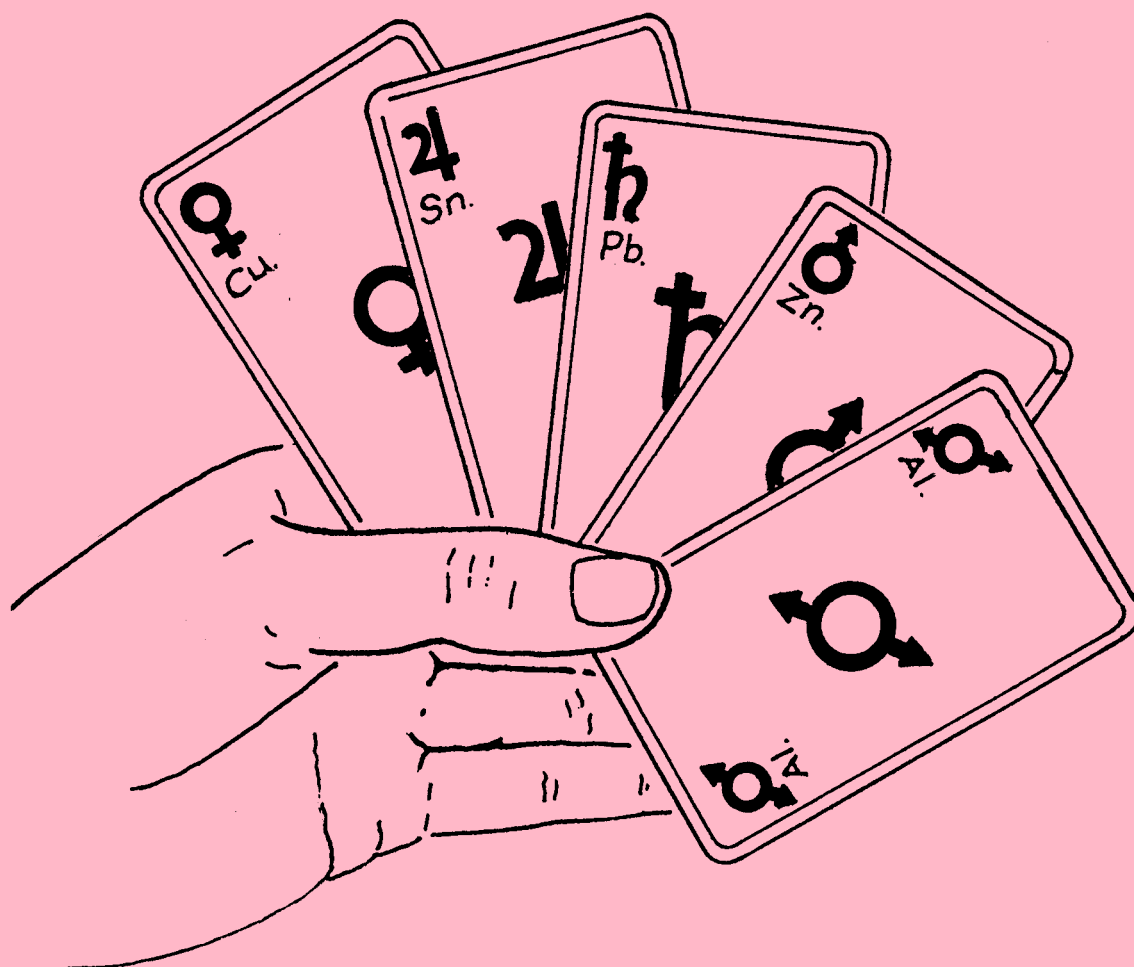


METALLER

för Glidlager



JOHNSON METALL AB

Jan 1987

Metaller för glidlager

Ingvar Essinger, ing, Johnson Metall AB, Örebro

Innehåll	Sid

Kopparbaserade legeringar	1
Vitmetall	7
Gjutjärn	10
Stål	10
Aluminium	10
Önskvärda egenskaper på lagermetall	10
Tillverkningsmetodens påverkan på koppar- legeringens egenskaper	12

Metaller för glidlager

Av: Rudolf Schäfer, Tommy Ahlenbäck, Ingvar Essinger, Johnson Metall, Örebro.

Kopparbaserade legeringar

De ädla metallerna guld och silver förekommer i naturen i relativt ren form. Dessa metaller blev också de, som människan först upptäckte och lärde sig använda. Man uppskattade inte bara de vackra färgerna och den fina glansen utan man lärde sig också mycket tidigt att genom kallbearbetning, smidning, forma metallstycken till smycken och prydnadsföremål.

För 6000 år sedan fann man i askan från en utbrunnen lägereld, stelnade pärlor och små stycken av en ny helt okänd metall - koppar. Runt elden låg stenar, stycken av bergarter med kopparinnehåll, ur vilka det kolnade träet reducerat metallisk koppar. Den nya metallen behandlades på samma sätt som man tidigare gjort med guld och man fann att dess hårdhet ökade under bearbetningen. Denna egenskap utnyttjades då materialet började användas i vapen, verktyg och husgeråd. Man lärde sig också snart att genom upphettning av vissa bergarter utvinna koppar i smält tillstånd i större skala.

Eldhårdiga keramiska material var sedan länge kända och man kunde av dessa tillverka smältdeglar för hantering av metallen. Formar framställdes med hjälp av sand, lera och stenar och när man hällde smält koppar i formens håligheter erhöles avbildningar av formrummet. Koppar blev därigenom den första metall som användes för gjutning.

Nästa steg i utvecklingen kom med upptäckten av en annan bergart, vars innehåll liknade koppar men hade väsentligt bättre gjutbarhet. Kvaliteten på de gjutna föremålen blev också bättre. Denna malm innehöll förutom koppar även tenn och den erhållna legeringen fick sedermera benämningen brons. Grundämnet tenn upptäcktes så sent som på 1500-talet men hade då använts i mer än 4000 år.

Från de första gjutförsöken under primitiva förhållanden för mer än 5000 år sedan har gjuttekniken utvecklats mot mekaniserade metoder som kokill-, press-, centrifugal- och stränggjutning. Anmärkningsvärt är dock att sand fortfarande i stor utsträckning utnyttjas som material i gjutformar.

Nya legeringskomponenter har tillkommit i syfte att förbättra kopparlegeringarna och anpassa dem till marknadens behov av konstruktionsmaterial för olika tekniska ändamål.

Glidlager tillverkas oftast av kopparlegeringar. Anledningen till att just dessa relativt dyra legeringar intar en så dominerande ställning när det gäller glidlagerkonstruktioner är följande:

Kopparlegeringar bildar tillsammans med smörjmedel och motgående material (axel) en film (metalltvål). Denna bildas kemiskt av fettsyran i smörjmedlet och lagermetallen. Resultatet blir en tvålfilm som är kemiskt bunden till metallytan. Brons är ett reaktivt material och bildar med fettsyror lätt metalltvålar med låg skjuvhållfasthet. Sålunda är fettsyran (smörjmedlet) mest effektivt som friktionsminskande medel då metallen kan delta i reaktionen. Se fig. 1.

2.

Förutom glidförmågan eftersträvas också en hög bärighet hos glidlagret. Ju högre bärighet hos lagermetallen desto mindre dimensioner hos lagret kan man tillåta sig och följaktligen också lägre pris p.g.a. mindre materialåtgång.

Vissa kopparlegeringar är särskilt lämpliga med avseende på glidegenskaper och bärighet. De är tillräckligt starka att bära lagerlasten på rimliga ytor utan sättningar eller kantpressning om konstruktionen beräknas efter de normer som föreskrivs.

För tillverkning av glidlager används så långt det går standardlegeringar. Oftast klarar man sig med några få legeringar för att kunna anpassa lagret till de krav som ställs på det.

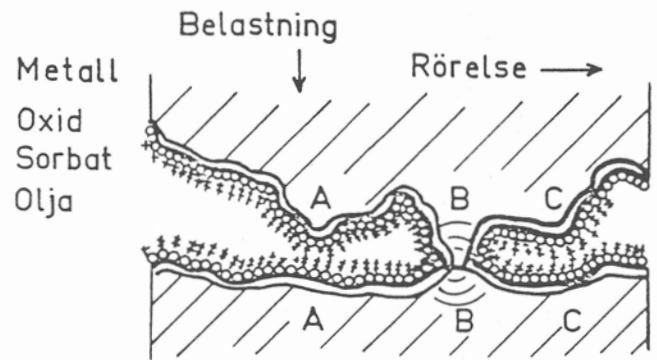
För speciella behov kan halten av de ingående komponenterna ändras, t.ex. kan blyhalten ökas om dålig smörjning föreligger eller nya metaller kan införas.

Om vi nu, innan vi går vidare, tittar på vilka metaller som ingår i lagermetallerna och vilken inverkan de olika komponenterna har på egenskaperna hos det färdiga lagret finner vi att:

Koppar Moder koppar är som kvinnan - vacker, mjuk, formbar, har förmåga att leda värme, kan absorbera små hårda irriterande partiklar, undviker att sära material i närheten utan ger istället i äktenskap med andra metaller sitt allra bästa. Koppar ingår som basmaterial i kopparlegeringarna.

Tenn är en silvervit metall använd i legering med koppar sedan flera tusen år före Kristus men upptäcktes som grundämne så sent som på 1500-talet. Rent tenn är mjukt, har tätheten 7.3 och smältpunkten 232° C. Det har som rent tenn mycket begränsad teknisk användning men har i legering med koppar god inverkan på koppars egenskaper. Med ökande halt tenn ökar legeringens hårdhet och ökar också hållfasthetsvärdena. Tennhalten i tennbronser för tekniskt bruk varierar från någon procent upp till 15 procent. Bronskristaller med tennhalt över 15 % är mycket hårda och spröda och denna egenskap gör tennbronser mycket motståndskraftiga mot nötning. Beroende på segring vid stelnandet har även tennbronser med 8 - 14 % Sn denna egenskap.

Zink är en blå-vit metall med tätheten 7.1 och smältpunkt 419° C. Den bildar med koppar två typer av kristaller α och β . α -kristallen har god beständighet mot korrosion men kan ej kall- eller varmformas. β -kristallen kan smidas och varmformas men har sämre beständighet mot korrosion. Mässing med α -kristaller kan med 1 - 1,5 % aluminium fås med goda korrosionsegenskaper. Zink är förhållandevis billig och detta gör att mässingslegeringar där zink ingår med c:a 35 % blir billiga utan att ha sämre hållfasthetsvärden. Zink förbättrar nämligen koppars mekaniska egenskaper men gör alltså bestän-



GRÄNSSKIKTSSMÖRJNING

Fig. 1. Fettsyremolekyler häftar vid lagrets och axeltappens yta och tjänstgör som friktionshämmande medel.

digheten mot korrosion sämre om zinkhalten är hög. Eftersom hårdheten ökar med en jämförelsevis hög zinkhalt blir också nötningsbeständigheten bättre, dock inte så god som för tenn-bronser.

Aluminium har tätheten 2.8 och smältpunkten 658°C . De flesta Al-bronser har Al-halt mellan 6 och 10 %. Al-halten ger här ökad hållfasthet och hårdhet. Högre halter minskar förlängningsvärdena och ökar sprödheten. Med Al-halt under 9 % är legeringen smidbar. Med över 15 % Al är inverkan på koppar mycket komplicerad och dessa Al-bronser har mycket begränsad teknisk användning.

Al-brons kan värmebehandlas till en hårdhet av 200 - 220 HB.

Egenskaperna hos Al-brons påminner mycket om de hos mässing, men Al-bronserna är överlägsna vad gäller korrosionsresistens på grund av att aluminium mycket snabbt oxiderar på ytan och sålunda överdrar sig med ett tunt skikt av Al-oxid.

Nickel är vanlig i bronser. I halter upp till 2 % har den mycket liten inverkan på bronserna och får räknas in i kopparhalten. I högre halter ska nickel redovisas. Nickel ökar kylningshastigheten och minskar kornstorleken. Legeringens mekaniska egenskaper förbättras och nickel användes i Al-bronser i halter om 4 - 5 % för att förbättra resultatet av värmebehandling.

Järn har inverkan på kornstorleken genom att utgöra kärnor för stelningen. Ju flera kärnor desto flera kristaller och bättre hållfasthetsegenskaper på grund av den finkorniga struktur som erhålles.

Bly blandas ibland i kopparlegeringar. Man bör säga blandas, ty bly legerar sig inte med koppar. Tätheten är 11.3 och smältpunkten 327°C . Bly blandas i legeringar för att förbättra skärbarheten vid skärande bearbetning. 1 - 1,5 % bly är tillräckligt för att vara spånbrutande och sålunda öka skärhastigheten. Bly kan också tillsättas en legering för att göra den trycktät. Rödmetaller har för detta ändamål 3 till 6 % bly.

För glidlager tillsättes bly i halter upp till 20 % till bronser för att öka filmbildningen och säkerhetsmarginalen om smörjningen skulle avbrytas. Blykristallerna är nämligen skivformade och de glider därför lätt över varandra. Den låga smältpunkten gör också att blyet verkar smörjande.

En legering med hög blyhalt blir mjuk och tolererar därför inträngande partiklar och snedställning av axeln. Man förlorar i gengäld bärighet.

De vanligaste kopparlegeringarna för lagerändamål

Dessa legeringar kan grovt delas upp i tre grupper, nämligen rödmetall, brons och mässing. Karakteristiskt för rödmetall jämfört med gruppen brons är den ringa tennhalten. Karakteristiskt för mässing är den höga zinkhalten. Gruppen brons kan delas upp i tennbronser, bly-tennbronser och aluminiumbronser.

Rödmetall

En mycket stor grupp av kopparbaserade glidlagermetaller är rödmetaller eller gun metal, tysk beteckning rotguss. I USA kallas legeringarna Red brass. Rödmetall är flerkomponent-gjutbrons. Den innehåller alltså andra inlegerade tillsatser förutom tenn, nämligen zink och vanligen även bly. Halterna av dessa tre tillsatser tenn, bly och zink ligger under 10 %, vanligen 5-8 %, vardera. Väsentligt för rödmetall är att tennhalten är lägre än den i rena tennbronser. Detta ger rödmetallerna dess särdrag och gör dem till relativt billiga inom gruppen av kopparbaserade gjutlegeringar, beroende på att tenn, som är den dyraste komponenten, ingår med endast några procent.

Sammansättningen i de olika rödmetallegeringarna varierar. De är dock standardiserade i de flesta länder. Antalet rödmetallegeringar har minskat med standardiseringen och denna trend har sedan fortsatt i samband med standardrevisioner inom Svensk Standard såväl som inom ISO, DIN och British Standard. I Sverige är SS 5204 den mest använda rödmetallen.

Hållfasthetsvärdena för rödmetall ligger i klass med gjutjärn men rödmetall är segare. Förlängningsvärdena är höga jämfört med andra koppargjutlegeringar. Rödmetall har också bra glidegenskaper p.g.a. dess blyhalt. En ytterligare fördel är den utmärkta skärbarheten som tillåter höga skärhastigheter. Materialet är mycket kortspånande, där blyhalten fungerar som spånbrytare.

Stelningsstrukturen i rödmetaller är som regel enfasigt uppbyggd av blandkristaller med varierande tennhalt. Tennet är vid denna legeringsammansättning helt löst i koppargrundmassan. Blyet däremot ligger fritt som finfördelat, elementärt bly mellan kristallgrenarna. Varmhållfasthet se fig. 2.

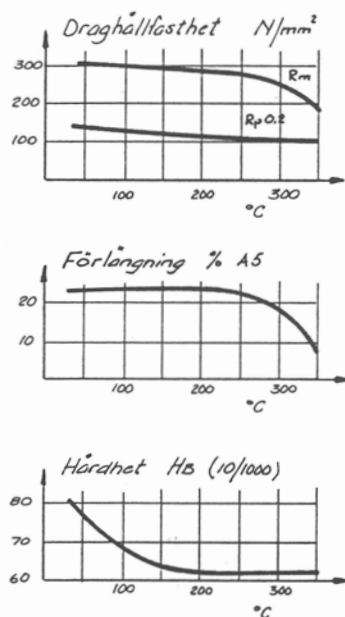


Fig 2. Varmhållfasthet
Rödmetall SS 5204

Tennbrons

Nästa grupp av koppar - gjutlegeringar för glidlager är tennbronserna. Dessa är sammansatta av enbart tenn och koppar. Tennhalten är oftast mellan 10 % och 14 %. Tennbronser som glidmaterial är på sin rätta plats där det gäller mera krävande lagringsfall, främst med avseende på lagermaterialens bärighet och hårdhet. Hårdhet och hållfasthet är högre än i rödmetaller och ökar i viss utsträckning proportionellt med ökande tennhalt i bronzen. I praktiken ökar man tennhalten inte längre än till man uppnått en bästa hållfasthet, som inträffar vid ca 12 % tenn. I tennbronser med högre tennhalt är hållfasthets - och förlängningsvärdena lägre medan hårdheten är högre. Materialet blir alltså sprött med ökande tennhalt.

Mycket sällan och för mera speciella lagerkonstruktioner och där man kan tolerera ett sprött lagermaterial, använder man sig av bronser med hög tennhalt (över 12 %) för glidlager. Man kan urskilja tre typer av gjutna tennbronser med tennhalter 10, 12 och 14 %. Den 10 %-iga bronzen är seg med förlängningsvärdet omkring 18 % och hårdhet ca 90 HB. Med 14 % tenn ligger dessa värden omkring 5 % och 115 HB. 14 %-iga tennbronser kan på grund av sin sprödhet endast med svårighet centrifugal - eller stränggjutats. Tennbrons SS 5465 med 12 % tenn är den vanligaste för glidlager.

Jämfört med lager av rödmetall ställer tennbrons som lagermaterial större krav på smörjning och motgående material men erbjuder, om dessa krav är uppfyllda, en mycket nötningsbeständig lagring.

Ett argument emot användandet av högtennhaltiga bronser är prisnivån för dessa material p.g.a. det höga tennpriset. I ISO och DIN har höglegerade tennbronser försvunnit efter minskad tillverkning i samband med det höga priset för dessa bronser.

I s.k. rundbockade lager användes som utgångsmaterial i vissa fall ett bronsband som valsas till rätt dimension. Här hålles tennhalten till under 8 % då valsbarheten med högre tennhalt är mycket dålig.

Tennbronsers mikrostruktur är tvåfasig, d.v.s. den bildar under stelningsen både en blandkristall av koppar-tenn med selektivt varierande halt av löst tenn samt en hård s.k. koppar-tenn eutektoid. Denna sekundärfas är den bärande och armerande beståndsdel i tennbronser. De höglegerade tennbronserna bildar större mängder och oftast sammanhängande sekundärfasbeståndsdelar som är orsaken till att dessa bronser är spröda.

Varmhållfasthet se fig. 3.

Blytennbrons - blybrons

Två på senare tid tillkomna grupper av glidlagermaterial är blybronser och blytennbronser. Dessa bronser har en blyhalt av upp till 20 % med tennhalt av mellan 5 och 10 %. Blybronser är därför mjuka jämfört med rödmetall och tennbrons.

Hållfasthets- och hårdhetsvärdena är lägre än för rödmetall. Blybronser tillämpas i första hand för glidlager som fordrar mjuka, formbara glidytter. Här får de ofta ersätta lager av vitmetall, som visserligen är ännu mjukare men också känsligare under tillverkningsprocessen. Blybronser ger däremot inga problem, de kan helt normalt maskinbearbetas i serier utan formförändringar i samband med uppsättning i chuck eller automatmaskiner. De tillåter där högsta skärhastigheter samtidigt som spånformen är ytterst gynnsam. Den höga blyhalten innebär mycket korta lätthanterliga spån. Nackdelarna med den höga blyhalten ligger främst i gjutskedet av tillverkningen. Blyoxider är ju giftiga för människokroppen och en stor försiktighet och god ventilation är viktiga åtgärder vid gjutningen. Blyet legerar sig inte med grundmassan utan förekommer i fri form i smältan. Denna egenskap i kombination med blyets höga densitet gör att legeringar med blyhalt över 10 % är synnerligen svåra att centrifugalgjuta med gott resultat. Centrifugalkraften ger blyanhopningar vid ämnets mantelyta och vid efterföljande grovsvarvning bearbetas det blyrika ytterskiktet bort.

Med sina hårdhets- och bärighetsvärden ligger blybronserna mellan vitmetaller och rödmetaller. I lågtenn-haltiga blybronser kan hårdheten hållas så låg som 50 HB och de ansluter sig då ungefär till över gränsen för hårdhetsvärdena för vitmetallegeringarna. Blytennbronser med högre tennhalt är betydligt hårdare. Hårdheten och hållfastheten är där närmast jämförbara med värdena för rödmetaller. Detta relativt höga värden för blytennbronser uppkommer med strukturbildningen i dessa legeringar, som då är 2-fasig. I samband med den 10 %-iga tennhalten får man även här den hårda koppar-tenn eutektoiden i mikrostrukturen, liknande den i tennbronsstrukturen.

De övriga blybronserna är enfasiga i enlighet med mikrostrukturen för rödmetaller, dock med större mängd blyutfällningar, som står i proportion till legeringens blyhalt.

Tre högblyhaltiga legeringar är vanliga för glidlagerändamål nämligen en blytennbrons med 10 % av både tenn och bly (SS 5640), en blytennbrons med 15 % bly och 8 % tenn (DIN 1716, Cu Pb 15 Sn) samt en blybrons med 20 % bly och 5 % tenn (DIN 1716, Cu Pb 20 Sn). Endast den förstnämnda, SS 5640, är standardiserad i Sverige. Högblyhaltiga legeringar kommer knappast att standardiseras hos oss. ISO, DIN och British Standard har dem dock upptagna.

Varmhållfasthet se fig. 4.

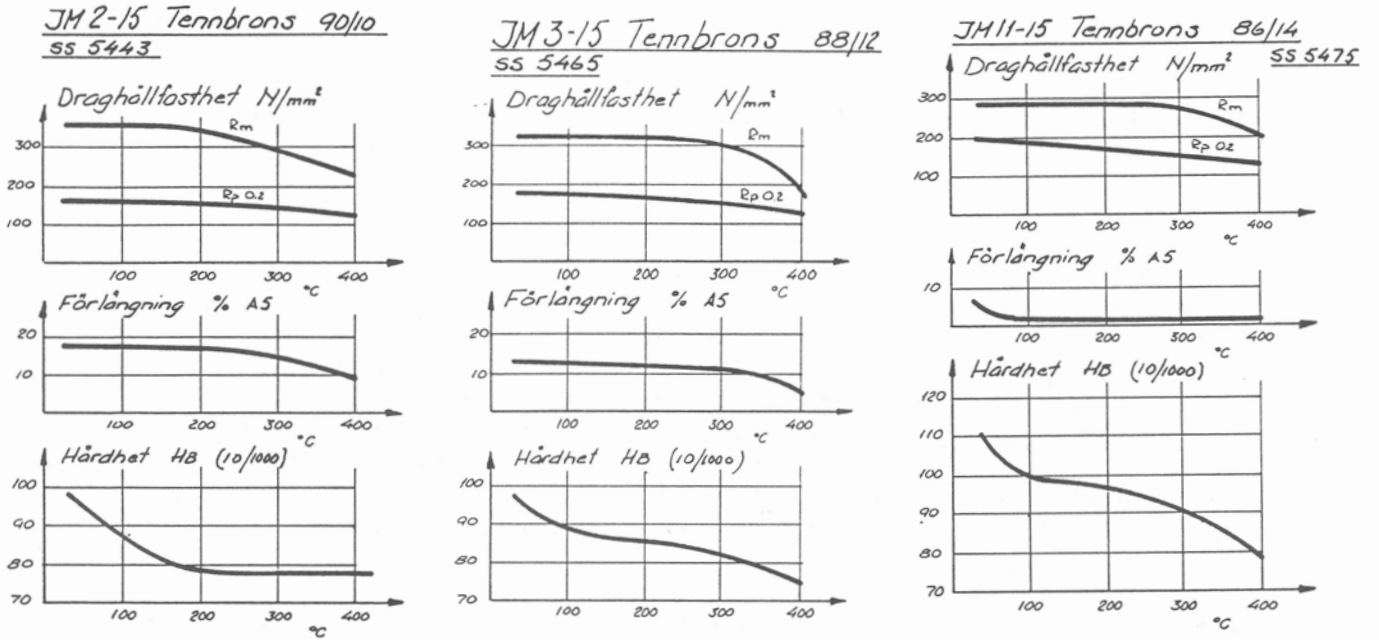


Fig 3. Varmhållfasthet - tennbronser

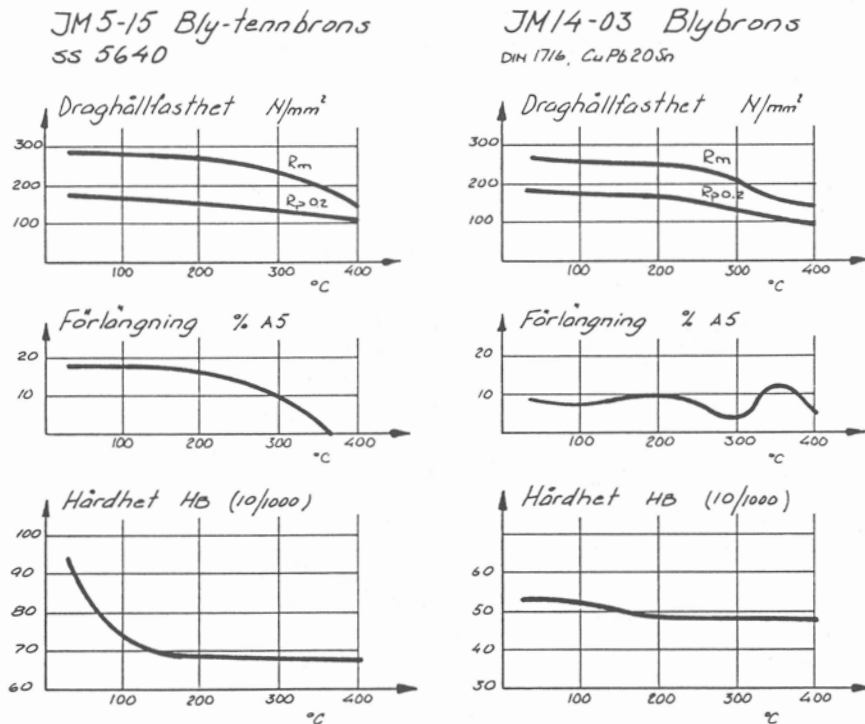


Fig 4. Varmhållfasthet - blybronser

Aluminiumbrons och höghållfast mässing

En mindre del av glidlagren tillverkas i höghållfasta kopparlegeringar, nämligen i höghållfast mässing eller aluminiumbrons. Dessa legeringar har hållfasthetsvärdena näraliggande kolstålets och kräver också god kvalitet (hårdhet, ytfinhet) hos motgående material. För högbelastade glidlager möjliggör dock, vid säkrade smörjningsförhållanden, kopparlegeringars framträdande filmbildningsförmåga att dessa hårda legeringar kan användas i särskilda lagringsfall.

Dessa höghållfasta lagerlegeringar kan delas upp i två grupper. Den med något lägre hårdhets - och hållfasthetsvärden är höghållfast mässing, alltså kopparzink med små tillsatser av aluminium, järn mangan och nickel. Den har en hårdhet av c:a 130 HB, alltså över tennbronsernas. Den andra gruppen är aluminiumbronserna med en Al-komponent av c:a 10 % samt tillsatser av järn och nickel av c:a 5 % vardera. Den har hållfasthetsvärden i klass med stål med hårdhet 150 - 200 HB. De höga värdena måste självfallet beaktas vid bearbetningen, som är jämförbar med bearbetningen av stål. Vid bearbetning av höghållfast mässing underlättas denna av zinkinnehållet.

Vanliga legeringar och också standardiserade i Sverige är höghållfast gjutmässing SS 5256 och aluminiumbrons SS 5710 med 10 % aluminium och 3 % järn samt SS 5716 som förutom 10 % Al och 5 % järn också innehåller 5 % nickel. För glidlager användes som regel den nickelhaltiga typen. Båda legeringsgrupperna, höghållfast mässing och aluminiumbrons, har en flerfasig mikrostruktur och stelningsintervallet är smalt.

Aluminiumbronserna har goda högtemperaturegenskaper och behåller sina goda hållfasthetsvärden i stort sett upp till 200^o C. Slagsegheten är god liksom korrosionsegenskaperna mot syror och havsvatten. Varmhållfasthet se fig. 5.

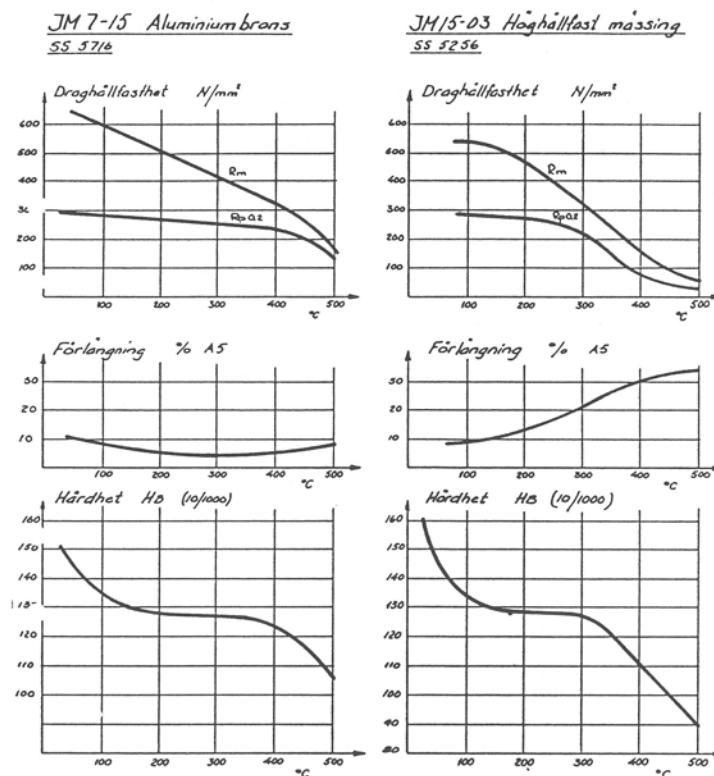


Fig 5. Varmhållfasthet - al-brons och mässing

Sintrade lagermaterial

Till kopparbaserade glidlager-legeringar hör även tenn - och tenn-bly-bronser med fasta smörjmedel i form av inlegerad grafit. Dessa material är ganska mjuka med formbara och smörjande glidytor. Hårdheten är i nivå med vitmetallernas.

De framställes pulvermetallurgiskt som dels löst sintrade och dels tät-sintrade tenn-grafit och tenn-bly-grafit-legeringar. Tenn och blyhalten är i storleksordning 8 - 10 %, alltså liknande gjutna tenn - och bly-bronser, medan grafithalten som regel är lägre med 1 - 7 %. De löst eller poröst sintrade tenn-grafit-bronserna impregneras vanligen med olja, som sedan under drift fungerar som smörjmedel tillsammans med grafiten. Porvolymen i lätt-sintrade tenn-grafitbronser ligger omkring 30 %.

Övrigt

I speciella fall användes som glidlagermaterial ren koppar. I dessa fall är kraven på värmestabilitet och därifrån resulterande krav på god värmeledningsförmåga höga. Man tillverkar för detta ändamål lager i ren koppar med någon syrehalt. Syret som i normala kopparsmältor och legeringar är av ondo binder en del koppar till den kemiska föreningen kopparoxidul Cu_2O . Denna kopparförening ligger olöslig i form av mycket små partiklar i koppar-grundmassan, som på så sätt bibehåller sin utmärkta ledningsförmåga för värme och elektricitet. Kopparoxidul-partiklarna är betydligt hårdare än kopparn själv och ökar därmed bär-förmågan (armerar kopparn) hos den annars mjuka renkopparmassan.

Vitmetall

Vitmetall-lager var tidigare i allmänt bruk som maskinlager, men har numera i de flesta fall ersatts av lager i brons. Vitmetall, eller babbits som det ofta kallas efter upphovsmannen av en blyhaltig vitmetall, är en legering bestående av tenn, bly och antimon med oftast små koppar-tillsatser. Tenn - såväl som blykomponenten kan variera mellan 10 % och 90 % i de vanligaste vitmetallegeringarna. Här talar man då antingen om blyhaltiga eller blyfria (högtennhaltiga) vitmetaller samt om varianter med måttliga både tenn - och blyhalter. Antimonkomponenten i vitmetall för lager är i medeltal 10 %, varierande mellan 6 % och 16 %. Kopparinnehåll är inte obligatoriskt i lagervitmetall. Vissa legeringar är helt utan koppartillsats, medan den varierar i andra lagervitmetaller mellan 0,5 % och 0,7 %.

Vitmetall-glidlager tillverkas nästan uteslutande genom gjutning. Uppsmältning och gjutning av vitmetaller fordrar endast liten värmemängd. Denna omständighet samt den goda glidförmågan gynnade användandet av vitmetall-lager i tidiga lagerkonstruktioner. Man avslutade då maskintillverkningen av glidlagren med pågjutningen av glidytan på de förarbetade stål-lagerhalvorna utan större risk för värmeåverkan på dessa och ofta också med mycket enkla uppvärmningsanordningar. Tillverkningen av vitmetallager kan efter dessa förutsättningar betecknas som hantverksmässig. Statisk gjutning är den vanligast förekommande gjutmetoden. Slugggjutning förekommer också. Som bärare av den pågjutna ömtåliga vitmetallytan användes med fördel låg-kolhaltigt stål, gjutjärn, brons eller mässing. Pågjutningen av vitmetallskikt på dessa material går till på följande sätt:

Den förarbetade lagerdetaljen fästes på ett för pågjutning lämpligt och

åtkomligt läge i en fixtur där en kärna motsvarar axeln. Utrymmet mellan lagerdelen och kärnan skall vara tillräckligt stor för att metallsmältan lätt skall kunna flyta ut, men ej så stort av stelningen blir för långsam.

Vid långsam stelning sker en ogynnsam segringskristallisation i samband med de stora densitetsskillnaderna i legeringskomponenterna. Arbetsmån för bearbetning av glidyten måste naturligtvis inräknas.

Förarbeten före pågjutningen är av stor vikt för att erhålla en tillfredsställande vidhäftning mellan den underliggande stålytan och vitmetallskiktet. Förarbetena består av dels avfettning och rengöring och dels av förtenning och flussning av pågjutningsytan. Bra avfettning fås med hjälp av lutning. För rengöring från oxider m.m. är sand - eller stålblästring ett utmärkt sätt. För förtenningen före pågjutning används gärna lödtenn-flussmedelblandning. Pågjutningen bör sedan helst ske i samband med förtenningsuppvärmningen, strax efter förtenningen, alltså i samma uppvärmning.

Efter pågjutningen maskinbearbetas vitmetallytorna till mått samt justeras eventuellt genom skavning på plats. Avrundning och handformning kan också till slut vara nödvändigt för att erhålla ett bra oljeflöde, som är en förutsättning för en optimal funktion av ett glidlager.

I många fall kontrolleras även vidhäftningen av vitmetall-glidskiktet till underlaget noga, oftast med hjälp av ultraljudinstrument. Det är svårt att erhålla en 100 %-ig bindning över hela underlagsytan, men den är nog så viktig för livslängden av lagret. Det har visat sig att vissa material ger bättre vidhäftning än andra, såsom i första hand lågkolhaltig stålplåt. Därefter följer tennbrons och mässing, medan gjutjärn och aluminiumbrons klassas som mest besvärliga som underlagsmaterial. Hållfastheten av bindningen minskar också i samma ordning.

Bindningssvårigheter anses i praktiken som en av de största nackdelarna med vitmetall-glidlager. Värmeutvidgningen i vitmetaller är ungefär dubbelt så stor som för järn och detta minskar ytterligare bindningskraften. För att minska denna inverkan bör vitmetallskikten göras tunna. Samma sak gäller även utmattningshållfastheten. Tunna skikt minskar utmattningsbenägenheten i de för övrigt relativt spröda vitmetallerna.

Bärförmågan i vitmetallen själv är mycket begränsad, då hårdheten i de vanligen använda legeringarna ligger vid c:a 20 HB - 30 HB. Man kan även här kompensera olägenheten med att göra vitmetallskiktet tunt, så att större delen av lagerlasten bärs av det underliggande materialet. Vitmetallager används i snabbroterande lagringar, där driftförhållandena medger hydrodynamisk (full film) smörjning. Dessa lager smörjes med olja och den lastbärande oljefilmen bestämmer lagrets belastbarhet. Lagringar i vitmetall belastas sällan med mer än 1.5 N/mm^2 med undantag från i fordon där belastningen kan vara över 10 N/mm^2 . För lagringar med högre belastning används istället bronslager.

En nyare typ av seriemässigt tillverkade glidlager av compoundmaterial kan eventuellt sorteras in under vitmetall-glidlager. I detta fall rör det sig om rundbockade lager, där en stålplåt är galvaniskt belagd med ett tunt skikt av blyantimon. Dessa tillverkas för bilindustrin.

Användningen av hantverksmässigt tillverkade vitmetaller har minskat betydligt. Framtagningen av blybronser med hög blyhalt har slagit ut många vitmetallager. Glidegenskaperna hos höglegerade blybronser med sin ringa hårdhet och goda filmbildande egenskaper är nästan lika bra som hos vitmetaller.

Helt ersätta vitmetall som glidlagermaterial kan man tills vidare inte. Två stora grupper av förbrukare använder fortfarande detta material. Den ena gruppen är tillverkare av stora maskiner med höga glidhastigheter som samtidigt kräver vibrationsfri gång. Här finner man segment-axiallager, cylindriska lager, citronlager och blocklager för ångturbiner, generatorer, verktygsmaskiner. Dessutom ofta i stora båtmotorer och stävrörslager i fartyg o.s.v.

Den andra gruppen bildas av mera enstaka konventionella tillverkare av blandade konstruktioner, där vitmetallagren är lättare att handskas med vid montering och eventuellt även vid service.

Vitmetallkvaliteterna skiljer sig från varandra genom tenn- och blyhalten. Skillnaden i sammansättningen åtföljs av skillnaden i deras egenskaper samt av en betydande prisskillnad till följd av den stora skillnaden i pris mellan tenn och bly. I praktiken använder man alltså så blyrika och tennfattiga kvaliteter som möjligt, vilka är förenliga med de övriga kraven på slitstyrka, utmattning, slagkänslighet, korrosionsmotstånd, gjutbarhet, lödbarhet-vidhäftningsförmåga. Dessa legeringars olika egenskaper får slutligen också sättas i relation till den önskade eller möjliga godstjockleken av det efter färdigbearbetning kvarstående glidskiktet. Grövre skikt tål inbäddning av smuts och större inträngande partiklar samt har längre "reservliv" vid okontrollerbara axelförskjutningar. Tunnare skikt ger bättre utmattningsskydd vid särskilt sprödare, slitstarka legeringar-

Övriga metaller använda i glidlager

Gjutjärn

Gjutjärn var före brons det vanligaste lagermaterialet. Lagerhuset utgjordes då oftast av maskinstativet i sig självt, i vilket hål för axeln var borrarat och brotschat.

Gjutjärn är tack vare grafithalten en god lagermetall och dess användning är än idag motiverad i vissa fall. Billiga gjutjärnskvaliteter ger i grövre gods en låg hårdhet. Detta tillsammans med den höga halten av fjällgrafit möjliggör filmbildning vid oljesmörjning. Omständigheten att järn har mindre korrosionsmotstånd bidrar också till en förtvålning och filmbildning. Exempelvis ger den svarta sega järnoxidavlagringen i smorda gråjärnslager ett skydd mot hopskärning.

Lageregenskaperna hos grått gjutjärn kan sammanfattas: Billig, låg friktion efter en tids inkörning. Vid hög periferihastighet (> 4 m/s) blir smörjningen besvärlig. Om denna uteblir skär lagret lätt ihop. Olämplig vid belastning över $c:a 6$ N/mm². De bästa lageregenskaperna har perlitgjutgods med $c:a 0,8$ % bundet kol och finfördelad grafite.

max belastning	6 N/mm ²
max glidhastighet	3 m/s
max arbetstemp.	100-500 ⁰ C.
hårdhet	180 HB

Stål

Vid mycket höga yttryck och mycket låg glidhastighet kan lager av härdat stål användas mot en likaledes härdad stålaxel. Med härdade, finslipade, (läppade) ytor på lager och axel och rikligt oljeflöde kan även högre glidhastigheter tillåtas.

Aluminium

Aluminiumlegeringar har hög bärighet, hög utmattningsförmåga och utmärkt värmeledningsförmåga samt god korrosionsbeständighet. De saknar dock inbäddningsförmåga och belägges därför ofta med ett tunt skikt av bab-bits. Aluminiumlager kräver härdade axlar och finbearbetade ytor. Kravet på god smörjning är viktigt ty ett aluminiumlager skär mycket lätt och fastnar då kraftigt på axeln.

Vanliga legeringar på Al-bas är SAE-standardiserade och innehåller 6 % eller upp till 20 % tenn.

Önskvärda egenskaper på lagermaterial.

Erfarenhetsmässigt visar det sig att ett bra lagermaterial bör ha följande egenskaper.

1. God bärighet
2. Plasticitet
3. Hållfasthet mot slag
4. Goda torrfriktionsegenskaper
5. God värmeledningsförmåga
6. God oljebindningsförmåga
7. God slitstyrka
8. Korrosionsbeständighet
9. Rimligt pris
10. Kort leveranstid.

Man upptäcker ganska snart att inget lagermaterial uppfyller alla dessa krav. Valet måste alltså bli en kompromiss där kraven får prioriteras i det enskilda fallet.

God bärighet krävs för att lagret ska kunna bära lagerlasten. Här ställs krav på hållfasthet och hårdhet. Detta betyder att en tennbrons eller aluminiumbrons är att föredra. I gengäld blir lagret känsligt för dålig smörjning och inträngande partiklar samt kräver vid hög belastning en härdad axel.

Plasticitet är värdefull för att lagret ska tåla kantpressning som uppträder i lagerändarna på grund av den nedböjning av axeltappen som belastningen förorsakar. Ett sådant lager klarar också att bädda in främmande partiklar, som tränger in i lagringen. Dessa partiklar repar annars axeltappen. En blybrons eller vitmetall rekommenderas här.

Hållfasthet mot slag är ett krav för lagringar i fordon och entreprenadmaskiner och i många i den tunga industrin förekommande lagringsfall. Hög utmattningshållfasthet är lösenordet här. Tyvärr följes detta av låg plasticitet. En tennbrons är en bra lösning men samtidigt ställs krav på god smörjning, bra tätningar om miljön är smutsig samt en axeltapp av god kvalitet.

Goda torrfriktionsegenskaper innebär att lagret ska vara mindre känsligt för dålig smörjning, d.v.s. "skärningsresistensen" ska vara god. Ett sådant material skär ej lika lätt som andra. Det är obenäget att svetsa samman eller kärva med ett annat material. I detta fall är en legering med högt blyinnehåll eller en vitmetall att rekommendera. En blybrons passar också för vattensmörjning.

God värmeledningsförmåga tillskrives alla bronser. Blyinnehåll minskar värmeledningsförmågan mycket och även tenn har denna effekt men i mindre omfattning. God värmeledningsförmåga minskar risken för lokal överhettning i lagret genom bättre bortledning av friktionsvärmen.

God oljebindningsförmåga är en egenskap som är framträdande hos bronser. En kopparlegering bildar med smörjmedlets fettsyra en metalltvål som har mycket låg skjuvhållfasthet och verkar alltså gynnsamt på friktionen i lagret. Smörjmedelsfilmen häftar fast vid lagermaterialet och är mycket bärkraftig i temperatur upp till omkring 130° C.

God slitstyrka hör ihop med hårdhet. Detta betyder alltså att ett hårt lagermaterial måste väljas. Det bästa härvidlag vore att välja en aluminiumbrons, men då detta ställer andra krav i sin tur, som t.ex. härdad axel och villighet att betala ett högre pris, framträder ofta tennbronson som gynnsammare.

Korrosionsbeständighet är också en framträdande egenskap hos bronser jämfört med gjutjärn och även vitmetall eftersom vitmetallen oftast har stål som underlag. Mässing är känslig för avzinkning i havsvatten. Här tillgripes oftast aluminiumbrons. Fig. 6 och 7 ger en översikt över metallers korrosionsbeständighet.

Rimligt pris är också ett mycket tungt vägande argument. Konstruktören måste vara mycket säker på sin sak för att kunna motivera valet av en dyr lagerlegering istället för rödmetall. Ekonomens uppfattning om rimligt pris överensstämmer inte alltid med konstruktörens uppfattning om rimlig kvalitet.

Som tidigare nämnts spelar legeringens tennhalt en stor roll när det gäller pris. Detta beroende på tennets pris i sig självt. Även ett lager av aluminiumbrons kommer att kosta mera än t.ex. rödmetallagret på grund av legeringens hårdhet, vilket ställer större krav vid bearbetningen.

Fördelaktigt ur prissynpunkt är gjutjärn men väljes detta material måste man vara medveten om dess begränsningar beträffande belastbarhet m.m.

Fig. 6.

Korrosionsresistens i olika media vid rumstemperatur

- A Materialet fullt beständigt
 B Acceptabelt, dock begränsad användbarhet av materialet
 C Materialet bör ej användas

Graderingen kan i praktiska tillämpningar variera p.g.a. lokala förhållanden, såsom ändrad temperatur, koncentration, syresättning och flödes hastighet av korrosionsmediet. Fältförsök rekommenderas för konstruktioner med större korrosionsrisk.

	Legeringar					
	JM1	JM 2 JM 3 JM 11	JM 4 JM 5 JM 14	JM 6 JM 7	JM15	JM100
Aceton, CH ₃ COCH ₃	A	A	A	A	A	A
Acetylen ¹⁾ , C ₂ H ₂	C	C	C	C	C	C
Alkohol ²⁾ , C ₂ H ₅ OH	A	A	A	A	A	A
Ammoniak, NH ₃ , fuktig gas	C	C	C	C	C	C
Ammoniak, NH ₃ , helt torr gas	A	A	A	A	A	A
Ammoniumhydroxid, NH ₄ OH	C	C	C	C	C	C
Ammoniumklorid (salmiak), NH ₄ Cl	C	C	C	C	C	C
Asfalt	A	A	A	A	A	A
Bensin	A	A	A	A	A	A
Bensol (bensen), C ₆ H ₆	A	A	A	A	A	A
Borsyra, H ₃ BO ₃ , -utspädd lösning	A	A	A	A	B	A
Butan, C ₄ H ₁₀ , -gasformig	A	A	A	A	A	A
Citronsyra, C ₆ H ₈ O ₇ , -utspädd lösning	A	A	A	A	A	A
Eter, C ₅ H ₁₀ O	A	A	A	A	A	A
Eldningsolja	A	A	A	A	A	A
Formaldehyd (metanalgas), HCHO	A	A	A	A	A	A
Freon	A	A	A	A	A	A
Furfurol, C ₅ H ₄ O ₂	A	A	A	A	A	A
Fluorvätesyra, HF	B	B	B	A	B	B
Fosforsyra, H ₃ PO ₄	A	A	A	A	C	A
Glykol (etylenglykol), C ₂ H ₆ O ₂	A	A	A	A	A	A
Glukos, C ₆ H ₁₂ O ₆	A	A	A	A	A	A
Garvsyra (gallussyra, tannin), C ₇ H ₆ O ₅	A	A	A	A	A	A
Järnklorid, FeCl-4H ₂ O	C	C	C	C	C	A
Jordgas	A	A	A	A	A	A
Kalciumklorid, CaCl-2H ₂ O (vägsalt)	B	B	B	A	C	B
Kolsyradrycker ²⁾	C	C	C	A	C	A
Koldioxid, CO ₂	A	A	A	A	A	A
Kolsyra, H ₂ CO ₃	C	B	B	A	C	B
Koltetraklorid, CCl ₄	B	B	B	B	B	B
Klorgas, torr Cl ₂	A	A	A	A	A	A
Klorgas, fuktig	C	B	B	C	C	C
Kromsyra, H ₂ CrO ₄	C	C	C	C	C	C
Kopparklorid, CuCl ₂ -2H ₂ O	C	C	C	C	C	C
Kvicksilver, Hg	C	C	C	C	C	C
Kaliumklorid, KCl	A	A	A	A	C	A
Kaliumhydroxid, KOH	C	C	C	C	C	C

¹⁾ Acetylen bildar explosiva föreningar med Cu, om vissa föreningar är närvarande och gasen står under tryck. Legeringar med Cu-halt av < 65 % anses som riskfria. För icke-komprimerad gas kan även andra Cu-legeringar användas.

²⁾ Koppar och kopparlegeringar är resistent mot de flesta livsmedelsprodukter. Ytor som avses komma i kontakt med sådana produkter belägges dock normalt med ett tennskikt.

	Legeringar					
	JM 1	JM 2 JM 3 JM 11	JM 4 JM 5 JM 14	JM 6 JM 7	JM 15	JM 100
Lackfärger	A	A	A	A	A	A
Linolja, rå	A	A	A	A	A	A
Myrsyra (metansyra), HCOOH	A	A	A	A	B	A
Magnesiumklorid, MgCl ₂ ·6H ₂ O	A	A	A	A	C	A
Mjök ²⁾	A	A	A	A	A	A
Natriumbikarbonat, NaHCO ₃	A	A	A	A	A	A
Natriumkarbonat (soda), Na ₂ CO ₃ ·10H ₂ O	A	A	A	A	C	C
Natriumklorid (koksalt), NaCl	A	A	A	A	B	A
Natriumhydroxid, NaOH	C	C	C	A	C	C
Natriumsilikat, Na ₂ SiO ₃ (vattenglas)	B	A	B	A	C	A
Oxalsyra, C ₂ H ₂ O ₆	B	A	B	A	C	A
Propangas, C ₃ H ₈	A	A	A	A	A	A
Salpetersyra, HNO ₃	C	C	C	C	C	C
Saltsyra, HCl	C	C	C	B	C	C
Stearinsyra, C ₁₈ H ₃₆ O ₂	A	A	A	A	A	A
Svavel (fast), S	C	C	C	A	C	C
Svavelklorid, S ₂ Cl ₂	C	C	C	C	C	C
Svaveldioxid, SO ₂ , torr	A	A	A	A	A	A
Svaveldioxid, SO ₂ , fuktig	B	A	B	A	C	A
Svaveltrioxid, SO ₃ , torr	A	A	A	A	A	A
Svavelväte, H ₂ S, torr	C	C	C	B	C	C
Svavelsyra, H ₂ SO ₄ , konc. < 78 %	B	C	B	B	C	B
Svavelsyra, H ₂ SO ₄ , rykande	C	B	C	A	C	C
Sirap	A	A	A	A	A	A
Thinner	A	A	A	A	A	A
Triklöretylen, vätska	A	A	A	A	A	A
Terpentin, C ₁₀ H ₁₆	A	A	A	A	A	A
Vatten, havsvatten	B	A	A	A	B	A
Vatten, dricksvatten	A	A	A	A	A	A
Vätgas, H ₂	A	A	A	A	A	A
Väteperoxid, H ₂ O ₂ , konc.	C	C	C	C	C	C
Vinsyra, C ₄ H ₈ O ₇	A	A	A	A	A	B
Whisky ²⁾	C	A	C	A	C	A
Zinkklorid, ZnCl ₂	C	C	C	C	C	C
Ättikssyra, 20% konc.	B	C	C	A	C	A
Ättikssyra, isättika	A	A	C	A	C	A
Öl ²⁾	B	A	B	A	C	A

Fig. 7.

Uppmätt strömtäthet (A/dm^2) efter 12 veckors exponering i galvaniska celler med olika materialkombinationer och med medelhårt sötvatten från Stockholms kommunala vattenledningsnät vid 25 °C.
Se nedanstående tabell.

	Aluminium SS 4007	Mässing SS 5217	Brons SS 5667	Mässing SS 5170	Armatur- mässing 1 (Al)	Armatur- mässing 2 (Mn)	Rödmetall SS 5204	Koppar SS 5015	Hårdlod Ag-halt, PCu	Mjuklod SnAg ₃	Kolstål	Gjutjärn SS 0125	Rostfr stål SS 2301	Rostfr stål 1803T	Rostfr stål SS 2333	Rostfr stål SS 2343	Zink
Aluminium SS 4007		K ₅	K ₅					K ₅			K ₅		K ₅	K ₄	K ₄		K ₆
Mässing SS 5217	A ₅		A ₆	A ₅	A/K	A ₅	A/K	A ₆	A/K	A ₅		A ₅	A/K	K ₇	K ₇		A ₅
Brons SS 5667	A ₅	K ₆		A ₅	K ₅	A ₆	K ₆	A ₆	A/K	A ₅	A ₅	A ₅	K ₇	K ₇	K ₇		A ₅
Mässing SS 5170		K ₅	K ₅			K ₆	K ₅	K ₅	K ₆	A ₅	A ₅	A ₅	K ₆	K ₆	K ₆	K ₆	A ₅
Armatur- mässing 1 (Al)		A/K	A ₅			A ₅	A/K	A/K	A/K	A ₅		A ₅		K ₇	K ₇		
Armatur- mässing 2 (Mn)		K ₅	K ₆	A ₆	K ₅		K ₅	K ₅	K ₆	A ₅		A ₅	K ₆	K ₆		K ₆	A ₅
Rödmetall SS 5204		A/K	A ₆	A ₅	A/K	A ₅		A ₆	A ₇	A ₅	A ₅	A ₅	K ₇		K ₇	K ₇	
Koppar SS 5015	A ₅	K ₆	K ₆	A ₅	A/K	A ₅	K ₆		A/K	A ₅	A ₅	A ₅	K ₆	K ₆	K ₆	K ₇	A ₅
Hårdlod Ag-halt, PCu		A/K	A/K	A ₆	A/K	A ₆	K ₇	A/K			A ₃	A ₃			K ₇		
Mjuklod SnAg ₃		K ₅	K ₅	K ₅	K ₅	K ₅	K ₅	K ₅			A ₄	A ₄	K ₆	K ₆	K ₆	K ₆	A ₄
Kolstål	A ₅		K ₅	K ₅			K ₅	K ₅	K ₃	K ₄		A ₄	K ₄	K ₄	K ₅	K ₅	A ₄
Gjutjärn SS 0125		K ₆	K ₅	K ₅	K ₅	K ₅	K ₅	K ₅	K ₃	K ₄	K ₄		K ₄	K ₅	K ₅	K ₅	A ₄
Rostfr stål SS 2301	A ₅	A/K	A ₇	A ₆		A ₆	A ₇	A ₆		A ₆	A ₄	A ₄		A/K	K ₇	A/K	A ₄
Rostfr stål 1803T	A ₄	A ₇	A ₇	A ₆	A ₇	A ₆		A ₆		A ₆	A ₄	A ₅	A/K		K ₈	A/K	
Rostfr stål SS 2333	A ₄	A ₇	A ₇	A ₆	A ₇	A ₆	A ₇	A ₆	A ₇	A ₆	A ₅	A ₅	A ₇	A ₈		A ₉	A ₄
Rostfr stål SS 2343			A ₆			A ₇	A ₇		A ₆	A ₅	A ₅	A/K	A/K		K ₉		
Zink	A ₆	K ₅	K ₅	K ₅		K ₅		K ₅		K ₄	K ₄	K ₄	K ₄		K ₄		

Bokstaven A eller K över strömtäthetsvärdet innebär att det material som anges i tabellhuvudet över kolumnen varit anod resp. katod. För kombinationer där polariteten varierat anges A/K. Siffrvärden ≤ 5 har i allmänhet inneburit beaktansvärd galvanisk korrosion.

Ex. A₆ betyder att materialet i tabellhuvudet varit anod, d v s gått i lösning och strömtätheten 10^{-6} A/dm².

Tabellvärdena är tagna från STU-rapport 71-359/U264.

Galvanisk serie baserad på potentialmätningar i medelhårt sötvatten från Stockholms kommunala vattenledningsnät vid 25 °C. Legeringar med korrosions-

potentialer i intervaller +0;22 till +0,28 V är ej ordnade efter uppmätta potentialvärden. Övriga legeringar är ordnade efter fallande korrosionspotentialer.

Material	Korrosionspotential e_h volt	Material	Korrosionspotential e_h volt
Rostfritt stål SS 2343	+0,28 – +0,22	Mässing SS 5170	+0,19
Rostfritt stål SS 2333		Mjuklod	+0,07
Rostfritt stål 1803T		Kolstål	-0,47
Rostfritt stål SS 2301		Gjutjärn SS 0125	-0,48
Koppar SS 5015		Aluminium SS 4007	-0,53
Brons SS 5667		Aluminium SS 4120	-0,57
Mässing SS 5217		Zink	-0,69
Mässing SM 2165			
Mässing Ametal			
Rödmetall SS 5204			
Hårdlod			

Kort leveranstid är ofta lika viktigt som priset. Idag är glidlagerdimensionerna liksom de olika materialkvaliteterna standardiserade och man gör naturligtvis klokt i att välja ett standardmaterial. Det väljes mycket ofta speciallegeringar utan att någon egentligen vet orsaken därtill. Detta fördyrar lagret oerhört. Att välja kromkoppar t.ex. om inte det viktigaste kravet är värmeledningsförmåga är att kasta pengarna i sjön. Mycket ofta väljes dyra och speciella tennbronser därför att man hållfasthetsmässigt vill vara på den säkra sidan. Ur leveranstidsynpunkt är en rödmetall alltid fördelaktig och den räcker i de flesta fall också till hållfasthetsmässigt.

Generellt kan sägas att det är lätt att man lägger för stor vikt på materialets belastbarhet. Om lagret inte är statistiskt, d.v.s. helt stillastående, spelar de övriga ovan nämnda egenskaperna nästan lika stor roll för att man ska uppnå en bra lagerfunktion.

Inte minst betydelse har motgående material som måste passa ihop med det valda lagermaterialet. Ett bra lagermaterial och en dålig axel har mycket små möjligheter att fungera.

Här upprepas alltså att man måste i varje enskilt fall göra klart för sig vilka egenskaper som är viktigast och välja lagermaterial därefter.

Som en sammanfattning ges en tabell med några viktiga egenskaper presenterade, se fig. 8.

Legering Std bet	Sträckgräns N/mm ²	Hårdhet HB	Töjning % A5	Belastbarhet N/mm ²	Belastbarhet vid rör	Temp gräns oC	Kant pressn	Smörjn	Pris index
Vitmet.	30-70	25	3	15-30	10-30	120	++++	.	75-200
Rödmet. SS5204	130	85	25	45	25	250	++	..	100
Tennbr. SS5465	170	110	12	75	30	300		...	140
Blytennbrons SS5640	140	85	13	50	30	250	+++	.	125
Blybr.	110	70	10	40	20	225	++++	.	115
Al.br. SS5716	320	170	16	130	32	400	+	...	140
Mäss. SS5256	250	135	20	100	25	300	+	...	95
Gj.järn SS0120	180	160	<1	90	6	500		...	60

Fig 8. Metaller för glidlager

Tillverkningsmetodens påverkan på kopparlegeringars egenskaper

Glidlager och ämnen för glidlager tillverkas som regel genom gjutning och till största delen utan efterföljande plastisk bearbetning. Några av de för lagringsändamål använda kopparlegeringarna kan dock med fördel vidarebearbetas eller formas på plastisk väg i likhet med andra metalliska material.

Eftersom gjutning till övervägande del är grunden och utgångsläget för produkter i metallegeringar, börjar vi med att titta på olika gjutmetoder och deras inverkan på den färdiga produktens egenskaper.

För gjutning av ämnen till glidlager står följande gjutmetoder till buds: sandformsgjutning, centrifugal gjutning, stränggjutning, statisk kokillgjutning och pressgjutning.

Sandformsgjutning som är den klassiska gjutmetoden, är användbar för alla slags kopparbaslegeringar. Fördelen med denna gjuterimetod är den fria konstruktionsmöjligheten för komplicerade detaljer. Efter gjutningen har man "allt i ett" färdigt på detaljen, utan svets eller nitförband, med exempelvis fästkonsoler och förstävningar m.m. Denna speciella fördel med sandformning är dock inte så efterfrågad för glidlagerkonstruktioner.

Materialkvaliteten av "sandgods" kan vara mycket varierande beroende på främst godstjockleken av detaljen. I grovt gods med relativt stora metallmängder kan stelningsmekanismen i den ingjutna smältan förändras, särskilt i segringsbenägna legeringar. Dessutom måste man räkna med en glesare metalltätthet i grövre tvärsnitt p.g.a. smältans volymminskning i samband med stelningen. För själva glidegenskaperna hos ett glidlager är denna minskning av tätheten inte skadlig. Man måste dock räkna med att lagrets belastbarhet blir nedsatt.

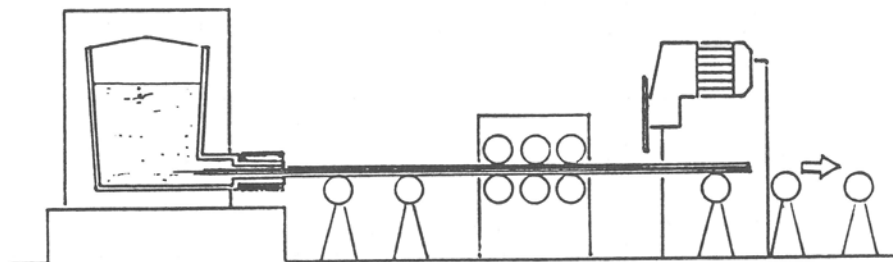


Fig 9. Stränggjutningsmaskin

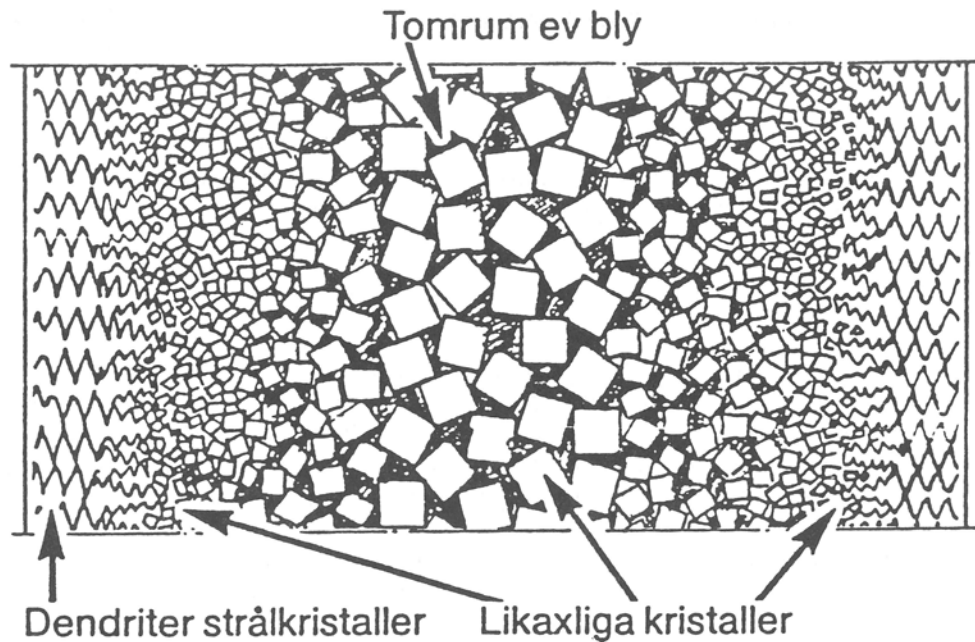
Stränggjutning, se fig. 9, av kopparbaslegeringar är en gjutmetod som betyder stora rationaliseringar och mekaniseringar inom gjuteribranschen, liksom också vid gjutning av stål och andra metallegeringar. Man har här en nästan kontinuerlig process, obefintlig metallåtergång och godsytter som fordrar endast små bearbetningspålägg. Man slipper formning och kapning av gjutsystem samt rensning.

Förutom den ekonomiska fördelen ger stränggjutningsmetoden en väsentligt mycket bättre kvalitet på gjutgodset än vad sandgjutningen ger. Godset blir tätare, då den kontrollerade kylningen ger en ändrad mikrostruktur

gentemot den i sandgjutet material. Denna kylningsmetod innebär att tätzonens djup, d.v.s. strålkristallernas (dendriternas) utbredning från gjutgodsets yta och inåt, blir större. Stränggjutet gods blir därför tätare och värdena på hållfasthet och hårdhet blir också högre. Nästan alla praktiskt använda kopparlegeringar kan stränggjutas. I vissa speciellt höglegerade legeringar kan dock segeringar uppstå och förlängningsvärdena sjunker något. Se fig 10.

En ytterligare fördel med stränggjutning för glidlagermaterial är betingad av godsformen. Stränggjutgods föreligger i form av stänger och rör som lämpar sig utomordentligt väl för serietillverkning av glidlager utan alltför stora flänsar i automatmaskiner. "Godset är drygt".

TÄTZONER HOS GJUTGODS



Tätzonens djup

Sandgjutgods	Centrifugal- och stränggjutgods
1-3 mm	6-20 mm

Tätzonens djup ökar

vid centrifugaljutning p g a högt matningstryck
(~50 G)

stor kylhastighet

(stål eller kopparcockill)

vid stränggjutning p g a stor kylhastighet

(vattenkyld grafitkokill)

Fig 10. Tätzoner hos gjutgods.

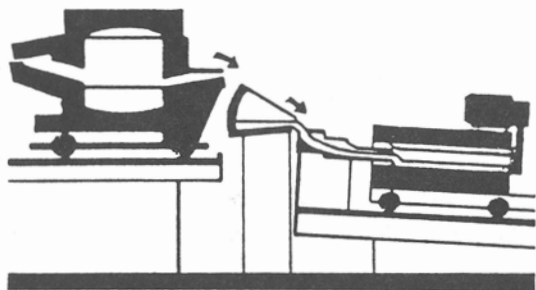


Fig 11.
Centrifugal gjutningsmaskin
för horisontell gjutning.

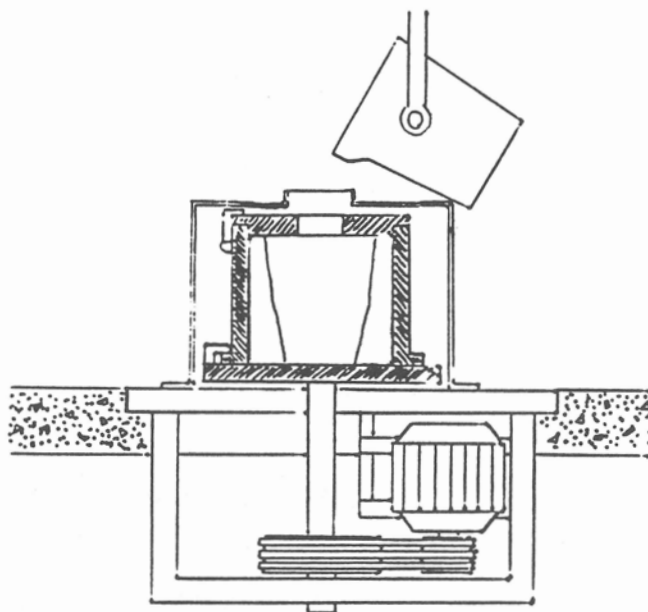


Fig 12.
Centrifugal gjutningsmaskin
för vertikal gjutning.

Vid centrifugal - eller slunggjutning, fig. 11 och 12, utnyttjas centrifugalkraften i kvalitetsförbättrande syfte, som p.g.a. den höga densiteten hos kopparlegeringar ger en betydande effekt. Metallsmältan avgjutes i roterande, kylda formar, "kokiller", och i smältan separeras de lätta delarna till den inre gjutdiametern.

Därefter stelnar den täta metallsmältan i styrd riktning mot den inre gjutdiametern. Den inre delen av godset samt några millimeter, beroende på dimension, på ytterdiametern bearbetas bort efter gjutningen och godset lagerhålls och levereras i ett stort antal för halvfabrikat lämpliga diameter - och längddimensioner.

Kvalitetsmässigt uppnår man också med centrifugal gjutning en bättre hållfasthet jämfört med sandgjutning. Hållfastheten blir i klass med stränggjutet gods. Om centrifugeringseffekten och styrningen av stelningsen utnyttjas på rätt sätt blir godset också tätt och porfritt. Bildningen av mikrostrukturen är något avvikande gentemot den som bildas vid stelning av stränggjutgods. För att riktigt förstå strukturbildningen vid centrifugal gjutning måste man känna till begreppet segring.

Kort beskrivet innebär segring att metallegeringen stelnar inom ett brett temperaturintervall och därvid får kristallerna vid stelning en sinsemellan varierande analys. Vid exempelvis koppar-tenn legeringar har de kristaller som stelnar först en lägre tennhalt än genomsnittsanalysen och de sist stelnande en högre tennhalt. Kristallen har en något högre densitet än icke-stelnad smälta, varför de bildade kristallerna hela tiden av "centrifugalkraften" vandrar genom smältan ut mot periferin. Detta innebär två saker, nämligen 1) att den stelnade kristallen tränger undan den smälta metallerna som tryckes in mot centrum varför "matningen" blir i det närmaste idealisk och bidrar till ett tätt gods. 2) Den mot centrum tryckta smältan anrikas hela tiden på tenn och den sist stelnade kristallen får en högre tennhalt än genomsnittet. Den del av ämnet som normalt kommer att utgöra slityta mot axeln d.v.s. innerytan får stor slitstyrka.

Skillnaden i tennhalt mellan ytter - och inneryta vid ett centrifugal-gjutet ämne kan uppgå till 2 - 3 %. Dendritzonen, d.v.s. de yttersta delarna av gjutgodset, får dock genom sin ytterligt snabba stelning en tennhalt mycket nära genomsnittsanalysen. Finns bly med i smältan påverkar detta inte vad som sagts ovan, då blyet inte legerar sig i brons utan existerar som blandning. Däremot påverkas blyet av "centrifugalkraften" så att blyhalten blir något högre i periferin innanför dendritzonen än i innerytan.

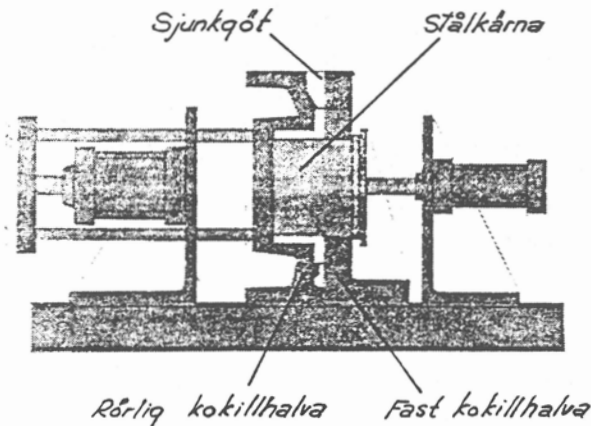


Fig 13. Statisk kokillgjutning.

Statisk kokillgjutning, fig. 13, förekommer i liten omfattning för gjutning av glidlager. Gjutformen är i detta fall också permanent av metall liksom formar eller kokiller för centrifugal gjutning. Vanligen är kokillerna av gjutjärn eller stål. Man kan gjuta relativt stora serier i en och samma kokill, om metallsmältan inte fordrar alltför hög gjuttemperatur. I praktiken torde ekonomiskt sett de största fördelarna ligga vid gjutning av smältor med temperatur under 1000°C och helst omkring 900°C , alltså för gjutning av mässing och eventuellt höghållfast mässing. De gjutna ämnena fordrar endast ringa tillägg av arbetsmån.

Mikrostrukturen i kokillgjutgods liknar den i stränggjutgods och består av stråldendriter. Även hållfastheten är i storlek med den i stränggjutgods och alltså väsentligt mycket bättre än hos sandgjutgods.

Fördelen med kokillgjutning av glidlagerämnen är: Det räcker med en enkel gjututrustning. Endast varmhållningsugn och gjutkokill erfordras. Metoden är lämplig för gjutning av glidlager med stora flänsar och utstående eventuellt osymmetriska delar. Kokillgjutna ämnen kan gjutas med betydligt mindre pålagd arbetsmån än vid gjutning i sandform. Samtidigt kan man undvika att arbeta bort stora materialmängder för att göra en fläns. Detta är fallet vid tillverkning av flänslager utgående från tjockväggiga rör, sträng - eller centrifugal gjutna. Vid kokillgjutning kan uppkomma svårigheter med den s.k. "kokillekonomin". Värmebeständigt material samt bearbetning av detta är dyrt.

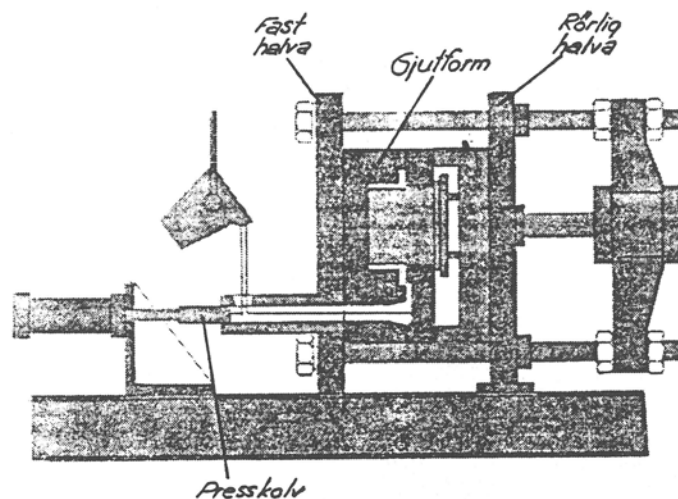


Fig 14. Pressgjutningsmaskin - principalskiss av kallkammarmaskin.

Pressgjutning, fig. 14, av glidlager är tämligen okänd. För pressgjutning av kopparlegeringar fordras omfattande maskinutrustning. Här användes s.k. kallkammarmaskiner för smältor för hög gjuttemperatur som man generellt räknar kopparlegeringarna till.

Material - och tillverkningskostnader för formverktyg gör pressgjutning av kopparlegeringar praktiskt - ekonomiskt försvarbar för material med gjuttemperatur omkring 950°C , exempelvis mässing Cu60Zn40 . Seriestorlek av minst 3000 stycken fordras för att formtillverkningen ska bli ekonomisk. Livslängden för formverktyg räknas mellan 20.000 stycken och 60.000 stycken. Detaljer som avses att pressgjutas bör vara ganska tunna i godset för att undvika utmattningsskador på formväggar, då en eventuell lokal större mängd smälta kan orsaka värmeskador på formväggen.

Mikrostrukturen i pressgjutgods liknar den i stränggjutgods. Gjutnoggrannheten och gjutyornas kvalitet är överlägsna vad som erhålles med andra gjutmetoder.

Plastiska bearbetningsmetoder användes främst i kvalitetsförbättrande syfte för kopparlegeringar. Tidigare har talats om att sträng- och centrifugalgjutning höjer kvaliteten på gjutgodset jämfört med sandgjutning. Plastisk bearbetning höjer kvaliteten i ännu högre grad. Förutom en ökning av hållfastheten blir materialet segare. Rör och bultmaterial, som oftast användes som glidlagermaterial, får dessutom finare ytor och snävare toleranser jämfört med gjutna råmaterial.

Av kopparlegeringarna kan de flesta plastiskt efterbehandlas och man kan då erhålla hög hållfasthet utan att behöva betala för hög tennhalt. Valsad bronsplåt användes för rundbockade lager och tennhalten i denna är mellan 4 och 8 %. Man uppnår genom valsningen av den 8 %-iga tennbronsplåten brottgränsen c:a 50 kp/mm^2 , sträckgränsen c:a 35 kp/mm^2 och en hårdhet av c:a 130 HB, fig. 15. Dragning, fig. 16 av låglegerade tennbronser görs inte med stora materialreduktioner och hållfasthetsökningen är därför inte så påtaglig som vid valsning. Vanligen görs en avslutande blankdragning utan nämnvärd komprimering. Normala tenn- och tennblybronser är dock inte smidbara eller plastiskt formbara. Detta gäller också rödmetaller med normala bly-tenn-zink-halter, men med små halter av dessa legeringshalter kan de i viss mån valsas till plåt eller extruderas till stångämne. Rödmetaller visar alltså ett likartat beteende i fråga om plastisk bearbetbarhet som tennbronser och blytennbronser.

De övriga, volymsmässigt i mindre omfattning för glidlager använda kopparlegeringarna, lämpar sig genomgående och utan inskränkning för plastisk bearbetning.

Aluminiumbronser är smidbara och valsbara. I mindre dimensioner användes extrudering medan man valsar de större p.g.a. att materialet sliter formverktygen hårt. Ökningen av hållfastheten i aluminiumbronser i samband med plastisk bearbetning är inte så påfallande som hos tennbronser, men metoden användes allmänt för tillverkning av ämnen för glidlager. Vill man utnyttja ett glidlagers bärighet till det yttersta är det lämpligt att valsa/extrudera höglegerade, redan hållfasta aluminiumbronser.

Som en gynnsam följd effekt av den plastiska bearbetningen ökar bearbetbarheten i skärande bearbetning av valsat/extruderat material, trots att dessa har högre hållfasthet gentemot gjutna material. Vid låghållfasta kopparlegeringar är detta av mindre betydelse, men vid annars svårbearbetade aluminiumbronser är denna "biverkan" mycket fördelaktig under maskinbearbetningen.

En ökning av hållfastheten till mera än det dubbla visar också mässing av olika slag efter valsning, extrudering och smidning/varmpressning. Mässinglegeringar är mindre vanliga som glidlager, men det bör nämnas att mässing är särskilt lämplig för extrudering/strängpressning, som då kan ge alla därmed sammanhängande fördelar med små godstjocklekar och låga kostnader p.g.a. lätt formbarhet och låg materialkostnad.

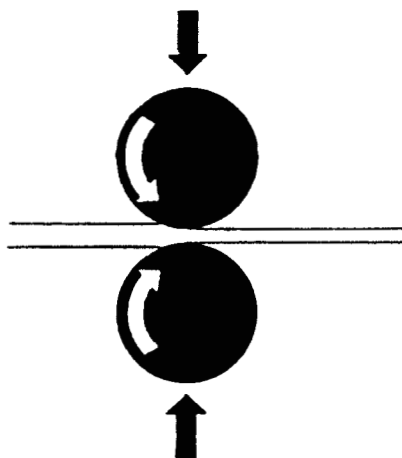


Fig 15. Valsning.

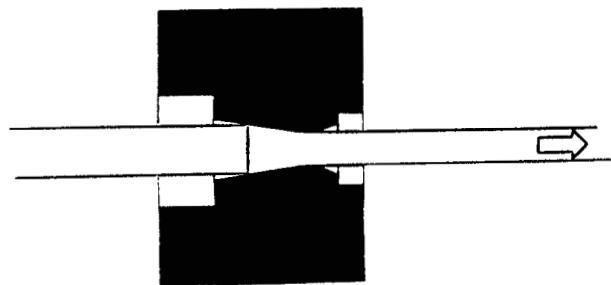


Fig 16. Dragning.

