraftigt korrosionsmotstånd i synnerhet mot saltvatten. Användningsområdet är brett från glidlager, muttrar och maskindelar för främst marint bruk till gnistfria hammare, skruvnycklar och mejslar för användning i utrymme där explosiva gaser kan finnas. Det har tidigare präglats mynt i aluminiumbrons, dock inte i Sverige.

Berylliumbrons med ett innehåll av 96-98 % koppar, upp till 2,5 % beryllium och 1-1,5 % nickel ger en legering som är mjuk och töjbar men efter härdning mera liknar härdat stål. Ett härdat berylliumbrons uppnår fjäderståls hållfasthet och är dessutom korrosionshårdiga. Berylliumbrons används förutom till fjädrar också som glidlagermetall och till gnistfria handverktyg.

Fosforbrons används numera som lod vid hårdlödning av koppar eller kopparlegeringar och består av omkring 80 % koppar, 20 % tenn, 0,5 % fosfor med något silver så att smältemperaturen hamnar vid cirka 750 °C. Fosfor i lodet tar bort oxiderna så att flussmedel inte behövs.

Oljebrons är en lagermetall för glidlager av porös tennbrons som sugit upp smörjolja som beräknas räcka under apparatens livstid. Oljebrons används när lågbelastade lager byggs in i apparater så att de inte är åtkomliga från utsidan. Koppar- och tennpulver blandas med grafit, tennhalt mellan 6-12 % och 1-4,5 % grafit. Pulvrens kornstorlek varierar mellan 0,02-0,2 millimeter beroende på hur poröst glidlagret skall vara. Därefter formpressas pulvret under högt tryck varefter lagret ställs in i en ugn med så hög temperatur att metallkornen smälter på ytan och fäster i varandra, pulvret sintras. Därefter kokas lagret i fin smörjolja som tränger in i alla porerna varefter lagret maskinbearbetas till färdigt mått. Lagret har sugit upp så mycket att det kan hålla en smörjoljefilm på lagerytan under lång tid om inte lagret varmkörs.

Mässing benämns legeringar med koppar och zink. Mässingens historia är tämligen kort även om det finns fynd av koppar-zinklegeringar från Kina och Mellanöstern från cirka 4000 före Kristus. Zinkhalten i fynden är små så att troligen har man smält koppar som innehållit förorenande zinkmalm. Några hundra år före Kristus började greker och romare att smälta koppar tillsammans med galmeja, ett zinkhaltigt mineral, och skapa mässingliknande legeringar. Metallen zink var okänd i Europa ända fram till 1500-talet och i Sverige skapades Vattholma mässingbruk 1571, det första i Sverige. Därefter anlades Skultuna mässingbruk år 1607. Den vanligaste mässinglegeringen består av 63 % koppar och 37 % zink har en gul färg och förekommer också i andra proportioner mellan koppar och zink samt har ibland fler legeringsämnen. Färgen på koppar-

zinklegeringar är gul då kopparhalten är 49-76 %, över denna nivå är färgen gulröd tills kopparhalten når 87 % då färgen blir lik kopparen. Vid lägre kopparhalt än 49 % blir färgen vit för att bli grå för riktigt låga kopparhalter. Mässing har en smältpunkt på 900-940 °C beroende av mässingens blandning.

Mässing kan bearbetas plastiskt, gjutas, formas med skärande bearbetning (svarvning går extra bra med en blytillsats av ungefär 1 %), djuptryckas och lödas (tennlödning går mycket lätt). Den kan också svetsas men det görs inte ofta för den ska inte värmas för mycket då zinken riskerar att förångas. Mässing för valsning brukar ha över 63 % koppar och mässing för varmpressning 58-60 % koppar .

Mässing används till finmekanik för tillverkning av stommar, axlar, kugghjul, skruv och muttrar. Mässing har ett guldknande utseende och har länge använts till prydnadsföremål och konstföremål. Bleckblåsinstrument görs av mässing, mässingblåsarna i en orkester kallas brassen efter det engelska ordet för mässing (brass).

Tombak är en mässinglegering med 72-78 % koppar och 12-18 % zink som har en vacker guldgul färg. Tombak används för manteln till kulor för handeldvapen och till prydnadsföremål.

Patronmässing som används till patronhylsor har 72 % koppar.

Amiralitetsmässing, även kallad duranmetall, sammansätts av 65 % koppar, 30 % zink, 2 % tenn, 1,5 % järn och 1,5 % aluminium är mycket motståndskraftig mot kemikalier och havsvatten och används för marina ändamål.

Nysilver, även kallad nickelmässing, består av 54-67 % koppar, 22-29 % zink och 9-20 % nickel. Den stora delen nickel gör legeringen silverfärgad och nysilverartiklarna brukar stämplas med NS eller EPNS för att inte misstas för silvervaror. Ofta brukar nysilvervaror elektrolytiskt försilvrats (pläteras) och EPNS är en akronym för det engelska begreppet Electro-Plated Nickel Silver, ett beteckning som ofta försvenskas till Extra Prima Nysilver. Vanligtvis brukar försilvrat nysilver användas till kannor, fat och matbestick och inom tyskt urmakeri används ej försilvrat nysilver, i stället för mässing, för verkbottnar och bryggor.

Coopers guld är en legering av 75 % koppar, 23 % platina och 2 % zink som i hög grad liknar guld och är mycket beständigt mot luftens påverkan. Coopers guld används mest till smycken som ersättning för guld.

Coopers spegelmetall består av 57,5 % koppar, 27,5 % tenn, 10,8 % platina 3 % tenn och 1,2 % arsenik. Den är en mycket hård legering som lätt att polera till planhet och reflektionsförmåga och är motståndskraftig mot luftens påverkan. Legeringen används för speglar i optiska instrument.

Konstantan består av 55 % koppar, 44 % nickel och 1 % mangan och har en elektrisk ledningsförmåga som har ett mycket litet beroende av temperaturen och därför används tråd av konstantan för att tillverka elektriska precisionsmotstånd. Legeringen har en hög smältpunkt, cirka 1250 °C, vilket gör den lämplig att använda i termoelement.

Manganin består av 84-86 % koppar, 12-13 % mangan och 2-4 % nickel. Manganin har liksom konstantan en elektrisk ledningsförmåga med ett litet beroende av temperaturen och därför passar till precisionsmotstånd. Materialets elektriska ledningsförmåga är däremot ordentligt påverkad av det mekaniska trycket mot materialet och därför används det också för tillverkning av tryckmätande sensorer.

Mynt av koppar.

Pengar är ett gemensamt värderingssystem för varor och tjänster samt används för betalning. Pengar består av mynt och sedlar vars inbördes värden garanteras av en stat men kan också utgöras av digitala pengar som är allmänt accepterade. I detta kapitel koncentreras informationen till i huvudsak svenska kopparmynt och myntmetaller med kopparinnehåll.

Mynt slogs (slå mynt betyder tillverka mynt) av mjuka dyrbara metaller som det var lätt att förse med inpräglade texter och bilder, till exempel guld, silver och koppar. Värdet som var präglat på myntet skulle motsvara metallvärdet i myntet. Försämringen av penningvärdet medförde så småningom att myntens penningvärde blev mindre än metallvärdet vilket inte var hållbart. En ohederlig kunde smälta ner mynten och sälja metallen för mer pengar än myntsumman. Senare krävdes också att mynten skulle utformas till storlek och innehåll så att maskiner kunde känna igen de olika mynten. Maskiner kan lätt mäta storleken på

instoppade mynt, väga dem och avgöra om de är magnetiska eller ej men också pröva myntens elektriska ledningsförmåga. Tre krav ställs på mynten, de ska vara billiga att tillverka, de ska vara små och besvärliga att förfalska. Forskningen har nu funnit att nickel är vådligt att använda i mynt eftersom risken att ge människor nickelallergi är stor så därför söker man undvika legeringar med nickel. Koppar ses som en fördelaktig metall eftersom den är bakteriedödande och därför gör mynten riskfria även om de hanteras av många händer.

I slutet av 1100-talet började silvermynt användas för betalningar men det var silvervikten som avgjorde värdet av mynten eftersom både svenska och utländska mynt användes. Gustav Vasa införde 1534 dalern och år 1604 införde Karl IX riksdalern men det var ingen ordning i myntsystemet eftersom myntvärdet mellan de olika mynten varierade. Det blev inte bättre för år 1624 började dalermynt på grund av silverbrist i landet tillverkas i koppar, de så kallade plåtmynten. Det största på 10 daler silvermynt som är avbildat på omslaget till denna skrift vilket också är till dimensionerna det största kopparmyntet i världen.

År 1776 infördes riksdalern som huvudmynt i Sverige och riksdalern delades in i 48 skillingar. Riksdalern var ett silvermynt som kallades riksdaler specie, de olika skillingmynten var i koppar. År 1777 övergick Sverige till silvermyntfot men då började Riksbankens Ständers Bank som sedermera blev Sveriges riksbank ge ut sedlar i riksdaler som kallades riksdaler banco. Riksgäldskontoret började 1786 för att finansiera kriget mot Ryssland ge ut sedlar i riksdaler. Dessa sedlar kallades riksdaler riksgälds vilka drogs in 1836. Dessa tre riksdaler hade olika värden som betalningsmedel vilket ställde till allmänt trassel.

Ordning på torpet blev det 1855 när decimalsystemet infördes och en riksdaler riksmünt delades upp i 100 öre och gavs värdet $\frac{1}{4}$ riksdaler specie samt år 1873 då den nya myntreformen infördes och termen riksdaler riksmünt ersattes med kronor.

Kopparmynt $\frac{1}{2}$ öre användes 1855-1873.

Mynt **1 öre** och **2 öre** användes 1855-1971. De präglades i koppar fram till 1873 och i brons 1874-1971 med undantag för världskrigen då de präglades i järn.

Mynt **5 öre** användes 1855-1984. De präglades i koppar fram till 1873 och i brons 1874-1971 med undantag för världskrigen då de präglades i järn. Under åren 1972-1984 präglades bronsmynt i mindre storlek.

Mynt **10 öre** användes 1885-1991. Mynt med 75 % silver och 25 % koppar präglades 1857-1873, därefter silverhalt på 40 % samt 50 % koppar, 5 % av vardera nickel och zink som präglades 1874-1962. Det präglades också mynt av 75 % koppar och 25 % nickel 1920-1925 samt 1940-1991.

Mynt **25 öre** användes 1855-1984. Mynt med 75 % silver och 25 % koppar präglades 1855-1871, därefter silverhalt på 60 % och 40 % koppar som präglades 1874-1941 samt mynt som präglades 1943-1946 med 40 % silver, 50 % koppar, 5 % nickel och 5 % zink. Det präglades också mynt av 75 % koppar och 25 % nickel 1921 samt 1940-1984.

Mynt **50 öre** användes 1855-2010. Mynt med 75 % silver och 25 % koppar präglades 1857 och 1862. Mynt med 60 % silver och 40 % koppar präglades 1875-1939 och mynt med 40 % silver, 50 % koppar, 5 % nickel samt 5 % zink präglades 1942-1966. Silverfria mynt innehållande 75 % koppar och 25 % nickel präglades 1920-1924, under 1940-talet och 1962-1991. Kopparmynt präglades 1992-2009.

1 riksdaler riksmünt användes 1855-1873. Det var ett rent silvermynt som präglades 1857-1873.

Mynt **1 krona** användes från 1873 och är fortfarande en använd valör. Mynt med 80 % silver och 20 % koppar präglades 1875-1942 och mynt med 40 % silver, 50 % koppar, 5 % nickel och 5 % zink präglades 1942-1968. Mynt med 75 % koppar och 25 % nickel präglades 1968-2013. Det idag giltiga myntet är ett kopparpläterat stålmynt, mindre än det ursprungliga 1kr-myntet, och började präglas 2016.

Mynt **2 kronor** användes från 1873 och är fortfarande en använd valör. Mynt med 80 % silver och 20 % koppar präglades 1876-1880, 1890-1915 och 1922-1940 och mynt med 40 % silver, 50 % koppar, 5 % nickel och 5 % zink präglades 1942-1966. Mynt med 75 % koppar och 25 % nickel präglades 1968-1971. Det idag giltiga myntet är mindre än det ursprungliga 2kr-myntet och består av ett kopparpläterat stålmynt som började präglas 2016.

Mynt **5 kronor** användes från 1881 och är fortfarande en använd valör. Guldmynt präglades 1881-1886, 1894, 1899-1901 och 1920. Mynt med 40 % silver, 50 % koppar, 5 % nickel och 5 % zink präglades 1954-1955 och 1971. Mynt med 75 % koppar och 25 % nickel präglades 1972-2009. Det idag giltiga myntet är mindre än det ursprungliga 5kr-myntet, bestående av den guldlänkande kopparlegeringen Nordic Gold, som började präglas 2016.

Mynt **10 kronor** användes från 1873 och är fortfarande en använd valör. Guldmynt präglades 1873-1883, 1894-1895 och 1901. Det idag giltiga myntet är mindre än det ursprungliga 10kr-myntet, bestående av den guldlänkande kopparlegeringen Nordic Gold, som började präglas 1991.



Svenska mynt. Övre raden 1kr 2008, 5 kr 1990.
Undre raden 1 kr 2016, 5 kr 2016. Foto Larsgon.

Tillsatsmaterial koppar.

Koppar används också till legeringsmaterial för att i mindre tillsats göra mjukt huvudmaterial hårdare. Nedan är några exempel på en sådan användning av koppar.

Babbitt eller Babbitts metall är beteckning på flera legeringar huvudsakligen bestående av tenn med 7-20 % antimon och 2-8 % koppar. I en mjuk massa av tenn bildas hårda korn av tenn-antimon-legering och koppar-antimon-legering som har hög slitstyrka. Babbitt har tidigare använts till stora lager i motorer och ångmaskiner och har numera ersatts av olika bronser.

Coopermetall är tillverkad av 54 % platina, 32 % silver och 14 % koppar. Den är mycket hård men fjädrande och används till stift för reservoarpennor.

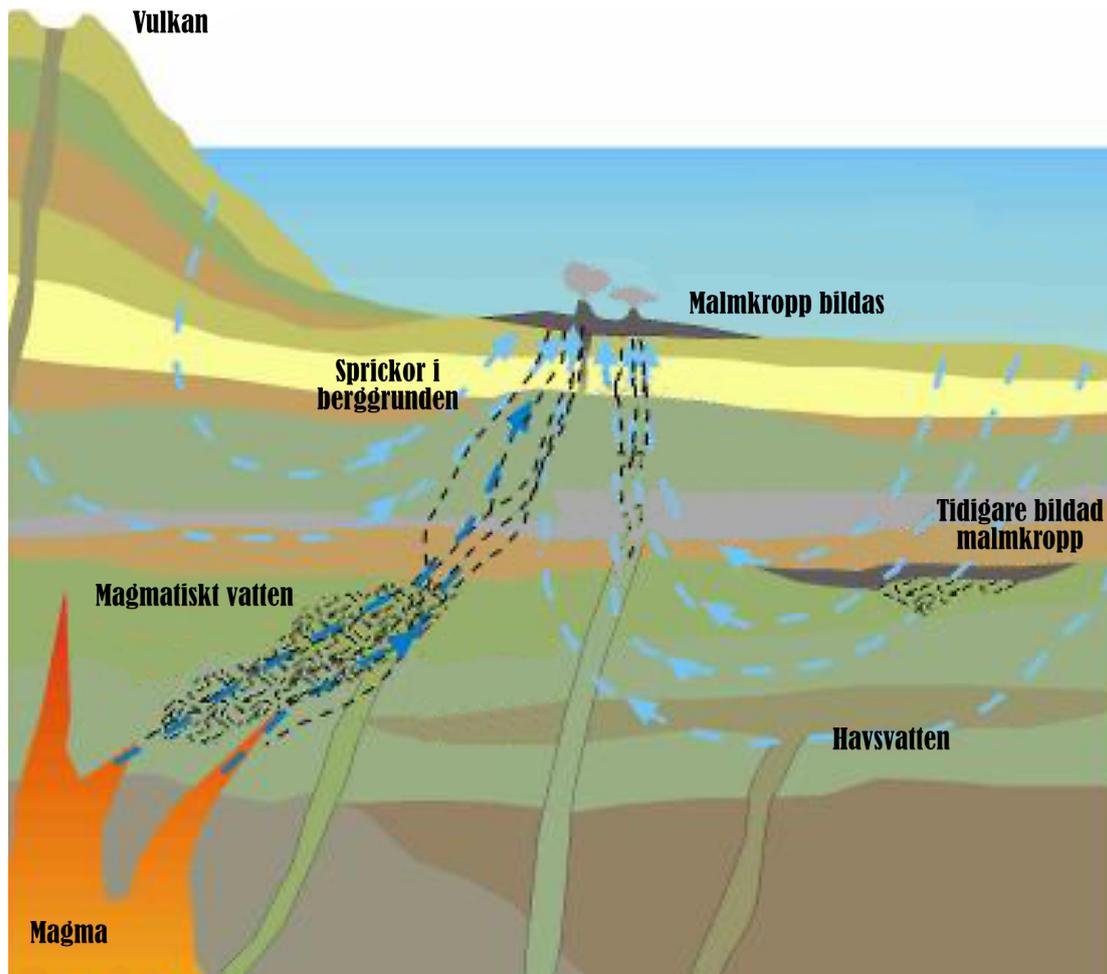
Duraluminium är en lättmetallegering bestående av 3,5-5,5 % koppar, 0,5-0,8 % mangan, 0,5 % magnesium och resten aluminium. Metallen kan hårdas genom att värmas till 500 °C och sedan snabbt kylas. Legeringen patenterades 1911 och den passade som handen i handsken när flygindustrin började leta efter ett hållfast och lätt material för flygplansbyggen. Härdad duraluminium motsvarar ståls hållfasthetsvärden och väger bara en tredjedel av stålets vikt. En nackdel är att duraluminium lätt korroderar men kommer att skyddas bättre om aluminiumet eloxeras (det skyddande aluminiumoxidskiktet görs tjockare).

Smyckeguld är vanligtvis 18 karat och består av 75 % guld, 16-17 % koppar och 8-9 % silver. Främst kopparen gör guldets hårdare och mer slitstarkt så att den glansiga ytan bibehålls.

Sterlingsilver är den vanligaste silverlegeringen för smycken och den består av 92,5 % silver och 7,5 % koppar. På samma sätt som för guld ökar man silvrets hårdhet och slitstyrka med koppärtillsatsen.

Kopparmalm.

Koppar kan återfinnas i naturen i ren metallisk form på vissa ställen på jorden. Mest känt är områdena runt Lake Superior i Nordamerika, där man brutit ren koppar i stora mängder. I Sverige förekommer det också ren koppar i mycket små mängder tillsammans med kopparmalm i flera koppargruvor exempelvis Sunnerskog i Småland, Jakobsbergs gruva i Värmland och Svappavaara i Lappland, men mängderna har varit så små att det inte har påverkat malmbrytningen varken positivt eller negativt. I Sverige är det till absolut största delen sulfidmineral i de kopparmalmer som bryts eller har brutits. Sulfidmineral består av metalliska grundämnen och svavel. Malmerna består oftast av flera metallsulfider, en del i så låga koncentrationer att det är nästan omöjligt att extrahera metaller ur malmen.



Den vanligaste metoden jorden använde sig av för att tillverka malmkroppar av sulfidmalm.
Bilden kommer från Naturhistoriska riksmuseet.

Större samlingar av metallsulfider till malmkroppar skapas i närheten av magmakammare under vulkaner när vatten hettas upp till mycket höga temperaturer. På grund av det höga trycket i berget får vattnet mycket hög temperatur, flera hundra grader, så att det kan lösa upp metallsalter i berget eller lösa upp tidigare bildade malmkroppar. Vatten kommer från bergarter som smältes av magman (det magmatiska vattnet) eller havsvatten som tränger ner genom sprickor i berget. När det heta vattnet kommer längre från magmakroppen blev det kallare och lämnar de lösta metallsalterna i fast form i bergsprickor eller kommer till kallt vatten vid havsbotten och lämnar alla metallsalterna som ett pulver. Pågår processen under tiotusentals eller hundratusentals år kan det uppstå stora malmkroppar av blandade metallsulfider. Därefter kommer ett tjockt täckte av sediment som trycker ihop och försténar malmkroppen varefter tektoniken, det vill säga plattrörelserna i jordytan, i en del fall trycker samman de ursprungligen horisontella berglagren och tvingar

kollisionsområdet att resa sig flera tusen meter upp och får berglagren att vecka sig som papperet i en hopknycklad pappersboll på det sätt som nu sker i Alperna och Himalayabergen.

Malmkroppar kan bildas på andra sätt än som redovisas på bilden ovan. Ett annat inte helt ovanligt sätt är vattenlösning av malmmineral i en stor bassäng ovanför en magmakammare som belastas av en stor bergmassa ovanför. Trycket kan då pressa in vattnet i porösa bergarter i närheten och lämna malmmineralet i de små håligheterna i berget och så småningom bilda malmkorn i det ofyndiga berget.

Metallsulfiderna är svårslösliga i vatten som finns vid jordytan men om de är finfördelade vittrar de snabbt och bildar vattenlösliga metallföreningar som förorenar grundvatten och vattendrag och gör att metaller sprids över stora områden. Allt detta gör att hanteringen av restprodukterna av malmen måste ske med största försiktighet. Detta kände man inte till så noga under medeltiden och fram till vår tid varför malmrester och slagg kastades på varphögarna och nu läcker vattenlösliga giftiga metallföreningar till naturen och borde stoppas. Problemet är emellertid hur det ska göras. En bättre beskrivning av detta finns i skriften *Gruvdrift under 2500 år* i kapitlet *Avfallet*. Skriften kan hämtas på <https://brukshistoria.se>

De kopparmineral som är aktuella i Sverige är kopparglans, kopparkis och bornit (brokig kopparmalm).

Kopparglans Cu_2S var förr den minst förekommande men mest eftertraktade kopparmalmen i Sverige då det var minst arbetsamt att ta fram koppar ur kopparglans. Kristallerna i kopparglans är från mörkt grå ungefär som bly till en ljusare grå färg. De moderna kopparframställningsprocesserna hanterar i allmänhet alla kopparsulfidmineral så att kopparglansens attraktionskraft har minskat. Det är vanligt att kopparglans är förorenad av järn. Dock är det inte ovanligt att det förekommer silver tillsammans med kopparglans. I Sverige har kopparglans brutits i Glava koppargruvor i Värmland och i Hällefors silvergruvor i Västmanland bröts silverhaltig kopparglans.

Kopparkis CuFeS_2 är det vanligast förekommande mineralet i svensk kopparmalm. Kopparkis är en kemisk förening mellan koppar, järn och svavel och kristallerna har en ljus mässingsgul färg. Kopparkis kan ibland vara förorenad av små mängder silver, guld, indium, tallium, selen och tellur. Kopparkis förekommer vanligast tillsammans med andra sulfidmineral som blyglans med kemisk formel PbS , zinkblände med kemisk formel $(\text{Zn,Fe})\text{S}$, magnetit (svartmalm Fe_3O_4) eller järnsulfider som svavelkis och magnetkis. Kopparkis förekommer i mindre form i hela Sverige men i särskilt stor skala förekommer den i Bergslagen och i Skelleftefältet och bryts nu i Aitik koppargruva i Lappland och kopparkis har brutits för kopparframställning i Falu gruva, Saxberget i Dalarna, Riddarhyttan samt Ljusnarsberg i Västmanland.

Bornit eller det mer beskrivande namnet brokig kopparmalm Cu_5FeS_4 är en mineral som liknar kopparkis men är bronsfärgad i färsk brottypor som snabbt blir röda eller blå. Den är en viktig malmmineral i Nord- och Sydamerika men finns även i Sverige fast i mycket små mängder tillsammans med annan kopparmalm. Bornit förekommer bland annat i Åtvidaberg, Falun och Ljusnarsberg.

Processerna i kopparverket.

Tekniken för framställning av koppar ur kopparmalm i Sverige från den tid då koppar började brytas är än så länge okänd, det finns inga bevis ens när malm började brytas i svenska gruvor. Genom arkeologiska fynd har det indikerats att kopparmalm bröts så tidigt som 300-talet före Kristus i Garpenberg och att kontinuerlig gruvdrift var igång från 400-talet efter Kristus. För Falu koppargruva har man nu antagit att gruvbrytning startade under 800-talet men det första kända omnämmandet kom 1288 när en ny delägare redogjorde om ett köp av en andel. Beskrivningar om hur kopparmalm bearbetades började komma först på 1500-talet och från dessa beskrivningar kan man endast gissa hur kopparmalm processades tusen år tidigare. Troligtvis gick både teknikutveckling och teknikspridning så mycket långsammare än de gör idag vilket gör det medeltida sättet att framställa koppar i stora drag kan duga som beskrivning av de sätt som användes från början.

Sovring.

Den först åtgärden med bergmassorna som kommit från gruvan är att sovra malmen vilket innebär att rensa bort ofyndigt berg (berg som inte innehåller något malmmineral) från berget som brutits och transporterats upp från gruvan. Större bergblock slogs sönder med slägga eller hammare till mindre bitar som granskades och sorterades av kvinnor och barn. Bitar av ofyndigt berg eller bitar med obetydliga mängder kopparmalm

på sig kastades bort på varphögar och malmstycken samlades i tunnor för vidare bearbetning. Om vatten fanns tillgängligt kunde de krossade bitarna tvättas före granskningen vilket gjorde det lättare att se skillnaden mellan gråberget (det ofyndiga berget) och malmen. Arbetsplatsen för sovringen kallades då ofta för vaskverket.

Gruvorna låg oftast långt borta i vildmarken och endast gruvarbetarna och deras familjer var bosatta i närheten av gruvorna. Därför arbetade många av gruvarbetarnas hustrur och barn i sovringen eftersom den nästan alltid gjordes vid gruvorna eller i deras närhet så att man undvek att frakta gråberget långa sträckor.

Sovringen var dyrbar eftersom den var tidsödande och krävde många människor. Det gjordes många försök att mekanisera sovringen men det dröjde en bit in på 1900-talet innan den manuella sovringen kunde ersättas. Dessutom var metoden inte särskilt effektiv, vid flera gruvor fick man fram ny malmkälla genom att sovra om de gamla varphögarna.



Kvinnor och barn som år 1903 sovrar malm vid Kantorps gruva. Vid Kantorps gruva bröts järnmalm från 1866 till 1967 men vid sekelskiftet 1900 sovrades både järn- och kopparmalm på likartat sätt. Foto efter gammalt vykort som nu finns på Järnvägmuseet.

Kallrostning.

Sulfidmalmer är besvärliga att bearbeta då de genom sin bildning får många olika metallers sulfider och flera föroreningar som blandas in i kopparmalmen. Därför krävs flera olika processer för att stegvis göra sig av med de oönskade ämnena. I det stora hela går processerna ut på att genom upphettning och med luftens syre oxidera kopparen och de metaller man inte önskar behålla för att därefter reducera kopparen under en reducerande upphettning i ugn få den i metallisk form medan övriga metaller binds till slaggen som tappas av separat.

Det inledande steget var kallrostningen av kopparmalmen. Rostningen gjordes i äldre tider utomhus i en grop i marken, underst lades ett lager av torr ved och ovanpå veden ett lager av kopparmalm som täcktes av ett lager av malmgrus som kallades gruvsylta eller bara sylta. Veden antändes och branden fortsatte upp i malmlagret där svavlet i malmen också fungerade som bränsle. Brandens intensitet reglerades av syltan, brann det för häftigt skyfflades mer sylta på rosten, om branden var för liten skrapades sylta av rosten. Kallrostning pågick knappt två månader och under den tiden omvandlades metallsulfider till metalloxider och svavlet till svaveldioxid som lämnade rosten som en tjock vit rök. I denna rök avgick även arsenik- och antimonoxider vilka härstammade från föroreningar i kopparmalmen. Röken hade kraftigt stickande lukt och

var synnerligen ohälsosam och lade sig som en dimma runt rostningsplatsen där den också förstörde all växtlighet. Därför lades helst rostningsplatsen vid gruvområdet där få bostäder var placerade. Vid Falu gruva var placeringen olycklig för rostningsplatsen gränsande direkt mot staden. Det enda positiva var att trähusen blev impregnerade mot röta av svaveldioxidröken.

De tidigare använda rostgroparna ersattes med tiden av antingen så kallade pyramidrostar eller rostbåsar. Pyramidrosten byggdes upp av vedbotten på vilken man lade växelvis lager av malm och kolstybb i form av en pyramid. En skorsten av trä placerades mitt i pyramiden som sedan täcktes av sylta. Veden antändes och pyramidrosten sköttes som en kolmila och svaveldioxiden jämte övriga avgaser lämnade rosten genom skorstenen. Rostbåsar bestod av avlånga utrymmen med tre gråstenväggar som ved och malm lades mellan med täckande sylta. Veden antändes vid öppningen av stenmuren. Senare förbättrades konstruktionen med en stentunnel från väggen mitt emot rostbåsets öppning som ledde till en trälada vilken fungerade som ett enkelt filter. När svaveldioxidröken svalnade fastnade rent svavelpulver på ladans väggar. Svavlet kunde exempelvis säljas till svartkruttillverkare i stället för att förorena trakten kring rostplatsen.



Tre delvis raserade rostbåsar för kopparmalm i Kopparberg.

Smältning.

Den rostade malmen transporteras till kopparhyttan som hade placerats där det finns tillgång till vattenkraft för att bland annat driva ett stampverk (krossverk) där den rostade malmen krossas till småbitar. Malmen ska smältas i en ugn och metalloxiderna reduceras med hjälp av kol.

Ugnarna som används för smältning av kopparmalm är låga schaktugnar med en speciell konstruktion och kallas sulu-ugnar. Till skillnad från ordinära ugnar är härden stor och sticker ut en liten bit framför ugnens främre vägg (bröstet) så att det blir enklare att hantera slaggen som flyter på smältan i ugnen.

Kopparsmältning genererar mycket stora mängder slagg och det vinnas mycket tid om slagghanteringen underlättas. I ugnens bakre vägg sitter flera formor (munstycken för att blåsa in blästerluft) i nedre änden av schaktet alldeles ovanför härden.

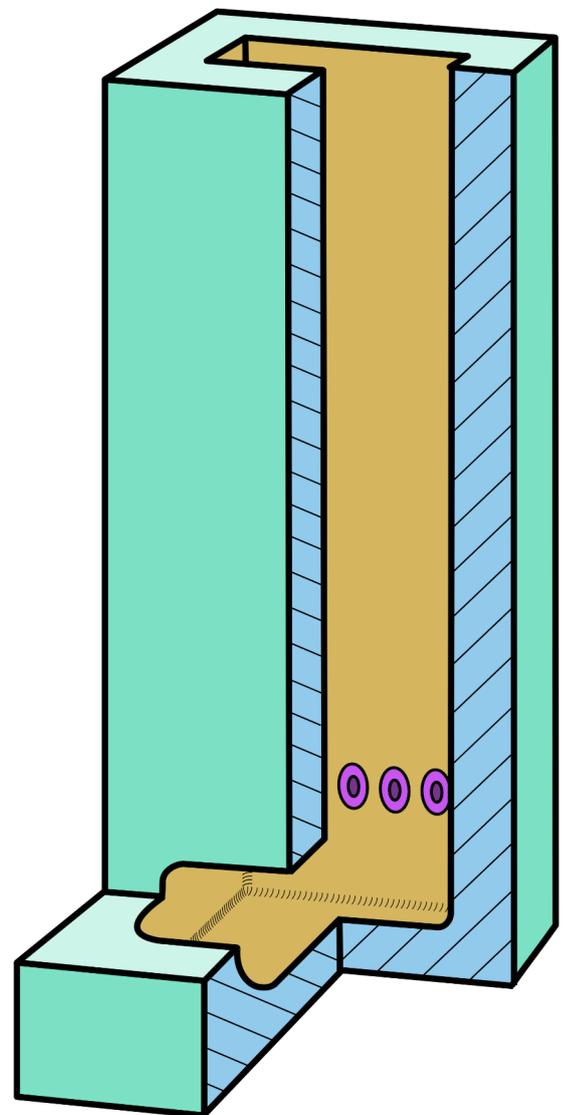
Blästerluften genererades i begynnelsen av vattenhjuldrivna luftpumpar med läderbälgar men från 1830-talet började vattenturbindrivna roterande blåsmaskiner av Bagges typ användas. Närmare beskrivningar av bälgar och blåsmaskiner finns i skriften *Järn och stål* av samma författare och kan hämtas på <https://brukshistoria.se>

I schaktet fylls kol som antänds och blästerluften släpps på. När ugnen är uppvärmd beskickas (laddas) med rostad krossad malm och flussmedel. Flussmedlet som även kallas slaggbildare ska förena sig med bergarterna som följt med malmen och göra dem till en lättfluten massa som kan avlägsnas som slagg. Det är viktigt att slaggen är lättfluten så att även de minsta koppardroppar kan tränga igenom slaggtäcket i härden annars stannar de i slaggen och kastas bort på slaggvärpen. Kalksten var ett vanligt flussmedel.

Sulu-ugnen beskickas med kol, malm och flussmedel ungefär tre till fyra gånger per timme och en smältning pågår under ett till två dygn. Uttag av slagg måste göras ofta. Genom att ett stycke av härden sticker ut i kall luft kommer slaggen där att kylas av och stelna och kan plockas ut som en kaka utan att processen behöver påverkas.

Om kopparmalmen endast hade bestått av kopparglans torde det ha räckt med en smältning i sulu-ugn för att råkoppar i härden men malm i Sverige innehåller nästan alltid så mycket kopparkis och järn att härden i sulu-ugnen fylls av skärsten, komplexa föreningar av koppar, järn och svavel.

Skärstenen tappas ut ur sulu-ugnen på golvet och får stelna som en kaka. Skärstenen ska betraktas som koncentrerad malm som blivit av med allt ofyndigt berg. Nu återstår att ta bort svavlet och järnet. När skärstenen svalnat slås den sönder i bitar för att rostas på nytt för att oxidera allt svavel.



Snitt av sulu-ugn för kopparsmältning.

Vändrostning.

Denna rostning genomförs i rostbås som liknar dem som användes vid kallrostningen. I ett skjul med mycket otäta väggar men ett absolut tätt tak finns en lång rad med rostbås där skärstenen ska rostas. Taket är viktigt för att skydda rostningen från regnvatten och snö. Genom springorna i väggarna ska svavelröken försvinna. Inte bara svavelröken ska försvinna utan även svavlet ur skärstenen.

I ett rostbås läggs en vedbädd och ovanpå den ett lager av sönderslagen skärsten och veden antänds. När det brunnit färdigt och skärstenen svalnat slås den sönder i ändå mindre bitar. Under tiden har rostbåset invid laddats med ved och den nyss sönderslagna skärstenen vänds därpå tillsammans med kolbitar för att kompensera för den mindre svavelmängden och ny rostning startas med att veden tänds. Detta upprepas tre till fyra gånger med sönderslagen skärsten som tillsammans med kolbitar vänds på ny vedbädd för ytterligare en rostning. Därefter granskas massan och de delar som fortfarande är dåligt rostade får göra ny vända i de tre föregående vändorna. Det betyder att vändrostningen sker i mellan minst fem och åtta omgångar i rostbåsen. Tiden för vändrostningen varierade beroende på hur hårdrostad skärstenen var men i allmänhet omkring en och en halv månad

Så gott som allt koppar och järn har då oxiderats och då återstår endast en reducerande smältning och en överföring av järnet i slagg innan kopparen har renats från de stora föreningarna.

Smältning i råkopparugn.

Råkopparugnen liknar sulu-ugnen men brukade vara mindre eftersom slaggmängderna var mycket mindre och kolförbrukningen följer med ugnstorleken. Arbetssättet med råkopparugnen liknade arbetet i sulu-ugnen men i huvudsak skulle smältningen i råkopparugnen resultera att skärstenens järn överfördes till slagg. Råkopparugnen beskickades tre till fyra gånger per timme med skärsten, kol och som flussmedel kvartsrika mineral som band järnoxider till slaggen. För att förhindra att järn reducerades ur slaggen och gick tillbaka till kopparsmältan tillsattes en liten mängd rik kopparmalm som bildade ett tunt skikt av kopparrisk svavelmetall som lade sig ovanpå kopparsmältan. Detta skikt av svavelmetall kallades trottsten togs bort vid den sista slaggtömningen när smältningen i råkopparugnen avslutades. Den slagg som råkopparugnen skapade var kopparrisk och återfördes därför för smältning i sulu-ugnen.

Råkopparen innehåller 90-95 % koppar och resten består av allehanda metaller där järn, bly, nickel, vismut, tenn, antimon och arsenik finns med de största mängderna.

Garning.

Garning är en rening av råkopparen i en garhård, en ugn med en skålformad hård och formor som blåser blästerluften rakt mot smältans yta i ugnen. Detta får de lättoxiderade metallerna att oxideras och bilda en slagg på den flytande kopparen, slaggen kallas krats. Kratsen skrapas av och de förorenande metallerna lämnar kopparen.

Det har påpekats tidigare att flytande koppar lätt löser syre och andra gaser i atmosfären och därför ska man undvika hålla flytande koppar från ett kärl till ett annat. Därför har det utvecklats uppfinningsrika metoder för att tömma garhärden på kopparsmälta.

En metod var att hålla en skvätt på smältan och få ytan att stelna och lyfta upp den stelnade kakan. Så upprepas sättet till garhärden tömts.

Ett modernare och tidsbesparande sätt är att försiktigt skopa upp kopparen från härden och att fylla en form där kopparen stelnar till en tacka.

Inte bara förorenande metaller oxideras av den kraftiga blästern, även en mindre mängd koppar oxideras och oxiden blandas in i kopparen vilket gör den spröd och osmidbar. Den garade kopparen duger till att legera till mässing men för renaste smidbara koppar ytterligare en rening, så kallad hammargarning. Detta görs i en mindre garhård med en forma som inte riktas mot kopparsmältan och eldas med träkol. Kolet reducerar kopparoxiden till koppar. Man tar ut små prover av kopparen under hammargarningen som provsmids. När provsmidet ger tillfredsställande resultat avbryts processen och kopparen utsätts för momentet polning. Den utförs genom att kopparen omrörs med färska björkstötar. De avger reducerande gaser som kolväten, koloxid och vätgas som direkt återför resterna av kopparoxid till koppar. Kratsen som bildats skrapas bort från kopparytan. Kratsen från garning och hammargarning är mycket kopparrisk och återförs till smältning i råkopparugnen. Den hammargarade kopparen göts sedan till koppartackor eller smiddes till plåtar.

Kopparframställning med torra metoden.

Med hammargarning har alla stora föroreningar förts bort från kopparen och den är så ren så den kan användas för alla praktiska tillämpningar. Kvar är endast de nära mikroskopiska föroreningar av silver, guld, platina och andra ädla metaller.

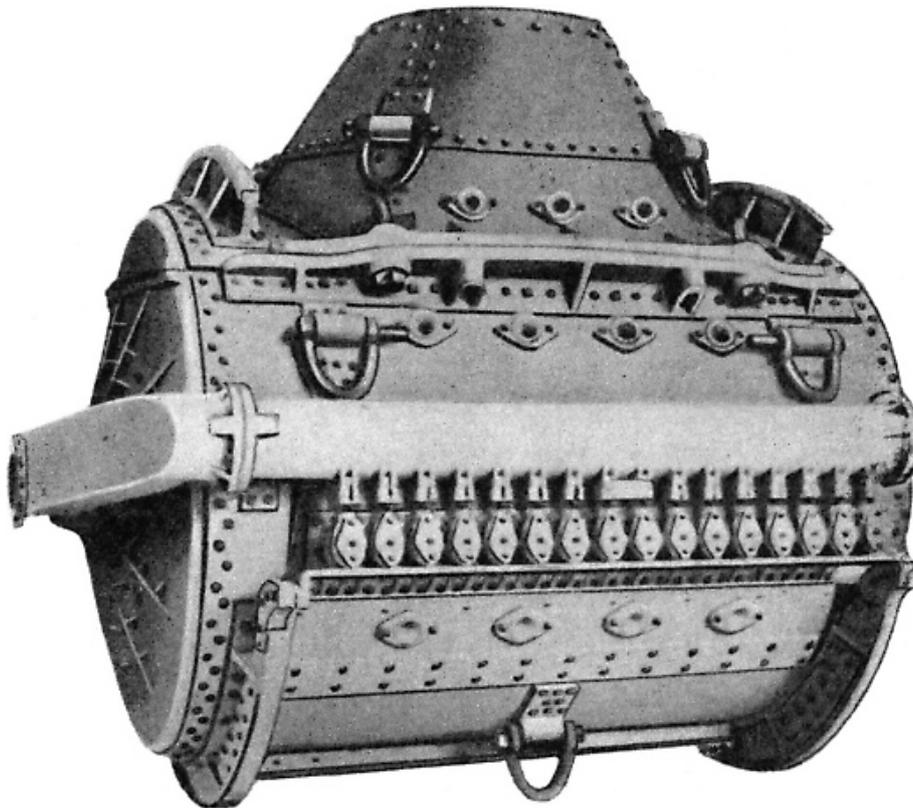
Med de beskrivna processerna framställdes koppar så gott som det lät sig göras men det var dyrt. Förlusten av kopparmineral genom de stora slaggmängderna gjorde den omöjligt att processa fattiga malmer. Den totala verksamhetstiden från malm till ren metall var i storleksordningen ett halvt år, massor av människor var verksamma under den tiden och det gick åt fasansfulla kolmängder i alla delprocesser. När principen för denna metod var den enda använda hade den inget eget namn men den fick namnet den torra metoden när det började utvecklas ett sätt att överföra kopparmalm till vattenlösliga salter som lakades fram ur finkrossat malmförande bergarter.

En annan uppfinning som kom från England under den andra halvan av 1700-talet var flamugnar som var mer ekonomiska än schaktugnar då de var bränslesnålare och kunde använda orena och billigare bränsle än träkol. För en flamugn förgasas bränslet på ett ställe och gaserna leds in i ugnen där de förbränns. Fasta föroreningar

i bränslet kommer inte i kontakt med smältan i ugnen och kan inte heller förorena smältan. Flamugnarna på gjordes 1860-talet regenerativa, det vill säga förbränningsluften förvärmades med hjälp av avgaserna och därmed sänktes driftskostnaderna ytterligare för ugnarna. Beskrivningar av flamugnar och andra ugnstyper finns i skriften *Järn och stål* av samma författare och kan hämtas på <https://brukshistoria.se>

Under den andra hälften av 1800-talet började stålverken använda bessemerkonvertrar för stålframställning genom att spola tryckluft genom en smälta av tackjärn och oxidera lagom mycket kol för att göra stål av tackjärnet. Samma typ av process började också att användas vid kopparframställning då smält skärsten behandlades i en liggande cylinder med en infordring av kvarts genom att tryckluft blåstes genom smältan under ett par timmar. Skärstenens svavel och järn oxiderades, svavlet lämnade smältan som svaveldioxid och järnoxiden bildade tillsammans med infordringens kvarts en slagg som hölls ut. Infordringen frättes ut ganska snabbt och måste ofta bytas ut. Oxidation av svavel och järn tillräcklig gav värme för att hålla smältan flytande. Processen ger en så kallad blisterkoppar eller råkoppar med ett innehåll 98-99 % ren koppar.

Processen skapades på 1870-talet av den franske industriledaren Pierre Manhès och hans ingenjör Paul David vilka sedan gradvis förbättrade metoden som dock hade svagheter att snabbt förbruka den sura infordringen av kvarts. Denna olägenhet löste amerikanerna William H Peirce och Elias AC Smith med sitt patent från år 1909 genom att använda basiskt infordringsmaterial och hålla i kiselsand i konvertern innan skärstenssmältan hölls i.



Baksidan av kopparkonverter av Manhès-Davids typ (de senare av Peirce-Smith typ ser nästan likadana ut). Överst är skorstenen och mitt i en rad med 15 former för tryckluft. Tippades konvertern framåt tappades slagg och kopparsmälta ut ur skorstenshålet. Bild från Wikipedia.

Koppar med den våta metoden.

Det ligger nära till hands att tro på ett samband mellan kopparbeläggning på järnföremål i koppargruvors gruvvatten (vatten som läckt in i gruvan) och kopparframställning med den våta metoden. Gruvvattnet innehåller lösta kopparsalter och järnet blir joniserat och går i lösning medan koppar samtidigt reduceras och faller ut som ren metall. Detta hade upptäckts redan på 1620-talet i Falun och arbetssättet började praktiseras i Falu koppargruva i slutet av 1770-talet och bidragit med en liten del av gruvans kopparproduktion. Utfällning av koppar från gruvvattnet avslutades ungefär 1825 på grund av för låg kopparhalt i gruvvattnet.

Problemet med den våta metoden låg i sättet att snabbt omvandla kopparsulfidmalmen till vattenlösliga salter. I den mest praktiserade våta metoden bestod processen av tre delar, malmen rostades, kopparsalter lakades ut och koppar fälldes ut i fast form.

Den våta metoden utvecklades först för Saltviks kopparverk i Östergötland som byggdes under slutet av 1860-talet och stod driftklart 1869. Först behandlades malmen först på samma sätt som i den torra metoden. Malmen grovkrossades och rostades i pyramidrostar eller rostbås. Därefter finkrossades malmen till storleken av småsten och blandades med vanligt salt (NaCl) och rostades ännu en gång tills nästan allt svavel förbrukats. Denna gång i en flamugn en ugnstyp där ugnsinnehållet inte kommer i kontakt med bränslet utan endast flammen av den brinnande gasen. Rostningen överför nästan all koppar i malmen till kopparklorid (CuCl_2) och kopparsulfat (CuSO_4) som båda är vattenlösliga. Gaserna som lämnade rostmassan under rostningen leddes in i botten av ett torn fyllt med koks. I tornet droppade vatten ned från toppen genom koksmassan och blandades med de uppåtstigande avgaserna från ugnen och bildade saltsyra och en liten del svavelsyra. Vattnet med syrablandningen, kallad tornsyra, samlades upp i botten av tornet och användes senare till lakningen.

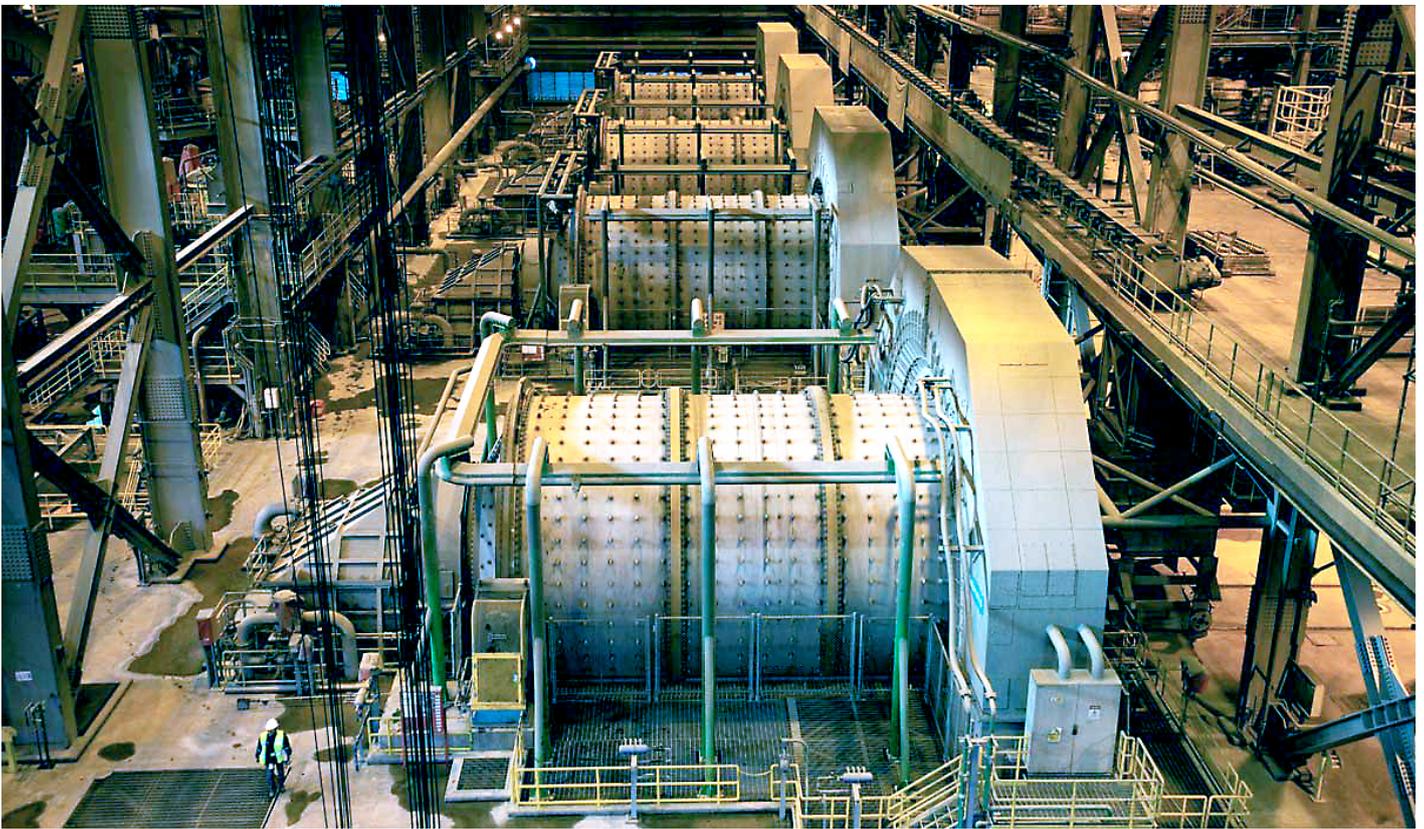
Den färdigrostade malmen placerades i ett stort träkar som gjorts syrabeständigt. De äldsta karen hade givits en tjock bstrykning av tjära eller beck, senare användes kar som fodrats med blyplåt på insidan. Därpå fylldes karen med tornsyra så att den rostade malmen täcktes av vätskan. Efter ett par dygn hade kopparsalterna lakats ut (lösts upp) och lakvätskan pumpades över till ett kar med järnskrot. I detta kar reducerades kopparn i de lösta salterna till metall och järnet oxiderades och gick i lösning. Den metalliska kopparn fastnade på järnytorna som ett vitt pulver vilket kallades cementkoppar. Cementkoppar innehåller omkring 80 % koppar och resten utgörs till största delen av järn. Kopparpulvret torkades och smältes senare och genomgick någon form av raffineringsprocess innan det göts till koppartackor. Den våta metoden var mycket snabbare än den torra och det gjorde kopparframställningen mycket billigare. En extra fördel var att förlusterna av koppar var mycket mindre, avfallet efter kopparframställningen innehöll endast ett par promille koppar. Detta gjorde att fattigare malm kunde användas med god ekonomi.

Kopparframställning med anrikning.

Den modernaste metoden att utvinna koppar ur malm är att som första moment använda anrikning som går ut på att finmala den kopparmalmförande bergarten till fin sand och sortera ut kornen med malm och på detta sätt öka metallhalten (göra malmen rikare). Kopparmalmen kan vara förorenad med andra malmer som också därefter kan sorteras ut. Det betyder att annan metallutvinning ur samma mineralmassa kan dela på kostnaden för brytning och anrikning. Själva anrikningen består av en metod där metallmineralkornen har eller givits någon egenskap som skiljer dem från de andra sandkornen. Magnetiska material kan utskiljas med magnetfält, extratunga mineral kan sorteras ut genom att sjunker snabbare i vatten eller kan mineralkorn ges flytkraft i vatten, en metod som kallas flotation och vanligtvis används till kopparmalmer. Flotation används numera för att anrika många andra malmer.

Den bergmassa som brutits i gruvan grovkrossas och finkrossas i separata krossverk till en storlek som småsten. Om något bergblock är för stort för att gå in i grovkrossen sprängs det sönder. I underjordsgruvor är det normalt att placera krossverken under de nivåer som malmen bryts och malmen tippas ned i störtshakt till krossarna för att i bästa fall slås sönder mot botten i schaktet. Därefter transporteras det krossade berget upp till anrikningsverket med bandtransportörer, truckar eller skipprar (tunnor för att hissa upp malm och berg). Beskrivning av lämpliga krossverk och kvarnar finns i skriften *Gruvdrift under 2500 år* av samma författare och kan hämtas på <https://brukshistoria.se>

Ovan jord mals bergmassan till storleken av fin sand eller grovt damm i stora roterande kvarnar kul- eller stångtyp där malkroppar av stålklott eller stålstänger används. Vid malning i sådana kvarnar slits också malkropparna mycket och lämnar järnpartiklar i den malda massan och för kopparmalm som innehåller guld försvårar järn utvinningen av guld och därför används malkroppar bestående av grövre stenar av den malm som ska malas. Sådana kvarnar kallas autogena kvarnar eller stenkvarnar. Efter malningen sällas malgodset och för stora korn matas tillbaka till kvarnen igen.



Fyra kulkvarnar på rad i ett anrikningsverk. Foto från Wikipedia.

Flotation genomförs med det finmalda godset (malmer och gråberg) som blandas med vatten och kemikalier som påverkar mineralkorn olika. Önskas en typ av mineralkorn hydrofobt (vattenavstötande) tillsättes en kemikalie som häftar vid mineralkornet och förhindrar vatten att blöta kornytan. Blåses tryckluft in i botten av flotationskärlet kommer luftbubblor att fästa vid de hydrofoba mineralkornen och lyfta dessa till ytan där de lägger sig som ett skum. Skummet faller ner från eller skrapas bort från vattenytan och därmed har den önskade mineralen separerats från blandningen. Skummet pressas för att bli av med vatten och torkas därefter. Vanligtvis består skummet av endast ett metallmineral men beroende på de tillsatta kemikalierna kan flera mineral ingå i skummet vilka sedan smälts som första steg i metallframställningen.

Den kvarvarande vattenblandningen pumpas över till nästa flotationskärlet i en rad av kärlet. Här kan nästa typ av mineralkorn göras hydrofobt med en ny kemikalie och den separeras och hanteras på samma sätt. Så fortsätts tills alla metallmineral som man vill ta hand om har tagits ut malmen och resterna blir kvar i det sista kärlet som avfall. Avfallet består till allra största delen sand men innehåller också mindre mängder av andra mineraler. Blandningen av sand, mineraler och kemikalier kallas anrikningssand och den pumpas ut på en sanddeponi och täcks med vatten för att förvaras på säkert sätt då den oftast innehåller sulfidmineral som måste skyddas mot vittring.

Anrikning är ett mycket arbetseffektivt sätt att använda för metallframställning för att minska de långa transporterna av gråberg från gruvorna om anrikningsverk placeras vid gruvorna men de kvarnar som används är effektslukande monster som egentligen bara kan drivas med elkraft. När elenergin storskaligt börjat genereras och distribueras kunde anrikningsverk placeras på rätta ställen och endast malmkoncentrat, slig, behövde transporteras längre sträckor.

Det första anrikningsverket i Sverige anlades 1901 i Kallmora järngruva med magnetisk separering men det dröjde länge innan kopparmalm anrikades i ett fungerande anrikningsverk. I Falun byggdes 1926-1927 ett anrikningsverk som avskiljde bly, zink och svavelkis genom flotation. På 1960-talet började man avskilja kopparkoncentrat och 1987 togs guld och silver undan före flotationen. År 1993 lades anrikningsverket ned i samband med att gruvverksamheten stängdes.



Ett flotationskärl sett uppifrån visande skumbildningen. Axeln mitt i kärlet är en omrörare. Bild från Wikipedia.

Resultatet efter anrikning med flotation är att man har ett antal separerade koncentrat av enskilda metallmineral vilket gör framställningen av de enskilda metallerna enkel då de inte stör varandras kemiska processer. Dessutom riskerar metaller med mycket låg koncentration i malmen inte att helt enkelt kastas ut med avfallet. Detta medför stora fördelar särskilt vid brytning av sulfidmalmer som vanligtvis innehåller många olika metaller med stora olikheter vad gäller koncentrationen.

För kopparmalm håller sligen från flotationen en kopparhalt på 20-30 % och sligen rostas för att minska svavelhalten. Sedan smälts sligen i en ljusbågsugn tillsammans med sand som slaggbildare. Den skärsten som bildas innehåller ungefär 40 % koppar och blåses en gång i en kopparkonverter varvid allt järn omvandlas till järnoxid och försvinner med slaggen. Kvar blir endast kopparsulfiden som kallas vitmetall. Vid en andra blåsning omvandlas vitmetallen till råkoppar med 98-99 % ren koppar.

Ungefär 60 % av all framställd koppar används inom elteknik och elektronik där den främsta egenskapen att leda elektrisk ström. Ledningsförmågan försämrar mycket då kopparn inte är helt ren. Därför har garningen av koppar ersatts av en bättre metod som praktiskt taget ger 100 % renhet. Kopparen raffinerar genom elektrolys, en gjuten tacka av råkoppar sätts in som en anod (pluspol) i en elektrolyt och elektrisk ström skickas genom elektrolyten. Kopparjoner vandrar från anoden och avsätts på katoden som 100 % ren koppar. Vidare kommer föroreningar i råkopparanoden som guld, silver, platina och så vidare bilda ett slam under anoden och kan hämtas ut ur slammet.

Kopparbrytning i Sverige.

Kopparmalm har brutits sedan mycket länge i Sverige, exakt hur länge sedan vet vi inte för dokumentation saknas. Inga skriftliga antydningar på runstenar om gruvverksamhet eller andra skrivna berättelser från vikingatiden finns ej fast det verkar tydligt att kopparbrytning redan då hade startat i Sverige.

I Gruvsjön i Garpenberg fann man i bottensedimenten år 2017 lager som till sammansättningen överensstämmer med kopparmalmen i gruvan i Garpenberg. Genom pollenanalys tidsbestämde lagret i bottensedimentet till cirka år 400 före Kristus. Gruvan i Garpenberg är såvitt nu är känt Sveriges äldsta gruva och är fortfarande i drift och de malmer som bryts innehåller zink, silver, bly, koppar och guld. Gruvbrytning

i Garpenberg blev tidigast omskriven på 1300-talet. Efter hand har fler malmkroppar upptäckts på malmfältet men de har knutits samman med orter så att de tillsammans ändå betraktats som en gruva. I Garpenberg finns också anrikningsverk för gruvans egna behov men som även anrikat åt andra gruvor.

Falu gruva som tidigare kallades Stora Kopparberget och ändå tidigare under medeltiden Tiskasjöbergs gruva är välkänd och Sveriges mest betydande gruva. Den omnämndes i skrift redan 1288 då det kungjordes att en andel av gruvan bytt ägare och därför fram till 1900-talet räknades som världens äldsta aktiebolag. Gruvan framställde koppar på 800-talet efter Kristus och kanske skapades redan på 700-talet. Gruvan hade sin storhetstid på 1600-talet då den stundtals producerade två tredjedelar av världens kopparförbrukning. Kopparn från gruvan finansierade Sveriges krig under stormaktstiden och om detta var positivt eller negativt för Sverige får andra debattera, i denna skrift drivs inte debatten. Nedgången för gruvan inleddes med ett stort ras 1687 som skapade Stora Stöten där flera gruvhål försvann och tre stora dagbrott förenades. Ytterligare ras inträffade som slutligen resulterade i ett jättehål 1,6 kilometer i omkrets och 95 meter djupt. Gruvan stängdes 1992 och den enda kvarvarande verksamheten är tillverkning av Falu rödfärg av rester från varphögarna. I falutrakten fanns flertal kopparverk och från 1960-talet ett anrikningsverk för koppar.



Stora Stöten vid Falu gruva, hålet efter den rasade gruvan. Runt kanten av hålet finns gruvbyggnader. Foto Arild Vågen.

Ett annat viktigt område för kopparbrytning i Sverige är orten Bersbo i Åtvidaberg. Här ska kopparbrytning i mindre skala ha startat i slutet av 1400-talet och fortsatt in på 1500-talet men då hamnade i en törnrosasömn som varade till 1740-talet då koppartillverkning startade med omsovring av varphögarna och läns-pumpning av de övergivna gruvhålen. Kopparbolaget började muta in kopparfyndigheter i bygderna runt om Åtvidaberg och mot slutet av 1700-talet satsades på ny teknik som börjat utvecklas bland annat sprängning med hjälp av krut i stället för tillmakningen och förbättring av stånggångarna för vattenpumpningen. Genom köp och byten skapades kring gården Adelsnäs ett av de största fideikommissen i Sverige som säkrade kopparverkets tillgång till skog och de anställdas matförsörjning vilket möjliggjorde koppartillverkningens expansion. Det gick uppåt med en faslig fart för Åtvidaberg och under 1860-talet kulminerade kopparproduktionen som blev en av de två största kopparproducenterna i Sverige sedan gick det nedåt med samma fart som det tidigare gick uppåt. Gruvorna drabbades av ras och kopparmalmen blev fattigare dessutom var det fart i den amerikanska kopparindustrin som framställde billigare koppar. Det är alltid lättare för en företagsledning att visa handlingskraft i medgång än i motgång. Förhoppningar med beslutade åtgärder är alltid större än de resultat de ger. Många gruv- och bruksarbetare blev utan jobb och ett flertal emigrerade till USA för en bättre framtid. Åtvidabergs framtid fanns i skogen, inte som träkol utan som sågat trävirke. Man började tillverka kontorsmöbler i amerikansk stil. När kopparverket brann upp år 1903 försvann kopparframställningen.

Ungefär 30 kilometer nordväst om Skellefteå upptäcktes 1924 guldförande malm på Fågelmynan vid hemmanet Bjurliden som på Generalstabskartan benämnde Boliden och där startade Bolidengruvan. I den ödemark som fanns invid gruvan byggde gruvbolaget ett helt självständigt samhälle upp på klassiskt svenskt bruksmaner som fick namnet Boliden. Bolaget startade 1930 ett smältverk i Rönnskär, utanför Skellefteå, för att bearbeta bolidenmalmen och bildade Boliden AB 1931. Driften av Bolidengruvan lades ner 1967. Boliden driver nu brytning genom dotterbolaget Boliden Mineral AB kopparhaltiga sulfidmalmer i Garpenberg och Aitik samt i fem gruvor i Skelleftefältet, ett malmfält i Skellefteälvens omgivning. Dessutom har Boliden drivit ett flertal nu nerlagda gruvor i Skelleftefältet.

År 1932 hade Boliden lokaliserat en jättelik malmkropp med kopparmalm, guld och silver idet som nu kallas Aitikgruvan. Med den teknik som då existerade var malmen för fattig för lönsam brytning men tekniken blev bättre så att 1968 påbörjades malmproduktionen. Brytningen sker i dagbrott och det gör malmen avsevärt billigare att bryta så trots den låga kopparhalten är brytningen lönsam. Aitikgruvan är en av de största koppargruvorna i Europa och den kan behålla sin ställning eftersom malmkroppen förväntas räcka fram till år 2050. Dagbrottet är ungefär 3,5 kilometer långt, 1,1 kilometer brett och 450 meter djupt. Sligen transporteras med tåg från anrikningsverket i Aitik till smältverket i Rönnskär. Det finns ytterligare en malmkropp i Liikavaara endast ett par kilometer öster om Aitikgruvan som Boliden planerar börja bearbeta och det ger gruvan cirka åtta års utökad livslängd.



Dagbrottet vid Aitiks koppargruva sett från söder. Bild Ny Teknik.

Utvecklingen för gruvor med metallmalmer har under några århundraden gått från väldigt många små gruvor och ett fåtal stora till ett fåtal gruvor och de flesta av dem stora. Det finns nu totalt tolv aktiva gruvor i Sverige, fyra järnmalmsgruvor och åtta koppar- och ädelmetallgruvor. I gamla tider betraktades gruvor och metallindustri som välståndbringande men det allmänna intresset att driva gruvor försvann under 1970-talet. Gruvorna och tung industri började betraktas som bullrande och miljöförstörande. Nu fyrtio år senare när man upptäckt att samhället behöver metaller, just nu kobolt, litium och sällsynta jordartsmetaller har inställningen till gruvor förändrats. Folk anser att gruvor behövs där borta men absolut inte här. Det löser emellertid inga problem för människor överallt har samma inställning. Våra politiker har vissa svårigheter att förklara att några behöver ta emot elände för att samhället ska förbättras. Det är nog fortfarande så att gruvor och metallindustri medför välstånd.