KOMPENDIUM

I

GASSVETSNING

AV

J. AVERSTEN
CIVILINGENIÖR

FEMTE UPPLAGAN

[redacted]
000020
000020

Ivar Hæggströms Boktryckeri AB.
Stockholm 1955

Förord

Undervisningen i svetsning vid centrala verkstadsskolor samt kommunala och vissa enskilda anstalter för yrkesundervisning bedrives i enlighet med Svetskommissionens »Program för svetsundervisningen vid lärlings- och yrkesskolorna». Samma program ligger även till grund för den undervisning i svetsning, som meddelas i de av Kungl. Överstyrelsen för yrkesutbildning anordnade omskolningskurserna för arbetslösa m. fl. Behovet av en lärobok av lämplig omfattning har därvid starkt framträtt.

Föreliggande av civilingenjör J. Aversten utgivna kompendium, som nu utkommer med sin femte upplaga, är utarbetat med tanke på att fylla behovet av lärobok vid undervisning i gassvetsning enligt Svetskommissionens program. Boken lämpar sig sålunda ej blott för den svetsundervisning, som står under Överstyrelsens kontroll, utan även för annan enligt nämnda program ordnad kursverksamhet. Självfallet bör den även vara av stort intresse för den, som på egen hand vill komplettera sina kunskaper i modern gassvetsningsteknik.

Stockholm i augusti 1953.

RYNO LUNDQUIST

Överdirektör och chef för Kungl. Överstyrelsen
för yrkesutbildning.

Innehåll

Olika svetsförfaranden 7
Karbid, acetylen, gasverk och acetylenackumulatorer 14
Syrgas, syrgasbehållare och dessas handhavande 20
Apparater och tillbehör för gassvetsning 25
Svetslågan 36
Fogtyper, svetsmetoder och svetslägen samt sambandet dem emellan 42
Svetshastighet, gas- och trådförbrukning vid svetsning i mjukt stål .. 53
Hållfasthetsprovningar 58
Krympning och krympspänningar samt deras undvikande vid gas-
svetsning 60
Plåt-, rör- och profilkonstruktioner 69
Provning av svetsar och prövning av svetsare 80
Stålets struktur 92
Grundmaterial och tillsatsmaterial 97
Svetsning av härdbara kolstål och vissa låglegerade stål 101
Svetsning av gjutjärn 103
Svetsning av aducergods 111
Svetsning av rostfritt stål 113
Koppar och kopparlegeringar 115
Nickel, silver och zink 122
Svetsning av bly 124
Lättmetaller 128
Svetslödning, hård- och mjuklödning 137
Påsvetsning 145
Flamhärdning 154
Syrgasskärning, syrgashyvling och syrgasmejsling 156
Utbildning av svetsare 168
Sakregister 172

Olika svetsförfaranden.

Med svetsning menas en metod att sammanfoga likartade metalldelar med varandra genom uppvärmning till så hög temperatur, att delarna kunna smältas eller pressas ihop till ett stycke. Med hänsyn till det sätt varpå hopsvetsningen sker, skiljer man mellan två huvudgrupper av svetsmetoder, nämligen *trycksvetsning* och *smältsvetsning*.

Vid *trycksvetsning* drives upphettningen endast så långt, att arbetsstyckets fogytor antaga ett degigt tillstånd, varefter arbetsstyckets delar pressas eller smidas samman. Vid *smältsvetsning* drives upphettningen så långt, att fogytorna smälta, varpå de hopsmältas med eller utan tillsatsmaterial.

All trycksvetsning kan karakteriseras som *skarvsvetsning*, d.v.s. den har till uppgift att hopfoga två delar av ett arbetsstycke. Smältsvetsmetoderna kunna däremot även ha till uppgift att på ett arbetsstyckes yta bygga upp ett metallskikt eller en metalldel genom nedsmältning av tillsatsmaterial och benämnas då *påsvetsning*.

Ett flertal olika svetsmetoder ha kommit till användning. De skilja sig från varandra huvudsakligen genom det sätt, på vilket upphettningen sker. Nedanstående uppställning upptager de vanligaste metoderna.

A. Trycksvetsmetoder:

1. Handvällning i fyr.
2. Vattengassvetsning.
3. Elektrisk motståndssvetsning (stuk-, punkt- eller sömsvetsning).
4. Termitsvetsning.

B. Smältsvetsmetoder:

1. Elektrisk bågsvetsning (med metallelektrod eller kolelektrod).
2. Båggassvetsning (arcatom).
3. Gassvetsning (acetylen-syrgassvetsning, vätgas-syrgassvetsning).

A 1. Handvällning i fyr.

Arbetsstyckets delar upphettas i en kolfyr till ljus rödvärme, varefter de uppläggas på ett städ och pressas mot varandra eller sammanfogas medelst täta hammarslag, se fig. 1.

Fogytorna böra rengöras väl före upphettningen. Sedan arbetsstycket upphettats, beströs fogytorna med ett flussmedel, som upplöser den oxid, som bildats. Ett vanligt flussmedel vid vällsvetsning är kvartssand, ibland tillsammans med borax. Den genom flussmedlets inverkan bildade slaggen pressas vid smidningen bort från fogytorna.

Denna metod för hopfogning av tvenne ståldelar är den äldsta kända svetsmetoden. Den användes numera endast i mindre omfattning, huvudsakligen i smidesverkstäder.

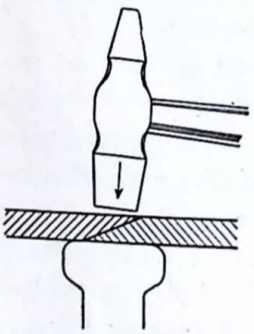


Fig. 1. Handvällning.

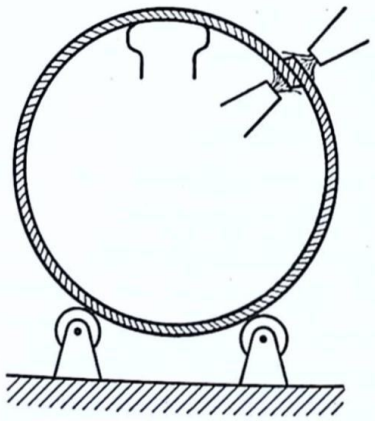


Fig. 2. Vattengassvetsning.

A 2. Vattengassvetsning.

En med fyrsvetsningen närbesläktad metod är vattengassvetsning, som fått sitt namn av att uppvärmningen sker med s.k. vattengas. Denna gas, som består av en blandning av koloxid och vätgas, bildas, om man leder vattenånga över glödande kol.

Den kemiska formeln för denna process är

$$\underset{\text{kol}}{C} + \underset{\text{vatten}}{H_2O} = \underbrace{\underset{\text{koloxid}}{CO} + \underset{\text{väte}}{H_2}}_{\text{vattengas}}$$

Vattengas framställes i större fasta generatorer, varifrån gasen ledes till ett brännarmunstycke, där den blandas med luft. Vid förbränningen erhålles en temperatur på ca 1800° C. Vattengassvetsning kommer till an-

vändning för sådana föremål av tjockare gods, som icke kunna uppvärmas i fyr, exempelvis behållarmantlar, grövre rör o.d. I fig. 2 visas schematiskt, hur vattengassvetsning av större rör tillgår. Genom två brännare uppvärmes ca 200 mm längd av fogen, varefter röret vrides, så att fogen kommer över städet. Fogytorna hopsmidas därefter med maskinhammare. Vattengassvetsning lämpar sig endast för storindustriellt bruk på grund av de höga anläggningskostnaderna.

A 3. Elektrisk motståndssvetsning.

Vid elektrisk motståndssvetsning ledes en elektrisk ström genom arbetsstyckets båda delar. En del av strömmens energi åtgår därvid till att övervinna arbetsstyckets inre elektriska ledningsmotstånd. Denna energi omvandlas till värme, varför en temperaturstegring uppstår i arbetsstycket. Ju större motståndet är hos detta och ju större strömstyrkan är, desto kraftigare blir uppvärmningen. I kontaktytorna mellan arbetsstyckets båda delar finnas alltid större eller mindre ojämnheter, varför direkt anliggning ej uppnås utefter hela ytorna. Det elektriska ledningsmotståndet blir därför större vid dessa ytor än inuti föremålet, och därför blir också upphettningen störst på denna punkt. Då dessa fogytor uppvärmts, tills de börja antaga ett degigt tillstånd, trycker man fogytorna med stor kraft mot varandra, varvid en vällsvetsning äger rum.

Motståndssvetsning kallas även ohmsvetsning, beroende på att enheten för elektriskt motstånd benämnes ohm. Vid motståndssvetsning är den elektriska spänningen endast några få volt, under det att strömstyrkan är hög. Motståndssvetsning utföres alltid i maskiner, i vilka det för svetsningen erforderliga trycket liksom värmetillförseln till svetsstället åstadkommes på olika sätt. Med hänsyn till utföringssättet skiljer man mellan *stuk-*, *punkt-*, och *sömsvetsning*.

Stuksvetsning.

Stuksvetsning användes för skarvning av axlar, rör- och stångformiga arbetsstycken. Föremålet inspännes mellan backar av koppar, genom vilka strömtillförseln sker. För att få god strömtillförsel är det av vikt, att backarna sluta tätt efter arbetsstyckets kontur. Stuksvetsmaskinen måste därför vara försedd med utbytbara backar. För att förhindra överhettning av backarna äro dessa vattenkylda.

Sedan arbetsstyckena inspänts, släppes strömmen på medelst en fotmanövrerad kontakt. Det är av vikt, att strömmen sedan brytes i rätt ögonblick. Om den brytes för tidigt, erhålles ej tillräcklig upphettning för

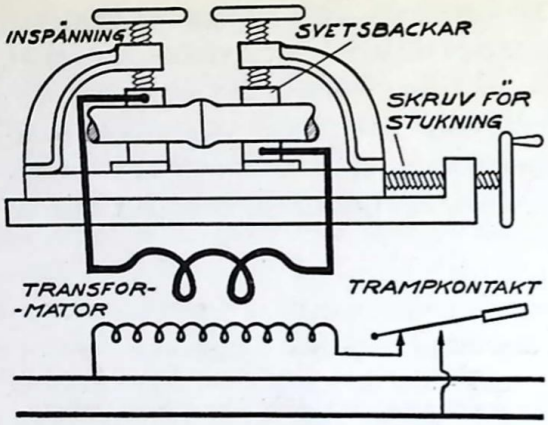


Fig. 3. Stuksvetsning.

att hopvällning skall ske, och om den å andra sidan får stå på för länge, kan materialet bli förbränt.

Vid hopstukningen erhålles runt om skarvstället en vulst, som man efter svetsningen får smärgla bort.

Punktsvetsning.

Punktsvetsning användes företrädesvis för svetsning av tunnplåt. Plåtarna, som läggas ovanpå varandra, hoppressas med hjälp av tvenne i en maskin fästade stavformiga, vattenkylda kopparelektroder. I samma ögonblick som elektroderna pressas mot varandra, slutes den elektriska strömmen. Då strömmen passerar genom plåtarna, upphettas dessa på en yta, som är lika stor som ändytan på elektroderna. Upphettningen blir störst i plåtarnas inre kontaktytor på grund av det där rådande större ledningsmotståndet. Av trycket från elektroderna vällas plåtarna ihop utmed denna yta, så snart de nått välltemperatur. Genom att förflytta plåtarna i en riktning mellan elektroderna under upprepad svetsning erhålles en serie svetspunkter, som fästa plåtarna på ett sätt, som liknar nitning. Benämningen punktsvetsning kommer av svetsarnas punktformiga utseende. Se fig. 4. Förutsättningen för att punktsvetsningen skall gå att utföra är, att plåtarna äro absolut fria från rost, slagg och valshud.

Söm- eller randsvetsning.

Om elektroderna vid punktsvetsning utbytas mot rullar samt plåtarna sammanpressas och föras fram mellan dessa rullar, erhålles vid lämplig strömstyrka och matningshastighet en sammanhängande sömliknande svets. En del sömsvetsmaskiner mata fram arbetsstycket kontinuerligt, under det att strömmen brytes med korta uppehåll under den pågående

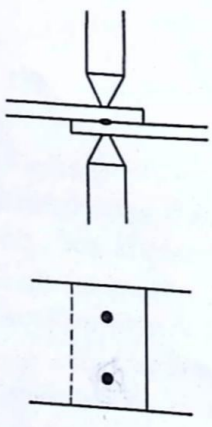


Fig. 4. Punktsvetsning.

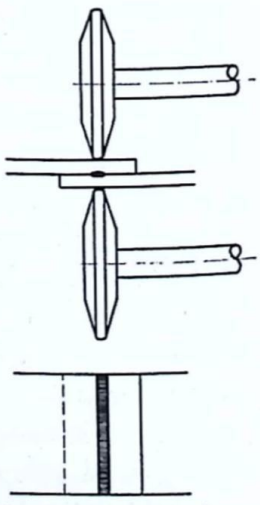


Fig. 5. Sömsvetsning.

frammatningen. Vanligast är dock, att sömsvetsningen utföres på så sätt, att man med jämna mellanrum gör ett uppehåll i framflyttningen av plåten och endast under detta uppehåll sluter strömmen. I båda fallen erhållas en rad varandra överlappande punktformiga svetsar. Se fig. 5. Sömsvetsning lämpar sig bäst för tunnare material och kommer till användning för svetsning av bleckkärl, konservburkar, bensinfat, mjölkkärl, tunnväggiga rör m.m.

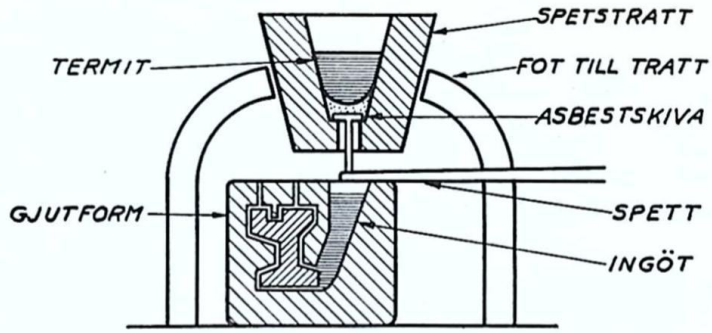


Fig. 6. Termitsvetsning.

A 4. Termitsvetsning.

Termitsvetsning har fått sin största användning för skarvning av räls. Arbetsstyckets delar inbyggas i en gjutform. Med blåslampa förvärmas fogytorna till 700—800° C. I en degel av eldfast material sammanblandas järnoxid och aluminium, vilken blandning kallas *termit*. Om denna blandning upphettas till 1200° C, antändes den och brinner under kraftig värmeutveckling (3000° C), varvid smält järn och aluminiumoxid bildas. Aluminiumoxiden flyter upp till ytan, under det att det smälta järnet sjunker till botten av degeln. Det smälta järnet tappas genom ett hål i degelns botten ned i gjutformen. Järnet har därvid tvenne uppgifter att fylla, nämligen dels att uppvärma arbetsstyckets delar och dels att tjänstgöra som tillsatsmaterial.

Vid tillverkning av formen måste man se till att luften i denna kan avgå, så att den ej hindrar järnets utflytning i formens alla delar. Formen är därför försedd med lufthål upptill.

Som framgår av beskrivningen skulle termitsvetsning kunna karakteriseras som ett smältsvetsförfarande. Då den användes vid skarvsvetsning av räls, brukar emellertid endast nedre delen av sektionen, omfattande fot och liv, sammansvetsas med termit enligt nyss beskrivna metod. Termitsatsen avpassas så, att ej mer järn bildas, än vad som räcker för nyss nämnda delar av fogen. Hela smältan med slagg tappas i gjutformen och

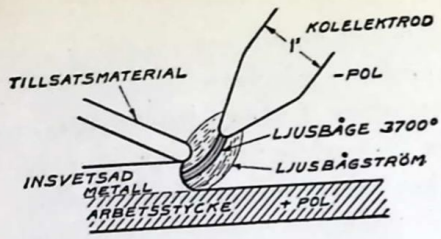


Fig. 7. Kolbågsvetsning.

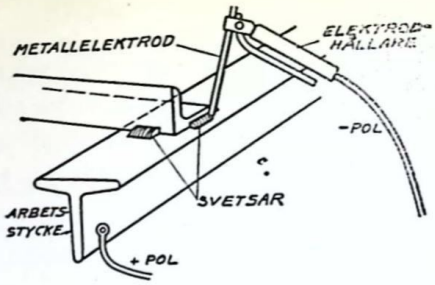


Fig. 8. Metallbågsvetsning.

slaggen flyter då upp och står kring rälshuvudet, varigenom detta värmes. Sedan tillräckligt hög temperatur (välltemperatur) uppnåtts, tryckas rälsändarna samman medelst en kraftig klämanordning, som är fästad på skenorna. Huvudet på rälsändarna kommer därvid att vällsvetsas. På grund härav brukar termitsvetsningen vanligen hänföras till vällsvetsmetoderna.

B 1. Elektrisk bågsvetsning.

Elektrisk ljusbågssvetsning är en smältsvetsmetod, vid vilken man som värmekälla utnyttjar en elektrisk ljusbåge. En ljusbåge bildas, då två metallstavar, som äro anslutna till en och samma strömkälla, bringas i beröring med varandra och därefter avlägsnas några millimeter från varandra. Ljusbågen är alltså den del av strömkretsen, som passerar luftgapet mellan metallstavarna. Temperaturen i ljusbågen är så stor, att metalldelar, som komma i beröring med bågen, börja smälta.

Vid svetsning med *kolelektroder* bildas en ljusbåge antingen mellan två kolelektroder eller såsom på bilden i fig. 7 mellan en kolelektrod och arbetsstycket. Temperaturen i ljusbågen är ca 3700° C. Tillsatsmaterialet införes i ljusbågen och smältes därvid ned i fogen, vars kanter också smältas av ljusbågen. En nackdel vid svetsning med kolelektrod är, att järnsmältan upptager en del kol från elektroden.

Vid användande av metallelektrod utgör elektroden samtidigt tillsatsmaterial. Se fig. 8. Elektroden förbrukas därför, allt eftersom svetsningen fortskrider och får utbytas, då en stump på ett par centimeter återstår. Svetsning kan ske med s.k. blanka eller obelagda elektroder. Om större fordringar ställas på svetsens kvalité, måste dock belagda elektroder användas. En av beläggningens uppgifter är att tjäna som flussmedel och vid svetsningen bilda en lättsmält slagg, som skyddar smältbadet från luftens syre. Allt efter beläggningens tjocklek talar man om tunnbelagda eller tjockbelagda elektroder.

Svetsning med metallelektrod är den elektriska bågsvetsmetod, som fått största användning inom industri. Det är i allmänhet denna metod som avses, då man talar om elektrisk svetsning.

B 2. Båggassvetsning (arcatom).

Vid arcatomsvetsning bildas ljusbågen mellan tvenne mot varandra snett ställda volframelektroder, vilka monterats i samma hållare. Volfram är en metall med mycket hög smältpunkt. Vanliga järnelektroder kunna icke användas, enär de skulle smälta på grund av ljusbågens höga temperatur. Genom munstycken, som äro placerade runt om elektroderna, utströmmar vätgas. Vätgasen, som antändes av ljusbågen, förenar sig med luftens syre. Härigenom kommer smältbadet att skyddas mot oxidation av luftsyret. Metoden användes huvudsakligen för svetsning av rostfritt stål.

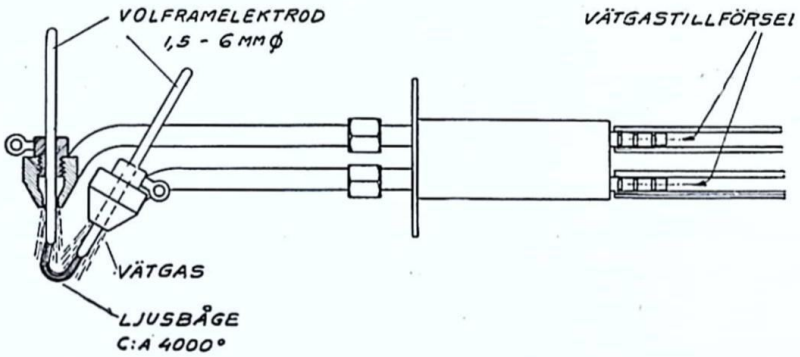


Fig. 9. Brännare för arcatomsvetsning.

Vid samtliga elektriska ljusbågsvetsmetoder måste man för att skydda sig mot ljusbågens kraftiga och för ögat farliga ljus använda en ansiktsmask, vilken är försedd med ett fönster av mörkt glas.

B 3. Gassvetsning.

Vid gassvetsning smältas kanterna på arbetsstyckets båda delar medelst en svetslåga, vilken bildas genom förbränning av en blandning av en brännbar gas och syrgas.

Blandningen av syrgasen och den brännbara gasen sker i en s.k. svetsbrännare. Olika brännbara gaser kunna användas t.ex. vätgas, lysgas, bensol eller acetylen. Den gas, som fått den största användningen för svetsning är acetylen eller karbidgas, som den ibland kallas, eftersom den framställes ur karbid. När man talar om gassvetsning utan att nämna den brännbara gasens namn avses alltid svetsning med acetylen-syrgaslåga. Det är denna svetsmetod, som kommer att bli föremål för en mera detaljerad beskrivning i det följande. Gassvetsens kvalité är i hög grad beroende av de gaser, apparater, svetsmetoder och tillsatsmaterial, som användas. Dessa faktorer behandlas därför mera utförligt.

Karbid, acetylen, gasverk och acetylenackumulatorer.

Karbid.

Kalciumkarbid, i dagligt tal benämnd karbid, är en förening mellan kalcium och kol. Den kemiska formeln är $Ca\ C_2$. Man framställer karbid genom att i en elektrisk ugn av ljusbågtyp sammansmälta kalciumoxid (kalk, kemisk formel CaO) och kol (kemisk formel C). Karbid är en hård, grå produkt med kristallinisk brottyta. Den föres i handeln förpackad i hermetiskt tillslutna plåtkärl och säljes i krossningar varierande mellan 2 och 80 mm.

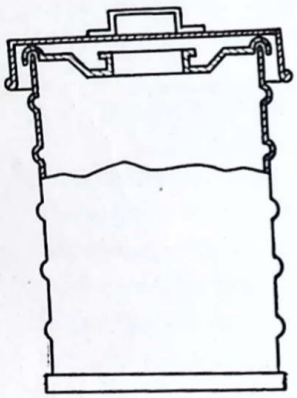


Fig. 10. Karbidkärl.

Eftersom karbid lätt angripes av vatten och den därvid bildade acetylenen i blandning med luft är explosiv, måste den förvaras väl skyddad mot väta. Enär t.o.m. luftens fuktighet sönderdelar karbiden, skola kärlen öppnas så kort tid som möjligt. Fri låga får ej förekomma i närheten av karbidkärl, enär eventuellt bildad gas då kan antändas. Brandförsäkringsbolagen föreskriva dessutom, att lokal, i vilken förvaras karbid i större partier än 100 kg, skall vara ljus, fuktfri och väl ventilerad, den skall vara på betryggande sätt avskild från bebodd lägenhet, dess golv skall ligga högre än markens plan, vatten, vattenhaltiga vätskor eller lättantändliga föremål få ej förvaras därstädes, ventilationsrör få ej inledas i skorsten. Slutligen bestämmes, att om karbid förvaras i särskild byggnad, skall å dennas yttersidor uppsättas anslag om att i byggnaden utbruten eld ej får släckas med vatten.

Acetylen.

Acetylen är en kemisk förening mellan kol och väte ($C_2\ H_2$) i proportionerna 92,3 viktprocent kol och 7,7 viktprocent väte. Den bildas då kalciumkarbid sammanföres med vatten. Den kemiska formeln för denna process är

$$\underbrace{Ca\ C_2}_{\text{karbid}} + \underbrace{2\ H_2O}_{\text{vatten}} = \underbrace{C_2\ H_2}_{\text{acetylen}} + \underbrace{Ca\ (OH)_2}_{\text{släckt kalk}}$$

Som biprodukt vid acetylenframställningen erhålles släckt kalk, vilken kan användas för beredning av murbruk eller som gödningsämne i jordbruket.

Ur 1 kg karbid kan vid laboratorieprov erhållas 300 liter acetylen. Vid praktisk drift torde emellertid 250—280 liter gas ur 1 kg karbid anses som ett gott resultat vid storindustriell framställning. Vid framställning i små gasverk blir gasutbytet dock något mindre beroende dels på förgasning i öppnade karbidkärl och dels på efterförgasning av i generatorn vid svetsningens slut icke förbrukad karbid.

För framställning av karbid åtgår stora kvantiteter värme (i ljusbågsugnen). Då karbid sammanföres med vatten, och acetylen bildas, frigöres endast en liten del av detta värme, under det att resten är magasinerat i form av kemisk energi hos den bildade acetylenen; man säger därför att acetylen är en endotermisk gas, d.v.s. värme har åtgått för dess bildande. Vid gasens förbränning frigöres detta bildningsvärme och bidrager därvid till höjande av förbränningstemperaturen, vilken alltså kommer att bli högre, än vad den skulle bli vid förbränning av fritt kol och väte i de mängder, vari de ingå i acetylen.

Om acetylen brinner i ren syrgas, borde man teoretiskt uppnå en temperatur av 4020° C. Motsvarande teoretiskt beräknade förbränningstemperatur för bensol (C_6H_6), som har samma procentuella sammansättning som acetylen, är endast 3270° C. Skillnaden mellan dessa båda gasers teoretiskt beräknade förbränningstemperaturer är beroende på det bildningsvärme, som finnes i acetylen, men saknas hos bensol och vilket frigöres vid förbränning. I en svetslåga sker emellertid acetylenens förbränning stegvis i olika zoner, varför den praktiskt uppmätta högsta temperaturen i lågan utgör ca 3100° C. Denna temperatur är högre än den, som uppnås vid förbränning i fri låga av någon annan gas. Detta är orsaken till att acetylen-syrgassvetsningen blivit den dominerande gassvetsmetoden.

Acetylengeneratorer.

Acetylenens industriella framställning sker i acetylengeneratorer, vilka byggas enligt olika system och i storlekar från 2 till 1.000 kg karbidladdning. Allt efter det tryck, under vilket acetylengasen utvecklas i generatorn, benämnas dessa låg- eller högtrycksgeneratorer.

I *lågtrycksgeneratorn* utvecklas acetylen vid ett tryck obetydligt över atmosfärtrycket, i *högtrycksgeneratorn* vid ett tryck, som är tillräckligt stort, för att den genererade acetylenen skall kunna strömma till svetsbrännaren på grund av sitt eget tryck. Trycket i en högtrycksacetylengenerator överskrider sällan 1½ atm. övertryck.

Såväl vid låg- som högtrycksgeneratorer skiljer man mellan tre principiellt olika konstruktioner. Av dessa tre typer finnas dock många olika utföringsformer, som sinsemellan kunna uppvisa stora olikheter. De indelas i:

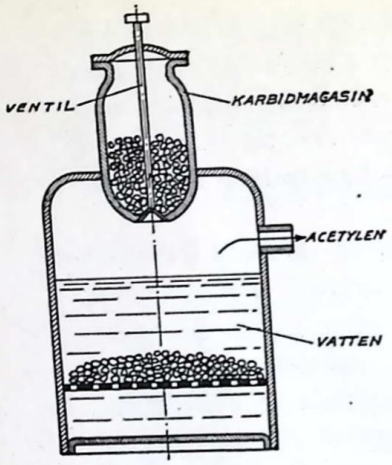


Fig. 11. »Karbid till vatten.»

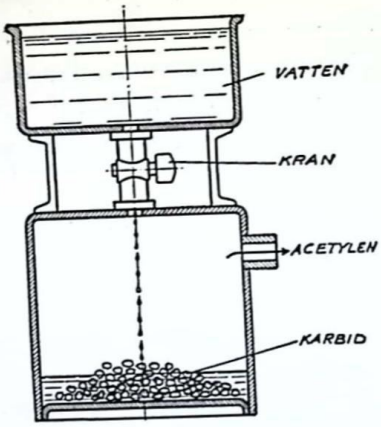


Fig. 12. »Vatten till karbid.»

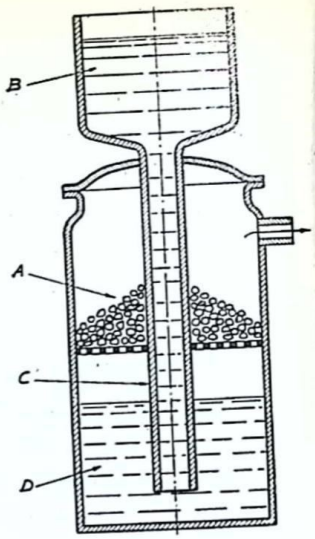


Fig. 13. »Beröringstypen.»

1. »*Karbid till vatten*»-typen, i vilken karbid med hjälp av en mekanisk anordning nedmatas i en större kvantitet vatten. Principen i en dylik generator framgår av fig. 11. Karbiden förvaras i en cistern placerad mitt över en behållare fylld med vatten. När acetylen tages ut från generatorn, påverkar en i figuren ej visad hävstångsanordning en ventil i botten på karbidmagasinet, så att karbidstycken falla ned i vattnet. Därvid utvecklas acetylengas, och då ett visst tryck på den utvecklade acetylengasen uppnåtts, stänges ventilen i botten på karbidmagasinet, varvid karbidtillförseln avstannar. Detta system tillämpas företrädesvis vid större stationära anläggningar. Vid denna typ av generatorer är den använda vattenkvantiteten så stor, att effektiv kylning av den alstrade gasen erhålles.

2. »*Vatten till karbid*»-typen, i vilken vatten i små kvantiteter tillföres en större kvantitet karbid. Grundprincipen för denna generatortyp visas i fig. 12. I detta fall är en behållare med vatten placerad ovanför karbidmagasinet. Medelst en av den genererade acetylenen påverkad kran tillföres vatten till karbiden, så snart acetylen tages ut ur generatorn. Denna generatortyp är den, som vanligen kommer till användning för transportabla gasverk. I allmänhet byggas dessa på så sätt, att det rum, som tjänstgör som förvaringsrum för gasen, är skilt från det rum, där själva gasutvecklingen sker.

3. »*Beröringstypen*», i vilken karbid och vatten omväxlande komma i beröring med varandra. Vattnet tillföres underifrån samt tillbakaträngas, så snart gasutvecklingen påbörjas. Principen för denna generatortyp anges av skissen i fig. 13. Om acetylengas tages ut ur rummet A, så sjunker gastrycket, varför vatten i behållaren B kommer att genom röret C tillföras

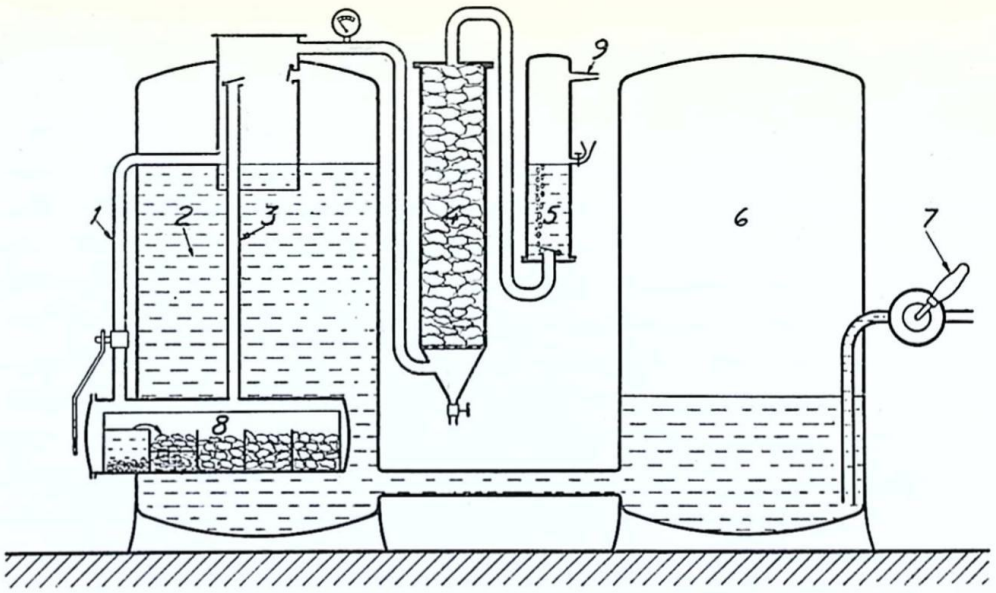


Fig. 14. Skiss av högtrycksgasverk för 10 kg karbidladdning.
(Enligt vatten till karbidsystemet.)

Från behållaren 2 rinner vatten genom röret 1 till karbidretorten 8. Denna är uppdelad i fack, vilka ett i sänder fyllas med vatten. Den bildade acetylengasen avgår genom röret 3 och uppfyller rummet ovan vattenytan i behållaren 2. Här utövas ett visst tryck på gasen genom att i behållaren 6 en viss luftmängd komprimerats ovan vattenytan. Detta tryck regleras genom inpumpning av större eller mindre kvantiteter vatten medelst pumpen 7. Från behållaren 2 går acetylengasen till reningsapparaten 4 och därifrån till vattenlåset 5 och slutligen genom uttaget 9 till arbetsplatsen.

Då gas tas ut ur generatorn, minskar gastrycket i 2. Därvid pressar »luftkudden» i 6 vatten till 2, så att vatten rinner genom röret 1 till karbiden, varvid ny gaskvantitet utvecklas, gastrycket i 2 ökar och vattenytan sjunker, så att vattentillförseln till karbiden upphör och gasutvecklingen avstannar, tills nästa vattenmängd rinner till o. s. v.

rummet D. Därvid kommer vattnet att stiga, tills det berör den i A lagrade karbiden. Då vattnet kommer i beröring med karbiden, utvecklas acetylengas, som tränger tillbaka vattnet genom röret C till behållaren B. På detta sätt kommer vatten omväxlande att bringas i beröring med eller tvingas bort från karbiden, allt efter som acetylen tages ut ur generatorn eller ny gas utvecklas. Jämvikt inträder, då gasutvecklingen sker i samma takt som gasförbrukningen. Trycket på den i rummet A alstrade gasen kommer att bliva bestämt av höjdskillnaden mellan vattenytorna i B resp. D. Ju större denna höjdskillnad är, desto större blir trycket på den genererade gasen. Generatorer byggda enligt denna princip ha den fördelen, att inga rörliga delar, såsom hävarmar, hjul, ventiler o.d. erfordras. Det enda rörliga mediet är vattnet.

Acetylengeneratorerna sammanbyggas ofta med apparater för acetylenens rening, reglering, mätning och förvaring. Sådana kompletta aggregat kallas *acetylengasverk*. Mindre acetylengasverk byggas ofta transportabla. Även gasverken indelas i låg- och högtrycksgasverk. Då gas uttages direkt för

svetsning, framställes den vanligen i högtrycksverk. Då gasen först skall komprimeras på behållare, användes däremot endast lågtrycksgasverk.

Transportabla gasverk byggas i regel endast i mindre storlekar vanligen för högst 10 kg karbidladdning. Vid anskaffande av gasverk bör man se till att verkets kapacitet blir tillräcklig, för att det tillämnade svetsningsarbetet skall kunna bedrivas utan onödiga avbrott för laddning av gasverket. Gasverket bör uppställas så, att det är skyddat för frysning vid kall väderlek. Om det skall drivas under längre tid, bör särskilt reningsapparaterna för gasen omses och verket i övrigt drivas enligt fabrikantens instruktioner.

Som brandförsäkringsvillkor gäller, att acetylengasverk ej får uppställas på mindre än 3 meters avstånd från öppen eld eller låga (således även från arbetsstället vid lödning, skärning eller svetsning av metaller). Vidare får det ej uppställas i lokal, där lätt antändbara ämnen tillverkas, bearbetas eller förvaras. Från gasverket uttaget avfall (kalk och ev. oförbrukad karbid) skall omedelbart utföras i det fria och där antingen nedläggas i en vattenfylld behållare eller uppläggas på minst 5 meters fritt avstånd från byggnad eller upplag av brännbara ämnen.

Dissousgasbehållare.



Fig. 15.

Acetylen kan ej i likhet med andra gaser komprimeras till höga tryck och direkt fyllas på behållare. Den kan nämligen redan vid ett par atmosfärers övertryck under vissa omständigheter explodera. För den skull förvaras acetylen i särskilda behållare s.k. acetylenackumulatorer och kallas då *dissousgas*. En dissousgasbehållare, fig. 15, är en cylindrisk stålbehållare, fylld med en porös massa, vilken huvudsakligen består av träkol, kiselgur, asbest och cement. Massan fylles i behållarna i fuktigt tillstånd, varefter dessa torkas i ugnar. Då vattenångan därvid lämnar massan, blir denna synnerligen porös. Porerna upptar ca 80 % av hela behållarens volym. Behållaren fylles med aceton, som uppsuges av den porösa massan. Aceton är en vätska, som har förmåga att lösa stora mängder acetylen, och denna lösningsförmåga ökar med ökat tryck, varför man har möjlighet att i en dissousgasbehållare förvara acetylen i flytande tillstånd vid måttliga tryck.

Då gas uttages ur en fylld dissousgasbehållare sjunker vätskenivån och man får en fri gasvolym i behållarens övre del. Om anledning till explosion skulle före-

ligga i denna gaskvantitet, kommer en dylik explosion dock att förhindras av den porösa massan, enär en explosion ej kan fortplanta sig i de ytterst små kanaler, som denna massa innehåller.

Acetonfyllningen i ackumulatorerna regleras vid dissousgasstationerna så, att behållaren upptager i runt tal 10 gånger sin egen volym acetylen för varje atmosfärs övertryck och sålunda vid det använda maximala fyllningstrycket 15 atm i det närmaste 150 gånger sin volym. Vanliga för svetsningsändamål använda acetylenackumulatorer ha en kärlrymd av 20, 30, 40 och 58 liter.

I regel tömmes för varje svetsbrännare blott en ackumulator i taget, men om brännarens förbrukning av acetylen är stor, bör man, för att ej svetsförloppet skall störas, sammankoppla två eller flera ackumulatorer och tömma dessa samtidigt. I följande tabell angives den största lämpliga timförbrukningen av acetylen per behållare av olika storlekar.

Acetylenackumulator Beteckning	Största lämpliga förbrukning av acetylen i liter per timme	
	Vid vanlig rumstemperatur	Vid temperaturer under 0° C.
AK—15	500	400
AF—30	1000	650
AF—40	1300	800
AK—50	1600	1000

Dissousgas framställes i stora gasstationer med effektiva renings- och torkningsanordningar. Den är därför ren och torr och lämnar en till sin kvalitet god svets.

Anvisningar för handhavandet av acetylenackumulatorer.

Acetylenackumulatorer skola behandlas varsamt och få ej utsättas för slag eller stötar eller användas till annat ändamål än sådant, vartill de äro avsedda. De få ej placeras i närheten av öppen eld eller brännbara ämnen och få ej heller utsättas för direkt starkt solljus.

Brinnande brännare få ej hängas på ventilerna eller läggas så, att lågan riktas mot gasbehållarna, och dessa skola ställas så, att risk för stjälpning ej uppstår.

Om lågan synes onormal och acetylenackumulatorn kännes varm under ventilen, skall ackumulatorventilen genast stängas gastätt. Ackumulatorn

skall i sådant fall avställas under minst 24 timmar och därefter undersökas av gasleverantören.

Vid gaslukt skola dörrar och fönster öppnas. Använd icke öppen eld! Tänd eller släck ej det elektriska ljuset, förrän felet är avhjälpt och lokalen väl utvädrad! Vid eldsvåda skall man genast försöka bortföra gasbehållarna från brandplatsen och hotad arbetsplats till fullt riskfri plats. Alla gasbehållare, som ej äro varmare än att man kan hålla handen på dem, äro ofarliga. Gasbehållare vilka ej kunna bortföras från brandplatsen, äro ofarliga, så länge de kunna effektivt nedkylas med vatten.

Acetylencentraler.

Transport av acetylen i rörledningar från ett i särskild, frostfri lokal uppställt högtrycksgasverk eller batteri av acetylenackumulatorer kommer med fördel till användning, då svetsverkstaden har ett relativt stort antal fasta svetsplatser. En närmare redogörelse för dylika gascentraler återfinnes på sid. 24. Beaktas bör att allt ledningsmaterial och tillhörande detaljer skola vara av stål. Koppar eller legeringar med mer än 60 % kopparhalt få ej användas, enär acetylen och koppar då kunna ingå en kemisk förening, acetylen-koppar, som är explosiv. Högsta tillåtna driftstryck på acetylengasen i rörledningarna är 1 atm. övertryck. Viktiga detaljer i rörsystemet äro uttagen till svetsbrännarna. I princip måste dessa vara anordnade så, att bakströmning av syrgas från svetsbrännaren in i acetylenledningen ej kan förekomma.

Syrgas, syrgasbehållare och dessas handhavande.

Syrgasens natur.

Syre är ett gasformigt grundämne, som till 21 volymprocent ingår i luften. Det har mycket stor benägenhet att bilda kemiska föreningar med andra ämnen. Den process, varvid syret förenar sig med ett annat ämne, kallas inom kemien oxidering, och om en sådan oxidationsprocess sker under utveckling av ljus och värme, så kallas den förbränning. Det finns ämnen, som i luft ej äro brännbara men däremot lätt brinna i rent syre och då utveckla starkt ljus och intensiv värme; ett sådant ämne är t.ex. smidbart stål. Skärning med syrgas grundar sig på detta förhållande.

Om ett ämne är brännbart i luft, är det i ännu högre grad brännbart i rent syre, i det att värmeutvecklingen då stegras. Användandet av syrgas i

den för svetsning avsedda acetylensyrgaslågan grundar sig på detta förhållande, enär den i luft brännbara acetylenen förbrinner under starkt stegrad värmeutveckling vid tillförsel av syrgas genom svetsbrännarmunstycket.

Syrgasens framställning.

a) *Framställning ur vatten.*

Syrgasen fordrar för sin framställning ganska komplicerade och tunga maskinerier, varför dess framställning alltid är förlagd till särskilda fabriker, syrgasstationer.

Om man nedför två till en strömkälla anslutna elektroder i vatten samt leder en likriktad elektrisk ström genom vattnet, så finner man, att vid den ena elektroden utvecklas vätgas och vid den andra syrgas. Det sker en elektrolys, som det heter på fackspråket. Vid denna process tillvaratages såväl syrgasen som vätgasen och komprimeras på behållare. Denna metod att framställa syrgas genom sönderdelning av vatten är den äldsta. Numera är den ekonomiskt lönande endast i den mån som man samtidigt finner avsättning för den vid elektrolysen bildade vätgasen. Industrins behov av syrgas är emellertid många gånger större än behovet av vätgas, varför andra metoder för framställning av syrgas utvecklats.

b) *Framställning ur luft.*

Den numera vanligaste metoden för framställning av syrgas är av betydligt senare datum; från den tid, då man först lyckades åstadkomma så låga temperaturer, att luft kunde erhållas i flytande tillstånd.

Luften består av 21 % syre och 79 % kväve, om man bortser från en del varierande halter av vattenånga, kolsyra o.d. Vid framställning av syrgas ur luft renas luften först från damm och befrias från kolsyra. Den komprimeras därefter i en flerstegskompressor till ca 175 atmosfärers tryck. Likga sig. Härvid kommer luften att bli starkt nedkyld. Denna kyleffekt utnyttjas för att nedkyla redan tidigare nedkyld luft, varigenom luft erhålles i flytande form vid i runt tal —200° C. Syrets kokpunkt ligger vid —183° C och kvävets vid —195° C. Skillnaden mellan dessa kokpunkter är tillräcklig för att man ur den flytande luften skall kunna »koka bort» (destillera av) först kvävet och sedan syret. Syret uppsamlas i en gasklocka samt komprimeras till 150 atm. och fylles på stålbehållare. På detta sätt framställd syrgas levereras vanligen i en renhet av över 99,5 %.
den komprimeras. Kompressionsvärmet bortledes genom kylning med vatten. Den kylda och komprimerade luften får därefter mycket hastigt utvidsom fallet är med alla gaser, inträder en temperaturstegring hos luften, då

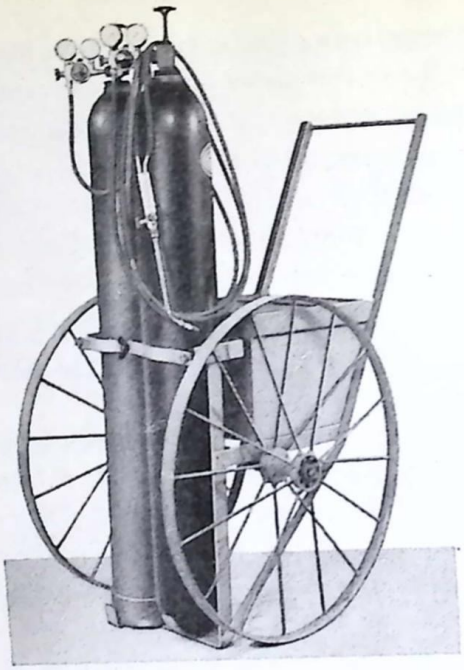


Fig. 16 a. Transportkärra med acytelen- och syrgasbehållare.

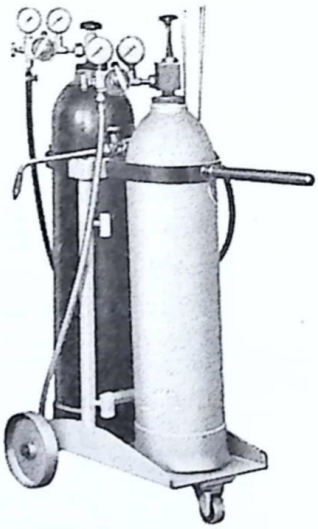


Fig. 16 b. Rullstativ med behållare.

Transport och förvaring av syrgas.

a) *Gasformigt, komprimerat syre.*

Som förut nämnts komprimeras syrgasen till 150 atm. och fylles i stålbehållare, vilka för att kunna skiljas från dissousgasbehållare, äro svarta och runtom på halsen målade med blå färg.

Å behållarens övre del är dess nummer samt dess rymd i liter instämplad. Genom att multiplicera rymden med trycket erhåller man dess gasinnehåll. De för svetsning vanligen använda behållarna ha en rymd av 40 liter, och då fyllningstrycket är 150 atm, är syrgasinnehållet sålunda 6.000 liter. Detta gäller vid +15° C. Temperaturförändringar ha emellertid stort inflytande på syrgastrycket, i det att detta stiger med stigande temperatur och faller med fallande temperatur. Om trycket i behållaren alltså är 150 atm vid +15° C, så faller det till 142 atm, om behållaren avkyles till 0° och stiger till 158 atm, om den uppvärmes till +30° C. Härav framgår, att man ej bör placera behållarna i närheten av värmeledning eller öppen eld och ej heller, åtminstone sommartid, utsätta dem för direkt solbestrålning.

b) *Transport i rörledningar.*

Se redogörelse härför under rubriken *gascentraler.*

Rörledningarna skola tillverkas av heldragna kopparrör. Stålrör kunna

ej användas, enär de angripas av syret under bildning av rost. Om skruv- eller flänsförbindningar användes får packningsmaterialet ej utgöras av i syrgas brännbart material.

c) *Syre i flytande form.*

På senare år har man allt mera börjat att vid drift av centrala syrgasfabriker i större skala transportera syrgasen från dessa i nedkylt och flytande tillstånd, varigenom man får mindre transportvikt, enär det flytande syret ej står under tryck utan förvaras i öppna kärl med tunna väggar med särskild värmeisolering. Syret transporteras då till lokala syrgasstationer, förlagda på lämpliga ställen, t.ex. inom ett fabriksområde, för att där, för det lokala behovet, förgasas och komprimeras på vanliga tryckgasbehållare. Denna metod har under de senaste åren kommit till stor användning även i Sverige.

Speciella anvisningar gällande syrgasbehållare.

För behållare innehållande syrgas gälla samma anvisningar som tidigare omnämnts för acetylen-ackumulatorer. Därtill kommer, att syrgasbehållare och deras ventiler samt förskruvningar under inga förhållanden få smörjas med olja eller andra fettämnen, ty dessa ämnen kunna, även i mycket ringa kvantiteter, orsaka explosionsartad tändning, om de komma i beröring med syrgas under högre tryck.

Av samma anledning få ej tryckregulatorer, rörledningar och annan armatur, avsedd för syrgas, placeras på oljiga platser eller hanteras med oljiga händer, emedan fettpartiklar då lätt kunna inträngа i desamma.

Syrgasbehållare få ej placeras under transmissioner, emedan olja kan stänka från dessa.

Gascentraler.

I verkstäder, där svetsning och skärning förekommer i större skala, kan det vara opraktiskt att använda särskilda gasbehållare för varje arbetsplats. I dylika fall sammankopplas ett flertal behållare till en gascentral och från denna ledes gasen i rörledningar ut till de olika svetsställena. På detta sätt bortfalla alla transporter av behållare inom verkstäderna liksom även den spilltid, som uppstår vid byte av behållare vid arbetsplatserna.

Gascentraler uppställas lämpligen utanför verkstadsbyggnaden i en av brandsäkert material uppförd byggnad, dock ständigt så, att acetylen- och syrgascentralerna äro gastätt skilda från varandra. Lokalerna skola vara

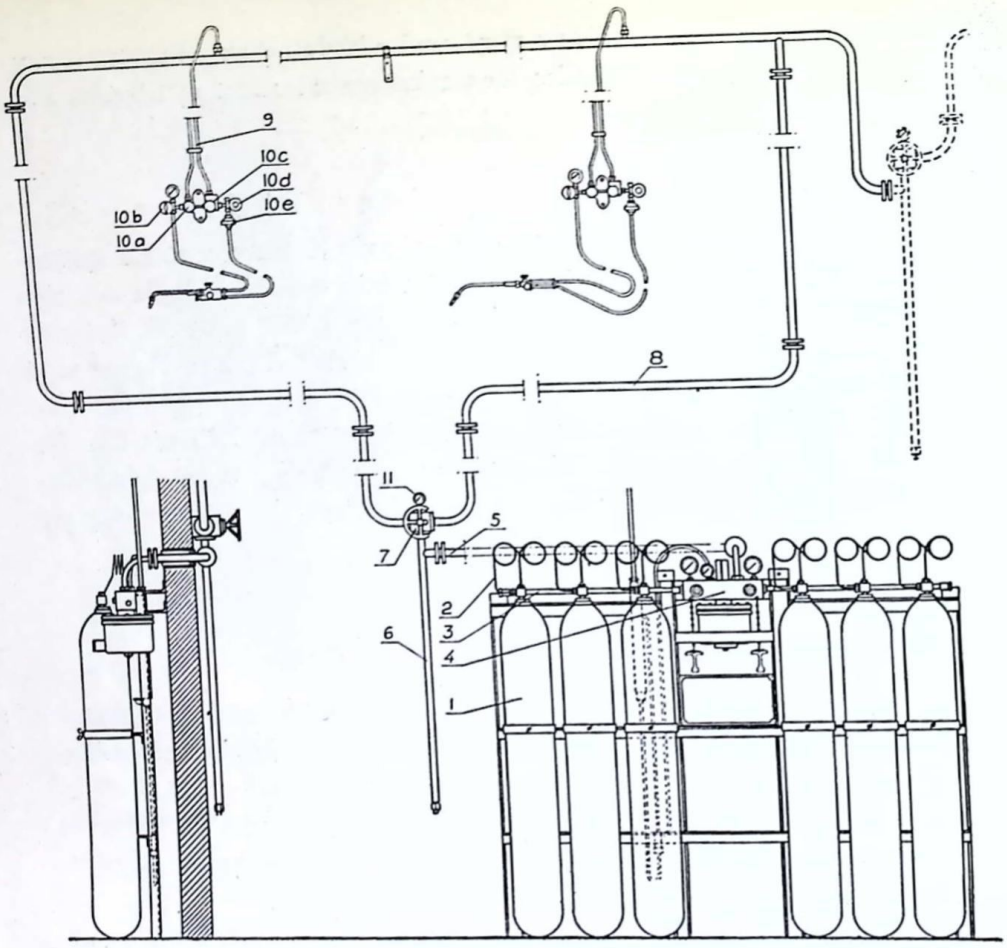


Fig. 17. Acetylencentral med servisledningar och svetsposter. (Om gasen framställes i svetsgasverk anslutes ledningen 5 till gasverket.)

1. Acetylenackumulatorer. 2. Högtrycksledning. 3. Samlingsrör. 4. Centralregulator. 5. Servisledning. 6. Avskiljarrör. 7. Huvudavstängningsventil. 8. Servisledning. 9. Nedledning. 10. Svetspost bestående av: 10 a. Avstängningsventil för syrgas. 10 b. Uttagsregulator för syrgas. 10 c. Avstängningsventil för acetylen. 10 d. Uttagsregulator för acetylen. 10 e. Bakströmsspärr för acetylen. 11. Manometer.

väl ventilerade samt utförda så, att gasbehållarna lätt kunna borttransporteras i händelse av eldsvåda. För acetylencentralerna föreskrives dessutom, att den elektriska belysningen skall anordnas utanför uppställningsplatsen. Strömbrytare eller stickkontakter få ej uppsättas i lokalen. Brinnande eller glödande föremål t.ex. cigarretter få ej införas i rummet, emedan explosion då kan inträffa, om acetylen läckt ut i lokalen.

Fig. 17 visar schematiskt en acetylencentral med tillhörande servisledning. En syrgascentral är i princip anordnad på samma sätt. Som synes, är servisledningen anordnad som en ringledning, så att gaserna kunna ström-

ma till förbrukningsställena från två håll. Vid uttagningsställena, de s.k. svetsposterna, finnes regulator för båda gaserna.

Behållarna äro uppdelade i två grupper. Medan den ena gruppen tömmes, bytas behållarna vid den andra gruppen. Härigenom erhålles intet driftsavbrott, utan svetsaren har ständigt gas vid sin svetspost.

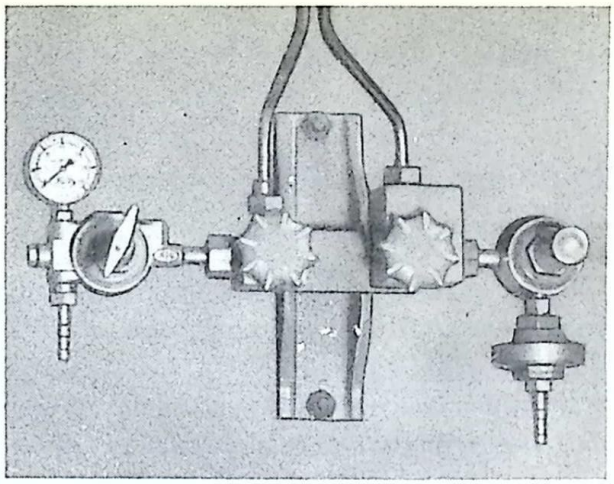


Fig. 18. Svetspost. Syrgasregulator till vänster och acetylenregulator till höger.

Apparater och tillbehör för gassvetsning.

Ventiler för syrgas- och acetylenbehållare.

I halsen på varje gasbehållare är ingängad en avstängningsventil, vars uppgift är att öppna resp. stänga gastillförseln. En del behållarventiler öppnas och stängas med hjälp av en löstagbar nyckel, under det att andra ventiler äro försedda med fast ratt. Under transporten skyddas behållarventilen av en påskruvad skyddskåpa.

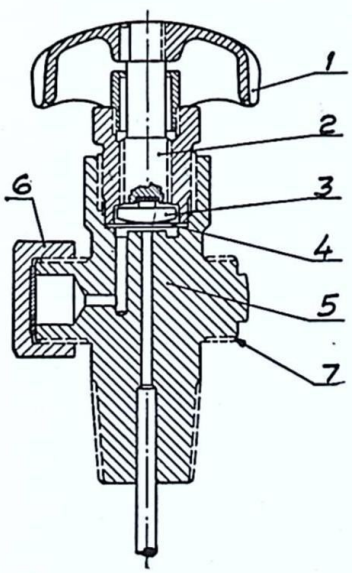


Fig. 19. Behållarventil.

En vanlig typ av ventil för syrgasbehållare visas i fig. 19. Om man vrider ratten 1 medsols ett halvt varv (åt samma håll som visarna på ett ur), trycker spindeln 2 ventilkäglan 3 mot membranet 4, vilket stänger mot det fasta sätet i ventilkroppen 5. Man bör observera, att spindelns rörelse från stängt till fullt öppet läge endast är ett halvt varv. Genom för hård åtdragning kunna tätningsdelarna skadas.

Då behållaren kommer nyfylld från gasleverantören, borttages skyddskåpan, varefter skyddsmuttern 6 borttages och placeras på

blindtappen 7. Behållarventilens utloppskanaler renblåsas därefter, genom att man öppnar och ögonblickligen därefter åter stänger ventilen. Detta skall ske, *innan* tryckregulatorerna tillkopplas.

Märkning av behållare och apparater för acetylen och syrgas.

Då förväxling av svetsgaserna är förbunden med stor risk, bör man förvissa sig om, att man till svetsapparaturen ansluter rätt gas till rätt anslutningsställe.

Först och främst skall man läsa det på alla behållare instämplade namnet på gasen. Behållarna skola nämligen fyllas endast med den gas, som svarar mot instämplingen. Förutom instämpling av gasens namn äro vissa speciella åtgärder vidtagna för att förhindra förväxling mellan acetylen och syrgas. Sålunda är i Sverige alla ventiler till syrgasbehållare försedda med anslutningstapp med utvändig gänga, under det att ventiler till acetylenackumulatorer ha anslutningshål med invändig gänga. Dessutom förekommer målning av behållare och apparater med viss märkfärg, t. ex. blå för syrgas och röd för acetylen. Något allmänt, i hela Sverige gällande system för märkfärger finnes dock ej, varför det enda tillförlitliga är att läsa gasens namn på behållarna, innan man ansluter svetsapparaterna.

Tryckregulatorer.

Tryckregulatorns verkningssätt.

Tryckregulatorns uppgift är dels att nedsätta det höga och variabla behållartrycket till ett för svetsningen lämpligt arbetstryck och dels att hålla detta *arbetstryck konstant* under behållarens hela tömningsperiod. Det är nämligen av största betydelse för svetsningen, att resp. gaser tillföras brännaren under så jämnt tryck som möjligt, enär i motsatt fall svetslågan titt och tätt måste justeras. Men inte nog härmed, en god regulator bör även hålla den genom brännaren per tidsenhet strömmande *gasmängden konstant,* då under svetsningens gång olika mottryck uppträda i brännaren t.ex. på grund av blandgasens uppvärmning av det varma arbetsstycket.

Tryckregulatorn (fig. 20) består av ett tillslutet ventilhus 1, vars ena vägg utgöres av ett membran 2, i regel av gummi, anslutningsstycke till behållarventilen 9, två manometrar, varav en högtrycksmanometer 4 utvisande trycket i gasbehållaren och en lågtrycksmanometer 3 utvisande det reducerade gastrycket i regulatorhuset, regleringsmekanism med ventilsäte 5, regleringsfjäder och skruv för membranregleringen 6, skruvreduceringsventil för finreglering 7, vilken på vissa typer av tryckregulatorer även kan använ-

das för avstängning av gasen vid tillfälliga korta avbrott i svetsningsarbetet samt slutligen en slangkoppling 8.

Sedan regulatorn kopplats till gasbehållarens ventil, efterses att skruven för membranregleringen är utskruvad. Då är reduceringsventilen stängd. Därefter öppnas behållarventilen. Gasen strömmar då genom anslutningsstycket 9 in i högtrycksmanometern 4. Då man inskruvar membranregleringsskruven, påverkas regleringsmekanismen, så att tilloppet vid ventilsätet 5 öppnas och gasen inströmmar i ventilhuset och lågtrycksmanometern 3. Då gastrycket i regulatorns mellantrycksrum nått ett sådant värde, att det tryck, som gasen utövar mot membranet, är lika stort som det tryck, som membranfjädern 6 utövar, stänges gastilloppet automatiskt. Ett visst önskat tryck på gasen erhålles, om man inskruvar membranskruven olika långt och därigenom låter membranfjädern utöva ett större eller mindre tryck mot membranet.

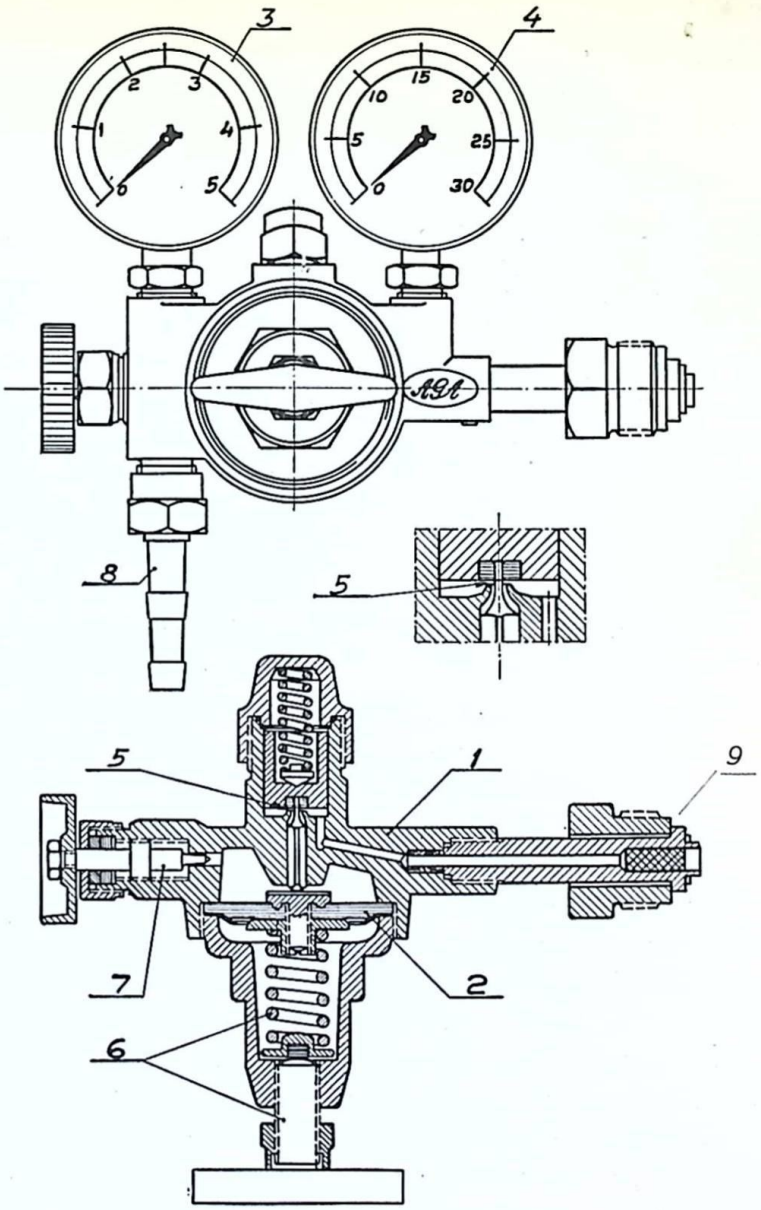


Fig. 20. Tryckregulator i genomskärning.

Olika typer av regulatorer.

Regulatorer kunna vara *en-* eller *tvåstegsregulatorer,* d.v.s. reduceringen av det höga behållartrycket ned till ett lämpligt arbetstryck sker i ett eller två steg. Med hänsyn till om ventilen öppnar i samma eller motsatt rikt-

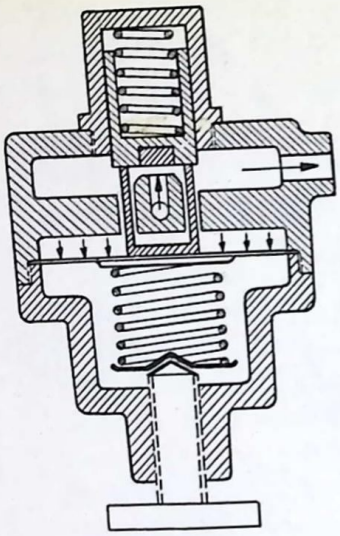


Fig. 21. Principskiss av enstegsregulator.

ning mot gasströmmen talar man om *medströms-* respektive *motströmsventiler*. I fig. 21 visas en principskiss av en enstegs medströmsregulator. I denna regulator sker reduceringen av det höga behållartrycket ned till ett lämpligt arbetstryck medelst en membranpåverkad regleringsventil. En dylik regulator giver ej ett konstant reducerat tryck, utan detta faller snabbt i den mån som trycket faller i gasbehållaren under dess tömning. Detta nödvändiggör naturligtvis omregleringar i regulatorn, vilket innebär tidsförlust för svetsaren och även gasförlust, då svetsfogen svalnar under tiden omställningen äger rum.

Regulatorernas oförmåga att hålla ett konstant tryck orsakar även den olägenheten, att gasernas blandningsförhållanden i svetsbrännaren ändras, så att lågan förändras till sin sammansättning, vilket försämrar svetsens kvalitet, och detta kommer i allt högre grad till synes, ju större brännare man använder.

Denna olägenhet med snabbt föränderliga tryck förefinnes däremot ej vid de s.k. tvåstegsregulatorerna, varav fig. 20 visar en utföringsform. I dessa sker gasens expansion å två ställen i tryckregulatorn. Den ifrån behållaren inströmmande gasen får först expandera ned till ett under membranet rådande relativt högt tryck, regulatorns s.k. mellantryck, och får på sin väg ut i slangledningen 8 passera en strypskruv 7, där det andra expansionsstället är beläget. Sedan medelst membranskruven ett högt mellantryck (ca 5 atm för syrgas och 1,5 atm för acetylen) inställts, regleras svetstrycket med strypskruven till det erforderliga värdet (t. ex 0,3 atm).

Med denna anordning med ett högt mellantryck, från vilket gasen får expandera ned till det slutliga arbetstrycket, ernås ett i mycket hög grad konstant reducerat tryck. Men man ernår även andra fördelar medelst denna expansion på två ställen.

Som bekant är syrgas icke alltid absolut vattenfri, och den lilla mängd vattenånga, som finnes, kondenseras gärna i ventilen. När denna användes vid kall väderlek, kan kylningen bliva så stor, att små ispartiklar bildas av det vatten, som avsatt sig, och dessa kunna förorsaka sådana störningar i gasens framströmning, att det reducerade trycket plötsligt faller. Med fallande tryck rör sig membranet och därmed också ventilkroppen inåt, och då ventilavståndet blivit stort nog att tillåta små iskristaller att slitas bort från ventilsätet, följer en plötslig ökning i syrgasströmmen, vilken sedan

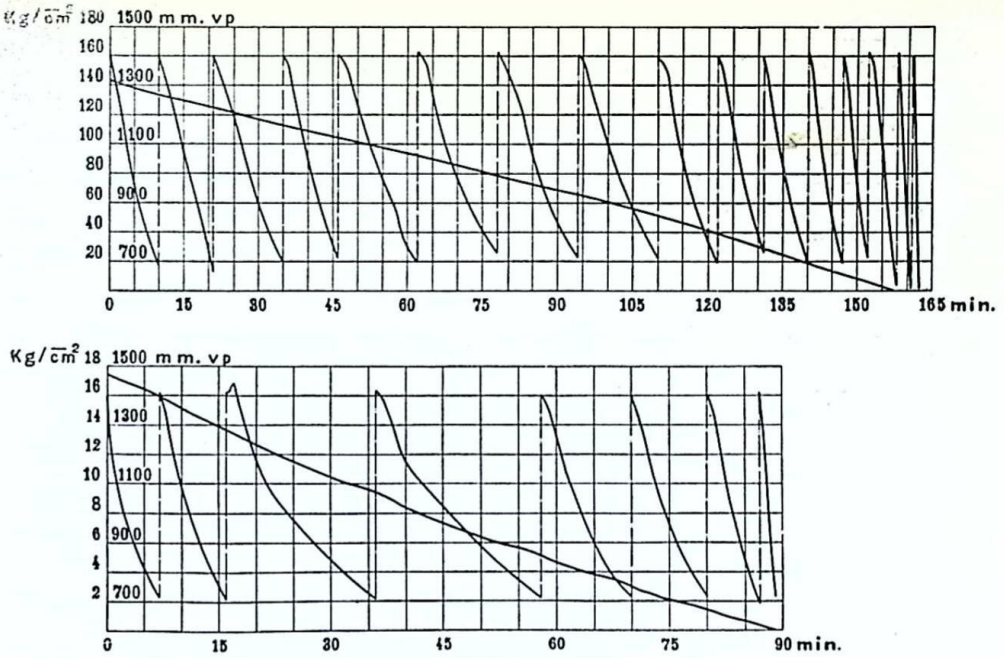


Fig. 22. Diagram över tryckvariationerna vid enstegsregulatorer.

återigen strypes, då trycket stigit till ett visst värde. Resultatet blir upprepade fluktuationer i gasgenomströmningen. Genom att gasen i tvåstegsregulatorer gives tillfälle att expandera på två ställen, blir det lättare för värme att tillströmma till expansionsställena, än om gasens hela expansion ägt rum på blott en plats i regulatorn.

Observera, att en nedkyld tryckregulator ej får värmas med svetslågan utan endast med en glödspiral, glödlampa eller dylikt.

Tryckvariationer i enstegs- resp. tvåstegsregulatorer.

Nedanstående diagram visa ändringen i tryck hos den av tryckregulatorn till svetsbrännaren lämnade gasströmmen under inflytande av trycksänkningen i gasbehållaren under ett tömningsprov. Fig. 22 visar det reducerade tryckets förändring vid *enstegsregulatorer;* det övre diagrammet för syrgasregulatorn och det undre för acetylenregulatorn. Den sakta sluttande linjen visar tryckfallet i behållaren för syrgas från 143 kg/cm² till 0 och för acetylen från 17,5 kg/cm² till 0. Då det reducerade trycket faller mycket snabbt, var det nödvändigt att vid här beskrivna tömningsprov företaga omställning av regulatorn, så fort trycket fallit ett visst stycke. Dessa omregleringar äro här gjorda mellan 1.400—700 mm vattenpelartryck. Trots denna stora tolerans ifråga om tryckförändringen har under behållarens tömning ett stort antal omregleringar måst verkställas, nämligen 15 för syrgasregulatorn och 7 för acetylenregulatorn. I verkligheten skulle man

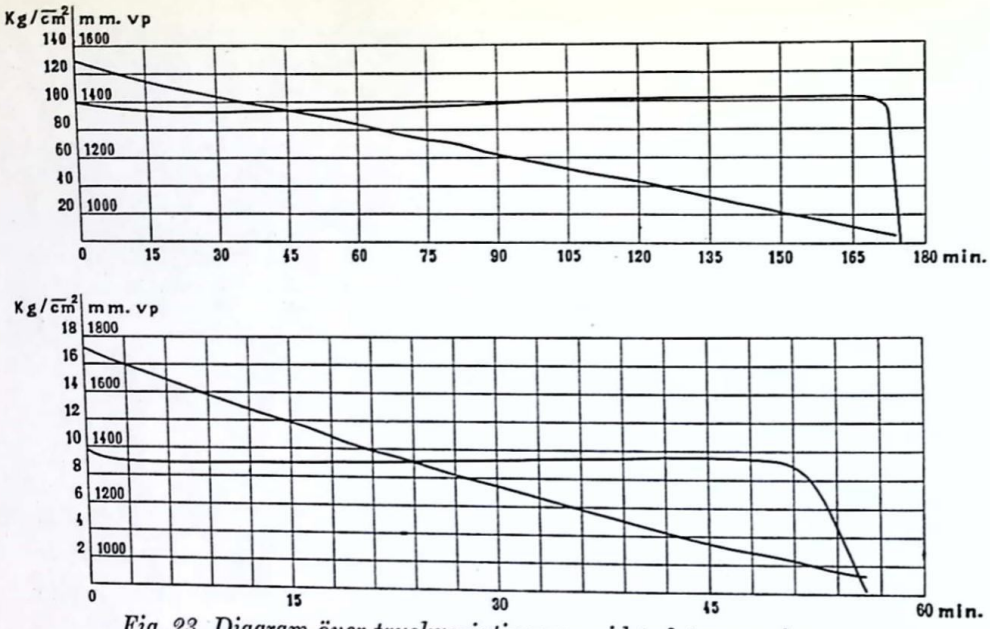


Fig. 23. Diagram över tryckvariationerna vid tvåstegsregulatorer.

icke kunnat hålla svetslågan arbetsduglig med så stora tryckförändringar, nämligen 50 % skillnad mellan högsta och lägsta trycket, utan man hade måst verkställa omreglering redan vid ett tryckfall av 20 % och mindre. I så fall hade ett motsvarande större antal omregleringar måst verkställas.

Fig. 23 visar motsvarande tömningsprov med en tvåstegsregulator. Det övre diagrammet gäller syrgasregulatorn och det undre acetylenregulatorn. För båda regulatorerna är tryckförändringen högst obetydlig och vidare framgår av diagrammen, att de reducerade trycken för syrgas och acetylen följas åt, vilket naturligtvis är av stor betydelse för lågans sammansättning.

Nu finnes emellertid en del tvåstegsregulatorer, som äro utförda på så sätt, att expansionen på båda ställena sker i dyser, vid vilka gasströmmen strypes medelst en membranpåverkad ventilkropp i stället för att såsom nyss beskrivits det andra stegets reglering sker medelst strypskruv. Det har konstaterats, att vid de förhållanden, som förekomma i praktiken, metoden med användande av en tvåstegsregulator, där första stegets reglering sker med en membranreglerad motströmsventil och andra stegets reglering sker med en strypskruv, ger det bästa resultatet, beroende på att en dylik regulator ger en *konstant* genomströmmad *gasmängd*, oberoende av de variationer i tryck, som förekomma i brännarens blandgasrör på grund av blandgasens uppvärmning från arbetsstycket.

Beträffande anslutningarna till tryckregulatorerna bör observeras, att anslutningarna för slangsocklarna till tryckregulatorerna liksom även brännarnas slangsocklar äro *vänster*gängade för acetylen och *höger*gängade för syrgas.

Svetsbrännare.

Vid svetsning med acetylen-syrgas skiljer man mellan lågtryckssvetsning och högtryckssvetsning.

Med *lågtryckssvetsning* avses svetsning med acetylen, genererad i lågtrycksgeneratorer vid i det närmaste atmosfärtryck. Vid svetsning enligt denna metod underkastas endast syrgasen reglering till lämpligt tryck, så att den medelst en injektor i brännaren kan suga acetylen fram till munstycket. Brännare av denna typ benämnes lågtrycksbrännare eller injektorbrännare.

Med *högtryckssvetsning* avses svetsning med dissousgas eller svetsning med acetylen genererad i högtrycksgeneratorer eller i lågtrycksgeneratorer med efterföljande komprimering till 0,5 à 0,8 atm övertryck. Vid svetsning enligt denna metod måste både acetylen och syrgas före inträdet i brännaren underkastas tryckreglering för erhållande av för svetsningen lämpligt tryck, varierande mellan 0,1—0,3 atm övertryck. Brännare för svetsning enligt denna metod benämnas högtrycksbrännare.

Verkningssätt för enlågiga handsvetsbrännare.

Fig. 24 visar en högtrycksbrännare. 1 är handtaget, 2 blandgasröret, 3 munstycket, 4 regleringsratt för acetylen och 5 regleringsratt för syrgas. Såväl rattar som slangsocklar äro i regel märkta med gasens namn. Ibland förekommer därvid beteckningarna A resp. O, varvid A betecknar acetylen och O syrgas. Dessutom äro rattarna för acetylen målade röda eller vita och för syrgas blå.

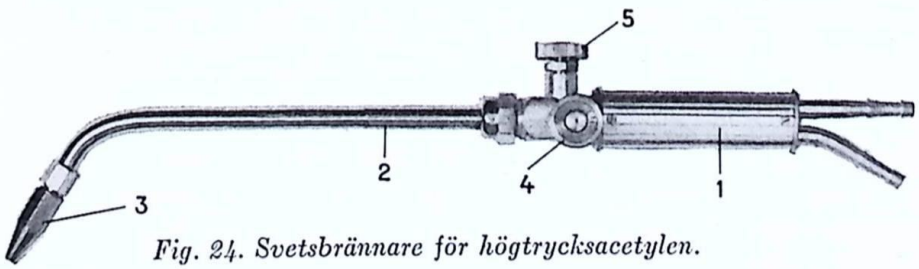


Fig. 24. Svetsbrännare för högtrycksacetylen.

Vid svetsning anslutas brännarens acetylen- resp. syrgasslangsocklar till slangsocklarna på de å behållarna placerade tryckregulatorerna. Från anslutningarna strömma gaserna genom kanaler i handtaget förbi regleringsventilerna 4 och 5 ut i blandgasröret 2, där blandningen av de båda gaserna sker. Blandgasen strömmar genom munstycket ut i fria luften och förbrinner omedelbart framför detsamma under intensiv värmeutveckling.

Varje blandning av syre och en brännbar gas har en bestämd förbränningshastighet, varmed man menar den hastighet, med vilken förbränning-

en fortplantar sig i ett rör, som innehåller en sådan stillastående gasblandning. För att lågan ej skall slå tillbaka genom munstyckshålet måste utströmningshastigheten i mynningen vara större än förbränningshastigheten. Å andra sidan måste gasströmmens hastighet utanför mynningen vara lika med förbränningshastigheten, ty eljest blåser lågan bort, se fig. 25 och stannar på det avstånd från munstycket, där gasströmmens hastighet är lika med förbränningshastigheten. Vid tändning av en liten svetsbrännare händer det ofta, att lågan blåses ut på grund av virvelbildningar i luften framför munstycket, även om man har normal utströmningshastighet på gasen. I dylika fall underlättas tändningen, om man lägger munstycket snett lutande mot arbetsstycket i samma ögonblick som man tänder.

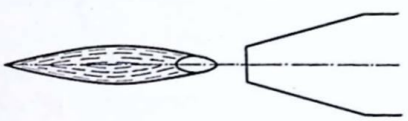


Fig. 25. Om gashastigheten är för stor, blåser lågan bort från munstycket.

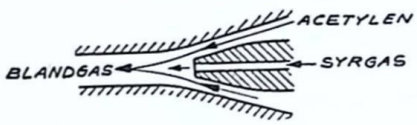


Fig. 26. Injektor till lågtrycksbrännare.

En olägenhet, som vidlåder nästan alla svetsbrännare av äldre konstruktion, är, att lågan, även om regulatorerna lämna konstant tryck, förändras till sin sammansättning genom att blandningsförhållandet mellan gaserna förändras, då svetsbrännaren och därmed blandgasen ändrar temperatur. Detta resulterar i, att omreglering av svetslågan måste göras, sedan brännaren efter några minuters svetsning blivit uppvärmd. Denna förändring av lågan behöver ej förekomma vid en riktigt konstruerad svetsbrännare av högtryckstyp.

Svetsbrännarna uppdelas numera i följande tre huvudgrupper:

a) *Lågtrycksbrännaren* (injektorbrännaren) är konstruerad enligt injektorprincipen med en i röret för syrgastillförseln placerad injektordys (fig. 26). Syrgas, som står under högt tryck, passerar dysen med stor hastighet. Därvid suges acetylen, som har mycket lågt tryck, med in i brännarens blnadningskammare, där gaserna blandas. Injektordysen är anbragt i långa utbytbara injektorer, som skruvas till handtaget. För att erhålla rätt blandningsförhållande mellan gaserna måste syrgasdysens borrning stå i ett noga bestämt förhållande till munstyckets borrning. Till varje storlek av munstycke hör därför en till detta speciellt avpassad injektor. Fig. 27.

På grund av den stora tryckskillnaden mellan de till brännaren inkommande gaserna blir en lågtrycksbrännare alltid känslig för temperaturvariationer inom brännaren. Detta tager sig, som förut nämnts, uttryck i ostabil låga. Detta yttrar sig på så sätt att mängden av syrgas i lågan ökas på

bekostnad av acetylenmängden sedan svetsningsarbetet begynt och således temperaturen hos munstycket stegrats.

b) *Högtrycksbrännaren* är av en senare och enklare konstruktion än lågtrycksbrännaren. Båda gaserna inkomma här med nära lika tryck, dock i regel med något högre tryck på syrgasen än på acetylenen. Brännaren är försedd med en fast syrgasdys med alla tillhörande munstycken. Tryckför-

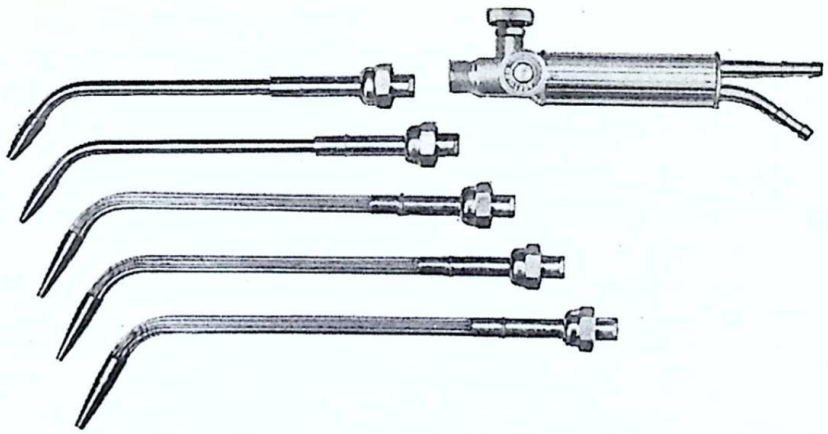


Fig. 27. Lågtrycksbrännare med utbytbara injektorinsatser.

hållandet mellan de båda gaserna ändras därför i viss mån, då man byter munstycke. I högtrycksbrännare har lågan ej så stor benägenhet att ändras till sammansättning som i lågtrycksbrännare. Fullt stabil låga kan uppnås blott för en del av de munstycksstorlekar, som ingå i munstyckssatsen.

c) *Liktrycksbrännaren* är en högtrycksbrännare och så inrättad, att en stabil svetslåga erhålles vid alla storlekar av munstycken. Detta möjliggöres därigenom, att gaserna alltid inkomma till brännaren under lika tryck. Hos liktrycksbrännaren åstadkommer temperaturväxlingarna hos munstycket endast den effekten, att vid konstant tryck från regulatorerna den utströmmande mängden av blandgas undergår små förändringar, under det att förhållandet mellan mängderna av acetylen och syrgas i blandningen förblir konstant. Använder man sig av konstantmängdregulatorer tillsammans med liktrycksbrännare, har man garanti för fullt stabil låga.

En lågtrycksbrännare kan förutom för lågtrycksacetylen även användas för dissousgas eller acetylen från högtrycksgasverk, under det att högtrycksbrännare endast kunna användas, då acetylenen står under högre tryck.

Vid svetsning förekommer det ofta, att små droppar från smältbadet stänka in i munstyckshålet, där de stelna och störa lågan. De avlägsnas bäst med speciella rensborrar, som passa till munstyckshålet eller med en mjuk mässingstråd.

Slangar.

Slangar för svetsapparater utföras av gummi, som förstärkes med linneinlägg eller linnebeklädnad eller båda delarna. Slangarna böra ej ha för liten invändig diameter, enär de då förorsaka stort tryckfall på den genom dem strömmande gasen. Å andra sidan böra de ej heller ha för stor invändig diameter, enär de då också måste ha större godstjocklek för att kunna motstå ett visst maximalt gastryck, och detta resulterar i att de ej bliva tillräckligt böjliga och smidiga. En vid grövre svetsning mycket använd slang har en invändig diameter av 8 mm. Vid svetsning av tunnare gods bör en liten svetsbrännare med klena slangar användas, för att underlätta arbetet. Lämplig innerdiameter på dylik slang är 4 mm. Acetylen- och syrgasslangarna böra ha olika färg, så att de lätt kunna särskiljas. Vanligen användes röd slang för acetylen och mörkblå för syrgas.

Då slangarna anslutas till tryckregulatorerna och svets- eller skärbrännarna, böra de fastklämmas på slangsocklarna medelst särskilda slangklämmor.

Svetsglasögon.

Vid svetsning är det nödvändigt att skydda ögonen mot det skarpa skenet och de för ögat skadliga strålarna från svetslågan. Detta sker med hjälp av glasögon försedda med mörka glas. Det är av vikt, att glasen ej släppa igenom ultraröda och ultravioletta strålar. Man bör därför övertyga sig om att de glas man inköper, äro noga kontrollerade i detta avseende. Färgen på dylika glas är i allmänhet grågrön. Blå glas, som man ibland kan få se i bruk, äro däremot olämpliga.

Vid acetylen-syrgasskärning är ljusintensiteten från lågan mindre än vid svetsning, varför ljusa glas kunna användas. Skyddsglasögon avsedda för skärning skola vara försedda med sidoskydd, som förhindra kringstänkande oxidpartiklar att komma in i ögat.

Svetssköld.

Vid långvarig svetsning med mycket stora brännare blir arbetet mindre påfrestande, om man använder antingen en ansiktsmask av asbest, försedd med svetsglasögon eller också en svetssköld, som skyddar såväl överkropp som ansikte mot värmestrålningen. En sådan svetssköld kan upptill förses både med ofärgat och med mörkt skyddsglas. Det ofärgade enbart som skydd mot värme och det mörka som skydd mot både värme och ljus. Ett sådant strålningsskydd giver svetsaren bättre överblick över arbetet, ty han kan utan avbrott i arbetet växelvis begagna de båda olika skyddsglasen.

Trådhållare.

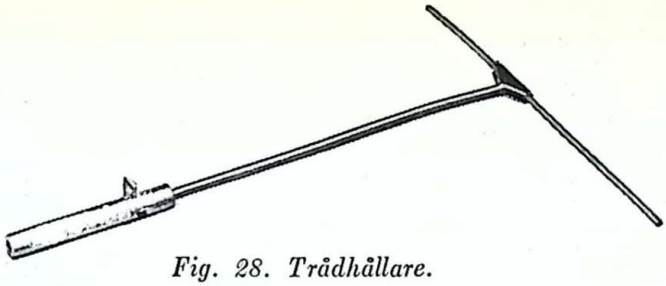


Fig. 28. Trådhållare.

Vid svetsning av större godstjocklekar är det vanligt, att svetsaren bockar svetstråden, dels för att på så sätt få handen längre från det varma svetsstället och dels för att lättare kunna utföra puddelrörelser med svetstråden i smältbadet. Denna metod att med hjälp av lågan bocka tråden liksom att under svetsningen skarva trådstumpar, är på grund av de därav förorsakade avbrotten i svetsningen oekonomiskt och verkar dessutom nedsättande på svetsens kvalitet.

För att skydda handen mot värme samt för att få ett säkrare grepp om svetstråden, bör man i stället använda en trådhållare. Den består av ett handtag, fastsatt på ett skaft, vilket i andra änden är försett med en gripanordning, som håller svetstråden i ett stadigt grepp. Gripanordningen kan öppnas och slutas med en liten spak, som sitter framför handtaget. Svetstråden kan därför lätt matas fram, allteftersom den förbrukas.

Rensborrar.

Svetsbrännarens munstyckshål rensas lämpligen med speciella borr, som passa till munstyckshålet. Rensborrarna äro vanligen försedda med ett kort skaft, som är märkt med munstyckshålets diameter.

Gaständare.

Svetsbrännaren tändes bäst med en gaständare, vilken kan manövreras med en hand och därför är bekvämare att använda än tändstickor.

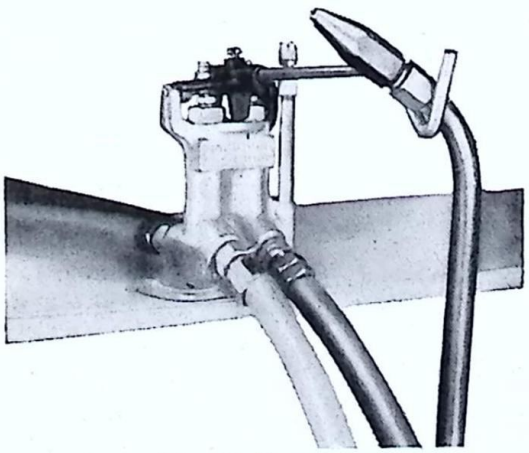


Fig. 29. Gassparare.

Gassparare.

Vid många svetsarbeten är det nödvändigt med korta arbetspauser, under vilka brännaren vanligtvis inte släckes, emedan svetsaren tycker det är för omständligt. Under tiden förbrännas betydliga gasmängder till ingen nytta.

Dylika förluster undvikas genom användning av gassparare.

I stället för att lägga ned brännaren med lågan brinnande, hänger svetsaren upp den på gasspararens hävarm. Denna tryckes ned och sluter de båda avstängningsventilerna för acetylen och syrgas, varvid lågan slocknar.

Då brännaren åter lyftes, springer hävarmen tillbaka i sitt ursprungliga läge och ventilerna öppnas. En liten evighetslåga tänder svetslågan, då brännaren åter lyftes.

Svetslågan.

Hård resp. mjuk svetslåga.

Att en korrekt inställning av svetslågan är av stor betydelse ligger i öppen dag, om man betänker, att syftet med de olika svetsapparaterna är, att svetsaren under hela svetsförloppet skall förfoga över en svetslåga av den storlek och karaktär, som är mest ändamålsenlig för det svetsarbete, till vilket lågan skall användas.

Svetslågans storlek blir bestämd dels av det munstycke, som väljes och dels av det tryck, varmed de båda gaserna acetylen och syrgas strömma fram genom munstycket. Nu förhåller det sig ju emellertid så, att trycket på gaserna vid en och samma munstycksstorlek ej kan varieras inom hur stora gränser som helst, utan att svetsningen blir lidande härpå. Har man t.ex. valt ett 500 liters munstycke, så erhåller man en gasgenomströmning av 500 liter acetylen per timme vid ett visst tryck, som reglerats med hjälp av tryckregulatorerna. Skulle man öka detta tryck genom att öppna regulatorernas strypskruvar ytterligare, ökas svetsgasernas utströmningshastighet genom munstycket och lågan erhåller en starkare blåsverkan, man får en s.k. hård låga. Skulle man i stället ha minskat gastrycket, minskas även lågans blåsverkan och man erhåller en mjuk låga.

Vid användande av moderna svetsmetoder har det visat sig vara lämpligast att så avpassa munstycksborrningar och svetstryck, att man vid mindre gasförbrukningar (under 400 liter acetylen per timme) använder hårda lågor, under det att man vid större gasförbrukningar i allmänhet använder relativt mjuka lågor. Detta sammanhänger med det förhållandet, att svetsaren vid mindre gasförbrukningar utför puddlande rörelser i smältbadet med lågans hjälp, under det att dessa puddelrörelser vid större smältor utföras med svetstråden.

Med hänsyn till den kemiska verkan, som svetslågan utövar på smältbadet, särskiljer man fem olika typer av lågor. Av dessa äro två oanvändbara för svetsning, nämligen den sotande och den oxiderande lågan. Vilken

typ av de tre övriga lågorna, den kolande, den normala eller den svagreducerande, som man bör välja, blir beroende av grundmaterialets sammansättning och den svetsmetod, som kommer till användning.

Normal låga.

Den normala lågan är den vanligen använda typen av svetslåga och erhålles, då proportionen mellan den genom munstycket strömmande kvantiteten acetylen och syrgas är ungefär 1: 1,1. Som fig. 30 visar, har denna låga ett mycket karakteristiskt utseende. I lågan finnas tre zoner, som äro skarpt markerade. Kärnlågan (zon A) är bländande och vitlysande, och där försiggär acetylenens förbränning i det genom brännaren tillförda syret. Den kemiska formeln för förbränningen är: $C_2H_2 + O_2 = 2CO + H_2$. Vid denna förbränning erhålles alltså koloxid och väte. Dessa gaser bilda en icke lysande, färglös, genomskinlig slöja (zon B), som närmast omgiver kärnlågan och sträcker sig något framför densamma. Gaserna i denna zon upplösa de flesta metalloxider i deras beståndsdelar (reducera oxiderna), varför den smälta metallen kan hållas ren. Denna reducerande zon i lågan är synnerligen betydelsefull vid svetsningen, eftersom man genom dess verkan kan hålla smältbadet absolut fritt från slagg.

I den yttre flamman (zon C) förbrinna koloxiden och vätet i det syre som tillföres från den omgivande luften. Därvid bildas de slutliga förbränningsprodukterna kolsyra och vattenånga. Den kemiska formeln för förbränningen är: $2CO + H_2 + 3\,O = 2\,CO_2 + H_2O$. Denna stora yttre flamma undanträngер luftens syre från beröring med metallen och bildar på så sätt en skyddsgas, som bidrager till att förhindra den varma metallen att oxideras.

Den här beskrivna typen av acetylen-syrgaslåga är således i kemiskt avseende särdeles verksam mot uppträdande oxider. Den gamla benämningen »neutral» låga är därför ganska oegentlig, och man har därför numera gått in för benämningen normal låga.

Eftersom svetslågan erhåller 60 % av syrgasförbrukningen ur luften, inses vikten av att ordna effektiv ventilation av svetslokalen.

Kolande låga.

Fig. 31 visar en kolande låga, d.v.s. en låga, som innehåller överskott av acetylen. Om acetylentillförseln i en normalt inställd låga ökas, kommer ej syrgas att finnas tillgänglig i kärnlågan A för förbränning av detta överskott på acetylen. Acetylenöverskottet utträder ur kärnlågan A in i zon B, där det vid den i svetslågan rådande höga temperaturen sönderfaller i väte och kol. Kolet blir glödande och gör, att denna zon B kommer att utsända

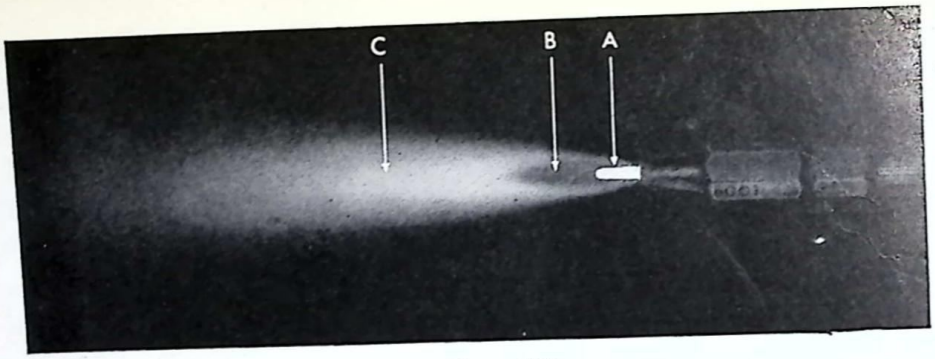


Fig. 30. Normal låga.

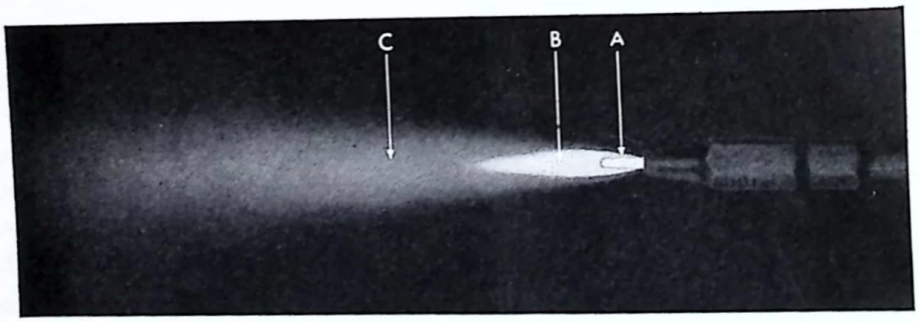


Fig. 31. Kolande låga.

ett relativt starkt gulvitt sken. En kolande låga regleras till normal genom att man sakta ökar syrgastillförseln eller minskar acetylentillförseln, men endast tills zon B just övergår i kärnlågan A, d.v.s. tills allt glödande kol försvunnit ur zon B. Längden på zon B i en kolande låga kan tagas som mått på den kolande lågans acetylenöverskott, enär längden av zonen varierar med acetylenöverskottet. Man skiljer därvid mellan svagt kolande, kolande och starkt kolande låga. Svagt kolande låga användes t.ex. vid påsvetsning, då en viss grad av uppkolning av det pålagda materialet önskas.

Sotande låga.

Sotande låga erhålles, om acetylenmängden i blandgasen ökas så mycket, att oförbränt kol utfaller i form av sot. Denna typ av låga har ej någon användning i praktiken och har därför ej avbildats härovan.

Svagreducerande låga.

Om i en normal låga syrgastillförseln ökas, så kommer den reducerande zonen B i fig. 30 att minskas eller helt försvinna och man får en s.k. svag-

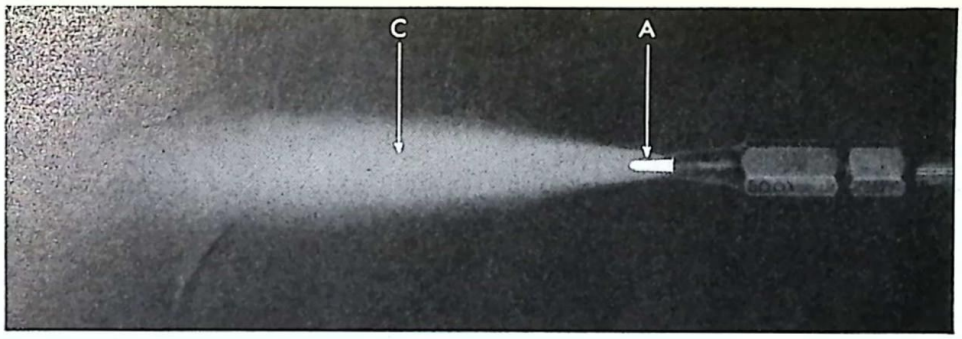


Fig. 32. Svagreducerande låga.

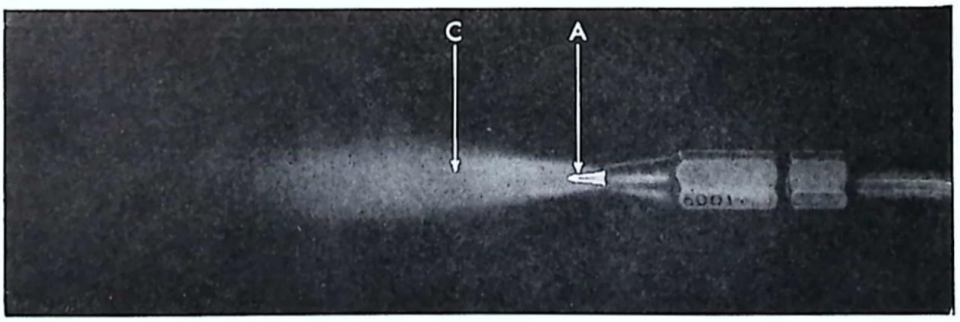


Fig. 33. Oxiderande låga.

reducerande låga. Se fig. 32. En dylik låga är hetare än en normal låga och medför större svetshastighet. Den kommer till användning vid svetsning av brons och mässing samt vid svetsning av stål utan tillsatsmaterial, t.ex. vid maskin- och handsvetsning av kantfogar och flänsade stumfogar i tunnplåt.

Oxiderande låga.

Om i en svagreducerande låga syrgastillförseln ytterligare ökas, erhålles en oxiderande låga. Se fig. 33. I en oxiderande låga avkortas kärnlågan, svetslägan i sin helhet antar en violett färgton och blir svagt lysande. Denna läga kommer endast i undantagsfall till användning vid svetsning.

Lågans tändning och släckning.

Som tidigare omtalats, är det av vikt för att lågan ej skall slå tillbaka, att gasens utströmningshastighet vid munstycket är större än förbränningshastigheten. En god regel vid tändning av högtrycksbrännaren är, att först påsläppa acetylen, som får utströmma genom svetsmunstycket och omedelbart tändes. Det gäller nu att framsläppa så mycket acetylen ge-

nom munstycket, att strömningshastigheten är tillräckligt stor i det ögonblick som syrgas tillsättes. Därefter påsläppes syrgas, till en början i ringa mängd, varefter man omväxlande ökar acetylen- och syrgastillförseln, tills en lämplig låga erhållits.

Vid tändning av lågtrycksbrännare påsläppes först acetylenen, vilken då på grund av sitt låga tryck endast långsamt framströmmar genom munstycket. Omedelbart därpå tillsättes syrgas, varefter den genom svetsmunstyckets mynning utströmmande blandningen tändes. Det gäller därvid att redan från början framsläppa tillräcklig mängd av syrgas för att nå tillräckligt stor utströmningshastighet på blandgasen.

Gasens avstängning och lågans släckning bör endast undantagsvis ske med svetsbrännarens reglerings- eller avstängningsorgan. För tvåstegsregulatorer, vid vilka sista stegets reglering sker medelst strypskruv, kommer nämligen, sedan gasströmningen upphört, trycket i slangarna att stiga utöver det tryck, som är rådande i desamma under pågående svetsning. Därvid riskeras att slangarna ryckas loss från sina kopplingar. Man bör därför taga för vana att vid alla avbrott i svetsningsarbetet stänga gasbehållarnas ventiler resp. vattenlåsets utloppskran, då lågtrycksgasverk användes.

Skulle lågan av någon anledning slå tillbaka i svetsröret, vilket åtföljes av en knall och ett väsande ljud, stänges omedelbart ventilen (kranen) för svetsbrännarens acetylenreglering samt därefter, om så erfordras, behållarventilerna, först acetylenackumulatorns ventil och omedelbart därefter syrgasbehållarens ventil.

Inreglering av lågan.

Sedan lågan tänts, avpassas proportionerna mellan acetylen och syrgas, så att en kolande låga enligt fig. 31 erhålles. Om ett stort acetylenöverskott önskas, utskruvas acetylenregulatorns strypskruv långsamt, till zon B i fig. 31 erhåller den längd, som önskas. Om man i stället önskar minska lågans acetylenöverskott, inskruvas acetylenregulatorns strypskruv successivt, tills zon B erhåller lämplig längd i förhållande till kärnlågan. Acetylenöverskottets storlek i en kolande låga angives vanligen genom att man uppgiver proportionerna mellan längderna på kärnlågan och zon B i fig. 31, varvid dessa längder mätas från munstyckets spets.

Då man önskar ställa in en normal låga, ställer man först in en kolande låga, varefter man långsamt minskar acetylentillförseln till lågan, tills zon B just övergår i kärnlågan. Eftersom det är mycket lättare att skilja den normala lågan från den kolande än att se skillnaden mellan den normala och den svagreducerande lågan, bör en inreglering av normal låga alltid ske på så sätt, att man går från kolande till normal låga, d.v.s. först ställer

in svetslågan med acetylenöverskott och sedan minskar acetylenöverskottet successivt, tills det alldeles försvinner.

Vid inreglering av en svagreducerande låga förfares på samma sätt, som då normal låga ställes in. Då man erhållit normal låga, ökas antingen syrgasen eller minskas acetylenen, tills ett lämpligt mindre syrgasöverskott erhållits i lågan. Syrgasöverskottet får ej göras så stort, att en oxiderande låga erhålles. Man bör därför lära sig bedöma syrgasöverskottet genom att observera den förkortning, som kärnlågan i den ursprungliga normala lågan undergår.

Skydd mot svetslågans avgaser vid svetsning i trånga rum.

Som framgått av det föregående förbrinner acetylenen dels i det syre, som tillföres genom brännarmunstycket och dels i det syre, som tas ur luften. Om en svetslåga användes i trånga utrymmen såsom cisterner, fartygstankar, små källarlokaler e.d., måste man därför ordna med effektiv ventilation dels för att ersätta det förbrukade luftsyret och dels för att bortskaffa lågans förbränningsgaser.

De obehag man erfar av minskad syre- och ökad kolsyrehalt i luften äro visserligen besvärande men ej av livsfarlig karaktär. Farliga äro däremot s.k. nitrösa gaser, som bildas i små kvantiteter, då luftens kväve vid den i en svetslåga rådande höga temperaturen ingår kemisk förening med syre. (Kemisk formel NO eller NO_2.)

När nitrösa gaser finnas i farlig koncentration i luften, ge de sig tillkänna genom att i tid signalera till den mänskliga organismen, att fara är å färde. Dessa varningstecken äro en stickande obehaglig lukt och hostretningar. Om de nitrösa gaserna inandas i högre koncentration, känner svetsaren dessutom sveda i bröstet, han får huvudvärk, blir illamående och i svårare fall tillstöta andningsbesvär efter några timmar.

Svetslågans benägenhet att alstra dessa för andningsorganen giftiga gaser är större, då lågan brinner fritt i luften, än då man svetsar eller skär med lågan. Mängden av nitrösa gaser, som bildas, ökar med lågans storlek men är i varje fall så liten, att någon risk ej föreligger, då svetsningen utföres i på vanligt sätt ventilerade verkstadslokaler. Däremot ha flera förgiftningsfall t.o.m. med dödlig utgång inträffat vid svetsning eller värmning med större svetslågor i behållare, tankar eller dåligt ventilerade källarlokaler. Då en svetslåga användes i sådana utrymmen, bör man därför iakttaga följande.

Rummet ventileras, så att snabbt luftbyte uppstår. Detta kan ske genom att luft tryckes in i rummet i så riklig mängd, att icke blott det förbrukade syret ersättes utan att även förbränningsgaserna bortföras med överskottsluften. Därvid bör man tillse, att den med avgaser bemängda

luften icke endast bringas att cirkulera inuti rummet utan att den verkligen bortföres. Man bör ihågkomma, att de för andningsorganen skadliga nitrösa gaserna äro tyngre än luften och sjunka till golvet, varför den öppning genom vilken förbränningsgaserna tryckas ut, skall ligga lägre än svetsarens näsa och mun. Om svetsningen utföres i ett trångt rum med endast en öppning, måste man dels ordna med inblåsning av luft och dels med utsugning av avgaserna. Sugrörets mynning bör därvid läggas så nära svetsstället som möjligt. Enär de nitrösa gaserna med begärlighet absorberas av vatten, kan man befukta golv och väggar med vatten, varigenom luftens halt av nitrösa gaser starkt minskar.

Förgiftning genom metallångor.

I detta sammanhang torde det vara lämpligt att påpeka en del andra förgiftningsrisker vid svetsning och skärning av

1. bly eller med blymönja överdragna material (blyförgiftning),
2. zink, zinkhaltiga legeringar eller med zink överdraget material (galvaniserade föremål),
3. med olja eller fett indränkt material.

Av dessa är blyförgiftning vanligast. Till undvikande av blyförgiftning bör arbetsstycket rengöras väl från mönjefärgen. Dessutom bör gasmask med kolloidfilter eller frisklufthjälm användas, om arbetet utföres i trånga lokaler med dålig ventilation.

Zinkfeber kan förebyggas genom utsugning över arbetsstycket eller genom att arbetet utföres i fria luften.

Genom att vid fasta arbetsplatser anordna arbetsbordet som en rost med hålrum och avsugning underifrån, kan man effektivt undvika förgiftning.

Läxa.

Fogtyper, svetsmetoder och svetslägen samt sambandet dem emellan.

Olika fogtyper.

Enligt Svetskommissionens nomenklatur för svetstekniken förstås med fog ett för svetsning formgivet ställe mellan arbetsstycken, vilka härför hållas i visst inbördes läge, innan svetsarbetet börjar.

Med »stumfog» förstås enligt samma källa en fog, där arbetsstyckets delar ligga i varandras förlängning utan överlappning (kant mot kant). Alla fogar, där detta ej är förhållandet, skulle sålunda få betraktas som »icke stumma». Man får ej med ordet »stum» förstå, att de delar, som skola sammansvetsas, intaga ett absolut stelt och oföränderligt läge i för-

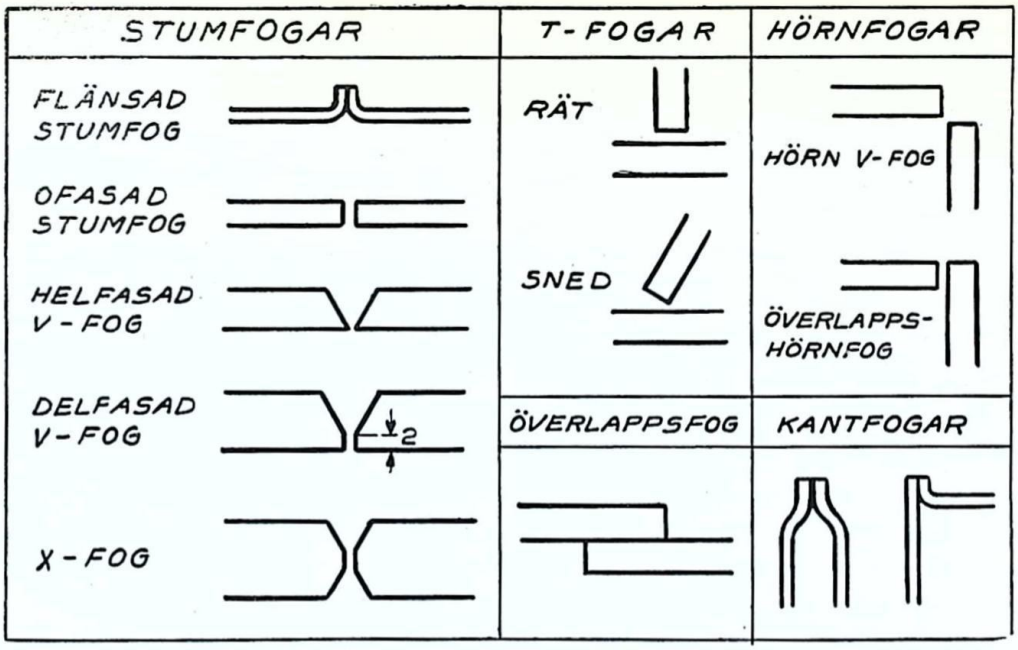


Fig. 34. Olika fogtyper.

hållande till varandra. Huruvida arbetsstyckets båda delar bliva förskjutbara eller icke förskjutbara sinsemellan, blir beroende av konstruktionen av det svetsade föremålet och icke av om fogen är en s.k. stum eller icke stum fog.

För gassvetsning särskilt lämpliga typer av fogar kunna sammanföras i 5 olika grupper, nämligen stumfogar, T-fogar, överlappsfogar, hörnfogar och kantfogar. Inom dessa grupper finnas ett flertal fogtyper, varav de vanligaste visas i fig. 34. Vilken typ av fog skall man nu välja vid detaljkonstruktionen av ett svetsat föremål?

Ett uttömmande svar är ej lätt att giva, då ju föremålen växla i det oändliga, men härnedan lämnas ett fåtal enkla regler.

1. Vid svetsning av tunnplåt utan användande av tillsatsmaterial väljes kantfog, flänsad stumfog eller överlapps hörnfog.

2. Vid godstjocklekar, då tillsatsmaterial måste användas, bör man, om konstruktionen så medgiver, svetsa i stumfog. Denna fogtyp medgiver nämligen svetsning med öppen rot, d.v.s. lågan har möjlighet att slå igenom fogen på rotsidan, vilket är särskilt gynnsamt vid gassvetsning. Ofasad stumfog användes upp till 6 mm. Om svetsaren behärskar den i det följande beskrivna djupsvetsmetoden, användes ofasad stumfog upp till 16 mm plåttjocklek. Om så ej är fallet, användes V-fog i plåttjocklekar mellan 6 och 16 mm.

3. X-fog kommer till användning vid plåttjocklekar över 16 mm, varvid

förutsättes, att arbetsstycket har sådan utformning, att man kan svetsa från båda sidor. Är detta ej fallet, får man fortfarande använda V-fog, varvid fogen får uppfyllas i skikt.

4. Hörnfog bör endast användas till kärl, som skola innehålla vätskor eller gaser under ringa tryck och därvid bör överlapps hörnfog föredragas framför hörn-V-fog.

5. En överlappsfog kan i de flesta fall ersättas av en stumfog. Ofta användas överlappsfogar i onödan. Orsaken härtill torde mången gång vara, att det svetsade arbetsstycket tidigare utförts nitat, varvid plåtarna ju överlappa varandra. När man sedan övergått till svetsning, har man bibehållit överlappsfogen, i stället för att övergå till en för svetsning mera ändamålsenlig fogtyp. I konstruktivt hänseende har en stumfog den fördelen, att kraftöverföringen sker rätlinigt. Se fig. 35 a. I en överlappsfog kröker kraftlinjeflödet i svetsen, vilket medför extra böjningspåkänningar. Se fig. 35 b. Särskilt i konstruktioner, som äro utsatta för utmattningspåkänningar är det krökta kraftlinjeflödet ogynnsamt i hållfasthetshänseende.

6. T-fogar böra väljas endast i de fall, att arbetsstyckets formgivning fordrar det. I många fall torde det vara möjligt att utföra detaljkonstruktionen så, att svetsningen kommer att utföras i en stumfog i stället för i T-fog. Se de två näst nedersta bilderna på fig. 35 c.

Varför är då stumfogen att föredraga, vare sig det är fråga om ofasad fog, V- eller X-fog? Jo, förutom fördelen av rätlinigt kraftflöde och möjlighet till svetsning i öppen rot, lämnar stumfogen konstruktören frihet att giva

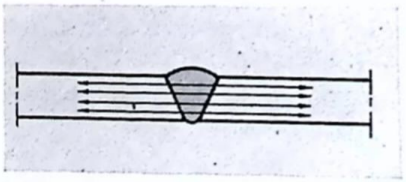


Fig. 35 a. En stumfog har den fördelen, att kraftöverföringen genom svetsen sker rätlinigt.

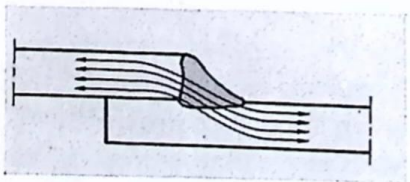


Fig. 35 b. I en överlappsfog kröker kraftlinjeflödet vid sin passage genom svetsen.

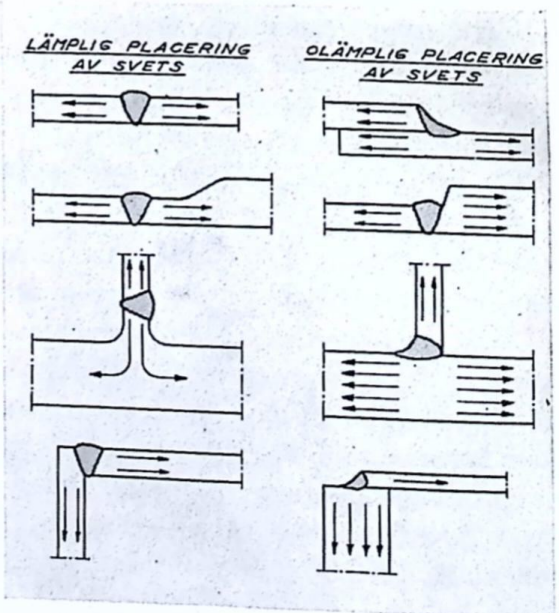


Fig. 35 c. Värmebalans hos olika fogar.

dess sektion den för svetsmetoden lämpligaste dimensionen. Kälsvetsen i en T- eller överlappsfog kan ej alltid dimensioneras så väl som svetsen i en stumfog.

Om svetsaren är tillräckligt skicklig, är det ur ekonomisk och ur kvalitetssynpunkt förmånligt att svetsa i en så smal fog som den använda metoden tillåter. Mängden av nedsmält material minskas då liksom även gasförbrukningen och den av arbetsstycket absorberade värmemängden. Därmed minskas även förkastningarna resp. krympspänningarna.

Förutom de ovan givna reglerna för val av fogtyp bör följande iakttagas. Vid utformningen av svetsfogen skall man eftersträva värmebalans, d.v.s. man skall anordna fogen så, att värmebortledningen blir lika från båda fogytorna. I fig. 35 c visas exempel på fogar med god respektive dålig värmebalans. Pilarna ange riktningen för värmebortledningen.

Olika svetslägen.

Om man har möjlighet att efter behag placera de delar av arbetsstycket, som skola sammansvetsas, är det lämpligt att placera dem så, att svetsen kommer att bliva horisontell och så, att den kan utföras med svetslågan riktad nedåt mot arbetsstycket. Detta är nämligen det enklaste arbetsläget, men det förekommer även andra sätt, varpå svetsar måste utföras.

I fig. 36 åskådliggöras fyra olika svetslägen, som kunna förekomma:

Horisontalsvets (plansvets) är en svets i horisontalplanet, utförd med svetslågan riktad nedåt mot arbetsstycket.

Liggande vertikalsvets är en svets i vertikalplanet, utförd i horisontell riktning.

Stående vertikalsvets är en svets i vertikalplanet, utförd i riktning uppåt eller nedåt.

Underuppsvets är en svets i horisontalplanet, utförd med lågan riktad *uppåt* mot arbetsstycket.

Som nyss nämnts, är det lättast att utföra svetsningen i horisontalläget. Men svetsning i stående vertikalläge erbjuder ej heller någon större svårighet, varför detta läge i många fall tillämpas vid

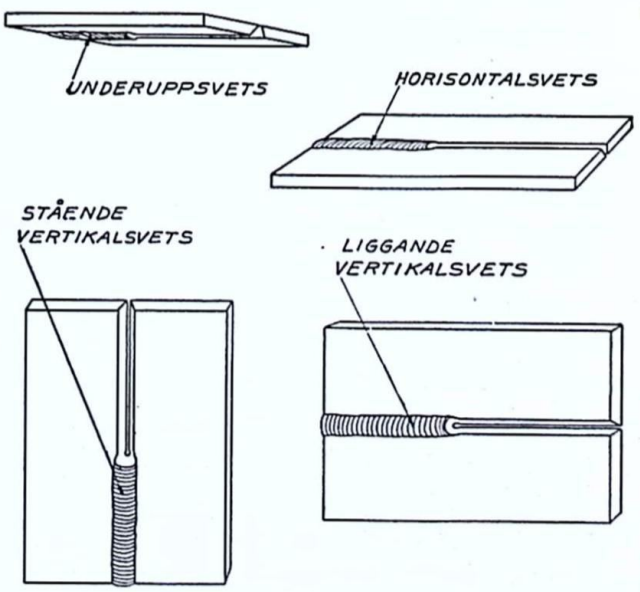


Fig. 36. Olika svetslägen.

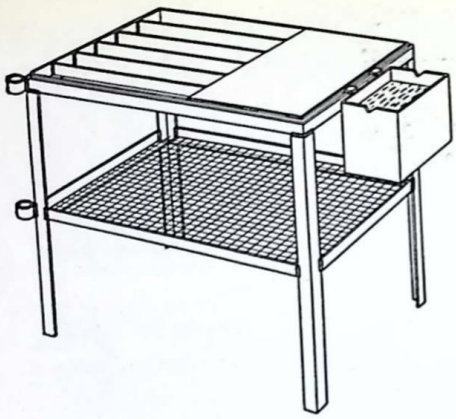


Fig. 37. Svetsbord.

produktionssvetsning. Liggande vertikal- och underuppsvetsning böra däremot tillämpas endast i de fall, då man ej har fritt val av arbetsläge, såsom fallet är vid montagesvetsning.

Vid utförande av en horisontalsvets bör man ej lägga arbetsstycket så, att svetsen kommer att vila direkt på underlaget utan tillse, att fogen ligger fritt, så att lågan kan blåsa nedåt och likaså att den smälta metallen flyter igenom, d.v.s. man bör svetsa med öppen rot.

När arbetsstycket ej är alltför stort, utföres svetsningen ofta på ett härför särskilt konstruerat bord. Ett dylikt bord kan tillverkas av vinkeljärn, varvid man först bockar och hopsvetsar en ram av lämplig storlek. De av vinkeljärn bestående benen fastsvetsas i stumfog till denna ram, varjämte ca 30 cm från benens underkant fastsvetsas vinkeljärn, som få uppbära ett trådnät, varigenom en hylla för verktygen erhålles. Av plattjärn och plåt hopsvetsas, som fig. 37 visar, ett galler, som lägges i ramen och får tjänstgöra som underlag för de arbetsstycken, som skola svetsas.

Olika svetsmetoder.

Med hänsyn till brännarens och svetstrådens förande särskiljas tre huvudmetoder, nämligen *från-, mot-* och *djup*svetsning. Dessa benämningar härleda sig av att vid frånsvetsning svetslågan är riktad *från,* vid motsvetsning riktad *mot* den färdiga svetssträngen samt att svetslågan vid djupsvetsning föres vinkelrätt mot fogen och *djupt* ned i densamma. Då nämnda metoder tillämpas vid svetsning i horisontalläget för hand, användes för de förstnämnda metoderna även de gamla benämningarna *vänstersvetsning* i stället för frånsvetsning och *högersvetsning* i stället för motsvetsning. Benämningarna vänster- och högersvetsning härleda sig av att lågan under svetsning i horisontalläge föres i riktning mot svetsarens *vänstra* resp. *högra* sida. Fördelen med de nya benämningarna från-, mot- och djupsvetsning ligger däri, att de gälla generellt vid såväl maskin- som handsvetsning i alla svetslägen och vid handsvetsning vare sig svetsaren för brännaren med höger eller vänster hand. I det följande åskådliggöres i text och bilder svetslågans läge och rörelseriktning i förhållande till den färdiga svetssträngen vid olika svetsmetoder.

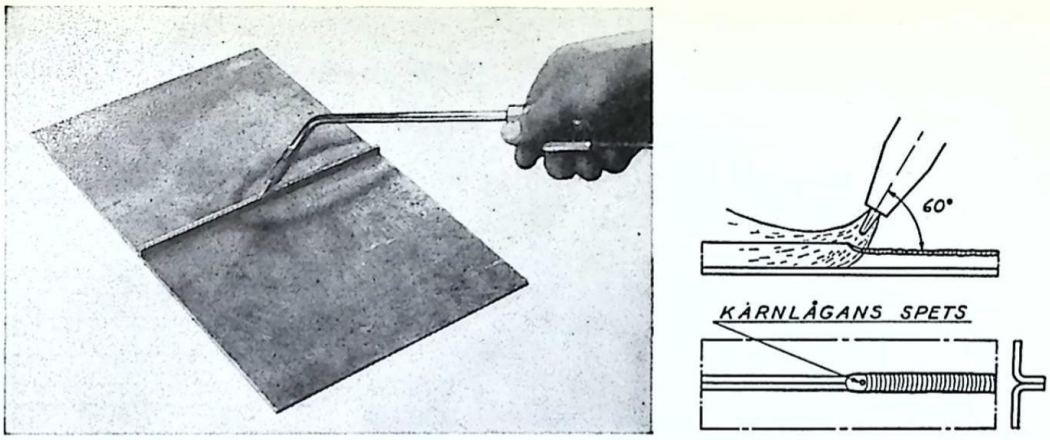


Fig. 38. Frånsvetsning utan tillsatsmaterial.

Frånsvetsning (vänstersvetsning).

Frånsvetsning utföres antingen med eller utan tillsatsmaterial. I fig. 38 visas ett exempel på frånsvetsning utan tillsatsmaterial. Som frånsvetsning utan tillsatsmaterial utföres svetsning av kantfogar och flänsade stumfogar i alla svetslägen. Vid frånsvetsning av kantfogar utan tillsatsmaterial användes svagreducerande låga.

Vid frånsvetsning med tillsatsmaterial (fig. 39) föres brännaren, så att lågan, som hela tiden är riktad från den färdiga svetssträngen, under jämnt framåtskridande i fogen beskriver små halvcirkelformiga bågar omkring svetstråden, vilken föres fram längs fogen utan sidorörelser. Svetstråden hålles så, att den hela tiden utsättes för den i fogens längdriktning pekande lågans inverkan. Nedsmältningen av tillsatsmaterial får dock ej ske för

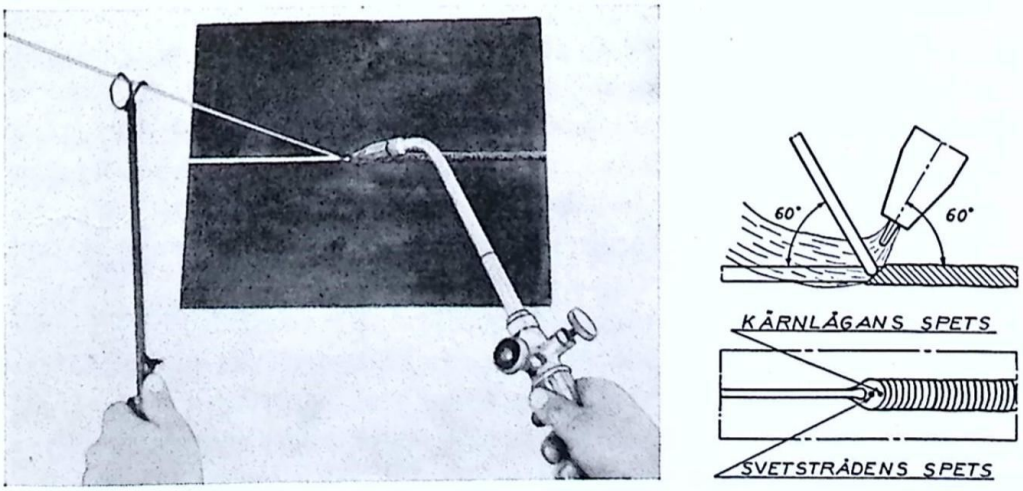


Fig. 39. Frånsvetsning (vänstersvetsning).

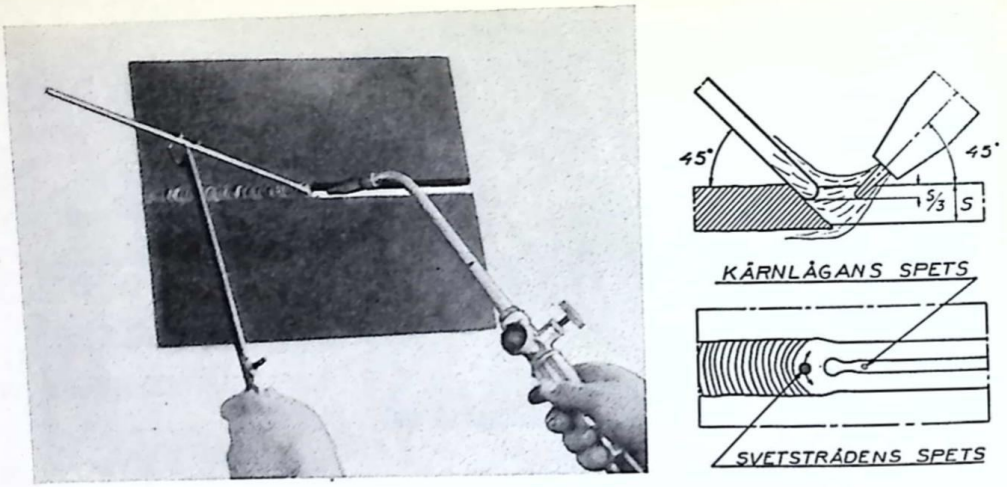


Fig. 40. Motsvetsning (högersvetsning).

hastigt, utan man måste noga tillse, att plåtkanterna ha smältvärme i det ögonblick det smälta tillsatsmaterialet tillföres, och att sammansvetsningen sker ej blott på ytan utan helt igenom materialet.

Materialet bör tillsättas så, att en jämn och vacker svetsfog erhålles. Tillsatsmaterialet bör på undersidan bilda en smal och låg utskjutande rygg och på översidan en någorlunda slät och måttligt hög vulst. Önskas alldeles slät yta, kan avputsning ske med smärgelskiva eller fil.

Motsvetsning (högersvetsning).

Den i det föregående nämnda frånsvetsmetoden har tidigare använts även för grövre plåttjocklekar. På senare åren har man emellertid för plåttjocklekar över 3 mm alltmera börjat använda sig av motsvetsmetoden, fig. 40. Omfattande undersökningar ha nämligen visat, att man medelst denna metod vid plåttjocklekar över 3 mm kan uppnå betydligt större svetshastighet och betydande gasbesparing i jämförelse med den gamla frånsvetsmetoden. På grund av den mindre uppvärmning av arbetsstycket, som denna svetsmetod ger, erhålles större avsvalningshastighet av svetsgodset och därmed en finkornigare struktur än vid frånsvetsning, vilket medför större seghet hos svetsgodset.

Brännaren föres stadigt i fogens längdriktning utan rörelse i höjd- eller sidled och med kärnlågans spets ca ⅓ av plåttjockleken under plåtens övre kant och lutande 45° mot plåtens övre yta. Svetstråden föres så, att dess spets befinner sig ca ⅓ av svetsens tjocklek under svetsens övre yta och föres i en ovalformig rörelse fram och tillbaka i fogens tvärriktning. Tråden tillföres svetsen mellan smältbadet och lågan.

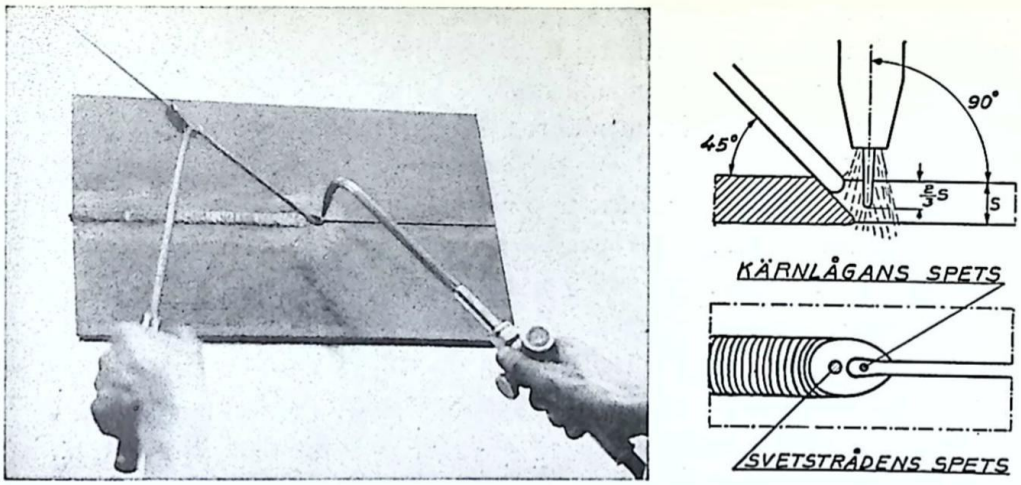


Fig. 41. Djupsvetsning.

Den vita kärnlågans spets riktas mot fogens rot och föres ej snabbare, än att ett litet runt hål hinner bildas i fogens rot omedelbart intill smältan, vilket är ett tecken på att båda plåtkanterna äro smälta. Om så icke är fallet, rinner det smälta tillsatsmaterialet endast ut över fogytorna, utan att någon bindning mellan tillsats- och grundmaterial äger rum.

För att få ett säkrare grepp om svetstråden samt för att med större säkerhet kunna utföra de nödvändiga puddelrörelserna, bör man vid motsvetsning använda en speciell trådhållare, som visas å bilderna.

Djupsvetsning.

Djupsvetsmetoden fig. 41 kännetecknas av att svetslågan föres djupt ned i en stumfog med ofasade kanter. Lågans ställning är vinkelrät mot fogens längdriktning och brännaren föres utan sidorörelser. Svetstråden införes mellan lågan och smältbadet och med tråden utföres liknande puddelrörelser som vid motsvetsning. Lågans spets bör ligga på halva plåttjockleken eller djupare. Härigenom kommer kärnlågans spets nära arbetsstyckets bottenkanter. Metoden kännetecknas av stor svetshastighet och god ekonomi.

Sambandet mellan godstjocklek, svetsmetod, fogtyp och svetsläge.

För att klargöra det samband, som råder mellan olika fogtyper, svetslägen och svetsmetoder, måste man först ha klart för sig, huru smältbadets jämviktsförhållande påverkas av det tryck, som svetslågans gaser utöva.

Som tidigare nämnts, skiljer man mellan hård och mjuk svetslåga. Den hårda resp. mjuka svetslågan påverkar smältbadet högst olika vid svets-

ningen. En hård eller för hård låga tenderar att blåsa bort den smälta metallen, och denna tendens blir påtagligare ju större smältbadet är och ju mindre verkan av ytspänningen i smältan är, d.v.s. ju »kvickare tråd» man har. Med en mjuk eller för mjuk svetslåga har arbetaren svårt att inträngа i smältbadet med lågan och med denna bringa gasblåsor till bristning, så att gaser och ev. slagger föras upp till smältans yta. Ur dessa fakta har gassvetstekniken utvecklats i vad det gäller själva svetsmetodiken, d.v.s. sättet för svetstrådens och brännarens förande.

Blandgasens utströmningshastighet från munstycket göres lämpligen beroende av smältans d.v.s. munstyckets storlek. För små smältor av några millimeters omfång, där ytspänningens verkan är stor, användes lämpligen hårda lågor, för större smältor, där ytspänningen gör sig mindre gällande, bör man använda mjuka lågor. För de mindre munstyckena är således blandgasens utströmningshastighet högre än för de större munstyckena. För de största munstyckena blir utströmningshastigheten konstant, just emedan den då börjar närma sig sitt minimivärde.

En svetsare, som inlärt moderna svetsmetoder, arbetar alltid med ett visst bestämt munstycke för varje godstjocklek, som han svetsar. För en och samma godstjocklek erhåller han då alltid lika stort smältbad. Intuitivt inställer han lågan så, att han erhåller lagom hård svetslåga för att kunna behärska smältan. Han erhåller således därvid också låga av rätt storlek och med riktig utströmningshastighet av blandgasen. Emellertid kan han med det för godstjockleken bestämda munstycket endast behärska smältbadet på ett visst sätt, som beror av smältans storlek, svetstrådens lättflutenhet, fogtyp och svetsläge, vilket exemplifieras av följande:

Vid horisontalsvetsning av t.ex. 2 mm tjock plåt är lämpligaste fogtyp en rät stumfog med 1,5 mm spaltbredd. Lämpligt munstycke är ett, som släpper fram 150 liter acetylen per timme. Smältbadets storlek blir härvid ganska liten, så att en puddling eller omröring av detta för att bringa gaser upp till ytan knappast låter sig göra med svetstråden. På grund av smältans litenhet är verkan av ytspänningen stor, och man kan därför använda en hård låga utan att med denna blåsa bort smältan, men med den hårda lågan kan man utföra de rörelser, som behövas för bortskaffande av gaser, som annars i form av små blåsor skulle stanna kvar i smältan. Dessutom kan man genom att rikta lågan *från* den färdiga svetssträngen få gasens tryck på smältan att samverka med tyngdkraften och på så sätt erhålla god genomsmältning och fyllning av fogen. *Från*svetsmetoden med läge av svetstråd och brännare enligt fig. 39 och med puddlingsrörelser av brännaren är därför den lämpligaste svetsmetoden vid horisontalsvetsning upp till 2,5 mm plåt.

Vid horisontalsvetsning av grövre plåt, exempelvis 12 mm, äro förhållan-

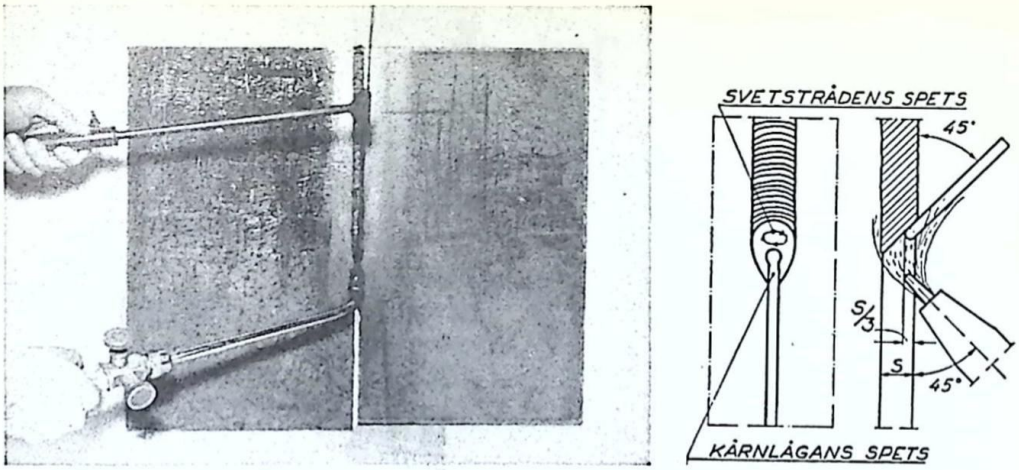


Fig. 42. Vertikal motsvetsning uppifrån och ned.

dena helt annorlunda. För att erhålla full genomsvetsning är en 50° V-fog med en 2 mm hög rätfas i roten lämplig fogtyp. Spaltbredd ca 3 mm. Lämpligt munstycke är det för 1.600 liter acetylen pr tim. Smältbadet blir nu så stort och ytspänningens verkan så liten på smältan, att denna måste förhindras att under inverkan av tyngdkraften rinna fram i fogen över de ännu icke smälta fogytorna. Detta åstadkommes genom att luta svetslågan *mot* smältbadet, så att tyngdkraftens verkan på smältan motverkas av gasernas tryck. Härvid är det värmeekonomiskt att låta svetslågan sjunka ganska djupt ned i fogen, så att en del av gasflödet kommer att bestryka den nyss färdigställda svetsens rotsida. Detta läge av svetslågan kräver dock en sådan utströmningshastighet på blandgasen att en mjuk låga erhålles. Det är alldeles oriktigt att avpassa lågans storlek genom att öka eller minska utströmningshastigheten, d.v.s. trycket i brännarens blandgasrum. Man måste för att ernå ett gott resultat välja rätt munstycksstorlek efter den plåttjocklek, som skall svetsas, och sedan inställa lågan på rätt hårdhetsgrad, d.v.s. svetsa med mjuk låga.

De nödvändiga puddelrörelserna utföras i detta fall bäst med svetstråden i viss bestämd lutning mot arbetsstycket. I det nu beskrivna svetsförfarandet igenkänna vi *mot*svetsförfarandet enligt fig. 40. I godstjocklekar mellan 3 och 6 mm svetsas därvid i ofasad stumfog, under det att 50° V-fog användes i godstjocklekar över 6 mm.

Vi övergå nu till att betrakta vertikalsvetsning, d.v.s. en stående fog i vertikalplanet. I plåttjocklekar upp till 6 mm svetsas lämpligast enligt motsvetsmetoden uppifrån och ned, ehuru denna metod har karaktär av underuppsvetsning. Detta möjliggöres därav, att vid dessa plåttjocklekar smältans volym och fria yta är så liten och därvid ytspänningens verkan

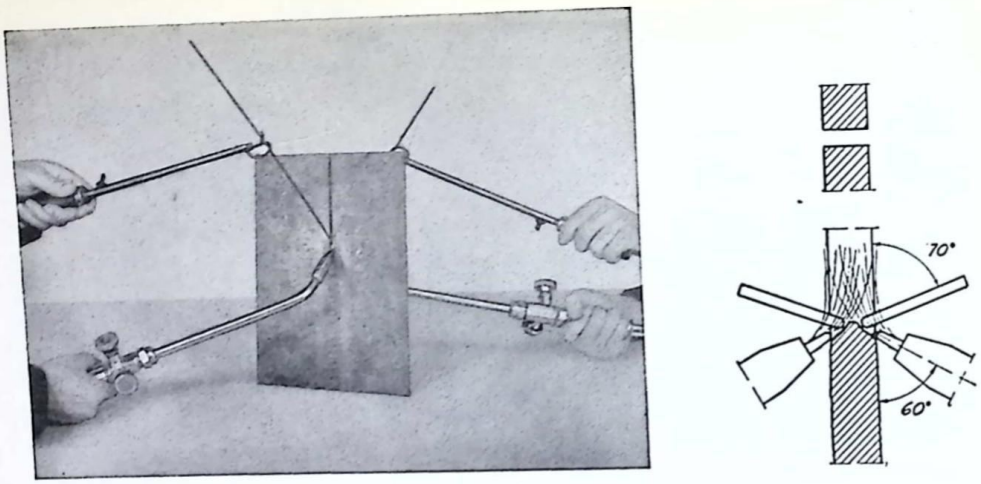


Fig. 43. Dubbelsidig vertikal frånsvetsning.

så stor, att tyngdkraftens verkan på smältbadet lätt uppväges av gasernas tryck uppåt. Denna svetsmetod har visat sig vara mycket snabb vid ifrågavarande plåttjocklekar.

Vid godstjocklekar över 6 mm tillämpas med fördel en metod som karakteriseras av att den vertikala svetsen utföres av två man, som med var sin brännare på vardera sidan av arbetsstycket gemensamt bygga upp svetsen. Vid denna svetsmetod kan man ej föra lågan så, att trycket av gaserna på smältan samverkar med tyngdkraften ty då skulle smältan icke kunna ligga kvar i fogen utan blåsas bort. Man måste därför, trots att man har en rätt stor smälta, frångå motsvets- och gå in för frånsvetsmetoden. De nödvändiga puddelrörelserna utföras med svetstråden. Lågan föres ej snabbare, än att ett hål smältes i fogen mitt för lågans spets. I detta håls undre del ligger smältan med horisontal utsträckning något större än godstjockleken, så att en råge bildas på vardera sidan. Se fig. 43. Denna metod är gasbesparande, emedan förbränningsgaserna, sedan de förenats till en gasström, få sådan riktning, att de effektivt förvärma plåtkanterna. Svetsarna följa varandra och hålla hela tiden smältor i samma nivå och laga så att smältorna sammanflyta i fogens mitt. I godstjocklekar mellan 6 och 12 mm svetsas enligt denna metod i ofasad stumfog med de spaltbredder, munstycksstorlekar och tråddiametrar, som angivas i tabell på sidan 55. Vid plåttjocklekar över 12 mm svetsas lämpligast i X-fog och då utföras puddelrörelserna med både tråden och lågan.

Djupsvetsmetoden, som ej tidigare berörts i detta sammanhang, kan användas parallellt med motsvetsmetoden i horisontal-, liggande vertikal- och underuppläge. I vertikalläge svetsas med fördel upp till 10 mm plåttjocklek enligt djupsvetsmetoden, varvid svetsningen går uppifrån och ned.

Svetshastighet, gas- och trådförbrukning vid svetsning i mjukt stål.

Uppgifter för kostnadsberäkning.

För att kunna utföra kostnadsberäkning av ett svetsarbete erfordras bl.a. uppgifter om svetshastigheter, gas- och trådförbrukning. Dessa uppgifter kunna erhållas i följande tabeller, som dessutom till ledning för svetsaren ange lämpligaste munstycksstorlek, spaltbredd och svetstrådsdiameter vid svetsning av stumfogar i olika godstjocklekar. Tabellen är uppgjord för de två vanligaste svetslägena horisontal- och stående vertikalläge, varvid förutsättes, att de för respektive fogtyper och svetslägen lämpligaste och i tabellerna angivna svetsmetoderna tillämpas. Beträffande brännarens ställning i fogen, trådens förande m.m. hänvisas till redogörelsen härför i föregående kapitel. Observeras bör, att spaltbredden kunnat väljas så, att svetstråd med någon av de som standard förekommande diametrarna 1, 1,25, 1,6, 2, 2,5, 3,15, 4, 5, eller 6,3 kan användas som passbit.

De i tabellerna angivna svetshastigheterna gälla för handsvetsning med enlågiga svetsbrännare, förberedelser, riktningsarbeten och vilopauser undantagna. Svetshastigheterna äro medelvärden för en god svetsares prestation vid användande av goda fogverktyg och god apparatur.

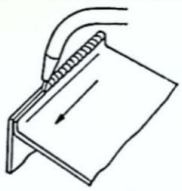
I tabellen äro för svetsning med tillsatsmaterial endast medtagna stumfogar. Vid kälsvetsning t. ex. i T- och överlappsfogar sker svetsningen i regel i 90° fogvinkel. Detta medför, att större mängd tillsatsmaterial måste nedsmältas än vid svetsning i en V-fog med 50° fogvinkel. Då dessutom vid svetsning av T- och överlappsfogar värmebortledning sker i tre huvudriktningar från svetspunkten, ehuru det även här är endast två arbetsstycken, som hopsvetsas, erhålles lägre svetshastighet än vid svetsning i stumfog av motsvarande godstjocklek. I allmänhet kan man därvid räkna med en svetshastighet av 90 % av den, som gäller för svetsning i V-fog, om samma munstycksstorlek användes i båda fallen.

Munstyckets storlek anges i tabellen genom dess förbrukning av acetylen i lit/tim. Vid svetsning med dissousgas, som debiteras efter vikt (per kg), under det att syrgas debiteras efter volym (per kbm), erfordras för kostnadsberäkning, utöver i tabellen angivna värden följande uppgifter:

1.000 liter acetylen väger 1,1 kg. Vid svetsning med normal låga *åtgår till 1 kg acetylen 1 kbm syrgas.*

Horisontalläge.

Frånsvetsning
utan tillsatsmaterial



Fogtyp	Godstjocklek mm	Munstycke acetylen lit/tim	Spalt mm	Tråddiam. mm	Trådförbrukn. kg/met	Svetshast. met/tim
Kant-, hörn- o. flänsad stumfog	0,5	75	—	—	—	26
	0,75	100	—	—	—	24
	1,0	150	—	—	—	22
	1,5	225	—	—	—	19
	2,0	300	—	—	—	16

Frånsvetsning
med tillsatsmaterial



Ofasad stumfog	1,0	100	1	1,25	0.018	7,0
	1,5	150	1,25	1,25	0,035	6,5
	2,0	150	1,6	1,6	0,050	6,0
	2,5	225	2	2	0,065	5,5

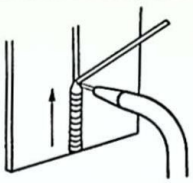
Motsvetsning



Ofasad stumfog	3	400	1,6	2,5	0,08	4,2
	4	500	2	3,15	0,11	3,5
	5	650	2	3,15	0,15	3,0
	6	800	2,5	3,15	0,22	2,6
V-fog	8	1000	2,5	4	0,4	2,0
	10	1300	3,15	5	0,6	1,6
	12	1600	3,15	6,3	0,9	1,3
	15	2000	4	6,3	1,4	1,0

Stående vertikalläge.

Frånsvetsning
nedifrån och uppåt



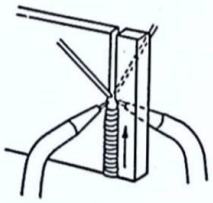
Fogtyp	Godstjocklek mm	Munstycke acetylen lit/tim	Spalt mm	Tråddiam. mm	Trådförbrukn. kg/met	Svetshast. met/tim
Ofasad stumfog	**1**	75	1	1,25	0,018	6,5
	1,5	100	1,25	1,25	0,035	6,0
	2	100	1,6	1,6	0,050	5,5
	2,5	150	2	2	0,065	5,0

Motsvetsning
uppifrån och ned



Ofasad stumfog	**3**	400	1,6	2,5	0,08	5,5
	4	500	2	3,15	0,11	4,3
	5	650	2	3,15	0,15	3,5
	6	800	2,5	3,15	0,22	3,0

Dubbelsidig frånsvetsning
nedifrån och upp



Ofasad stumfog	**8**	2×225	3,15	3,15	0,4	2,7
	10	2×300	4	3,15	0,5	2,5
X-fog	**12**	2×350	2,5	3,15	0,6	2,0
	14	2×400	2,5	4	0,75	1,7
	16	2×500	2,5	4	0,95	1,5
	18	2×500	3,15	4	1,2	1,2
	20	2×650	3,15	4	1,5	1,0

Uppgifter för efterkalkyl.

Kontroll av gasförbrukningen.

Den för ett visst svetsarbete förbrukade syrgaskvantiteten kan kontrolleras på syrgasregulatorns högtrycksmanometer. Är t.ex. trycket vid svetsningens början 90 atm och vid dess slut 40 atm, så är tryckfallet 50 atm. Multipliceras detta tal med behållarvolymen, som vanligen är 40 liter (för en O-40), fås syrgasförbrukningen, d.v.s. 2.000 liter eller 2 kbm.

Acetylenförbrukningen kan samtidigt bestämmas, då man enligt det föregående vet, att vid svetsning med normal låga åtgår 1 kg acetylen till 1 kbm syrgas. Gaskostnaden erhålles då lätt, om man vet priset per kg dissousgas.

Om gasverk användes, utrönes relationstalet mellan svetsanläggningens karbid- och syrgasförbrukning. Karbidkostnaden kan sedan beräknas för varje svetsarbete, där man mätt syrgasåtgången. Kostnad för reningsmassa, skötsel av gasverk etc. lägges för enkelhetens skull på karbidpriset.

Användande av kalkylkort.

För att förenkla beräkningen av kostnaderna för gasen kan man även använda ett för respektive behållare avsett beräkningskort enligt fig. 44. Då svetsaren har kopplat in en ny syrgasbehållare, avläser han på syrgasregulatorns innehållsmanometer gastrycket i behållaren och markerar detta med ett streck på kortets vertikala skala. Då arbetet är avslutat, avläses åter trycket och markeras på samma sätt. På detta sätt markeras tryckfallet för varje följande arbete. På den sneda skalan sättes ett streck vid den siffra, som utgör sammanlagda gas- och fraktkostnaden för behållaren. Denna siffra förbindes med den översta markeringen på den vertikala skalan. Parallellt med denna linje drages därefter linjer från de punkter, där gastryck äro markerade. Gaskostnaderna för de olika arbetena kunna därefter avläsas på den sneda skalan. Samma förfaringssätt kan användas för dissousgasbehållare, om svetsningen utförts med relativt litet munstycke.

Vid långvarigare och större gasförbrukningar blir denna metod att bestämma acetylenförbrukningen otillförlitlig, eftersom det tryck, som acetylenregulatorns innehållsmanometer visar, påverkas av den kyleffekt, som uppstår, då den i flytande tillstånd magasinerade acetylenen frigöres ur acetonen. Om man i ett sådant fall önskar noggranna gasuppgifter, kan man väga acetylenbehållaren före och efter svetsningen. Nöjer man sig med ungefärliga siffror kan man undersöka, om de avlästa trycken äro något så när riktiga på följande sätt:

Under förutsättning att man vid svetsningen använt acetylen- och syrgasbehållare av motsvarande storlek t.ex. en A-40 och en O-40 eller en A-20 och en O-20, är tryckfallet i acetylenbehållaren drygt $^1/_{10}$ av tryckfallet i

syrgasbehållaren. Om tryckfallet i syrgasbehållaren för ett visst svetsningsarbete t.ex. är 40 atm och man under samma tid konstaterat ett tryckfall av 4—5 atm på acetylenregulatorns innehållsmanometer, kan denna avläsning utan vidare läggas till grund för kostnadsberäkningen. Skulle tryckfallet däremot uppgå till 6 eller 7 atm, tyder detta på att acetylenregulatorn visar ett tryck, som är lägre än vad som motsvarar den i behållaren kvarvarande gaskvantiteten. Att så är fallet, kan man förresten konstatera, om den genom den häftiga gasutströmningen nedkylda behållaren får stå någon tid och åter anta omgivningens temperatur. Då stiger nämligen trycket till ett värde, som svarar mot den i behållaren kvarvarande gasmängden.

I detta sammanhang förtjänar påpekas, att om man svetsar med så stort munstycke, att det här beskrivna fenomenet inträffar, bör svetsaren koppla ihop två eller flera acetylenackumulatorer enligt de anvisningar som gavs på sid. 19.

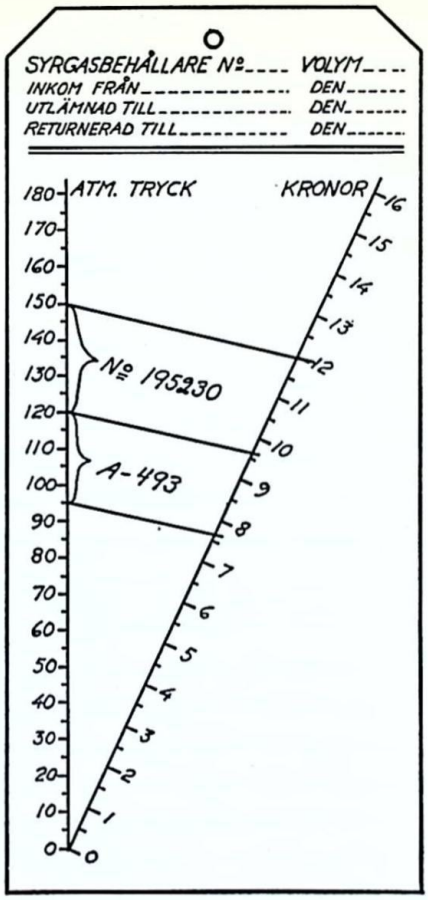


Fig. 44. Kalkylkort.

Kontroll av gas från centraler.

Om svetsgaserna tagas från gascentraler, kan ovan angivna sätt för kontroll av gasförbrukningen ej tillämpas. Då bestämmes i stället under en lämplig tidsperiod förbrukad mängd gas samt mängden svetstråd. Genom division av dessa två faktorer erhålles en konstant, som angiver erforderlig gasmängd per kg svetstråd. Önskas sedan uppgift om gaskostnaden för ett visst arbetsnummer bestämmes endast förbrukad mängd svetstråd, och genom multiplikation med nämnda konstant erhålles gasförbrukningen. Denna konstant får olika värden för olika svetsarbeten och bör kontrolleras med jämna tidsmellanrum.

Vid skärning är proportionen mellan acetylen- och syrgasförbrukningen helt annorlunda än vid svetsning. Beträffande gasförbrukningen vid skärning hänvisas till tabellen på sid. 164.

Hållfasthetsprovningar.

Brotthållfasthet och töjning.

Om en ståltråd upphänges och belastas med en vikt, kommer ståltråden att förlängas på samma sätt som en gummisnodd, som belastas, ehuru förlängningen hos stålet är betydligt mindre än hos gummit. Om trådar av samma material, längd och diameter belastas med olika stora vikter, kan man lätt konstatera, att förlängningen ökar, då belastningen på tråden ökar. Fortfar man att öka belastningen, kommer tråden till slut att brista. Genom att dividera belastningen i brottögonblicket med trådens genomskärningsarea erhåller man materialets brottgräns, som betecknas σ_b.

Exempel. Tråden har en genomskärningsarea av 5 mm² och brottbelastningen var 200 kg. Brottgränsen σ_b blir då 200: 5 = 40 kg/mm².

Att det är önskvärt att stål skall ha så hög brotthållfasthet som möjligt torde utan vidare stå klart för alla. Att man dessutom önskar, att ett stål skall ha stor förlängning, d.v.s. att det skall kunna deformeras i hög grad, innan brott inträffar, har kanske inte alla reflekterat så mycket över. Betydelen av stor förlängning hos ett stål inses dock lätt av följande exempel.

Antag att en tungt lastad balk A i fig. 45 upphänges i tre trådar B, C och D, vilka dimensionerats så, att de nätt och jämnt förmå bära balken A, då alla tre trådarna samverka. Nu är det emellertid i praktiken svårt att avpassa de tre trådarnas längd, så att de bli exakt lika långa. Låt oss antaga, att den mellersta tråden (C) råkat bli något längre än de två yttre (B och D). Tydligt är, att balken A kommer att hänga endast i B och D. Om nu materialet i ståltrådarna icke kunde förlängas, skulle resultatet bliva att trådarna brista. I stället inträffar nu det förhållandet, att B och D förlängas, så att även tråden C kommer att hjälpa till att bära balken.

På samma sätt kommer alla i ett fackverk, fig. 46, ingående stänger att gemensamt deltaga i kraftöverföringen tack vare stålets förlängning.

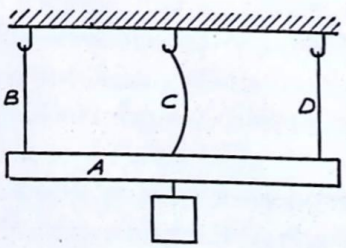


Fig. 45. Provanordning.

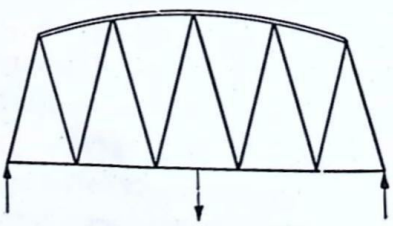


Fig. 46 Fackverkskonstruktion.

Nu eftersträvar man hos ett stål såväl hög brotthållfasthet som stor förlängning. Tyvärr är det så, att ju högre brotthållfasthet ett stål har, desto mindre tänjbarhet får man nöja sig med.

Stålen indelas med hänsyn till brotthållfastheten i olika klasser och benämningen av stålet hänför sig till den för stålklassen lägsta tillåtna brotthållfastheten t.ex. ST-34, ST-37, ST-44, ST-48 och ST-52 med en lägsta brotthållfasthet av resp. 34, 37, 44, 48 och 52 kg/mm².

Dragprov.

Dragprov på en plåt utföres på så sätt, att en stav av i fig. 47 angivet utseende insättes i en dragprovmaskin och belastas, tills brott inträffar. Antag, att stavens bredd = b mm och tjocklek = t mm. Stavens genomskärningsarea blir då b × t mm². Om brottbelastningen är = B blir brottgränsen $\sigma_b = \frac{B}{b \times t}$ kg/mm². För att uppmäta stålets förlängning gör man två små körnslag A och B på avståndet l mm från varandra. Efter avdragningen sammanlägges provstavdelarna, varefter avståndet l_1 mellan körnslagen uppmätes. Avståndet mellan körnslagen A och B har tydligen förlängts l_1—l mm. Uttryckt i % blir

$$\text{förlängningen} = \frac{l_1 - l}{l} \cdot 100,$$

vilket anges som stålets förlängning uppmätt på mätlängden l.

Liknande uppmätningar göras på rundsvarvad provstav.

Slagprov.

För detaljer, som äro underkastade slag eller stötpåkänningar är det av vikt, att slaghållfastheten är hög. För att mäta slaghållfastheten uttages en provstav av i fig. 48 angivet utseende. Denna stav upplägges på två stöd och slås av i en speciell pendelhejare, som registrerar slagarbetet.

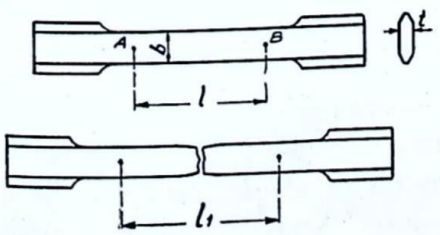


Fig. 47. Dragprov.

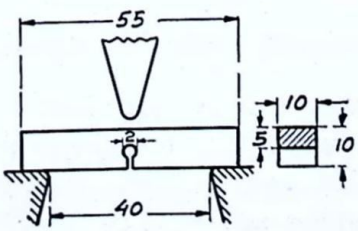


Fig. 48. Slagprov.

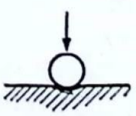


Fig. 49. Brinellprov.

Hårdhetsprov.

Hårdhetsmätning tillgår så, att en kula av viss diameter, t.ex. 5 mm, placeras på en plan yta av det material, som skall undersökas, varefter kulan belastas med en viss bestämd vikt. Ju mjukare materialet är, desto längre tränger kulan in och desto större blir det intryck, som kulan gör på ytan. Se fig. 49. Genom att mäta upp det gjorda kulintryckets storlek och sätta detta i relation till den kraft, varmed kulan belastas, får man ett mått på hårdheten, som vanligen anges i brinellenheter.

Utmattningsprov.

Antag, att vi ha en dragprovstav av sådant stål och sådan dimension, att den skulle hålla 10.000 kg last, innan brott inträffar vid dragprov. Nu ta vi i stället och belasta den endast till 5.000 kg, varefter staven omedelbart avlastas, för att strax därpå ånyo belastas med 5.000 kg, åter avlastas o.s.v. När detta har återupprepats ett tillräckligt antal gånger kommer staven att brista, trots att den aldrig belastats med 10.000 kg, vilket ju var den belastning den skulle ha tålt vid vanligt statiskt dragprov. Staven har förts till brott genom utmattning. Sänkes den ständigt upprepade belastningen, kommer staven att kunna belastas ett större antal gånger. Vanligen brukar man med utmattningshållfasthet ange den brottbelastning, som tillåter totalt 2 miljoner lastväxlingar.

Utmattningsprov kunna utföras på många olika sätt, t.ex. dragutmattning, slagutmattning, böjutmattning, växlande tryck- och dragutmattning m.m.

Krympning och krympspänningar samt deras undvikande vid gassvetsning.

Stålets utvidgning och krympning under värmets inflytande.

Följande exempel åskådliggör huru krympspänningar kunna uppstå.

En bult, se fig. 50, stickes in genom två i ett U-format järnstycke borrade frigående hål, varefter muttern skruvas till, så att den nätt och jämnt kommer i beröring med sidan på det U-formade järnstycket. Bulten utsättes därefter för uppvärmning t.ex. från en svetsbrännare, såsom bilden vi-

sar. Därvid kommer bulten att förlängas, så att ett litet mellanrum uppstår mellan muttern och järnstycket. Får bulten därefter svalna, återtager den sin ursprungliga längd.

Om man, sedan bulten blivit uppvärmd och alltså förlängts, drager fast muttern, kommer bulten liksom förut att försöka draga ihop sig vid avsvalnandet, men då detta ej längre är möjligt, uppstår en dragpåkänning i bulten.

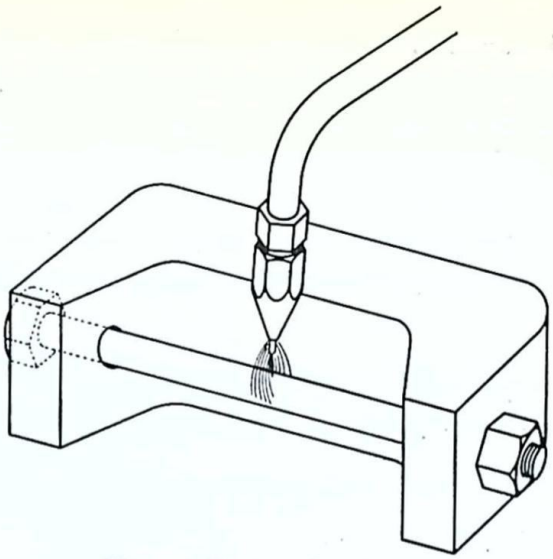


Fig. 50. Krympningsförsök.

I första fallet kunde bulten röra sig fritt, och någon dragpåkänning uppkom således ej vid krympningen. I senare fallet kunde krympningen ej försiggå fritt och därigenom uppkom en krympspänning. Denna spänning är proportionell mot den vid uppvärmningen uppkomna förlängningen av bulten. Dragpåkänningen i bulten kan i ogynnsamt fall stiga så högt, att bulten brister.

Om arbetsstyckets delar ej kunna röra sig fritt vid svetsning, uppstå krympspänningar på liknande sätt. Om dessa krympspänningar bliva så stora, att de överstiga materialets brotthållfasthet, uppstå krympsprickor.

Följande satser må anses vara självklara och icke fordra särskild förklaring.

1. Vid all smältsvetsning måste krympning uppstå på grund av uppvärmningen och den därpå följande avsvalningen.

2. Om krympningen kan försiggå fritt, så behöver den icke förorsaka spänningar vare sig i svetsen eller i det svetsade arbetsstycket.

3. Spänningar uppstå först, då krympningarna icke obehindrat kunna äga rum.

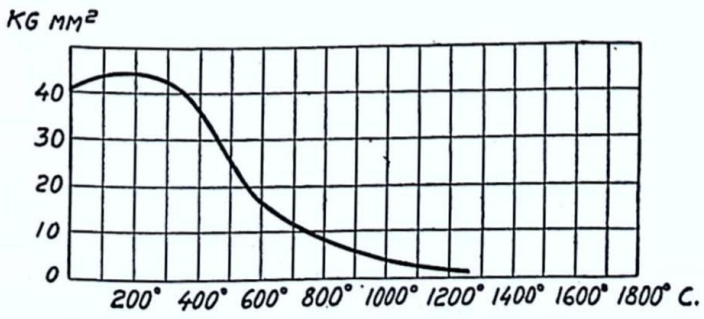


Fig. 51. Järnets hållfasthet vid olika temperaturer.

Järnets hållfasthet vid uppvärmning respektive avkylning framgår av diagrammet i fig. 51. Tydligt är, att järnet erhåller förhöjd brotthållfasthet vid temperaturer upp till ca 350°, varefter hållfastheten hastigt minskar. Vid t.ex.

1000°, motsvarande ljusgul värme, är järnets hållfasthet endast ca 4 kg/mm² och vid 1250°, d.v.s. vid vällhetta, endast ca 2 kg/mm². Vid dessa höga temperaturer kan järnet således endast i mycket ringa grad upptaga tryck eller dragning av yttre krafter. Man säger att järnet flyter under inverkan av yttre krafter. Krympspänningar utjämnas därför lätt vid de högre temperaturerna men inte alls, eller i mycket ringa grad, vid temperaturer under 550°, som anges av mörkbrun värme.

Utvidgning och krympning av fogkanterna och härav förorsakad spänning betraktat i de s. k. elementarfallen.

De hinder, som förefinnas för krympningarna, kunna vara av två huvudslag:

1. De hinder, som de svetsade delarna själva — således grundmaterialets delar — erbjuda.

2. Yttre fastspänningar av olika slag, som hindra de svetsade delarna att närma sig varandra vid avsvalnandet.

För att förstå yttringarna av uppträdande spänningar är det av vikt, att göra klart för sig, i vad mån fogkanterna äro stela eller eftergivande i förhållande till varandra och till omgivande delar av arbetsstycket. För studium är det lämpligt att uppdela krympningens verkan i sina element och, ehuru dessa element i praktisk svetsning alltid uppträda i samverkan med varandra, studera dem var för sig.

Fig. 52 visar huru krympningen tänkes påverka fogkanterna av två plåtar, som skola sammansvetsas i V-fog, och vi börja med att definiera de s.k. elementarfallen.

1. *Längdkrympning.*

Den krympning, som sker i fogkantens längdriktning eller längs svetsen.

2. *Tvärkrympning.*

Den krympning, som sker i fogkantens tvärriktning eller tvärs svetsen.

3. *Vridkrympning.*

Den vridningsverkan, som en i svetsens djupriktning ojämnt fördelad tvärkrympning förorsakar å fogkanten.

1. *Längdkrympning.*

Då fogytan under svetsningen uppvärmes, måste sidomaterialet, som ligger närmast under fogytan, i den mån det uppvärmes, utvidga sig i svetsens längdriktning. Tillsatsmaterialet kommer således att nedsmältas i en förlängd fog. När den färdiga svetsen lämnas att svalna, begynner den att krympa i längdriktningen. Härvid är att beakta, att svetssträngen är abso-

lut stelt förbunden med sidomaterialet, och detta är uppvärmt till en betydligt lägre temperatur än svetssträngen. Sidomaterialets längdkrympning medgiver således blott till en början svetssträngen att utan hinder krympa i sin längdriktning. Men denna fria längdkrympning upphör mycket snart, emedan sidomaterialet hastigt kallnar, och därefter verkar sidomaterialet hämmande på svetssträngens längdkrympning, varför en krympspänning i svetssträngens längdriktning uppkommer. Storleken av denna spänning är

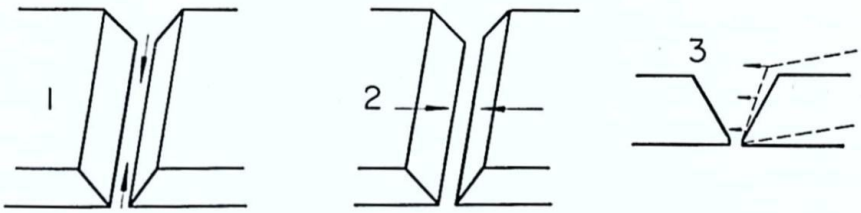


Fig. 52. Längd-, tvär- och vridkrympning.

givetvis beroende av den temperatur, som svetssträngen hade i det ögonblick sidomaterialets motstånd mot vidare längdkrympning inträdde. Men i mycket högre grad är längdkrympspänningens storlek beroende av den värmemängd, som hela arbetsstycket upptagit samt av fördelningen av denna värmemängd. Om således glödgningszonen varit mycket smal med relativt hög temperatur, blir längdkrympspänningen i svetsen större, än om glödgningszonen varit bred och av lägre temperatur. Sanningen i detta påstående inses lätt, om man tänker sig, att vid svetsning av längdfogen å en cylinder, glödgningszonens bredd vore lika med cylinderns hela omkrets. Då gassvetsmetoden till sin natur är sådan, att glödgningszonens bredd blir ganska stor, följer därav, att denna svetsmetod giver relativt små längdkrympspänningar.

2. *Tvärkrympning.*

Då den varma svetsen kallnar, krymper svetsen tvärs sin längdriktning, men icke blott svetsgodset krymper utan också hela värmezonen i sidomaterialet. Tvärkrympningen ökas i den mån sidomaterialet upptagit värme från svetslågan, vilket är det motsatta förhållandet mot vad fallet var vid längdkrympning. Vid svetsning bör man därför ej svetsa i fogar, vars kanter äro stela i tvärriktningen, ty tvärkrympningen kan då lätt alstra spänningar av sådan storlek att krympsprickor uppstå.

Om tvärkrympningen, som fallet är i en eftergivande fog, kan försiggå jämnt och lika utefter svetsens hela längd, så kommer denna krympning icke att förorsaka några spänningar i materialet. Om den däremot icke kan försiggå jämnt och lika utefter svetsens hela längd, så komma krympning-

ens olikheter att förorsaka spänningar i svetsens tvärriktning. Orsaken till dylika hinder för den fria och jämna tvärkrympningen kunna vara av olika slag. En orsak till dylika spänningar är häftsvetsar.

Om vi antaga, att en fog är fixerad genom häftsvets och att den egentliga svetsningen just passerat en häfta och fortskrider mot nästa, så få fogkanterna en tendens att alltmer närma sig varandra, ju längre bort man kommer från första häftan. Först i närheten av andra häftan, som bestämmer fogbredden, börjar fogen bliva större och ökar sedan alltmera, till dess andra häftan har nåtts. Om man alltså före svetsningens påbörjande fixerat en jämnbred fog på t.ex. 3 mm, så blir denna fog under pågående svetsning 3 mm bred på vardera sidan om varje häfta men kanske endast 1 mm bred mitt emellan häftorna. Resultatet förbättras visserligen något, om svetsaren smälter bort varje häfta, innan han nått fram till den, men den ojämna fogbredden undvikes ändå icke.

En annan orsak är ojämnheter i fogytorna eller krökar på fogkanterna. Även icke häftsvetsade, till synes fullt eftergivande fogar, men behäftade med dylika fel kunna giva upphov till tvärkrympspänningar, emedan de vid tvärkrympningen kunna bilda stela förband. Huru dessa spänningar uppstå i det till synes fullt eftergivande förbandet kan förklaras på följande sätt:

Den kontinuerligt fortlöpande svetsningen av fogen kan ej ske med konstant hastighet. Då plåtkanterna så småningom närma sig varandra, ökas hastigheten och minskas den av plåten absorberade mängden värme. Då plåtkanterna åter avlägsna sig från varandra, minskas svetshastigheten och ökas den absorberade värmemängden. Vid plåtens avsvalnande kylas därför de ställen, där svetssträngen är smalast, hastigare än de ställen, där den är bredast. På så sätt komma två efter varandra liggande punkter i fogytorna att utgöra stödpunkter för det mellanliggande varmare partiet vid dettas långsammare avsvalning. Tvärkrympning i ett stelt förband uppkommer härigenom, vilket resulterar i spänningar.

3. *Vridkrympning.*

Vridkrympning yttrar sig i en strävan hos den svalnande massan att vid tvärkrympningen krympa mindre i roten än vid toppen av svetsen, varvid en vridning av arbetsstyckets delar i förhållande till varandra uppkommer. Två plåtar, före svetsningen upplagda i samma plan, komma efter svetsning medförande vridkrympning ej att ligga i samma plan utan bilda vinkel mot varandra.

Vid gassvetsning enligt moderna metoder, där svetsen vid svetsstället samtidigt hålles smält tvärsigenom från roten till toppen och där glödgningszonen är nära lika bred på plåtens båda sidor, måste den också stelna

svalna och krympa samtidigt och likformigt i roten och toppen. Vid gassvetsmetoden, rätt genomförd, uppstår därför endast liten vridkrympning och därur härledande vridkrympspänningar. Detta är ett mycket betydelsefullt faktum, ty där vridkrympning förekommer, sker denna ofta, ja nästan i regel i för vridning stela förband, varvid således krympspänningar alstras t.ex. vid svetsning av cylindriska kärl. Hämmandet av vridkrympningen giver därför i regel alltid upphov till stora vridkrympspänningar.

Fogverktyg för undvikande av krympspänningar vid gassvetsning av cylindriska kärl och annat gods.

Före svetsningen böra de delar, som skola sammansvetsas, uppläggas så i förhållande till varandra, att fogytorna erhålla det rätta inbördes läget. Arbetsstyckets delar böra vara så upplagda, att de under svetsningen hava möjlighet till ohämmad utvidgning samt under avsvalnandet till ohämmad krympning.

Det förr vanligaste sättet att fixera en fog, d.v.s. ställa upp de två arbetsstycken, som skulle förbindas med en svets, var, att man anbringade små korta svetsar, s.k. häftor med vissa mellanrum utefter fogen. Som framgått av det föregående, bör man emellertid undvika denna metod. Häftsvetsning bör förekomma endast vid mycket korta svetsar, t.ex. vid svetsning av stångformiga kroppar, där hela svetsen är glödvarm, då svetsen är färdig. Här sker nämligen krympningen samtidigt och likformigt längs hela fogen, och på så sätt uppstår inga krympspänningar.

I stället för att svetsa längdfogar med användande av häftsvetsning kan man använda spett och kilar med eller utan sidostöd för att hålla isär fogkanterna med lämplig förvinkel. Med förvinkel menas den vinkel, som man före hopsvetsningen tvingar plåtkanterna att bilda med varandra, för att på så sätt kompensera det närmande av plåtkanterna, som inträder under svetsningens gång.

I fig. 53 visas huru en längsgående V-fog svetsas på en cylinder på så sätt, att svetsningen börjar i cylinderns högra ände,

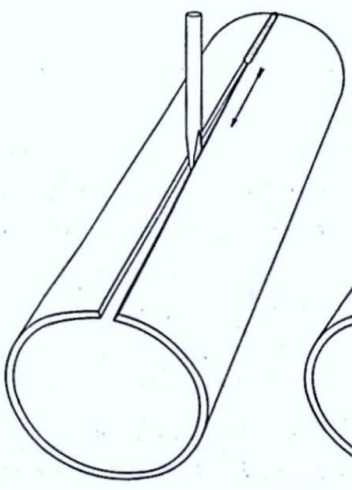


Fig. 53. Fogspett.

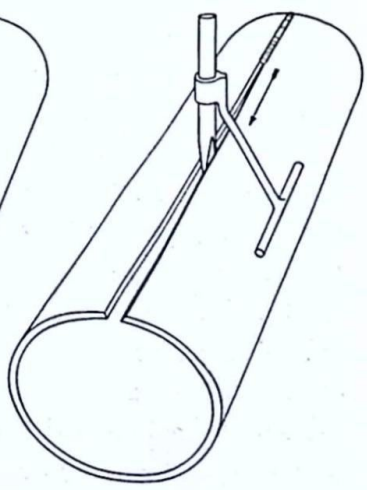


Fig. 54. Fogspett med stöd.

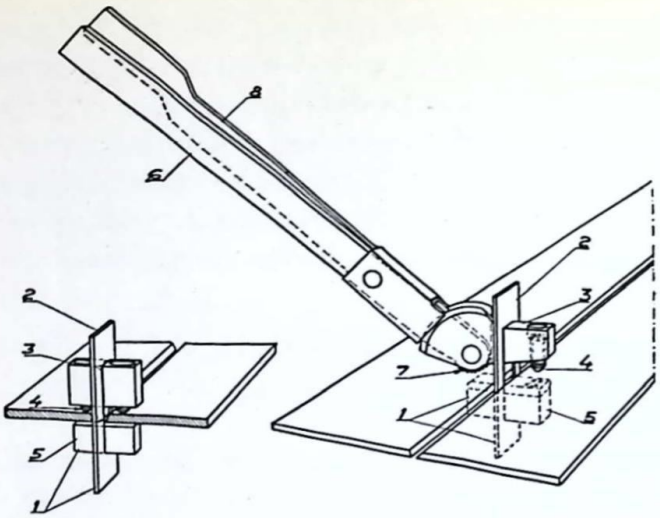


Fig. 55. Fogklamma.

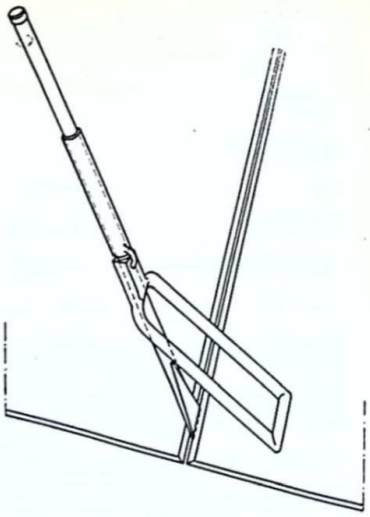


Fig. 56. Fogställare.

Fig. 57. Fogspett.

och plåtkanternas läge regleras medelst ett kilformigt spett, som flyttas efter hand som svetsningen framskrider. Med hjälp av spettet hålles lagom förvinkel mellan fogkanterna. Förvinkelns storlek är helt beroende av svetsmetoden, inga säkra mått kunna fås på densamma. Ju mindre värme man använder, d.v.s. ju större svetsbrännare och ju större svetshastighet, desto mindre förvinkel erfordras. Vid stor svetshastighet behöver man ingen förvinkel alls utan lägger kanterna parallellt.

Om man förser spettet med ett utefter spettets längdriktning flyttbart sidostöd, kan man lättare hålla plåtkanterna i samma plan se fig. 54.

I det följande beskrives mera fulländade fogverktyg, som möjliggöra såväl att före svetsningen sammanhålla arbetsstyckets delar som att öka och minska fogbredden. Med tillhjälp av dessa kan man hålla lika bred fog i svetsningspunkten under hela svetsningen. Fogverktyget består av fogklammor, fig. 55 och en fogställare, fig. 56. Gemensamt för såväl fogställare som fogklammor är ett T-format stycke oket (1), vars stapel (2) trädes upp genom fogen. På plåtens översida trädes en bom (3) genom ett hål i stapeln. Medelst skruvar (4) i denna bom tryckas plåtkanterna fast mot okets tvärstycke (5). På fogställaren finnes en spak (6) lagrad i bommen. Genom manövrering av denna spak, som med tänder (7) griper i ena fogkanten ändras fogbredden. En låsanordning (8) fastlåser spaken och således fogkanterna i önskat läge. Tre utbytbara brickor göra det möjligt att använda fogställaren för olika plåttjocklekar.

I kombination med fogställaren bör man använda ett fogspett av det utseende, som framgår av fig. 57. Detta består av ett spett samt en hylsa och ett stöd, vilka glida lätt på spettet och sinsemellan äro rörligt sammanbund-

na. Om den ena plåtkanten vill krypa över den andra under svetsningen, bryter man med spettet upp den nedsjunkna plåten. Därvid glider stödet och hylsan nedför spettet och håller fast detta i det sneda läget. Fogspettet är lätt att manövrera med en hand. Svetsaren kan därför hålla svetslågan kvar på svetsstället, medan spettet flyttas.

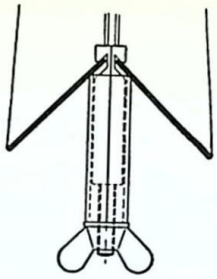


Fig. 58.

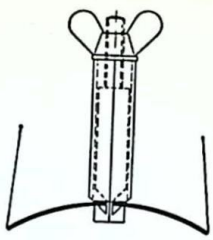


Fig. 59.

För svetsning av tunnplåt kan ett fogverktyg av i fig. 58 och 59 angivet utseende komma till användning.

Detta består av ett sexkantjärn med tvenne urtagningar, så att plåtarna genom att placeras i dessa urtagningar kunna hållas isär med lämplig spaltbredd. På sexkantjärnet löper en hylsa, som tjänar som stöd och håller plåtarna, som skola hopsvetsas, i rätt läge. I fig. 58 visas fogverktygets användning vid svetsning av hörnfog och i fig. 59 vid svetsning av stumfog.

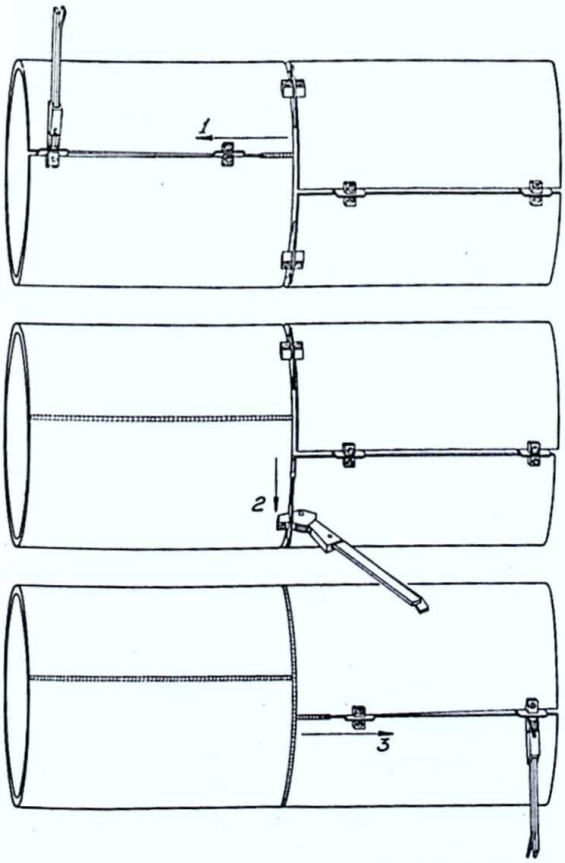


Fig. 60. Schema för svetsning av behållare.

Svetsordning för erhållande av krympning i eftergivande förband.

I fig. 60 visas ett exempel på användning av fogverktyg, då det gäller att svetsa två plåtsvep och förena dem i tvärfog.

Först fästes svepet 3 med klammor på ca 1 m avstånd sinsemellan, eventuellt med hjälp av fogställaren. Därefter föras de två svepen ihop och klammor sättas runtom i tvärfogen på ca ½ m avstånd sinsemellan, varvid fogställaren sättes först i fogen och flyttas före, allt eftersom klammorna införas. Fogbredden göres ungefär lika med godstjockleken och lika stor runtom. Lämplig bredd på

andra längdfogen avpassas, varefter en klamma ditsättes. Fogställaren sättes i ytteränden med 10—15 mm bredd av fogen i roten. Fogställaren sättes ej längre från svetsens början än 0,5 m före svetspunkten. Då rundsvetsen 2 utföres, är således längdfogen 3 ännu öppen. Då så blir behövligt för tillräcklig rörlighet under rundsvetsens utförande, lossas klammorna i längdsvetsen 3. De cylindriska plåtarna erbjuda, då de behandlas på detta sätt vida större böjlighet och fjädringsförmåga än plana plåtar, vid vilka man vill hålla en viss förvinkel under svetsningen.

Spänningsglödgning.

Om spänningar trots allt inkommit i det svetsade arbetsstycket, finnas olika metoder att borttaga dessa. Ett sätt är att uppvärma materialet till sådan temperatur, att dess hållfasthet ej är större än att spänningarna utjämnas eller försvinna, därigenom att materialet flyter. För stål är spänningsglödgningstemperaturen ca 600° C. Under kapitlet om »Stålets struktur» beskrives, huru svetsade föremål kunna underkastas glödgningsoperationer, som ha till syfte att förbättra svetsens hållfasthetsegenskaper. Man kan t.ex. genom normaliserande glödgning öka svetsgodsets tänjbarhet, slagseghet och utmattningshållfasthet. Eftersom normalisering utföres vid högre temperatur än spänningsglödgning, sker i detta fall spänningsutlösning, utan att någon särskild glödgning företages i detta syfte.

Om svetsning av föremål av gjutjärn, gjutaluminium, rödgods och andra gjutna metaller och legeringar med låg elasticitet ej kan ske på sådant sätt, att svetsen kan krympa fritt, komma krympspänningarna ofta att överskrida materialets brotthållfasthet, varvid krympsprickor uppstå. I dylika fall är det för sent att företa spänningsglödgning *efter* svetsningen. Denna måste i stället ske i samband med själva svetsningen, d.v.s. svetsningen utföres först sedan föremålet under tillförande av hjälpvärme lokalt eller helt uppvärmts till sådan temperatur, att inga farliga spänningar kunna uppstå i materialet.

Sträckhamring.

Särskilt vid svetsning av aluminium, koppar och mässing är det vanligt att därvid uppstående spänningar minskas eller borttagas genom smidning av svetsen, så att denna kommer att sträcka sig. Härigenom kompenseras den vid svetsens svalning uppkomna krympningen, varvid även uppkomna spänningar försvinna.

Plåt-, rör- och profilkonstruktioner.

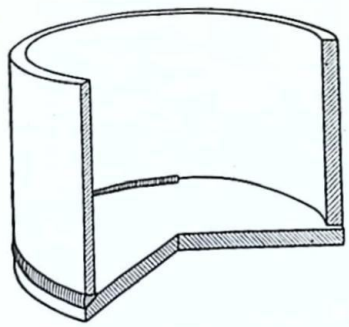


Fig. 61. Plan behållargavel.

Svetsning av behållare och cisterner under ringa tryck.

Kärl, vilka skola användas till förvaring av vätskor eller gaser, som ej äro utsatta för högre tryck, kunna utföras med plana väggar. De kunna även utföras av ett cylindriskt mantelsvep med insvetsade plana gavlar. Vid svetsning av väggarna i dylika kärl och vid insvetsningen av de plana gavlarna i mantelsvepet kan man lämpligen använda hörn V-fog, varvid motsvetsmetoden kommer till användning. Om svetsaren behärskar djupsvetsmetoden kan svetsfogen utformas som en hörn-överlappsfog. Se fig. 61.

Svetsning av cylindriska kärl med kupade gavlar för gaser eller vätskor under höga tryck.

Kärl, som skola tjänstgöra som behållare för gaser under tryck, böra givas formen av en cylinder med utåt buktade gavlar. Se. fig. 62 A. Högkupade gavlar finnas nu i standardiserade storlekar och former (SMS-482) och manteln kan antingen utgöras av ett heldraget rör eller av en plåt, som bockats och därefter hopsvetsats i en längsgående fog.

För fixering av spalten vid svetsning av gavel till mantel användes vid större kärl fogverktyg, medan häftsvetsning rekommenderas vid mindre behållare, hos vilka hela svetsstället är glödvarmt samtidigt. Häftornas djup bör vara ringa, varjämte under svetsningen iakttages, att häftorna genomsmältas, emedan eljest läckage kan bliva följden.

För att behållare för vätskor och gaser under högre tryck genom en enkel anordning skulle kunna förses med en fot, var det förr vanligt, att behållarna förseddes med inåt buktande gavlar, som fig. 62 B och 62 C angiva. Dessa konstruktioner äro emellertid olämpliga dels ur den synpunkten, att man erhåller oberäkneliga påkänningar i svetsen på grund av den böjpåkänning, som uppkommer av gavelns tendens att av det inifrån verkande trycket böjas utåt, och dels därför, att vid det mellan manteln och gaveln bildade smala ringformiga mellanrummet lätt kan uppträda en an-

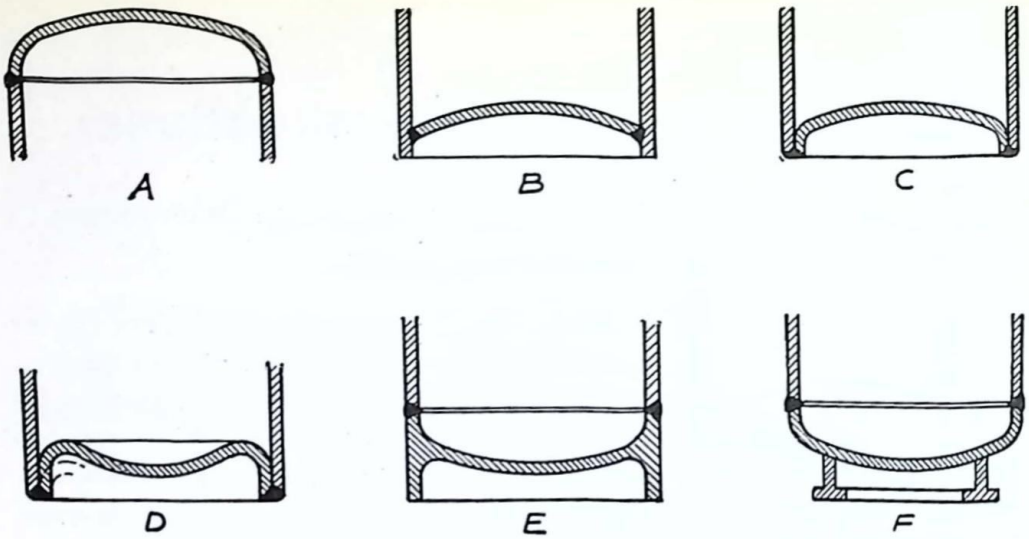


Fig. 62. Svetsning av kupade gavlar för kärl under höga tryck.

hopning av korrosionsprodukter, som genom det tryck de kunna utöva mot väggarna ytterligare öka påkänningarna på svetsen.

En konstruktion sådan som den i fig. 62 D visade är ännu mera olämplig, enär gaveln i en dylik konstruktion av det inifrån verkande trycket får en tendens att rulla upp sig, som den streckade linjen anger och således åstadkommer stora påkänningar på svetsen. Vill man anordna fot på en behållare, kan man vid mindre dimensioner använda den i fig. 62 E visade utföringsformen. Vid större dimensioner kan man tillgripa den utvägen att påsvetsa ett särskilt T-järn, som får tjänstgöra som fot. Se fig. 62 F.

Svetsning av raka rörledningar.

Hopsvetsning av rörledningar och sammansvetsning av kortare rörstycken till hela ledningar kan utföras antingen enligt djupsvets- eller motsvetsmetoden, varvid den förstnämnda metoden är att föredraga, enär man då ej behöver fasa rörändarna. Före svetsningen häftas rörändarna tillsammans med små häftsvetsar runt omkretsen, varefter svetsningen utföres under iakttagande av att häftorna genomsmältas väl, så att läckage ej uppstår.

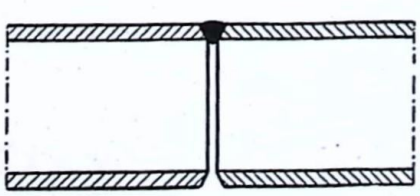


Fig. 63. Motsvetsat rör.

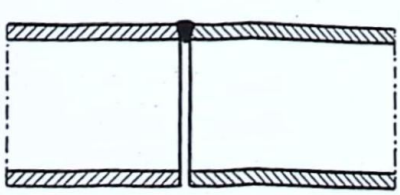


Fig. 64. Djupsvetsat rör.

Svetsning av avgreningsrör.

Vid tillverkning av en avgrening är det enklast att med skärbrännaren skära upp ett hål i huvudröret, lika stort som eller obetydligt större än inre diametern hos avgreningsröret, vilkets anslutningsände avrundas enligt huvudröret, häftsvetsas och färdigsvetsas. Man bör naturligtvis före svetsningen upprensa hålet i rörsträngen och borttaga grader vid innerkanten. Se fig. 65.

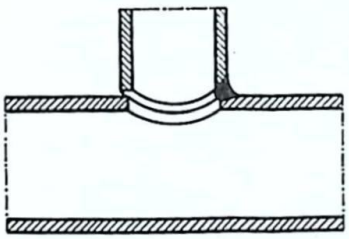


Fig. 65. Rak avgrening.

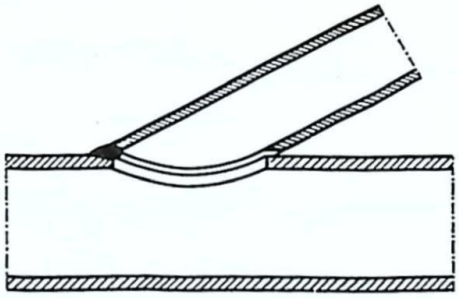


Fig. 66. Sned avgrening.

Vid sned avgrening (fig. 66) är det lämpligast att först tillforma avgreningsröret samt att efter de mått, som den då erhållna elliptiska röröppningen fått, göra hålet i rörsträngen. Instickning av avgreningsrör i ett till dess yttre diameter passande hål i rörsträngen kan lätt förorsaka förträngning i dennas genomlopp och bör därför om möjligt undvikas. Bästa, ehuru något arbetsammare sättet vid tillverkning av en rät eller sned avgrening är att med svetslågan värma runt hålet i rörsträngen och sedan medelst ett enkelt bockverktyg bocka upp en krage, som bildar en mjuk övergång från rörsträngen till avgreningen. Se fig. 67 och 68.

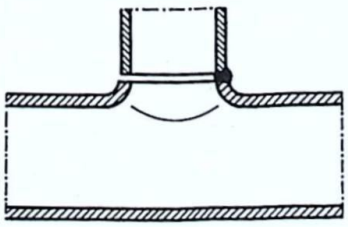


Fig. 67. Uppkragat avgreningsrör.

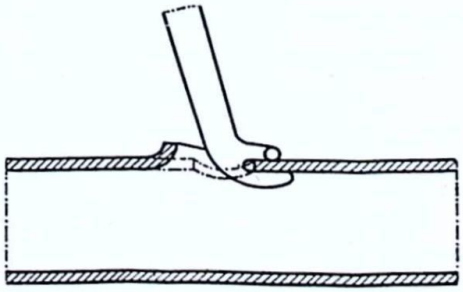


Fig. 68. Verktyg för uppkragning.

Rörförminskning.

För måttlig reducering av rörarean kan man förfara på så sätt, att det grövre röret värmes med svetslågan och stukas ned till det mindre rörets diameter, varefter rörändarna hopsvetsas. Se fig. 69.

Vid större förminskningar kan man gå tillväga på så sätt, att hela den erforderliga deformationen ej förlägges till det större röret, utan man företager även en uppstukning av det mindre röret till den diameter, som det större röret erhållit efter nedstukningen. Se fig. 70.

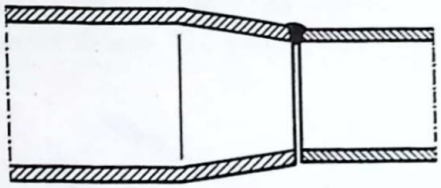


Fig. 69. Rörförminskning.

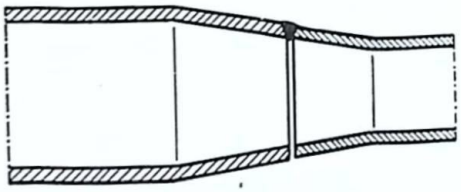


Fig. 70. Rörförminskning.

Svetsning av ett grenrör (byxrör).

Tillverkning av ett grenrör, 1 i fig. 71, kan utföras på följande sätt:

1. De båda rörkrökarna uppskäras från A till B_1, där B_1 är en punkt, som efter ögonmått utmärkes något nedanför den högst belägna punkt B, där de båda rörkrökarna komma att skiljas. Se fig. 1 och 2 i fig. 71.

2. De uppskurna ändarna av rörkrökarna värmas med svetslågan och smidas, så att de passa för anslutning till huvudröret C. En pappersremsa med längden lika med stamrörets omkrets tillpassas. Genom att dela pappersremsan mitt itu på längden och lägga ena halvan runtomkring nederdelen av rörkrökarna erhållas punkterna G o. F. Se 3 i fig. 71.

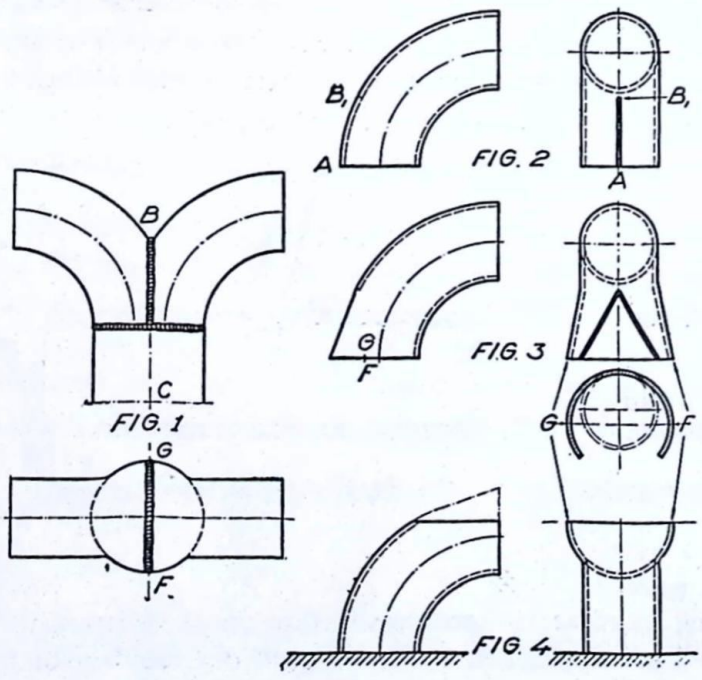


Fig. 71. Svetsning av byxrör.

3. Rörkrökarna placeras på ett plant underlag i det läge, som 4 i fig. 71 anger och med hjälp av en ritsanordning uppritsas den horisontella genom F och G gående linjen. Rörkrökarna skäras efter den ritsade linjen, varefter de hopsvetsas längs FBG. Till sist utföres svetsningen till stamröret C.

Svetsning av rörkrök till ett stamrör.

Som 1 i fig. 72 visar, avses att svetsa en rörkrök A till ett stamrör B. Därvid tillpassas rörkröken på följande sätt:

Med hjälp av en linjal eller en rak stång, på vilken avsatts avståndet D—E, som är lika med rörkrökens diameter, uppmätes måttet l, som 2 i fig. 72 visar. Detta avstånd anger även höjdskillnaden mellan punkterna F och G.

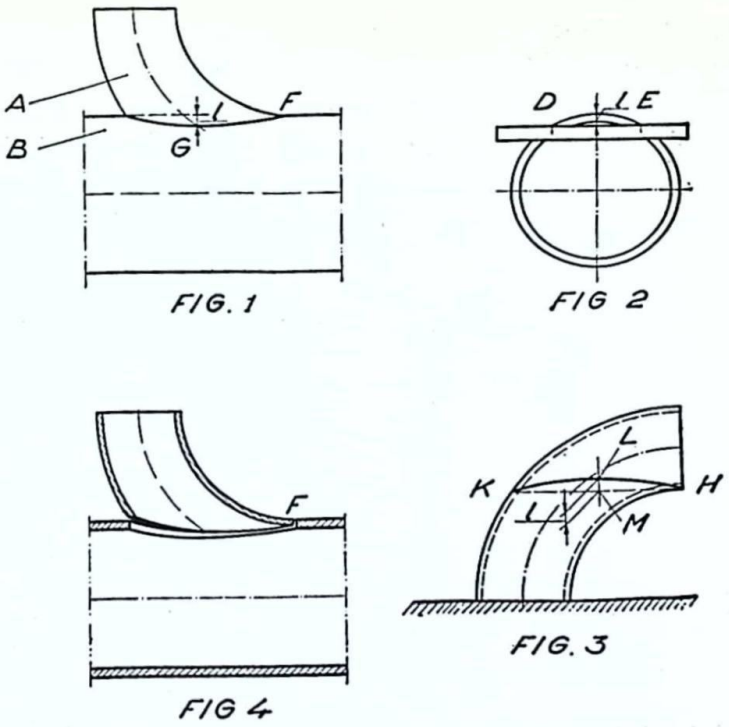


Fig. 72. Svetsning av rörkrök.

Rörkröken placeras på ett plant underlag enligt 3 i figuren och med hjälp av en ritsanordning uppritsas den horisontella genom H gående linjen. Avståndet H—K delas mitt itu, varvid punkt M erhålles. Vinkelrätt mot ritsen avsättes M—L lika med avståndet l. Genom punkterna H, L och K uppritas efter ögonmått en jämn kurva, varefter rörkröken skäres längs denna kurva, varvid skärlågan hela tiden skall vara vinkelrät mot rörkrökens yta. Efter utskärningen avputsas och tillpassas rörkröken, så att denna noggrant följer stamröret.

Rörkröken placeras på sin plats på stamröret, vilket nu ritsas efter rörkröken. Hålet utskäres, så att spetsen F hos rörkröken kommer att ligga i samma nivå som stamröret. Se 4 i fig. 72. Svetsningen kommer i denna punkt att utföras i en rät stumfog, men fogtypen övergår successivt i en kälfog.

Svetsning av rörflänsar.

Ett ofta återkommande arbete är fastsvetsning av flänsar vid rörändar. Härvid kan man antingen använda flänsar, som finnas att tillgå färdiga i marknaden eller ock tillverka dem av plåt, som är tjockare än den önskade

flänstjockleken. Därvid utsvarvas lämpligen ett spår närmast flänshalsen, för att man därigenom skall få bättre värmebalans vid svetsningen. Se fig. 73. Rör och fläns fixeras mot varandra medelst små häftsvetsar, varvid det är av vikt att iakttaga att lagom spaltbredd erhålles mellan rör och fläns. För att få denna spalt jämn runt omkretsen, kan man använda svetstråd av lämplig diameter som passbit. Efter häftningen utföres svetsningen runt omkretsen med iakttagande av att häftsvetsarna genomsmältas, så att intet läckage på grund av porositet vid dessa må uppkomma.

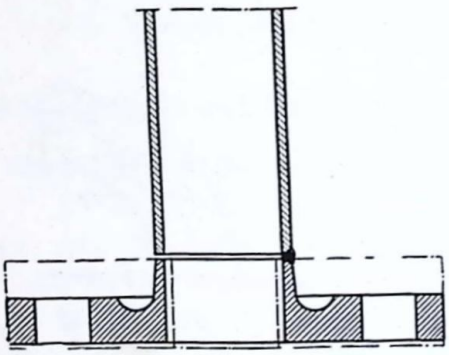


Fig. 73. Gasskuren och svarvad fläns.

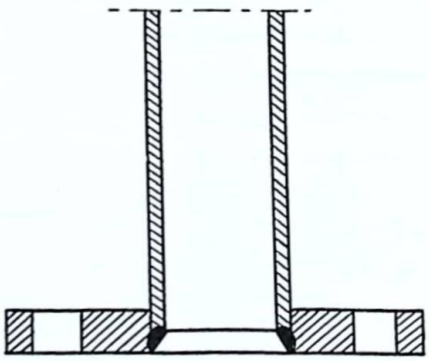


Fig. 74. Gasskuren fläns.

För fastsvetsning av flänsar på rör, vilka ha relativt stor diameter och tunt gods, och vilka ej äro avsedda att utsättas för höga tryck, visar fig. 74 en utföringsform, som är enkel och lätt att utföra. I flänsen uttages ett hål så stort, att flänsen nätt och jämnt kan stickas utanpå röret. Flänsen trädes endast några millimeter upp på röret och svetsfogen uppbygges så, att den bildar en hålkäl mot flänsens insida. Vid denna svetsning blir värmen från svetslågan mera koncentrerad, varför hela röret blir uppvärmt samtidigt runt om, vilket möjliggör snabbare svetsning och förhindrar kastningar hos den påsvetsade flänsen.

Svetsning av fackverk och statiska konstruktioner.

Till följd av den alltjämt fortgående utvecklingen av gassvetstekniken har allt större förtroende satts till gassvetsen, varför numera svetsfogar ingå i konstruktioner, där ur hållfasthets- och säkerhetssynpunkt stora fordringar ställas på förbindningarna mellan de i konstruktionen ingående detaljerna. Så är t.ex., som förut beskrivits, fallet med kärl för gaser och vätskor under höga tryck.

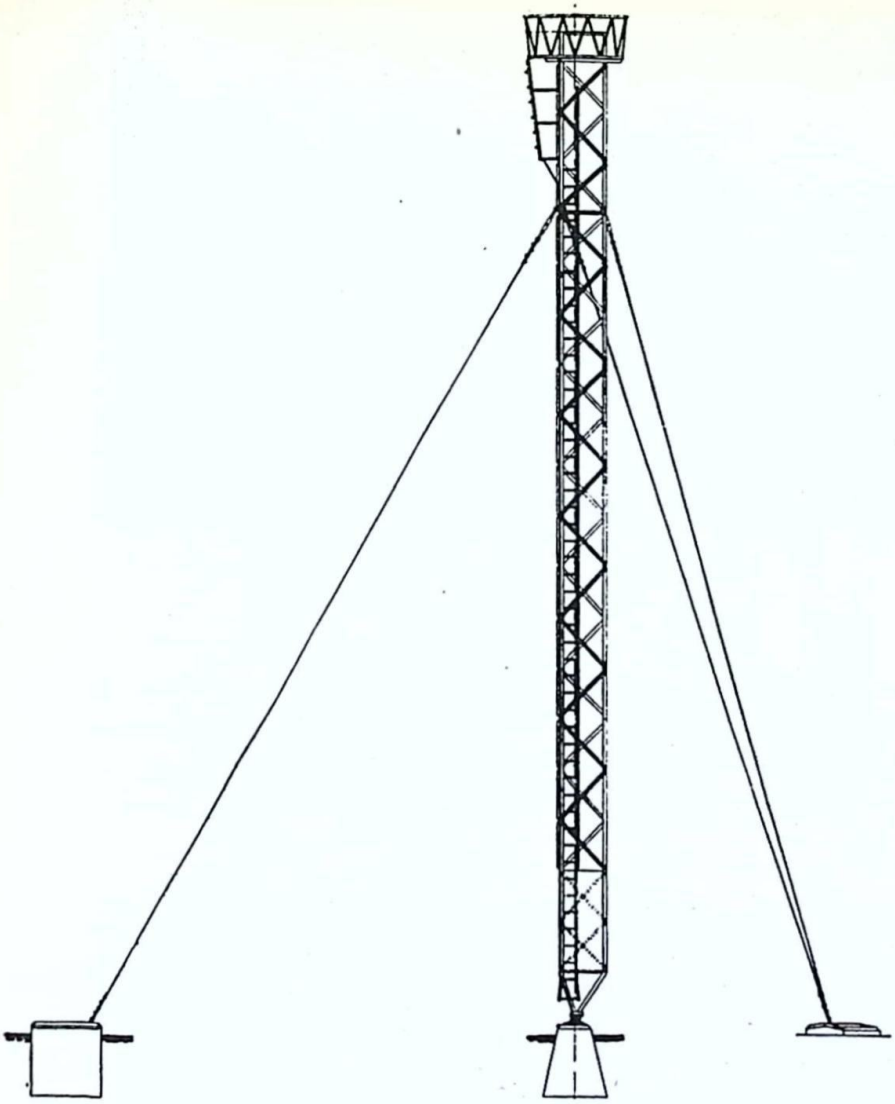


Fig. 75. Skiss av 25 m. hög mast till flygfyr.

Ett annat område, där dylika höga fordringar ställas på förbindningarna, och där man förr ansett nitning vara den enda möjliga utföringsformen, men där numera också gassvetsningen kommit till användning, är fackverkskonstruktioner för master, torn, takstolar o.d. Dessa utföras allt efter storleken antingen helsvetsade eller svetsade i sektioner, vilka sammanföras med skruvförband.

Som ett exempel på en fackverkskonstruktion visas i fig. 75 sammanställningsritningen till en 25 m hög mast, som är sammansatt av tre helsvetsade sektioner.

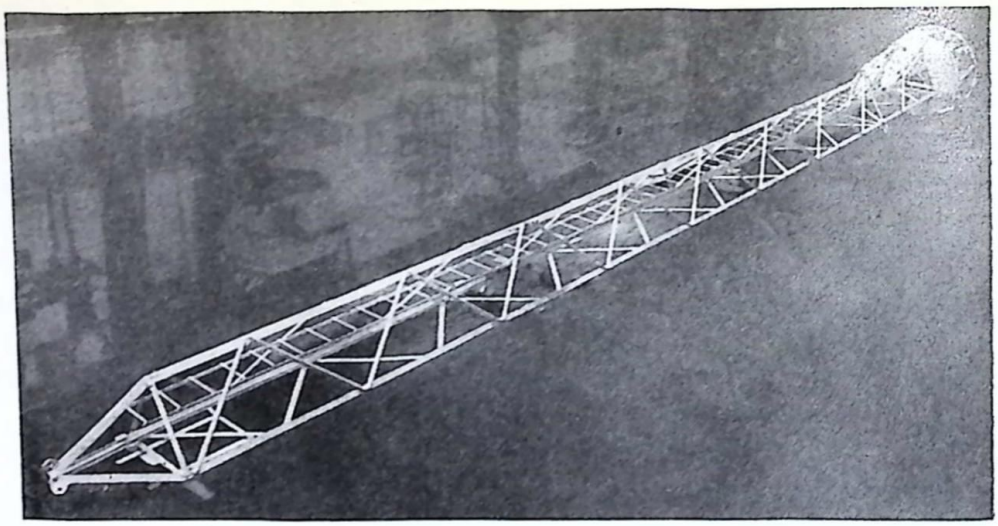


Fig. 76. Svetsad mast för flygfyr.

Fig. 76 visar den färdiga masten. I fig. 77 visas en knutpunkt med två diagonaler, bestående av vinkeljärn fastsvetsade på ramstången, vilken utgöres av ett likflänsigt vinkeljärn. Fig. 78 visar huru den i ett stycke tillverkade foten fastsvetsas till mastens tre ramstänger.

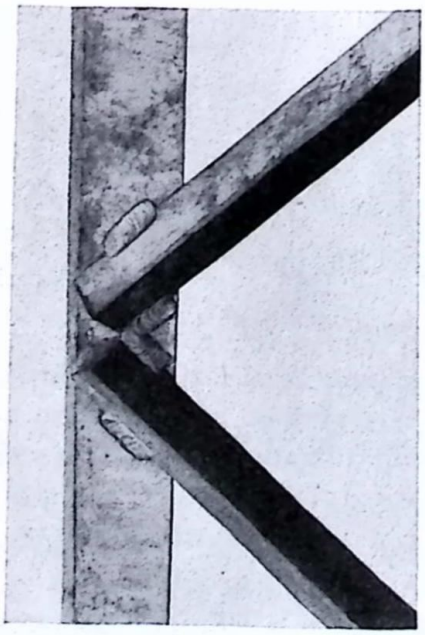


Fig. 77. Knutpunkt till mast av svetsade vinkeljärn.

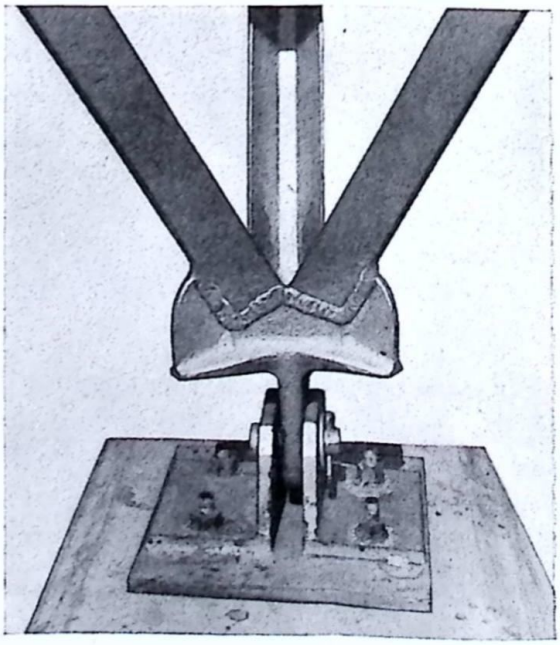


Fig. 78. Fot av stålgjutgods svetsad vid ramstängerna.

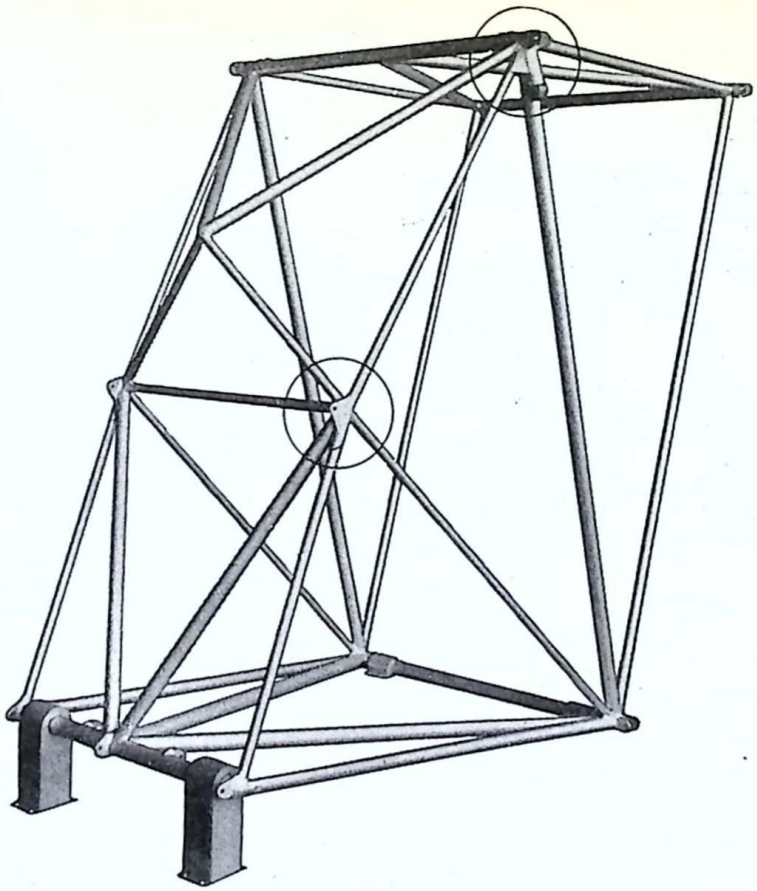


Fig. 79. Främre delen till flygplansstomme av rör.

Svetsning av rörfackverk.

Ett område där gassvetsade fackverkskonstruktioner förekomma i mycket stor utsträckning är inom flygplansindustrien. Det är därvid huvudsakligen flygplanens bärande konstruktioner, mestadels i form av heldragna stålrör, som svetsas.

Inom flygplansindustrien användes förutom stål även lättmetaller, särskilt duralumin och elektron, som med mycket liten specifik vikt (2,8 resp. 1,8) förena relativt goda hållfasthetsegenskaper. Trots att dessa lättmetallers hållfasthet ej utgör mera än 30 à 40 % av högvärdigt stål, skulle de alltså ur ren viktbesparingssynpunkt vara förmånligare än stål, som har en specifik vikt av 7,8. Stålet har emellertid i motsats till dessa lättmetaller den fördelen, att dess utmattningshållfasthet är mycket hög och dessutom vid stora lastväxlingstal konstant.

Svetsningens fördel ligger i att konstruktionsarbetet förenklas till ett minimum och att knutpunkterna kunna utformas med ett minimum av

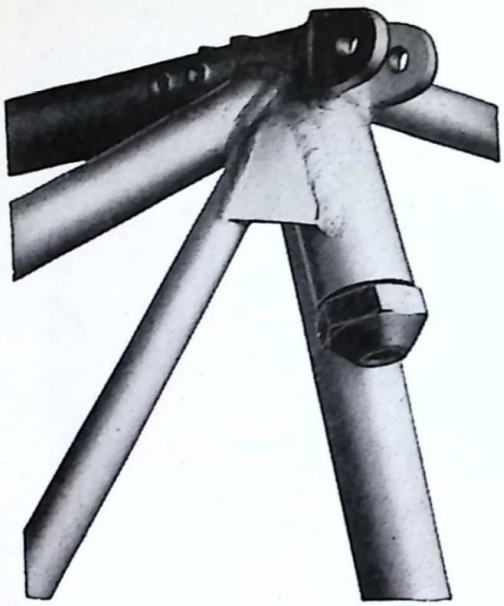


Fig. 80. Beslag för flygplansvinge.

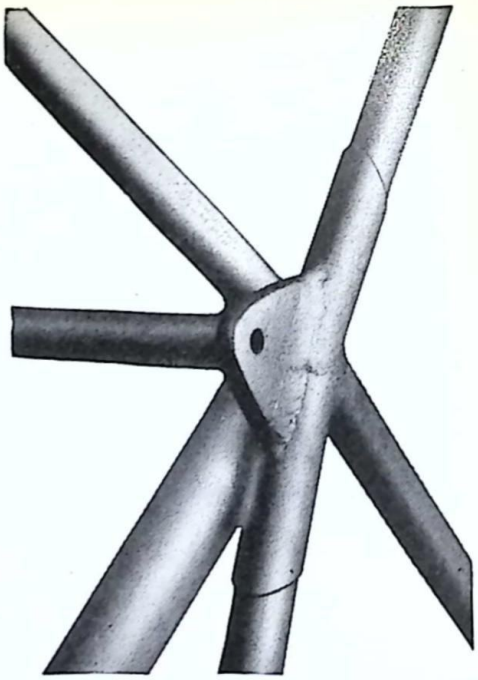


Fig. 81. Beslag för motorstativ.

material. Fig. 79 visar den av gassvetsade stålrör uppbyggda främre delen till en flygplansstomme, och ger en föreställning om den förenkling, som erhålles vid användande av svetsning. Om konstruktionen skulle utförts medelst skruvförbindningar, hade fordrats mera invecklade knutpunkter, samtidigt som större vikt hos konstruktionen erhållits. Fig. 80 och 81 utgöra förstoringar av ett par detaljer på nyssnämnda flygplansstomme. Fig. 80 visar till stålrören fastsvetsade beslag för vingens infästning till flygkroppen samt en stagbult för staglina till landningsstället. Fig. 81 visar en av de båda övre fästpunkterna för motorstativet.

Vanligt mjukt kolstål med en kolhalt av 0,10—0,20 % och en hållfasthet av ca 40 kg/mm² är gynnsamt med hänsyn till den lätthet, varmed det kan svetsas. Dylikt mjukt stål användes bl.a. i de bärande konstruktionerna till Fokkerplanen. Den relativt låga brotthållfastheten hos detta stål gör emellertid, att man på senaste tid alltmera övergått till att vid konstruktion av bärande delar inom flygplan använda legerade stål med högre kolhalt, av vilka det s.k. krom-molybdenstålet med hänsyn till sin stora svetsbarhet fått stor användning. Brotthållfastheten hos detta stål är cirka 70 kg/mm², men man kan genom värmebehandling efter svetsningen få upp hållfastheten ända till 110 kg/mm².

Varje konstruktion inom ett flygplan är utsatt för statisk belastning, stötkrafter och vibrationspåkänningar. Vibrationspåkänningarna ha sin orsak i vibrationer från motorn eller från den omkring flygplanet ström-

mande luften. Undersökningar på svetsade krommolybdenstålrör ha visat, att dessa äga stor utmattningshållfasthet, vilket förutom deras stora statiska hållfasthet är en bidragande orsak till att detta stål kommit till så stor användning vid flygplanstillverkning.

Användning av svetslågan för bockning av i fackverk och statiska konstruktioner ingående balkar och profiljärn.

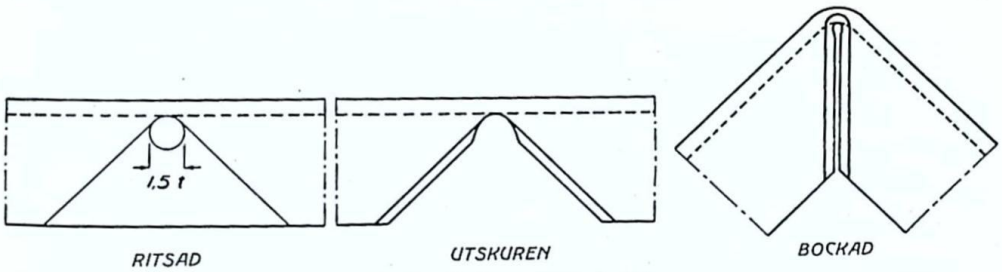


Fig. 82. Bockning av vinkeljärn.

Utbildandet av en skarp krök eller ett hörn på en balk går mycket lätt att utföra med hjälp av gassvetsning. Svetslågan kan nämligen också användas som uppvärmningslåga för uppvärmning till smidestemperatur av en smal zon tvärs över en balk. En på så sätt uppvärmd balk kan oftast bockas i den uppvärmda zonen utan användande av städ.

Om man t.ex. vill bocka ett vinkeljärn, T-, U- eller I-järn, till det utseende, som visas i fig. 83, 84, 85 och 86, skär man med skärbrännaren bort en triangelformad del av den ena flänsen, som fig. 82 visar. Vid grövre godstjocklekar bör man härvid iakttaga, att uppskärningen av flänsen företages så, att kanterna erhålla lämplig fasvinkel. Man bör därför skära från den sida, varifrån svetsningen sedan lämpligen utföres. Vid utskärandet av det

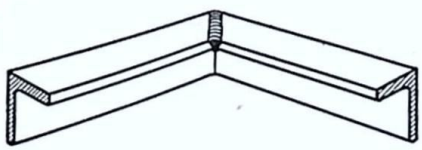


Fig. 83. Bockning av vinkeljärn.

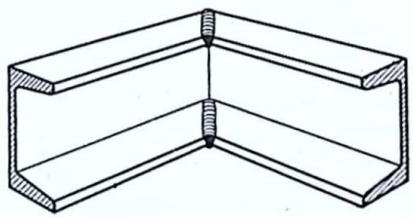


Fig. 84. Bockning av U-balk.

närmast livet uppritade hålet, vars diameter väljes lika med 1,5 × flänstjockleken, hålles brännaren så, att hålets kanter bliva vinkelrätt avskurna. Det har nämligen visat sig, att hålet deformeras vid den efterföljande bockningen, så att fasvinkel erhålles även på hålets kanter. Den mitt för den

bortskurna delen belägna zonen av den andra flänsen resp. av livet uppvärmes, varefter järnet bockas i den uppvärmda zonen och hopsvetsas i stumfog.

Vid U-balkar bör man iakttaga, att utskärningen och bildandet av fasvinkel företages i samma riktning i de båda flänsarna, d.v.s. den ena flänsen skäres från utsidan och den andra från insidan. På detta sätt kan man erhålla lämpligaste svetsläge utan att behöva vända balken.

Vid en I-balk utskäras på samma sätt som vid en U-balk flänsarna på ena sidan om livet. På andra sidan om livet uppskäras flänsarna med ett

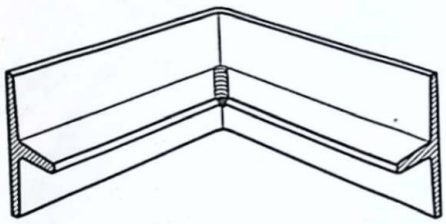


Fig. 85. Bockning av T-järn.

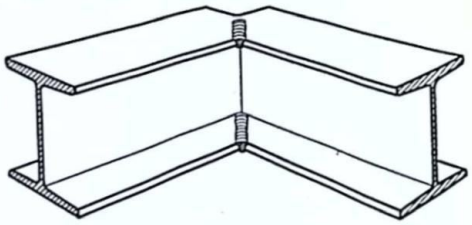


Fig. 86. Bockning av I-balk.

snitt vinkelrätt mot livet. Sedan den mitt för uppskärningen befintliga zonen av livet uppvärmts med svetslågan, bockas balken i denna zon, varefter de urtagna flänsarna hopsvetsas i stumfog. Om så anses erforderligt, kan man sedan som förstärkning insvetsa plåtar mellan de uppskurna yttre flänsarna, vilka efter bockningen avlägsnats från varandra.

Provning av svetsar och prövning av svetsare.

Då man önskar utföra högvärdiga svetsar, tillrådes föregående provsvetsning och provning av svetsens kvalité. Sättet för utförande av dessa provningar har varit föremål för omfattande undersökningar av Svetskommissionen och särskilda provningsnormer ha nu utgivits av Kungl. Socialstyrelsen. Nämnda normer avse rent objektiva mätnings- och provningsmetoder, som medge att i exakta siffror ange hållfasthetsegenskaperna hos en svets.

I praktisk verksamhet kan man emellertid, sedan man blivit förtrogen med gassvetsar, även använda en mera subjektiv provmetod för att få en uppfattning om deras hållfasthetsegenskaper. Ett par av dessa enkla metoder beskrivas här nedan.

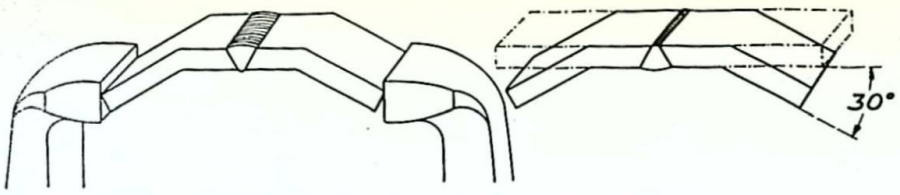


Fig. 87. Fribockningsprov i skruvstycke.

Subjektiva provmetoder.

Bockprov (stumsvets).

Man skär ut två provstavar tvärs över svetsen tre à fyra gånger bredare än tjockleken. Med dessa provstavar göras två olika bockprov, lämpligen s.k. fribockningsprov i skruvstycke. Provstaven förberedes så, att den placeras i ett skruvstycke, så att den till omkring en tredjedel av sin längd befinner sig utanför backarna, varefter man medelst hammarslag åstadkommer en ca 30° bockning. En likadan bockning åstadkommes på samma sätt i den andra änden av provstaven. Provstaven insättes sedan med sina båda ändar vilande mot skruvstyckets backar och bockas genom långsam åtdragning, tills eventuella bristningar inträda i svetsgodset. En provstav bockas med *svetsytan* utåt, varvid svetsgodsets töjningsförmåga, bockningsseghet, avslöjas, och en annan provstav bockas med *roten* utåt, varvid bindningen mellan svetsgods och grundmaterial kan kontrolleras.

Slagprov (stumsvets).

I en likaledes tvärs över svetsen tagen provstav, lämpligen dubbelt så bred som tjock, göres med bågfil en 2 mm djup brottanvisning i svetsen i dess längdriktning, d.v.s. tvärs över provstaven. Denna inspännes i skruvstycket med brottanvisningsskåran strax ovanför backarna. Se fig. 88.

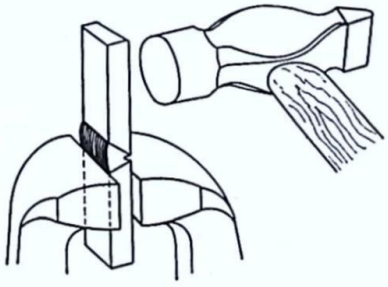


Fig. 88. Slagprov på stumsvets.

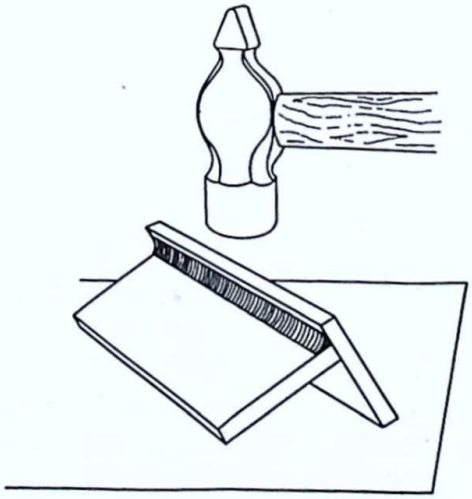


Fig. 89. Slagprov på kälsvets.

Slår man nu med en hammare av provstaven, helst i ett enda slag, får man fram en brottyta, som visar kornstorleken hos svetsgodset. Genom att upprepa detta prov på en osvetsad stav av grundmaterialet erhålles dettas brottyta som jämförelse.

Sedan man blivit något van vid sådan slagprovning, känner man med handen skillnaden i kraft, som behöver läggas i slaget, för att brott skall uppkomma vid svetsade och osvetsade provstavar och kan sålunda kontrollera sin egen svetsskicklighet resp. tillsatsmaterialets kvalitet.

Brytprov (kälsvets).

En kälsvetsprovstav enligt fig. 89 lägges på ett städ, varefter svetsen brytes upp medelst några slag av en hammare. Härigenom kan man kontrollera bindningen särskilt i roten mellan svetsgods och grundmaterial.

Objektiva provmetoder.

Oborrad plattprovstav.

Om en plattprovstav bestående av två i stumfog sammansvetsade delar (se fig. 90) utsättes för dragning, tills brott inträder, kan detta brott inträffa antingen i svetsgodset, i bindningszonen eller i själva grundmaterialet. Den kraft, vilken förbindningen kan upptaga, innan bristning sker, ger ett mått på *svetsskarvens* brotthållfasthet för dragning. Med *svetsskarv* menar man nämligen hela förbindningen, varför man vid undersökning av en svetsskarvs brotthållfasthet söker denna för det svagaste snittet, oberoende av om detta ligger i själva svetsgodset, i bindningszonen mellan svetsgodset och grundmaterialet eller i grundmaterialet. Brotthållfastheten beräknas på grundmaterialets dimensioner.

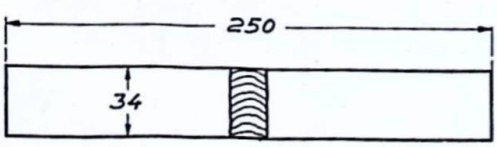


Fig. 90. Oborrad plattprovstav.

Borrad plattprovstav.

För bestämning av *svetsgodsets* brotthållfasthet och tänjbarhet användes en provstav av i fig. 91 angivet utseende. Denna stav, som uttages ur samma provstycke som nyssnämnda stav, bearbetas på svetsens över- och undersida till ett djup av högst 1 mm under ursprungliga plåtytan, varefter i svetsens mitt borras två brottanvisningshål. Om man önskar jämföra de vid borrade stavar erhållna brotthållfasthetsvärdena med de vid provstavar utan hål erhållna värdena, måste de förstnämnda multipliceras med koefficienten $0{,}_{88}$.

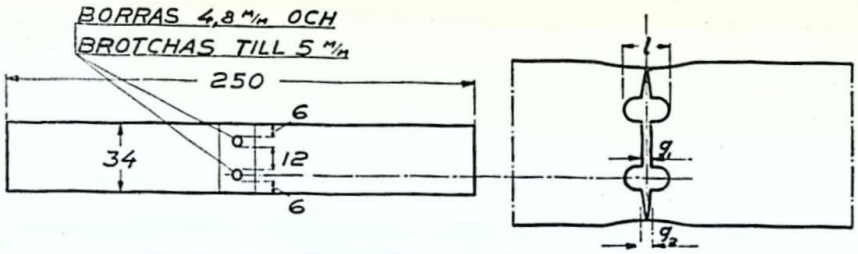


Fig. 91. Borrad stav för provning av svetsgodset.

Sedan den borrade provstaven dragits av, sammanläggas båda provstavsdelarna, passas ihop så noggrant som möjligt och fastklämmas i detta läge, som synes å fig. 91, varefter största axeln l i de nu ovala hålen uppmätes. Från det så erhållna måttet drages medeltalet av de på båda sidor om hålet förefintliga glapprummen g_1 och g_2 mellan kanterna av brottet. Samtliga mätningar göras på svetsens översida. Förlängningen uttryckes i procent av hålets ursprungliga diameter och angives som medelvärdet för de båda hålen.

Slagprov.

För provning av svetsgodsets slagseghet användes slagprovstavar med tvärsnittet 10 × 10 mm och längden 55 mm och med en 2 mm bred och 5 mm djup brottanvisning, förlagd till svetsens rot. Denna provstav finnes avbildad i fig. 48.

Slagprovstaven lägges upp på två stöd och slås av i en speciell pendelhejare, som registrerar slagarbetet. Man anger nämligen slagsegheten för ett material såsom det arbete, som behövs, för att slå av en viss tvärsnittsarea på en provstav av nyss angivet utseende. En slagseghet av 5 kgm/cm² anger alltså, att en vikt av 5 kg, som faller från 1 meters höjd kan slå av ett tvärsnitt på 1 cm².

I vanliga fall är den slagseghet, som erhålles hos svetsar, fullt tillräcklig för att motstå de slagpåkänningar, som kunna förekomma i praktiken. Om särskilt hög slagseghet är önskvärd, kan man med svetslågans hjälp företa

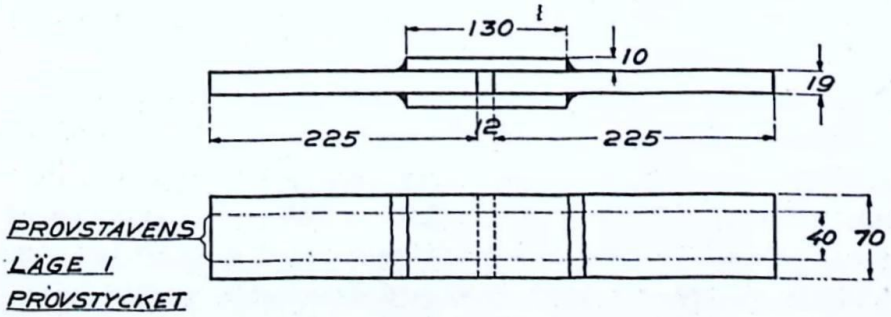


Fig. 92. Stav för provning av kälsvets.

en normaliserande glödgning. Man erhåller då en finkornig struktur i svetsgodset och uppnår 2—3 gånger så hög slagseghet som i onormaliserat tillstånd.

Skjuvprov.

För bestämning av en svetsskarvs skjuvhållfasthet iordningställes en provstav på så sätt, att ytterstrimlorna på det i fig. 92 visade provstycket bortskäres, så att den färdiga provstavens bredd blir minst 40 mm. Provstaven utsättes för dragning, varvid skjuvning uppstår i svetsarna.

Obligatoriskt och särskilt licensprov.

För att utöva kontroll på svetsarens skicklighet har Kungl. Socialstyrelsen utgivit »Föreskrifter rörande obligatoriskt och särskilt licensprov samt kompetensprov för svetsare». Dessa normer äro i första hand avsedda att gälla vid svetsning av ångpannor och andra kärl under tryck, som genom explosion kunna förorsaka olycksfall. Föreskrifterna äro emellertid så utformade, att de kunna användas även inom andra grenar av svetstekniken. De ingå sålunda i Statens Järnvägars »Normer för svetsning av rullande järnvägsmaterial».

För att en *firma* skall få utföra arbeten av ovan nämnda slag, måste den avlägga *obligatoriskt licensprov*. Denna provning är avsedd att styrka, att *firman* har sådan utrustning och använder sig av sådana arbetsförfaranden, att den kan anses vara kompetent att utföra erforderliga svetsarbeten på tillfredsställande sätt. Om ifrågavarande firma önskar räkna med att den relativa styrkan av de svetsar, som utföras hos firman, är högre än $0{,}7$ d.v.s. att svetsens hållfasthet utgör mera än 70 % av grundmaterialets hållfasthet, måste *särskilt licensprov* avläggas.

Uttagning och svetsning av provstycken samt beredning av provstavar skall i närvaro av kontrollant, som yrkesinspektionen för sådan kontroll särskilt bemyndigat, utföras av firmans arbetare under driftmässiga förhållanden i firmans verkstäder. Provning av provstavarna skall utföras av officiell provningsanstalt eller i närvaro av en utav yrkesinspektionen för sådant ändamål bemyndigad kontrollant.

För det obligatoriska licensprovet skall provsvetsningen utföras i stålplåt ST-37. För det särskilda licensprovet skall provsvetsningen utföras i ST-37 eller ST-44, beroende på vilken stålsort, som användes av den svetsande firman. Om båda stålsorterna användas, skall provet utföras med ST-44. Om viss firma i sin tillverkning använder annat material än ST-37 eller ST-44, skola svetsprov utföras även med det sålunda använda materialet jämte endera av ST-37 eller ST-44.

Ett provstycke svetsas i vardera av svetslägena horisontal-, vertikal- och underuppläge. Vid såväl det obligatoriska som särskilda licensprovet uttagas och provas 4 st. icke borrade och 4 st. borrade provstavar ur varje provstycke. Vid det särskilda licensprovet uttagas dessutom 4 st. slagprovstavar. Kälsvetsprovet utföres alltid i ST-37 och endast två provstycken svetsas, det ena i horisontalläge och det andra i underuppläge.

Om firman i sin verksamhet ej använder underupp- eller vertikalsvetsning, må kontrollanten medgiva befrielse från sådana prov.

Fordringarna å provstavarna äro:		Obligatoriskt licensprov	Särskilda licensprovet	
		ST-37	ST-37	ST-44
Icke borrad plattprovstav	Brottgräns σ_b kg/mm² lägst	32	37	44
	Brottgräns σ_b kg/mm² medelvärde	36	37	44
Borrad plattprovstav	Brottgräns σ_b kg/mm² lägst	37	42	50*
	Brottgräns σ_b kg/mm² medelvärde	41	42	50*
	Förlängning δ % lägst	25	40	33
	Förlängning δ % medelvärde	28	44	37
	Kvalitetstal $\sigma_b \times \delta$ lägst	1050	1800	1900
Slagprovstav	Slagseghet kgm/cm² för minst 3 av 4 stavar lägst	—	5	5
Skjuvprovstav	Brottgräns kg pr mm linjär svets lägst	220	300	—

* För vertikalsvets fordras 47 kg/mm$_2$.

På grund av viss osäkerhet i provningsmetoden medgivas avvikelser i provningsresultaten på förlängningen med 3 enheter. Skulle någon av provstavarna icke fylla ovannämnda bestämmelser så uttagas och verkställes nytt prov med tvenne ersättningsstavar från det provstycke, varur ifrågavarande provstav tagits. Dessa nya provstavar skola bägge uppfylla ovannämnda bestämmelser.

Kompetensprov för svetsare.

Detta prov avser att påvisa, att *varje arbetare,* som utför svetsarbeten på kärl under tryck hos en firma, som avlagt godkänt obligatoriskt eller särskilt licensprov, *besitter för nämnda arbeten erforderlig kompetens.* För provet utföres endast stumsvetsning. Materialet skall vara lika som vid respektive licensprov.

Provstavarnas beredning, mätning och utförande samt fordringar skola överensstämma med vad som föreskrivits beträffande resp. licensprov, men endast *halva antalet* provstavar uttagas och provas. Skulle någon av provstavarna icke fylla ovannämnda bestämmelser, uttages och verkställes nytt prov med två ersättningsstavar från det provstycke, varur ifrågavarande provstav tagits. Dessa nya provstavar skola bägge uppfylla bestämmelserna.

Omedelbart före påbörjandet av större svetsarbete, för vars utförande fordras det särskilda licensprovet, skall varje svetsare, som därvid avses att sysselsättas, komplettera sitt senast utförda kompetensprov med svetsat slagprov. För detta ändamål svetsas och beredas slagprovstavar på samma sätt som vid det särskilda licensprovet, men endast tre provstavar uttagas ur varje provstycke. Minst två av dessa slagprovstavar måste uppfylla fordringarna för det särskilda licensprovet.

Icke förstörande provning av svetsar.

Den i det föregående beskrivna provningen av svetsskarvar ger upplysning om hållfasthetsegenskaperna hos en svets, som utförts med ett visst tillsatsmaterial i ett visst grundmaterial. Den upplyser vidare om, huruvida svetsaren är kompetent att utföra en svets med viss önskad hållfasthet. Det är emellertid också önskvärt att på ett eller annat sätt kunna kontrollera kvaliteten på det av svetsaren utförda objektet. Härvid måste dock en provmetod användas, som ej förutsätter en sönderbrytning av svetsen. Bland sådana *icke förstörande* provmetoder kunna nämnas *magnetpulver-* och *röntgenprovningsmetoderna.*

Magnetpulverprovning.

Provning enligt denna metod tillgår på så sätt, att arbetsstycket inspännes mellan de båda polerna i en kraftig elektromagnet, så att den del av svetsen, som skall undersökas, kommer mitt i det magnetiska kraftlinjeflödet. Finpulvriserad järnfilspån strös därefter ut över svetsen. Om denna är behäftad med sprickor eller större porer kommer kraftlinjeflödet att bli

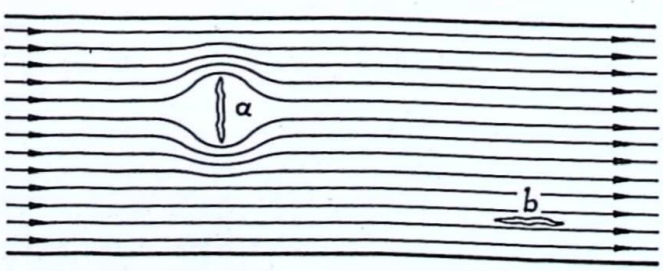


Fig. 93. Kraftlinjeförloppet vid magnetpulverprovning.

tätare vid ändarna av felaktigheten (a i fig. 93), vilket medför en anhopning av pulver på dessa punkter. Är sprickan parallell med kraftlinjeflödets riktning (b i fig. 93) kommer någon avvikning av flödet ej att ske. Flödets riktning måste därför ändras, så att sprickan kommer att bilda vinkel med flödets riktning. Provningen av ett material genomföres därför i regel med kraftlinjeflödet i två riktningar. Även sådana fel, som ej sträcka sig ända upp till ytan, kunna undersökas på detta sätt. Metoden användes t.ex. för undersökning av alla svetsar på de i ett flygplan ingående rörfackverken enligt fig. 79.

I stället för järnfilspån kan man använda den slagg, som uppstår vid gasskärning av stål. Om denna slagg siktas i ett finmaskigt nät, får man ett fint pulver. Undersökes detta pulver i mikroskop, skall man finna, att det består av en mängd små ihåliga tunnväggiga järnkulor. Dessa kulor bildas av det smälta järn, som vid skärningen blåses bort ur snittskåran, innan det hunnit oxideras av syrgasstrålen. Eftersom dessa ihåliga runda järnkulor äro mera lättrörliga än vanlig järnfilspån, är sådant pulver att föredraga vid magnetpulverprovning.

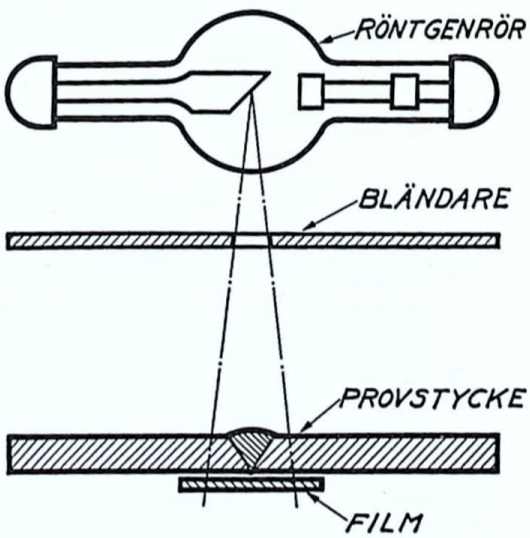


Fig. 94. Röntgenprovning av svetsskarv.

Röntgenprovning.

Materialprovning med röntgen grundar sig på röntgenstrålarnas förmåga att i större eller mindre grad genomtränga allt material t.o.m. metaller. Vid röntgenundersökning av en svetsskarv placeras denna mellan ett röntgenrör och en i en ljustät kasett innesluten fotografisk film. Allt efter det genomstrålade materialets beskaffenhet och tjocklek försvagas röntgenstrålningen mer eller mindre. Ju tjockare materialet är, desto mindre del av röntgenstrålningen släpper det igenom. Förekomma porositeter, slagg eller sprickor inuti en svets, så kommer godstjockleken att vara mindre på dessa ställen än vid sidan om. Filmen, som påverkas av röntgenstrålarna, kommer att påverkas starkare mitt för felaktigheterna. Efter framkallning av filmen kan man därför iakttaga felaktigheterna som svärtade punkter, streck eller ytor allt efter felens utbredning och karaktär. Ett fel, som har stor utsträckning i strålarnas riktning kommer

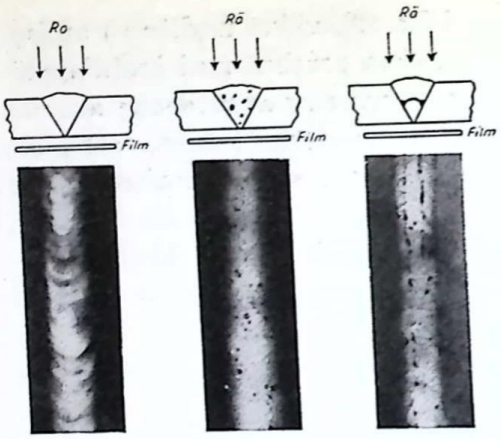


Fig. 95. Röntgenfilmer av svetsskarv. Felfri svets, svets med porer och svets med slagginneslutningar.

att ge upphov till en större svärtning än ett fel, som har liten dimension i denna riktning. Vid studium av röntgenfilmer kan man därför dels bestämma svetsfelens art och dels bedöma deras storlek.

Röntgenstrålarnas genomträngningsförmåga är olika för olika material. Lättmetaller äro exempelvis avsevärt lättare att genomstråla än järn, koppar eller bly. På grund av röntgenstrålarnas svårighet att genomtränga bly användes för övrigt denna metall för avskärmning av icke önskad strålning.

Enligt myndigheternas bestämmelser för svetsning av tryckkärl skola numera alla svetsar i behållare, där man räknar med en större relativ styrka hos svetsen än 0,7, underkastas röntgenprovning.

Bedömning av svetsars kvalité efter utseendet.

Eftersom hela svetstvärsnittet vid gassvetsning uppbygges i en sträng kan en svetskunnig person med stor säkerhet bedöma kvalitén på en utförd svets enbart med hjälp av ögat. I det följande lämnas en del exempel på huru man har möjlighet att efter en okulärbesiktning uttala sig om en utförd svets. Ett par exempel visa, huru ett subjektivt bockprov bekräftar ett i förväg gjort uttalande om svetsens kvalité.

Fig. 96 återger fotografiet av rågen på en god svets, och i fig. 97 ser man rotsidan av samma svets. Som synes bildar rågen en svag överhöjning på svetsens ovansida, liksom rotvulsten gör det på undersidan. Rågen är jämnbred och symmetrisk, med räfflorna på regelbundna avstånd. Höjden är

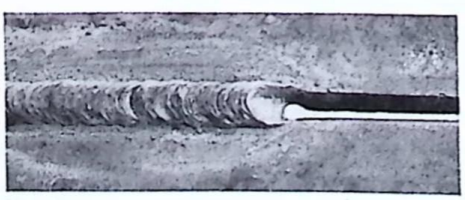


Fig. 96. Svetsrågen på en svets av god kvalité.

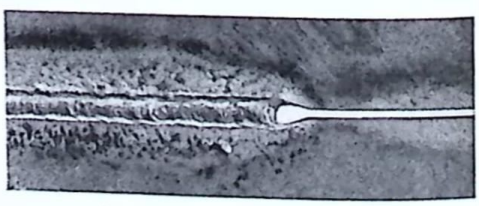


Fig. 97. Jämn rotvulst med smältränder.

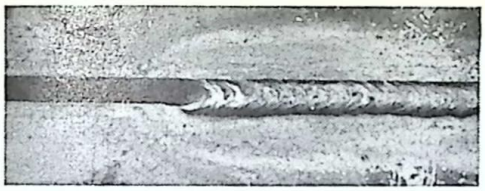


Fig. 98. Svetsråge med ofullständig bindning på ena sidan.



Fig. 99. Rotsida med dålig genomsmältning och utan smälträndер.

ungefär 2 mm över plåtens yta. På fotografiet i fig. 97 iakttager man på vardera sidan om rotvulsten en smältrand, som utgör begränsningslinje mellan svetsgodset och den del av grundmaterialet, som ej varit i smält tillstånd. Dessa smälträndер äro ej linjeräta såsom de ursprungliga plåtkanterna, utan ha en krusad, något vågformig kontur.

De vanligaste fel, som uppstå vid svetsning äro: *Otillfredsställande genomsvetsning* på rotsidan, *bindningsfel* eller s.k. *kallflytningar,* vilka uppträda antingen i bindningszonen, d.v.s. i gränsytan mellan svetsgods och grundmaterial eller också inuti själva svetsgodset, *slagg-* eller *oxidinneslutningar* och slutligen *porer* eller *gasblåsor.*

Fotografiet i fig. 98 visar ett fall, då på svetsens ena sida ingen bindning erhållits mellan svetsgods och grundmaterial. Man kan tydligt iakttaga den ena plåtens osmälta kant. På bilden i fig. 99 ser man rotsidan av samma svets med otillräcklig genomsmältning. Då fogkanterna ej varit smälta i roten, saknas smälträndерna, som äro typiska för en god svets. Dålig genomsvetsning på rotsidan kan bero på flera orsaker. Om spalten mellan plåtarna är för liten eller plåtarna rent av ligga helt intill varandra, tränger svetslågans gaser blott delvis eller inte alls igenom fogen ned till roten och upphettningen av de undre plåtkanterna blir otillräcklig. Det smälta tillsatsmaterialet stannar då på den höjd i fogen, där smältningen av fogkanterna upphör. Särskilt lätt inträffar detta, om den använda svetstråden ger en trögfluten smälta. En orsak kan vara felaktig låginställning, varvid genomsvetsningen blir dålig, emedan trycket från låggaserna ej pressar ned smältan till botten av svetsen. En annan orsak kan vara, att de utförda puddelrörelserna med svetstråden varit för små i fogens höjdled.

Fig. 100 visar en svets, där stora droppar erhållits på rotsidan av svetsen. En orsak till droppbildning kan vara, att svetsningen utföres med för stor låga. Smältbadet blir då för stort, och tillsatsmaterialet rinner igenom på fogens rotsida. Resultatet blir detsamma, om plåtarna läggas med för stort spaltavstånd, eller om den använda svetstråden är för lättfluten. Ytspänningen i smältan blir då för liten i förhållande till dess tyngd och materialet

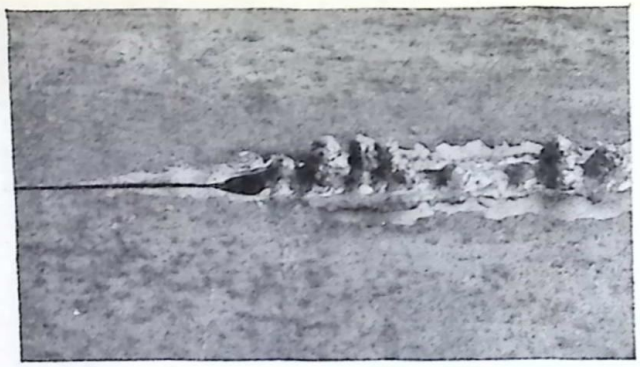


Fig. 100. Rotsida av svets med stora droppbildningar.

rinner igenom spaltöppningen. Hållfastheten i en dylik fog kan vara fullt tillfredsställande och ofta kunna dylika svetsar bockas 180° utan att någon bristning inträffar. Men det föreligger i många fall risk för att bindningsfel uppstått utefter svetsens rot, samtidigt som materialet runnit igenom på rotsidan. Man bör alltså vara på sin vakt, när svetsen ser ut på detta sätt. Även i detta fall saknas de för den goda svetsen typiska smälträndema.

Bindningsfel i gränsytan mellan svetsgods och grundmaterial uppstå, då tillsatsmaterialet smältes ned i fogen, innan grundmaterialet bringats i full smälta. Härvid erhålles närmast ett slags vidhäftning mellan tillsats- och grundmaterial på samma sätt, som vid svetslödning. Bindningsfel äro lätta att igenkänna i brottytan, emedan man ser märken efter den före svetsningen utförda bearbetningen av fogytorna. Har fasning av plåtarna utförts med gasskärbrännare, kan man således i brottytan iakttaga de små räfflor, som bildas, då syrgasstrålen förbränner eller oxiderar järnet. Vanligast är, att den ovane svetsaren erhåller här beskrivna bindningsfel i svetsens nedre del, och orsaken är ofta en felaktig ställning på lågan. Antingen har denna hållits för högt upp i fogen, så att värmetillförseln till svetsens rotsida har blivit otillfredsställande, eller också har den varit riktad för mycket på tråden, så att tillsatsmaterialet smält tidigare än fogytorna. Om svetsningen utföres med en lättfluten tråd, rinner det smälta tillsatsmaterialet lätt ned på de undre fogkanterna, innan dessa bringats i smält tillstånd.

Segheten eller töjningen i en skarv behäftad med stora bindningsfel, är mycket liten. Fig. 102 visar fotografiet av en svets, som haft ett bindningsfel utefter större delen av ena fogytan. Vid bockprov har denna stav brus-



Fig. 101. Svets med ofullständig genomsvetsning brister i roten vid bockning.



Fig. 102. Svets med bindningsfel kan knappast bockas utan att brista.

tit vid en bockningsvinkel av endast några få grader. Detta bindningsfel kunde observeras, redan innan staven bringats att brista. På svetsens rotsida syntes nämligen mycket tydligt den osmälta raka plåtkanten, på vilken tillsatsmaterialet runnit ned utan att någon sammansvetsning skett. Någon smältrand i likhet med de, som synas på den i fig. 97 visade svetsen, kunde däremot ej iakttagas på denna sida av rotvulsten.

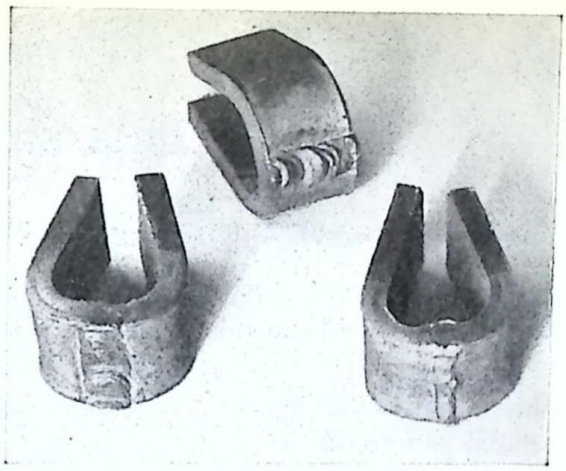


Fig. 103. Goda svetsar bockas 180° utan att brista.

Bindningsfel kunna även uppstå inne i själva svetsgodset, om man t.ex. avbryter svetsningen och sedan åter fortsätter, utan att det nyss nedsmälta svetsgodset uppvärmes tillräckligt för att en verklig sammansmältning skall erhållas med det därpå tillsatta materialet. Ett dylikt bindningsfel igenkännes lätt i brottytan på en avslagen svets. Brottytan på en felfri svets har nämligen samma kristallformiga struktur som brottytan på en sockerbit, medan ytan på ett bindningsfel inuti svetsgodset i stället är slät och har mörkare färg.

Slagg- eller oxidinneslutningar synas i brottytan som små, oregelbundna, svarta punktformiga ytor. De uppstå om svetsningen utföres med svagreducerande eller rent av oxiderande låga. Porer uppstå i svetsen, då de gaser, som bildas i smältbadet ej hinna tränga upp till ytan och avgå, innan ytskiktet har stelnat. De äro vanligen avrundade men förete även oregelbundna former. De puddlande rörelserna med svetstråden eller svetslågan äro till för att gasblåsorna skola tvingas stiga upp till ytan. Man bör emellertid hålla i minnet, att den mest fulländade svetsmetod ej giver en från porer fri svets, om tillsatsmaterialet är olämpligt.

I fig. 103 visas tre provstavar, som bockats 180° utan att brista i eller bredvid svetsen. Två av stavarna ha bockats med toppsidan utåt och en med rotsidan ut. De som bockas med toppsidan ut avslöja fel av den karaktär, som visas i fig. 98 och de som bockas med rotsidan ut avslöja fel av det utseende, som anges i fig. 99 eller 102. Några dylika fel kunde ej observeras före provningen utan svetsen såg ut som i fig. 96 och 97. En svetskunnig person skulle därför i förväg ha kunnat förutsäga provningsresultatet enbart genom att granska svetsen och någon billigare provningsmetod än en dylik okulärgranskning torde ej finnas.

Stålets struktur.

Kolstålens sammansättning och omvandling.

Det tekniska järnet benämnes i modernt språkbruk stål. Benämningen järn användes i kemisk betydelse, då man talar om grundämnet järn.

Det tekniska järnet, stålet, innehåller flera viktiga ämnen såsom kol, kisel, mangan, fosfor och svavel. Viktigast bland dessa ämnen är kolet i halter på upp till 1,4 %.

På vad sätt förekommer då kol i stålet? Jo, kol ingår en kemisk förening med järn och bildar ett ämne, som kallas järnkarbid. Järnkarbiden kännetecknas av mycket stor hårdhet och en viss grad av sprödhet. Järnkarbiden förekommer som små oregelbundna korn eller skivor inlagrad i en grundmassa av rent järn. Det rena järnet är mjukt, segt och har stor tänjbarhet. Stålets hållfasthetsegenskaper bli därför beroende dels av proportionen mellan järnkarbid och grundmassan rent järn samt av formen på järnkarbidkornen.

Detta förhållande, att kolet ingått kemisk förening med järnet och bildat järnkarbid, som förekommer inlagrad i rent järn, existerar emellertid endast upp till en viss temperatur. Järnets struktur eller inre uppbyggnad är med andra ord beroende av temperaturen. Om man tar en stålbit med en kolhalt av t. ex. 0,2 % kol, och uppvärmer den på sådant sätt att lika mycket värme tillföres per tidsenhet, kommer temperaturen till att börja med att stiga med konstant hastighet. När man uppnått 730° temperatur, kan man emellertid konstatera, att temperaturen plötsligt upphör att stiga, trots att värme fortfarande tillföres stålet. Tydligen inträffar vid denna temperatur en förändring i stålet, som fordrar tillförsel av energi. Sedan temperaturen förblivit konstant en stund, börjar den åter att stiga till en temperatur av omkring 850°, då stegringen upphör. Vad är det då, som inträffar i stålet vid dessa temperaturer?

Jo, då stålbiten uppvärmts till 730°, sönderfaller järnkarbiden i kol och järn, varefter kolet upplöses i det järn, som legat närmast de ursprungliga järnkarbidlamellerna.

— Man kan likna denna företeelse, då kolet löses i järn, vid den process, som sker, då man ovanpå en kaka av is lägger några korn av vanligt koksalt. Koksaltkornen komma då att lösa sig i de närmast dem befintliga ispartierna under bildande av små pölar av salthaltigt vatten. — Då temperaturen stegras, går järnkollösningen i lösning med mera rent järn, varige-

nom alltså kolhalten i järnkollösningen minskas. — Detta motsvarar det förhållandet, att nyssnämnda isbit uppvärmes och de små pölarna av saltvatten bli större, varvid alltså salthalten i pölarna blir mindre. — Då stålbiten uppnått en temperatur av 850°, upphör temperaturen att stegras, ända tills järnkollösningen blir likformig genom hela grundmassan. — Sistnämnda process motsvarar det fall, att hela isbiten smältes, varvid salthalten kommer att bli densamma i hela vattenmassan. — Observeras bör, att den gjorda liknelsen mellan saltvattenlösningen och järnkollösningen haltar på en punkt. För att saltet skall gå i lösning med vattnet måste nämligen isen först smälta. Kolets upplösning i järnet sker däremot medan järnet är i fast tillstånd. Man talar därför om en *fast lösning* mellan järn och kol.

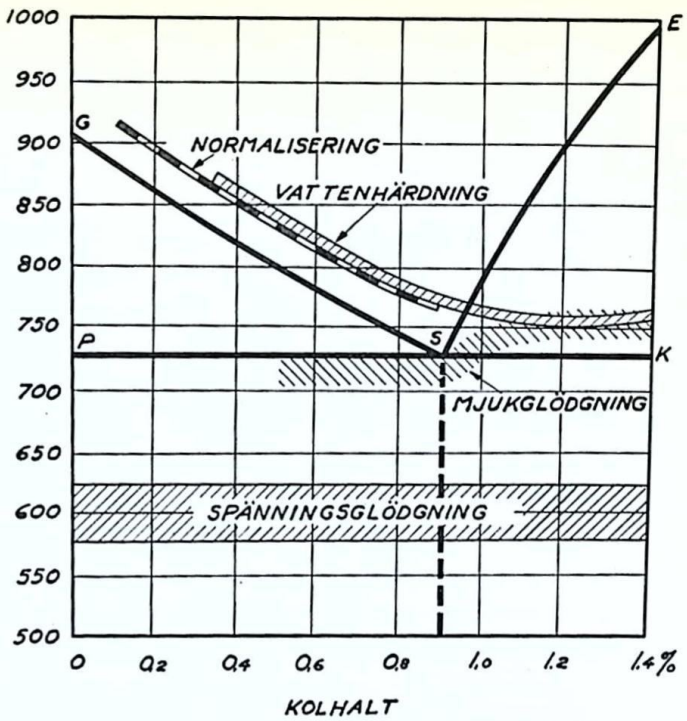


Fig. 104. Tillstånds- och värmebehandlingsdiagram för kolstål.

Av det sagda framgår, att ovanför 850° är det i exemplet angivna stålet uppbyggt på annat sätt än vid vanlig rumstemperatur. När stålet sedan svalnar, sker den beskrivna processen i omvänd ordning, varför stålet återgår till sin ursprungliga struktur. Värme kommer därvid att frigöras först vid 850°, då rent järn (is) »fryser» ut ur järnkollösningen (saltvattenlösningen). Vid fortsatt temperaturfall »fryser» mera järn (is) ut, varvid kolhalten i järnkollösningen (salthalten i saltvattenlösningen) stiger. Vid 730° avstannar temperaturfallet, under den tid, som åtgår för att kolet skall hinna frigöras ur sin fasta lösning med järnet och i stället med järnet bilda den kemiska föreningen järnkarbid, vilken, som förut nämnts, lagrar sig som små skivor eller lameller i en grundmassa av rent järn.

Det sätt varpå järnkarbidskivorna lagra sig i järnet blir emellertid beroende bl.a. på den hastighet, varmed svalnandet sker. Om avsvalningshastigheten är mycket stor, kan det t.o.m. hända, att det normala bildandet av järnkarbid ej hinner ske, utan man får en annan struktur. Vi återkomma härtill under rubriken *härdning*.

Om man upprepar samma observationer, som nyss beskrivits, på ett stål med högre kolhalt än 0,2 % kol, och som upphettas, kommer man att finna, att den första omvandlingen, som består i järnkarbidens sönderfallande i järn och kol, kommer att ske vid samma temperatur som för det nyss nämnda stålet. Stålets undre omvandlingspunkt är nämligen belägen vid konstant temperatur för stål med olika kolhalter. Denna temperatur representeras i diagrammet av den horisontella linjen PS. Fortsättes upphettningen, kommer man emellertid att kunna konstatera, att nästa omvandlingsprocess, stålets övre omvandling, som representeras av linjen GS, sker vid en lägre temperatur än för den nyss nämnda stålkvalitén. Ju högre kolhalten är, desto lägre ligger den övre omvandlingstemperaturen, och då kolhalten är så hög som 0,9 % sammanfaller den övre och den undre omvandlingstemperaturen och ligger alltså vid 730°. I detta fall kommer alltså järnkarbidens sönderfallande och kolets fullständiga upplösning i järnet att ske vid en och samma temperatur. Kommer man till kolhalter, som ligga över 0,9 % inträffa andra förhållanden, som vi emellertid ej studera i detta sammanhang.

Upphettningens inverkan på stålets struktur.

I brottytan på en avslagen stålbit kan man med blotta ögat iakttaga små glänsande kristallkorn. Vid mikroskopisk undersökning av dessa kristallkorn kan man få bekräftelse på de i det föregående beskrivna iakttagelserna beträffande stålets inre uppbyggnad. Dessa kristallkorns storlek är emellertid mycket varierande, ibland är stålet grovkornigt och ibland finkornigt. Brotthållfastheten hos ett stål är tämligen oberoende av kristallkornens storlek, medan däremot tänjbarhet och slagseghet äro betydligt större hos ett finkristalliniskt stål än hos samma stål med grov kristallbyggnad.

Antag att ett stål upphettats till smältning såsom fallet är vid svetsning, och att det sedan får svalna. Vid svalnandet börjar bildandet av ett mycket stort antal små kristaller. Vid hög temperatur (över 900°) tillväxer kristallkornen i storlek. Bildlikt talat komma de större kristallkornen att uppsluka de mindre och ju längre stålet hålles vid hög temperatur, d.v.s. ju långsammare avsvalnandet sker, desto kraftigare blir korntillväxten. Tydligt är, att man vid svetsning bör hålla stålet i smält tillstånd så kort tid som möjligt och därigenom påskynda avsvalnandet. Det är bl.a. denna strävan, som fört fram till de moderna svetsmetoderna motsvetsning och djupsvetsning, som karakteriseras av stor svetshastighet samt snabb och likformig avsvalning av svetsen. Omoderna svetsmetoder med låg svetshastighet och långsam avsvalning av svetsgodset ge däremot grovkristallinisk struktur.

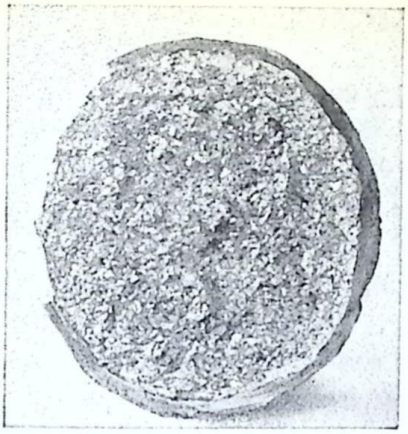


Fig. 105. Brottyta av onormaliserad svets i grovt stångmaterial.



Fig. 106. Brottyta av normaliserad svets i grovt stångmaterial.

Normaliserande glödgning.

Ett stål med grovkristalliniskt brott och därför låg tänjbarhet och slagseghet kan bibringas finkornig struktur genom normaliserande glödgning. Stålet uppvärmes härvid till en temperatur, som ligger något ovanför den övre omvandlingstemperaturen och hålles vid denna temperatur några minuter, varefter det får svalna relativt hastigt i fria luften. En dylik normaliserande glödgning av en svets är lätt att utföra med hjälp av svetslågan. Som synes av fig. 104 är normaliseringstemperaturen lägre, ju högre stålets kolhalt är.

Exempel: Fot och liv på en svetsad rälsskarv normaliseringsglödgas med hjälp av svetslågan. På samma sätt behandlas svetsar i dragstänger till järnvägsvagnar för att öka svetsens tänjbarhet och slagseghet. Fig. 105 visar den grovkristalliniska brottytan på en onormaliserad svets i en dragstång. Den normaliserade svetsen i fig. 106 har betydligt finkornigare brottyta. Det mörka bandet kommer av mejselhugg, som gjorts runt om för att få brottet i svetsen. Man har måst hugga djupare i den normaliserade svetsen än i den onormaliserade för att kunna slå av svetsen. Detta tyder på större slagseghet i den normaliserade än i den onormaliserade svetsen.

Spänningsglödgning.

Spänningsglödgning har till uppgift att hos ett redan finkornigt stål borttaga inre spänningar, uppkomna under smidning vid för låg temperatur, under kallbearbetning eller vid ojämn avsvalning t.ex. efter svetsning. Spänningsglödgning utföres så, att stålet under full genomvärmning upphettas till en temperatur under den lägsta omvandlingspunkten, för kolstål omkring 600°, varefter svalningen sker tämligen långsamt.

Mjukglödgning.

Den hårda järnkarbiden förekommer vanligen inlagrad såsom tunna skivor i det mjuka rena järnet. Om stålet har hög kolhalt, d.v.s. om det förekommer ett stort antal järnkarbidlameller, blir stålet svårbearbetat, eftersom det skärande verktyget oavbrutet stöter på hård järnkarbid. Ett dylikt stål kan genom mjukglödgning göras lättarbetat. Mjukglödgningen utföres genom en längre tids (flera timmar) upphettning till en temperatur strax under den undre omvandlingspunkten 730°. Vid mjukglödgningen kommer den skivformiga järnkarbiden att sammandraga sig till små kulor. Att stålet därvid blir lättbearbetat, beror på att de hårda, runda järnkarbidkornen av det skärande verktyget utan större motstånd pressas undan in i det mjuka järnet.

Härdning och anlöpning.

Om ett kolstål, som upphettats till en temperatur omedelbart ovanför den övre omvandlingspunkten för ifrågavarande stålsort, får svalna långsamt, kommer kolet att vid den undre omvandlingspunkten förena sig med järn och bilda järnkarbid, som inlagras i det mjuka järnet. Om avsvalningshastigheten ökas mycket starkt, t.ex. genom att man doppar stålet i vatten, hinner denna omvandling inte att ske, utan man får en annan, förut icke omnämnd struktur, som kännetecknas av stor hårdhet men även av en viss grad av sprödhet, vilka båda egenskaper bliva mera märkbara, ju högre kolhalten är.

Att på detta sätt bibringa stålet ökad hårdhet genom hastig avkylning efter upphettning över en viss temperatur benämnes härdning. Ju hastigare avkylningen sker, desto hårdare blir stålet intill en viss gräns. Sålunda ger avkylning i vatten en mycket kraftig härdning med stor hårdhetsökning, under det att avkylning i olja innebär en mildare härdning med något mindre hårdhetsökning. Vid vissa legerade stål sker en liknande härdning redan vid svalning i luft, varför dylika stål med tanke härpå också benämnas lufthärdande stål.

Samtidigt som stålet vid härdning bibringas stor hårdhet, uppkomma emellertid även icke önskvärda inre spänningar. Dessa spänningar kunna minskas och därmed även segheten ökas genom att man efter härdningen anlöper stålet, d.v.s. upphettar det till en temperatur liggande mellan 200 —400°.

Samtidigt med att anlöpningen medför en ökning av segheten minskas hårdheten något, vilket i de flesta fall icke är önskvärt och därför är att betrakta som ett nödvändigt ont. Lämplig anlöpningstemperatur för olika stål brukar angivas i järnbrukens stålbeskrivningar.

Grundmaterial och tillsatsmaterial.

Grundmaterial.

Smidesjärn har man enligt gammalt språkbruk kallat allt olegerat stål, där kolhalten varit så låg (mindre än 0,35 %) att det ej genom härdning kunnat bibringas en för verktyg lämplig hårdhet, medan övrigt smidbart material benämnts stål. Genom denna indelning har emellertid gränsen mellan smidesjärn och stål varit godtycklig och obestämd.

Teknikens utveckling har emellertid framtvingat tydligare indelningsgrunder för de olika järnkvaliteterna. Numera kallas allt för tekniskt bruk avsett järn för stål, varvid olika benämningar och beteckningar förekomma, beroende på om man tänker på stålets sammansättning, egenskaper, användning e.d.

Tidigare har nämnts, att stål alltid innehåller kol. Dessutom innehåller stålet emellertid även kisel och mangan samt vissa föroreningar såsom svavel och fosfor. Så länge kiselhalten ej överstiger 0,5 % och manganhalten 0,8 % räknas stålet som *olegerat* eller som ett *kolstål*.

I de fall, då man önskar bibringa stålet speciella egenskaper, tillföres ett eller flera andra ämnen såsom krom, nickel, molybden, volfram etc. Då halterna av dessa legeringsämnen äro så höga, att de tydligt inverka på stålets egenskaper, anses stålet som *legerat.*

Stål, som stelnar, blir tätt, om vissa ämnen tillsättas detsamma men poröst utan sådan tillsats. Man skiljer därför mellan *otätat* och *tätat* stål.

Otätat stål.

Då vid stålframställningen stålet stelnar, frigöras gaser, som tränga upp genom metallen och bortgå. Med sjunkande temperatur blir emellertid metallen mer och mer trögflytande och slutligen förmå gasblåsorna ej längre tränga upp utan kvarstanna i stålet, varför detta blir fullt av porer. Vid utvalsning av götet sammanpressas blåsorna och välla ihop, så att de i den färdiga produkten ej kunna iakttagas. Utmärkande för allt otätat stål är, att kiselhalten är mycket låg. Kolhalten brukar ligga mellan 0,05 och 0,20 %.

Tätat stål.

Om ett stål skall erhållas fritt från blåsor, måste gasavgivandet under stelnandet förhindras. Detta sker genom att man till stålet sätter ett s.k. desoxidationsmedel t.ex. kisel eller aluminium. Då metallen svalnar, sker stelnandet lugnt och utan gasutveckling, varför den stelnade metallen blir porfri. Tätat stål har i regel över 0,20 % kol och 0,20—0,40 % kisel.

Olika stålklasser.

Med hänsyn till stålens användningsområde indelas desamma i byggnadsstål, konstruktionsstål, verktygsstål och maskinstål.

Kolstål med låg kolhalt höra i regel till byggnads- och konstruktionsstålen och de med hög kolhalt till verktygsstålen. Maskinstålen bestå både av stål med låg och stål med hög kolhalt. Legerade stål kunna allt efter sammansättningen hänföras till konstruktions-, maskin- eller byggnadsstålen.

Byggnads-, konstruktions- och maskinstålen kunna i sin tur hänföras till klasser, där brotthållfastheten lagts till grund. Se nedanstående tabell!

Man har vid denna klassificering lagt minimivärdet för stålets brotthållfasthet som grund för beteckningen. Den lägsta stålklassen är den, som benämnts ST-00. För denna klass har ej uppställts några fordringar alls på brotthållfastheten. Det vanligaste byggnads- och konstruktionsstålet är det, som man givit beteckningen ST-37. För detta stål gäller, att det skall ha en minsta brotthållfasthet av 37 kg/mm^2.

För ST-34 är kolhalten ca 0,1 %. Kolhalten för ST-37 är lägre än 0,15 % och för ST-44 lägre än 0,20 %. ST-48 och ST-52 äro låglegerade stål. Legeringsämnena ha införts i dessa stål för att de skola erhålla en relativt hög brotthållfasthet, utan att man för den skull behöver ge dem en kolhalt, som överstiger den för ST-44 angivna 0,20 %.

Beträffande stålens svetsbarhet förhåller det sig så, att de kolfattigare stålen äro minst känsliga för den värmebehandling, som svetsningen innebär. För kolrikare stål är det för uppnående av goda hållfasthetsegenskaper av vikt att tillämpa moderna svetsmetoder, vilka kännetecknas av en strävan att avkorta den tid, varunder stålet befinner sig vid högre temperaturer, då som bekant kornförstoring inträder och motsvarande minskning av tänjbarhet och slagseghet blir följden. I regel böra kolrikare stål underkastas normaliserande glödgning efter svetsningen. Denna normaliserande glödgning kan vid många svetsarbeten utföras med hjälp av svetslågan.

Stålklass beteckning	Brottgräns kg/mm^2	Svetstråd beteckning
St—00	—	O—34
St—30	30—35	O—34
St—34	34—42	O—37, H—44
St—37	37—45	H—44
St—44	44—52	H—44, H—48
St—48	48—56	H—48, H—52
St—52	52—60	H—52
St—60	60—70	H—68

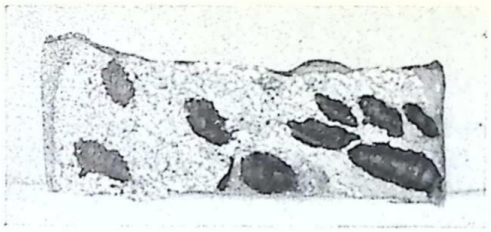


Fig. 107. Olämplig svetstråd ger porig svets.

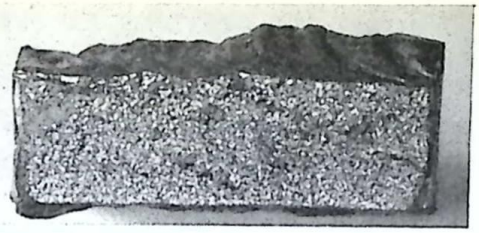


Fig. 108. God svetstråd ger porfritt svetsgods.

Tillsatsmaterial.

Då gassvetsning först infördes, användes vad för slags järntråd som helst som tillsatsmaterial. Omkring 1910 började man emellertid allmänt använda kolfattigaste lancashiretråd. Den gav sega, tänjbara svetsar, som dock hade låg brotthållfasthet. En billigare svetstråd av otätat martinstål med ungefär samma analys som lancashiretråden började efter hand utränga denna, och ännu i dag användes dylik mycket allmänt under benämningen »prima, glödgad, mjuk svetstråd». Svetsning med tråd av denna kvalité ger emellertid ej högklassiga svetsar av följande orsaker.

Då svetslågan värmer grundmaterialet och svetstråden till smältning, beläggas båda med glödskal eller järnoxid. Den bildade oxiden löses i smältbadet och förenar sig där med kolet till koloxid, vilken gas med så stor häftighet ger sig iväg från smältbadet, att små partiklar av smält järn medföljа. Man säger att tråden gnistrar. Det är emellertid icke all koloxid som bortgår. En del stannar och ger i stelningsögonblicket upphov till blåsor i svetsen; blåsor som givetvis nedsätta svetsens hållfasthet och vid belastning kunna förorsaka brott. Genom att kolet färskas bort nedsättes vidare svetsgodsets brotthållfasthet, som ju är beroende av kolhalten. För att minska gnistbildningen och tendensen till porbildning måste man — om svetstråd av denna sort användes — välja material med så låg kolhalt som möjligt. Denna bör ej gärna vara över 0,06 %, varav i allmänhet ej mer än 0,02 % återstår i svetsen. Med denna låga kolhalt kan man ej räkna på svetsar med högre brotthållfasthet än 30—34 kg/mm². Detta betyder, att blott stålkvaliteten ST-30 och möjl. ST-34 (enklaste handelsjärn) kan svetsas fullvärdigt.

För svetsning av högklassigare stål måste bättre tillsatsmaterial användas. Numera finnas högvärdiga svetstrådar, som ge ett svetsgods, vars hållfasthetsegenskaper med god marginal uppfylla minimifordringarna för respektive stålklass. Dylika svetstrådar bruka erhålla en beteckning H (= Högklassig) åtföljd av en siffra, som anger svetsgodsets minimibrotthållfasthet. Se tabell på föregående sida! Svetstråd märkt O (= Ordinär kvalitet) avser kvaliteter, som ej äro underkastade leveranskontroll beträffande hållfasthetsegenskaperna.

Normer för provning av svetstråd.

Svetskommissionen har för tillsatsmaterial utarbetat normer avsedda att tjäna som ledning för enhetlig bedömning av svetstråd. Dessa normer gälla för svetstråd avsedd för stål tillhörande klasserna St-30, St-34, St-37, St-44, St-48 och St-52. Enligt dessa normer skall en fullständig provning av svetstråd utföras, innan leverantören distribuerar tråden. De prov, som skola utföras, omfatta dels svetsbarhetsprov och dels hållfasthetsprov.

Svetsbarhetsproven avse, att under svetsning utröna svetstrådens flytbarhet, tendens till porbildning och gnistring.

För att trådens *flytbarhetsegenskaper* skola anses goda, fordras att den kan betecknas som »lättfluten», d.v.s. smältan skall vid motsvetsning med normal öppning i roten ge en jämn och lagom hög råge på svetsens rotsida.

Provet för undersökning av svetstrådens *tendens till gnistring* skall utföras dels under själva provsvetsningen och dels genom smältning av enbart svetstråden. I senare fallet sker smältningen med en i storlek mot svetstrådens diameter svarande, normalt inställd svetslåga. Härvid införes och nedsmältes tråden i lågans reducerande zon och får ej komma i beröring med kärnlågan eller med grundmaterialet. Svetstråden betecknas med hänsyn till sin gnistring som »gnistfri», »svagt gnistrande» eller »starkt gnistrande».

Endast svetstråd, vars smälta del efter provet visar en glatt metallisk yta utan porer, och som är »gnistfri» eller »svagt gnistrande» bör godkännas.

Vid motsvetsning med stillastående låga och puddelrörelser med svetstråden betecknas *tendensen till porbildning* såsom: »Ingen tendens till porbildning» eller »Tendens till porbildning». Endast sådan svetstråd, som kan betecknas med »Ingen tendens till porbildning» bör godkännas.

Hållfasthetsproven avse att påvisa egenskaperna hos det svetsgods, som tråden giver i det grundmaterial, för vilket den är avsedd. Dragprov på borrad plattborrstav och slagprov på stavar tagna tvärs svetsen utföras.

Sedan tråden provats och godkänts, skall den förses med en instämpling, som anger dels vem som är leverantör av tråden och dels för vilken stålklass den är avsedd, t.ex. H-44 för en tråd, som godkänts för svetsning av stål St-44, H-52 för en tråd godkänd för svetsning av St-52 etc.

För påsvetsning, d.v.s. då man medelst svetsning ersätter förslitet gods, kan man svetsa med samma trådar som vid skarvsvetsning. Önskar man erhålla hög slithållfasthet på det påsvetsade skiktet, bör man använda särskilda påsvetstrådar. Påsvetstrådarna äro i motsats till skarvsvetstrådarna ej klassificerade efter brotthållfastheten utan efter den hårdhet, som det pålagda stålet erhåller. Så t.ex. avser beteckningen P-250 en tråd, som garanteras giva en minimihårdhet av 250° Brinell, en tråd P-350 ger en minsta hårdhet av 350° Brinell o.s.v. Om påsvetstrådar se vidare sid. 152!

Svetsning av härdbara kolstål och vissa låglegerade stål.

Vid svetsning av stål med hög kolhalt och legerade stål uppstå svårigheter av metallurgisk natur, vilka ej förefinnas vid kolfattiga eller olegerade stål.

Den största svårigheten vid svetsning av stål med hög kolhalt eller legerade stål ligger däri, att deras struktur och fysikaliska egenskaper äro i hög grad beroende av den hastighet, varmed de avkylas. I ett olegerat, kolfattigt stål påverkas visserligen strukturen vid svetsning, men det förändras ganska litet i seghet och hållfasthet.

Som tidigare omnämnts, kommer ett stål, som avkyles mycket hastigt att taga härdning, d.v.s. i stålet uppkommer en strukturform, som kännetecknas av stor hårdhet men även av en viss sprödhet. Då dylik härdstruktur bildas, strävar materialet att kraftigt utvidga sin volym, men denna volymökning undertryckes, enär denna omvandling sker vid så låga temperaturer, att stålet ej är glödande. Därför uppstå s.k. härdspänningar i stålet.

Härdstrukturens hårdhet är beroende på kolhalten. Först vid en kolhalt av 0,35 % äro stålen i högre grad härdbara. Filhård yta uppkommer å härdat kolstål, då kolhalten uppgår till eller överstiger 0,6 %.

På stål, som skola svetsas, ställes bl.a. även den fordran, att ingen eller endast ringa härdning får uppstå vid den efter svetsningen följande avkylningen. Vid svetsning äger värmeavgivning rum icke blott till omgivande luften utan även till de runt om svetsstället befintliga kalla metallmassorna. Ju snabbare värmebortledningen sker, desto större är risken för härdning.

Om den värmekvantitet, som tillföres arbetsstycket under svetsningen är stor, komma de svetsen omgivande delarna av grundmaterialet att uppvärmas relativt mycket. Skillnaden i temperatur mellan en punkt belägen på ett visst avstånd från svetsen och en punkt alldeles intill svetsen kommer därför att bli mindre i detta fall, än vad den blir, om svetsningen utföres så, att endast en liten värmemängd tillföres arbetsstycket under svetsningen. Tydligt är, att avkylningen av svetsstället kommer att ske betydligt

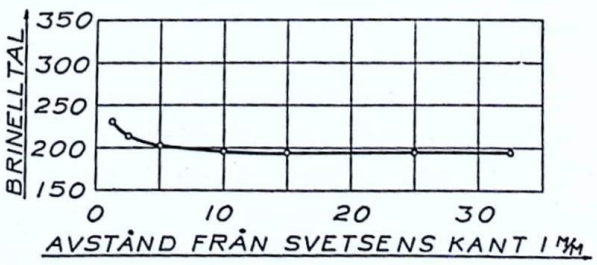


Fig. 109. Härdeffekt vid svetsning av stål med 0,50 % kolhalt.

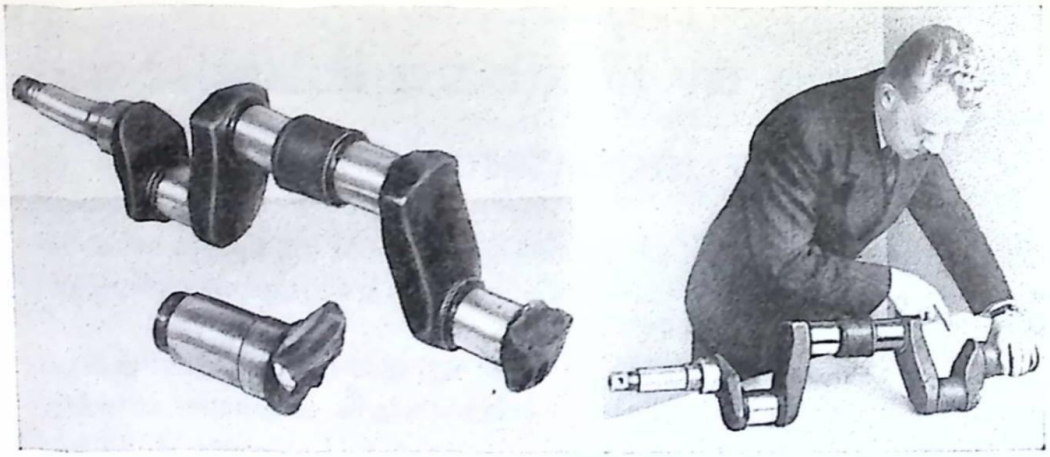


Fig. 110. Krom-nickellegerad vevaxel till traktor ger i svetsat och värmebehandlat tillstånd en hållfasthet av 110 kg/mm². Svetsen har god utmattningshållfasthet.

hastigare, då värmezonens bredd är liten, än då den är stor. Då härdning uppstår, blir därför hårdhetsgraden och härddjupet större vid liten och mindre vid stor glödgzon, eftersom härdeffekten är större ju snabbare avkylningen av svetsstället sker.

Som ett exempel på den ringa härdeffekt, som uppstår vid gassvetsning av härdbara stål, visas diagrammet i fig. 109, som anger hårdhetens variation på olika avstånd från svetsens kant. Detta diagram har erhållits som resultat av en undersökning av en oglödgad gassvets, utförd på 10 mm plåt med 0,50 % kolhalt.

I detta sammanhang kan nämnas, att för vissa legerade stål, t.ex. det inom flygplansindustrien vanligen använda krom-molybdenstålet, är härdningseffekten mindre än för ett kolstål med samma hårdhet och hållfasthet. Detta är en bidragande orsak till att krom-molybden-stålet kommit till så stor användning just inom nämnda område. Vid flygplanskonstruktioner utsättas nämligen de svetsade detaljerna för utmattningspåkänningar och eftersom en skarp övergång i hållfasthet och hårdhet mellan svets- och grundmaterial verkar som en brottanvisning, är det av vikt att undvika dylika skarpa övergångar.

Vid vissa typer av legerade stål, som ta härdning redan vid fri svalning i luft, s.k. lufthärdande stål, är t.o.m. den vid gassvetsning erhållna värmezonens bredd för liten för att förhindra uppkomsten av härdsprickor. Det är emellertid möjligt att svetsa dylika stål under lokal- eller heluppvärmning av arbetsstycket, varefter detta får svalna långsamt, skyddat för tillträde av kall luft t.ex. därigenom att det varma föremålet nedbäddas i kiselgur eller något annat värmeisolerande material.

Svetsning av gjutjärn.

Gjutjärnets sammansättning och egenskaper.

Den största skillnaden i kemiskt hänseende mellan gjutjärn och smidbart järn eller stål är, att smidesjärn eller stål innehåller högst 1,5 % kol, under det att gjutjärn innehåller mellan 2,5 och 4 %. I smidesjärn och stål är kolet kemiskt förenat med järnet i form av järnkarbid. Med hänsyn till det sätt varpå kolet förekommer i gjutjärn, skiljer man mellan två olika typer av gjutjärn, nämligen *vitt gjutjärn,* i vilket kolet på samma sätt som i stål är kemiskt förenat med järnet till järnkarbid, och *grått gjutjärn,* i vilket kolet till stor del förekommer i fritt tillstånd såsom små grafitfjäll (samma material som blyerts i blyertspennor). Dessa små grafitfjäll äro blandade med järnkornen.

Benämningen vitt respektive grått gjutjärn kommer av färgen på brottytan på de olika kvaliteterna. Huruvida ett gjutgods vid gjutning kommer att bli grått eller vitt, beror dels på halten av legeringsämnen och dels på den hastighet, varmed gjutjärnet stelnar och svalnar. Vid snabb avkylning hinner kolet ej att falla ut i form av grafit utan förblir i kemisk förening med järnet, varför man får vitt gjutjärn. Om gjutgodset får svalna långsamt, utfaller kolet i form av grafit och man får då grått gjutjärn.

Vitt gjutjärn är sprödare än grått och hårdheten är så hög, att det ej kan bearbetas med skärande verktyg. Det beror på att kol i kemisk förening med järn i form av järnkarbid är en hård beståndsdel. Grått gjutjärn, i vilket kolet förekommer fritt i form av grafit, är segare och lätt att bearbeta. Det är därför viktigt, att kolet bibehålles i fritt tillstånd vid svetsningen, om svetsen skall bearbetas efteråt.

Legeringsämnens inverkan.

Kol ingår i gjutjärn i halter på 3—4 %. I smält tillstånd innehåller järnet allt kol i lösning. Om vid stelnandet allt kol stannar i lösning med järnet (i form av järnkarbid) får man det hårda, spröda, vita gjutjärnet. Om kol utfaller i form av grafit vid avsvalnandet, erhålles det mjukare gråa gjutjärnet. Ju mera kol som utfaller i form av grafit, desto mjukare och mera lättbearbetat är det.

Kisel, som förekommer i kvantiteter 1—3 %, påskyndar under järnets avsvalning kolets utfällande i form av grafit och bidrager därför indirekt till att ge ett mjukt gods. Kokpunkten hos kisel ligger relativt lågt, varför

det delvis förgasas under svetslågans inverkan. Den förlorade kiselhalten måste ersättas, så att ej utfällandet av grafit inskränkes. För den skull bör tillsatsmaterialet ha hög halt av kisel.

Mangan ingår i halter 0,5—1 %. Mangan har motsatt verkan mot kisel, d.v.s. det förhindrar kolets utfällande i form av grafit, varför det gör gjutjärnet hårt. Enär mangan med begärlighet förenar sig med svavel och bildar mangansulfid (Mn S), kommer det att verka »svavelrenande». Stelnar smältan långsamt, som fallet är vid gassvetsning, stiger mangansulfiden på grund av sin i förhållande till järnsmältan mindre specifika vikt upp till smältbadets yta.

Svavel förekommer som förorening i allt gjutjärn. Det gör järnet sprött och i högre halter poröst. I kvalitetsjärn bör svavelhalten ej ligga över 0,10 %.

Fosfor bildar med järn en fosfid, som på grund av sin sprödhet minskar järnets hållfasthet. Det ökar däremot dess lättflutenhet.

Tillsatsmaterial och flussmedel.

Det är av stor vikt att svetsa med ett tillsatsmaterial, som är rikt på kisel, så att svetsfogen härigenom tillföres ersättning för den genom förgasning och oxidering förlorade kiselkvantiteten. Dylikt tillsatsmaterial framställes speciellt för svetsningsändamål och föres i handeln under benämning *tillsatsmaterial för svetsning av gjutjärn.*

Vid anskaffandet av sådant tillsatsmaterial bör man företaga en undersökning av en provbit av detsamma. Först ser man efter om provet är fritt från rost och gjutsand. Därefter brytes provet på ett par ställen, varefter brottytan undersökes. Brottytan skall ha ett mörkgrått och tätt utseende. Är brottet ljusgrått, så är detta tecken på för låg kiselhalt och finner man porer och slagg, eller finnas glänsande korn i brottytan, tyder detta på att materialet ej är lämpligt för svetsningsändamål. Vidare nedsmälter man tillsatsstaven till en kaka, varvid kärnlågan får komma i direkt beröring med materialet. En del av kiselhalten förgasas då, och om kiselhalten varit för liten, kan svetsen endast med svårighet bearbetas med fil eller borr. Är materialet däremot lätt att fila och alltjämt grått i brottet, så är det lämpligt för sitt ändamål.

I flytande tillstånd överdrages gjutjärn med en oxidhinna, som förhindrar den metalliska föreningen mellan grundmaterial och tillsatsmaterial. Gjutjärnets smältpunkt är 1200°, under det att oxidens smältpunkt är 1350°. Eftersom oxiden har högre smältpunkt än metallen kan den ej reduceras av svetslågan, ty för denna reduktion fordras att oxiderna äro smälta. Man använder därför ett flussmedel, som förenar sig med oxiden

till en slagg med lägre smältpunkt. Dylikt svetspulver består av en blandning av karbonat, silikat, borax etc. Det tillföres fogen på så sätt att den uppvärmda svetsstaven doppas i pulvret, som därefter tillsammans med svetsstaven nedsmältes i svetsfogen. Ett betydligt bättre och bekvämare sätt att tillföra svetspulvret är emellertid att använda tillsatsmaterial, där svetspulvret är anbragt på själva svetsstaven. Härigenom undviker man upprepade avbrott i svetsarbetet och erhåller en jämnare avpassad tillförsel av flussmedel.

Svetsningens utförande.

Svetsningen bör utföras med en låga, som har litet acetylenöverskott. Man får ej låta kärnlågan komma i beröring med smältbadet utan för dess spets på ett avstånd av c:a 5—10 mm. Härigenom undviker man förgasning av kiseln. För klenare godstjocklekar (upp till 6 mm) föres låga och tråd enligt frånsvetsmetoden, men i godstjocklekar över 6 mm kan även motsvetsmetoden användas. Enär det är av betydelse, att svetsen kommer att bli uppbyggd av kiselrikt material, är det ej ens i tunnare godstjocklekar lämpligt att använda ofasad fog, enär svetsen i så fall blir uppblandad med allt för mycket grundmaterial.

Om svetsningen utföres utan förvärmning, bör man före svetsningen upprepade gånger svepa fram och tillbaka längs fogkanterna med svetslågan. Först sedan värmen fått tid på sig att fördela sig någorlunda jämnt utefter fogytorna, riktas lågan mot början av fogen. När fogkanterna bringats till smältning, föres svetsstaven, sedan den doppats i svetspulver, ned i smältbadet och avsmältes där genom att man låter lågan spela runt omkring den. Vid behov doppas staven ånyo i pulver, som på detta sätt tillföres smältbadet undan för undan.

En del av kolet och kiseln förgasas under svetsningen och stiger i form av gasblåsor upp i smältbadet. Om den smälta metallen stelnar för hastigt, så hinna gaserna ej upp till ytan, varför man får porer i svetsen. Man bör därför tillse, att smältbadet lugnt får röra sig framåt i svetsriktningen, så att stelnandet fortgår successivt och med jämn hastighet längs svetsen. Vidare bör svetstråden hållas i ständig rörelse i smältbadets tvärriktning. Genom denna puddelrörelse blir det lättare för gasblåsorna att stiga upp till ytan.

Gjutjärn har ej det plastiska och degiga övergångstillstånd mellan fast och flytande form som smidesjärn, utan övergången till smält tillstånd sker plötsligt. Dessutom är smält gjutjärn mycket lättflytande, vilket gör, att det är svårare att svetsa vertikal- eller underuppsvets. Eftersom gjutjärnssvetsar helst utföras som horisontalsvetsar, kan det därför bli nödvändigt att vända arbetsstycket under pågående svetsarbete.

Om s.k. »gjutmästarboställen» d.v.s. gropar med sand och slagginneslutningar förekomma, måste dessa skrapas eller smältas bort, innan svetsningen sker. Dylika främmande kroppar observeras lätt i smältbadet, enär de lysa starkt, då de upphettas.

Ibland träffar man på gjutgods, som det ej är möjligt att svetsa. Så är fallet med förbränt gods, d.v.s. gods, som under längre tid varit utsatt för hög temperatur eller öppen eld, såsom delar till värmepannor, ugnar o.d. I dylikt gods har en stor del av kol- och kiselhalten försvunnit till följd av en långsamt fortgående oxidation. Kiseln har därvid bildat kiselsyra ($Si O_2$). Dylikt förbränt gjutjärn är omöjligt att smälta med svetslågan, det brister i stället sönder som torrt kitt.

Svetsens hårdhet.

Ofta hör man klagomål över att en gjutjärnssvets är hård och ej kan bearbetas med skärande verktyg. Orsaken till för stor hårdhet i svetsen äro två: För snabb avkylning av svetsstället eller minskning av kol- och kiselhalten till följd av oxidation.

Om svetsningen utföres med en svetsmetod som ger en smal värmezon, som fallet är vid bågsvetsning, stelnar och svalnar svetsen snabbt på grund av att värme ledes in i de intill svetsen gränsande kalla metallmassorna. Även om svetsningen utföres med stål- eller monelelektrod för att svetsen skall bli mjuk, erhålles en hård zon bredvid svetsen. Vid gassvetsning har man en bred värmezon och svetsen svalnar därför långsamt. Detta gör, att man vid gassvetsning erhåller mjuka svetsar. Om svetsen är belägen på ett tunt utskjutande parti av ett grövre gods, kan dock värmebortledningen även vid gassvetsning bli så stor, att svetsen blir för hård. I dylika fall bör man förvärma partierna omkring svetsen samt efter svetsningen bädda ner arbetsstycket i ett värmeisolerande material, så att svetsen får svalna långsamt.

Ibland förekommer det att man erhåller små hårda knaster i svetsen, under det att svetsen i övrigt är mjuk och lättbearbetad. Dessa hårda punkter uppträda i övergångszonen mellan svets och grundmaterial och kunna uppstå om grundmaterialet har ojämn sammansättning, så att kiselhalten på vissa punkter är för låg, varför grafiturskiljningen här blir för liten. Hårda partier i svetsen kunna emellertid även uppkomma därigenom att oxider inneslutas och icke föras upp till ytan.

En annan orsak till uppkomsten av hårda svetsar kan vara, att den i smältbadet förekommande kiseln reducerar järnoxiden, varigenom en minskning av smältans halt av kisel uppstår. Detta verkar i sin tur hämmande på grafiturskiljningen, så att den stelnande svetsen blir hård. För

att motverka denna effekt brukar man utföra svetsningen med ett tydligt överskott på acetylen, eftersom närvaron av fritt kol i svetslågan hjälper kiseln att reducera järnoxiden och därför förhindrar för stark avbränning av kisel.

Undvikande av krympspänningar.

I de flesta gjutjärnsföremål finnas spänningar, som uppstått, då föremålets delar avkylts olika hastigt vid gjutningen. Den ojämna avsvalningshastigheten beror på föremålets varierande godstjocklek. Dylika gjutspänningar uppträda i övergångsställen mellan mindre och större massa. Förutom dessa gjutspänningar kunna nya spänningar uppstå vid svetsningen och ibland bli så stora, att brott uppstår i eller bredvid svetsen. Att risken för brott är stor vid svetsning av gjutjärn beror på att gjutjärn i motsats till stål har mycket liten töjning. De uppträdande spänningarna utjämnas därför ej genom sträckning av materialet såsom vid svetsning av ståldetaljer.

Vid många gjutjärnsföremål är brottet så beläget, att svetsning kan ske utan risk för krympsprickor. Så är fallet, om svetsstället ligger på sådan plats, att en till följd av uppvärmning från svetslågan inträdande utvidgning av materialet bredvid fogen kan ske utan motstånd från angränsande material. Om fogen däremot är så belägen, att de delar av arbetsstycket, som skola hopsvetsas, ej kunna förskjuta sig, då de uppvärmas eller avkylas, uppstå spänningar. För att i dylika fall förhindra eller i varje fall minska uppstående krympspänningar kan man tillföra hjälpvärme på i huvudsak två sätt, nämligen dels genom lokaluppvärmning och dels genom heluppvärmning.

Svetsning utan förvärmning.

Om på en hävarm av i fig. 111 angivet utseende brott inträffat vid *a* eller *b*, så kan detta svetsas utan förvärmning. Arbetsstyckets båda delar kunna ju förskjutas fritt, varför några spänningar ej uppstå. Under svetsningen bör man tillse, att hela svetsen hålles genomvarm, så att den får tillfälle att svalna och krympa likformigt över hela tvärsnittet på en gång.

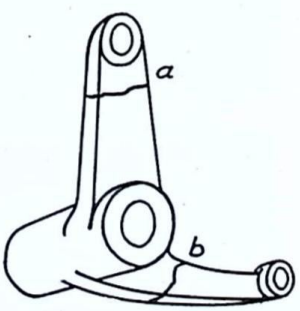


Fig. 111. Hävarm.

Svetsning under lokaluppvärmning.

Antag, att man på en ram av i fig. 112 angivet utseende fått ett brott vid *a*. Om man mejslar upp och svetsar ihop brottstället, så kommer svetsen närliggande partier på ramen att krympa. Motstånd mot denna krympning utövas emellertid av det vid *b* belägna grova rambenet. Detta

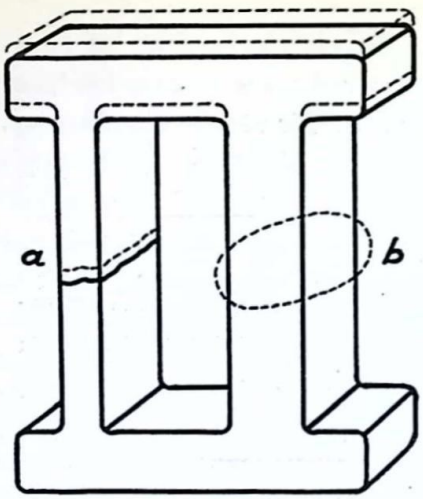


Fig. 112. Gjutjärnsram.

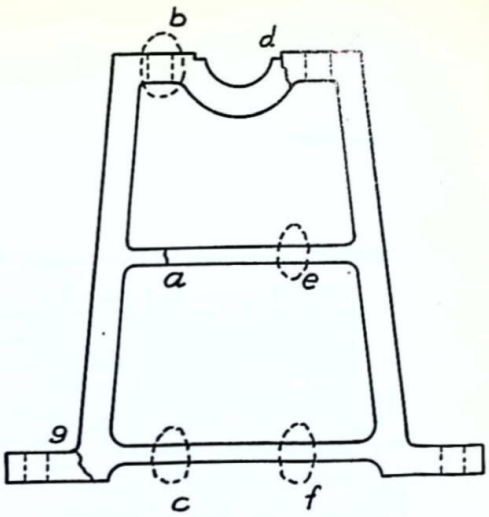


Fig. 113. Lagerbock.

motstånd är kanske så stort och ramens fjädringsförmåga så liten, att nytt brott uppstår bredvid svetsen under krympningen. För att förebygga detta bör man, innan svetsningen påbörjas, värma det mitt emot brottstället *a* belägna partiet *b* på motsatta rambenet. Partiet *b* kommer då att förlänga sig och brottstället vid *a* öppnar sig. Hela ramen förlänger sig, så som den streckade linjen vid *a* anger. Man håller sedan partiet *b* uppvärmt under svetsningen och låter det svalna, först sedan svetsen vid *a* färdigställts. Vid avsvalningen krymper rambenen vid *a* och *b* samtidigt, varför inga spänningar uppstå.

Som generell regel gäller, att i de fall att lokaluppvärmning företages för att förebygga spänningar, så skall denna uppvärmning företagas utefter punkter vilka ligga längs en linje, som utgör förlängning i båda riktningar av svetsfogen. Om man därför på en lagerbock av i fig. 113 angivet utseende skall reparera ett brott vid *a*, så bör lokal uppvärmning av arbetsstycket företagas vid *b* och *c* för att man skall få brottstället att öppna sig. Om brottet är beläget vid *d* förvärmes *e* och *f*. Om man tillämpar nyssnämnda regel för brottet vid *g*, så konstateras, att ingen förvärmning behöver företagas, eftersom en linje genom svetsfogen ej träffar arbetsstycket på någon annan punkt.

Den temperatur, till vilken arbetsstycket bör värmas, växlar allt efter föremålets mer eller mindre komplicerade utseende från rödvärme ned till brunvärme eller ännu lägre. Enklast är, att för uppvärmningen använda svetsbrännare eller bunsenbrännare. På grund av lättsköttheten är detta att rekommendera för arbetsstycken av måttliga dimensioner. För grova pjäser, där stora värmekvantiteter erfordras och gaskostnaden skulle bli betydande, kan det vara lämpligare att bygga omkring uppvärmningsplatsen med en kolfyr. Se fig. 114.

Svetsning under heluppvärmning.

Om arbetsstycket är av komplicerad form, så att det ej är möjligt att medelst lokaluppvärmning reglera krympningen, måste hela arbetsstycket uppvärmas till rödvärme, innan svetsningen utföres. Denna förvärmning utföres i särskilda ugnar, som eldas med gas, olja eller elektricitet. Arbetsstycket får ej stoppas in i ugnen, sedan denna eldats upp till full temperatur, utan det får följa med ugnen upp i temperatur långsamt, så att tjockare partier i arbetsstycket uppvärmas samtidigt med tunnare, utskjutande delar.



Fig. 114. Svetsning under lokaluppvärmning i kolfyr.



Fig. 115 a. Svetsning under heluppvärmning i fyr.



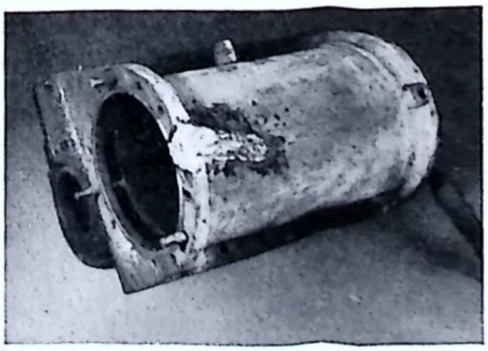


Fig. 115 b. Ångmaskinscylinder svetsad i kolfyr.

Om man ej har tillgång till någon speciell ugn, kan föremålet placeras på en ässja, där det inbäddas i ett lager av träkol, som omges av en mur av eldfast tegel. Under uppvärmningen får emellertid blästerluft ej tillföras, enär upphettningen då kan bli för stark på vissa delar. Den för träkolens förbränning erforderliga luften tillföres runt om mellan tegelstenarna, som läggas så, att erforderliga draghål uppstå. Om man ej har tillgång till ässja, kan man göra en provisorisk eldstad av en mur av tegel, som bygges omkring det på marken placerade föremålet. Efter förvärmning till rödvärme avtäckes endast den del, där brottet är beläget och svetsningen utföres medan den övriga delen av arbetsstycket förblir liggande i ugnen. Efter svetsningen efterfylles med träkol och höjes temperaturen, så att jämn rödvärme erhålles, varefter det hela täckes och alla draghål tätas så att avsvalnandet kan försiggå långsamt.

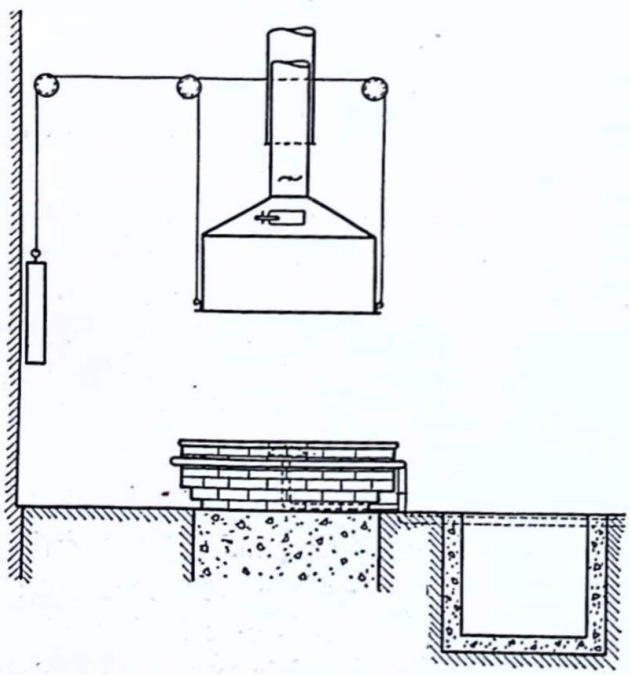


Fig. 116. Ugn för heluppvärmning under svetsning.

I fig. 116 visas en fast anläggning för uppvärmning av gjutgodsföremål. På en betongplatta bygges en vanlig smidesässja. Över ässjan upphänges i linor en med asbest isolerad plåtkåpa, vars vikt utbalanseras med motvikter. Kåpan förses med inspektionslucka och spjäll och avslutas upptill av en plåtskorsten, som är förskjutbar inuti ett fast skorstensrör. Arbetsstycket placeras på ässjan och omgives av en av lösa tegelstenar uppbyggd mur. Träkol fylles på. och antändes, varefter kåpan hissas ned. Upphettningen fortgår, tills arbetsstycket är rödvarmt. Då det svetsats och efterglödgats, sänkes det ned i en i golvet bredvid ässjan murad isoleringsgrop, där det täckes med något värmeisolerande ämne såsom aska eller kiselgur. Isoleringsgropen täckes med kraftiga durkplåtar, som kunna tjänstgöra som golv, varigenom gropen ej stjäl något extra verkstadsutrymme.

Dessutom användas gas-, olje- eller elektriska ugnar. De äro lättskötta och ge noggrann temperaturreglering. Nackdelen är, att arbetsstycket får tagas ur ugnen under svetsningen och åter flyttas in, då det svalnat till för låg temperatur, för att ånyo tas ut för svetsning o.s.v.

Svetsning av aducergods.

Vid upphettning av *vitt* gjutjärn till 800 à 900° tillsammans med ett syreavgivande pulver, t.ex. vals- eller hammarslagg, undergår gjutjärnet så småningom en omvandling, som kallas aducering. Först kommer gjutjärnets järnkarbid att sönderdelas till fritt kol *(temperkol)* och järn och därefter kommer det frigjorda temperkolet att tillsammans med syre från inpackningsmaterialet att bilda koloxid, som bortgår i gasform.

Bedrives aduceringen lång tid och vid relativt hög temperatur, bortgår allt kol och man erhåller ett gods med ljus brottyta, *vitt aducergods*. Sker aduceringen vid lägre temperatur och under kortare tid, erhålles ett gods, vari större delen av kolet finnes kvar, utfällt som temperkol. Dylikt aducergods har mörk brottyta, *svart aducergods*. Ett mellanting mellan dessa två är det s.k. *svartkärngodset,* i vilket ytskiktet avkolats såsom i vitt aducergods, under det att kärnan har samma karaktär som svart aducergods.

Aducergods har hög brotthållfasthet, är segt och lättbearbetat samt låter sig i viss mån formförändras. Genom gjutning och efterföljande aducering kunna många maskindelar framställas till lägre kostnad än genom smidning och vidare kunna sådana delar framställas, som det är omöjligt att smida, såsom rörformstycken och liknande.

Aducergodsets svetsning.

Det fullkomligt avkolade vita aducergodset, som tillverkas i materialtjocklekar upp till 6 mm, kan svetsas med vanlig kvalitetstråd för mjukt stål som tillsatsmaterial. Detta aducergods har nämligen samma karaktär som mjukt stål. Aducerade rörformstycken ha sällan denna karaktär utan ha ofta svart kärna, men till undantagen höra »Sius» formstycken, fig. 117, som äro helt avkolade och därför lättsvetsade med tillsatsmaterial av

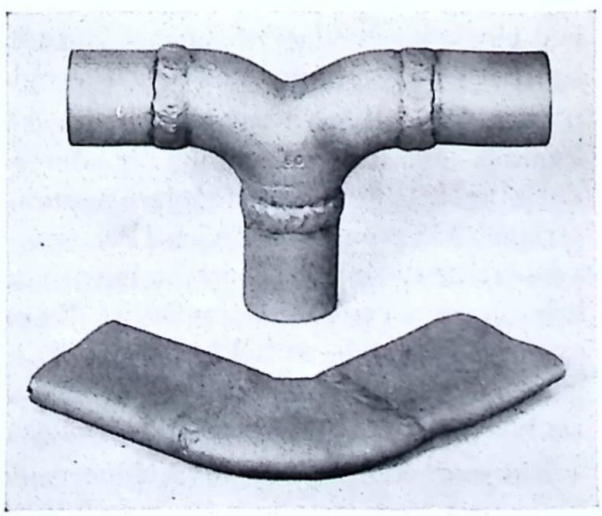


Fig. 117. Rördel av vitt aducergods svetsad med kolstål bibehåller sin seghet.

kolstål. De äro försedda med styrdubbar, som centrera det rör, som skall anslutas genom svetsning.

Svart aducergods kan däremot ej svetsas med tillsatsmaterial av kolstål. Dylik svetsning förutsätter nämligen en temperatur hos smältbadet av 1450°. Redan vid en temperatur över 720° börjar emellertid temperkolet att åter gå i lösning i järnet. Då sedan svetsen och de delar av grundmaterialet, som uppvärmts över omvandlingstemperaturen, svalna relativt snabbt, avskiljes kolet som järnkarbid, varvid ett sprött material erhålles. Ett återställande av de ursprungliga hållfasthetsegenskaperna kan sedan endast ske genom förnyad aducering.

I en del fall svetsar man svart aducergods eller svartkärngods med gjutjärn som tillsatsmaterial. Härvid får svetsen gjutjärnskaraktär, varför denna metod ej bör användas vid större fordringar på svetsens hållfasthet.

Svetslödning av aducergods.

Vid svetslödning uppvärmas fogytorna endast till samma temperatur som lodets smältpunkt. Följaktligen tillföres avsevärt mindre mängd värme till arbetsstycket vid svetslödning än vid svetsning. Väljes ett lod med tillräckligt låg smältpunkt, kan svetslödningen utföras vid så låg temperatur, att inga inre omvandlingar av grundmaterialet behöver befaras.

De lod, som användas, utgöras av s.k. svetsbronser, en legering av koppar, zink och tenn och en del andra metaller, varmed bindningshållfastheter på 30—35 kg/mm² kan uppnås. Paljelod, en med 22 % silver legerad specialmässing, som har mycket låg smältpunkt, ger också svetsar med god bindningshållfasthet, men sådant tillsatsmaterial ställer sig naturligtvis dyrbart. Svetslödning med nickellegerade bronser ger bästa resultaten.

Monelmetall är en naturlegering med 70 % nickel och 30 % koppar och kommer till stor användning för aducergodssvetsning. Om man använder detta tillsatsmaterial får svetsen nästan exakt samma färg som grundmaterialet. På grund av att nickel och koppar legera sig med varandra i vilka proportioner som helst och stelningsintervallet är litet, ha nickel-kopparlegeringarna goda svetsegenskaper. En svets utförd med monelmetall har i svart aducergods en hållfasthet av 30 kg/mm² och när det gäller grövre gods, kan man genom att i samband med en diskontinuerlig svetsning puddla varje skikt nedsmält material öka hållfastheten till 40 kg/mm².

Vid svetslödning av grövre aducergods och speciellt arbetsstycken med komplicerad form eller ojämn godsfördelning, förvärmes arbetsstycket i träkolsfyr eller med bunsenbrännare. Efter svetsningen isoleras arbetsstycket väl, så att en jämn och spänningsfri avsvalning erhålles.

Svetsning av rostfritt stål.

Rostfritt stål är ett legerat material, som har egenskapen att vara beständigt mot rost. Denna rostbeständighet är beroende ej endast av legeringens art och materialets struktur utan även av ytans beskaffenhet. Så äro t.ex. polerade ytor av materialet mera beständiga än en rå yta. Av för svetsning lämpliga stål särskiljas två huvudtyper nämligen

a) magnetiska (ferritiska) stål, som huvudsakligen äro legerade med krom. Dessa stål äro härdbara.

b) omagnetiska (austenitiska) stål, som förutom krom även innehålla en hög halt av nickel. Dessa stål äro icke härdbara.

Av dessa stål har det sistnämnda i regel större svetsbarhet än det förra. Vid krom-nickellegeringarna bör vid större krav på rostbeständighet hela arbetsstycket efter svetsningen uppvärmas till en temperatur av 1100—1200° C och därefter hastigt avkylas i vatten eller luft, enär eljest materialet i två smala zoner å ömse sidor av fogen, där temperaturen överskridit 800° C, erhåller en något förminskad motståndskraft mot rost. Materialets struktur blir vid denna glödgning med efterföljande hastiga avkylning alltigenom homogen och finkornig. Vid kromlegeringarna bör åtminstone själva svetsområdet utlöpas till ca 800° C, eventuellt redan under svetsningens fortgång, för undvikande av sprickbildningar genom lufthärdning.

Den vid svetsningen bildade oxidhinnan omkring svetsfogen borttages genom betning eller slipning och polering. Betning företages lämpligast i 10 %-ig svavelsyra vid en temperatur av 80—90°. Varmbetning underlättas och påskyndas om fogen samtidigt gnides med en trasa eller dylikt. Föremålen få en vitare och mera motståndskraftig yta, om de efter betningen nedsänkas i ett bad av 5 %-ig salpetersyra. Slutligen sköljes föremålet i vatten.

Rostfritt stål har betydligt större värmeutvidgningskoefficient än vanligt järn, varför förkastningarna vid svetsning kunna bliva större än vid vanlig järnplåt, om icke särskilda fixturer användas, som förhindra förkastningar.

Vid svetsningen användes en anordning, som dels har till uppgift att hålla de plåtar, som skola sammansvetsas, i sitt rätta läge, dels att fördela värmespänningarna samt att hålla undersidan av svetsfogen fri från lufttillträde.

Fig. 118 visar en anordning, som användes vid mindre arbeten. Den består av en vinkelböjd plåt med avfräst hörn och två plattjärn, som spännas mot de plåtar, som skola svetsas. Under svetsningen samlas reducerande gaser från lågan under svetsens rot och skyddar denna mot oxidering. Fig. 119 visar en anordning, avsedd för större arbeten och består av två U-bal-

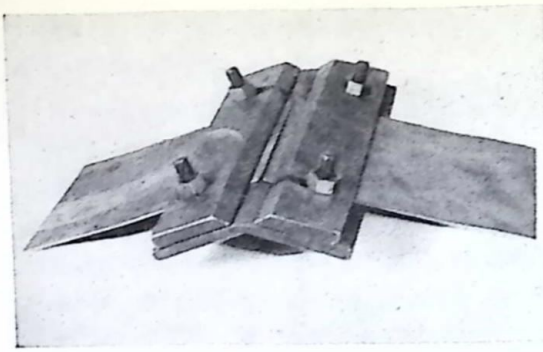


Fig. 118. Fixtur för rostfritt.

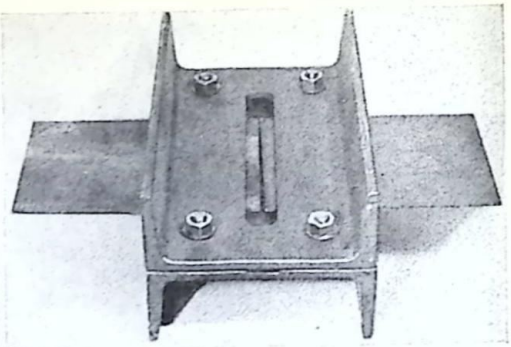


Fig. 119. Fixtur för rostfritt.

kar av för ändamålet lämpad längd, den ena med helt urfräst spår och den andra med en ränna av 1½ mm djup och ca 15 mm bredd. Plåtarna insticks mellan de båda balkarna och fastspännas kraftigt. Fig. 120 visar en anordning för svetsning i vinkel och består av två vinkeljärn, det ena med avfräst hörn och det andra med något avfasat hörn, så att en ränna bildas för reducerande låggaser. Då någon av dessa anordningar ej kan komma till användning, kan man betjäna sig av de i fig. 58 och 59 visade verktygen.

För att kunna utföra en fullgod svets i rostfritt stål erfordras, att svetsaren förfogar över apparater, som ha förmåga att hålla stabil låga oberoende av temperaturväxlingarna i brännarmunstycket. Dessutom erfordras, att svetsaren behärskar en svetsteknik, som ger porfritt svetsgods, emedan rost gärna uppstår från ytporer.

Vid svetsning av plåt upp till 3 mm tjocklek tillämpas frånsvetsmetoden, medan motsvetsmetoden bör användas vid grövre tjocklekar. Fogen utformas därvid som en helfasad V-fog vid tjocklekar mellan 4 och 6 mm samt som delfasad V-fog över 6 mm. Fasvinkeln skall i båda fallen vara 25° och spaltbredderna väljas lika som vid svetsning av stål med motsvarande tjocklek. Svetslågan skall vara normal, och ett något mindre munstycke än vid svetsning av vanligt kolstål användes. Av vikt är, att lågan ej är kolande, enär en uppkolning av svetsen nedsätter dess rostbeständighet.

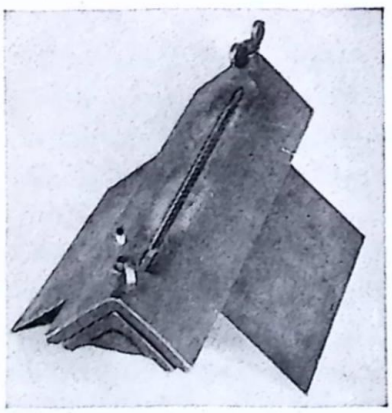


Fig. 120. Fixtur för rostfritt.

Som tillsatsmaterial bör användas dragen tråd av samma kvalitet som grundmaterialet. Det ofta praktiserade sättet att använda strimlor ur plåt som tillsatsmaterial rekommenderas ej, men *kan* användas då frånsvetsmetoden tillämpas, eftersom puddelrörelserna vid denna metod utföras med brännaren och ej med svetstråden, som fallet är vid motsvetsning.

Koppar och kopparlegeringar.

Koppar.

Koppar är en röd, starkt glänsande metall med en specifik vikt av 8,9 och en smältpunkt av 1085° C. Den är hård men på samma gång smidbar och sträckbar. I luft överdrages koppar med en tunn hinna av kopparoxid. Är luften fuktig överdrages den med en grön hinna av ärg (basiskt kopparkarbonat), som sedan skyddar kopparn från att ytterligare anfrätas. Koppar är god ledare för elektrisk ström, har stor längdutvidgning samt mer än 6 gånger så stor värmeledningsförmåga som järn. På grund av den stora värmeledningsförmågan uppnås den för svetsning erforderliga lokala smältningen, först sedan arbetsstycket absorberat stora värmemängder. Därför erfordras vid svetsning av koppar betydligt större munstycke än vid svetsning av stål av samma godstjocklek. Vid stora arbetsstycken bör man därför använda en extra svetsbrännare, som går före och värmer fogen.

Då koppar smältes under tillträde av luft, förenar sig luftens syre med det smälta materialet och bildar kopparoxidul. Det är därför av vikt att tillse, att svetslågans yttre flamma ständigt omger den smälta metallen och förhindrar luftens tillträde. Likaledes är det av betydelse, att lågan är normal, enär ett överskott på syrgas medför oxidation av den smälta metallen. Men även överskott på acetylen i lågan inverkar ogynnsamt på svetsförloppet. I en kolande låga finnes ju förutom fritt kol även ett överskott på väte. Detta väte diffunderar in i smältan och förenar sig med syrgasen i eventuellt förhandenvarande kopparoxidul till vattenånga, vars tryck förorsakar spänningar, som kunna medföra sprickor i svetsen. Denna egendomlighet brukar karakteriseras som »vätesprödhet».

Olika kopparkvaliteter.

Sammansättningen och renheten hos den för tekniskt bruk använda kopparn är beroende av den framställnings- och reningsmetod, som kommer till användning vid metallens framställning. Den ur kopparmalmer utvunna råkopparn innehåller en mängd föroreningar, som avlägsnas antingen genom smältningsprocesser eller genom utfällning på elektrisk väg, s.k. elektrolys. I förra fallet erhålles smältkoppar eller *raffinadkoppar* och i senare fallet *elektrolytkoppar*. Den sistnämnda, som är den renaste, håller högst 0,05 % föroreningar, under det att den smältraffinerade innehåller ända upp till 0,25 % föroreningar. Genom att borttaga syre ur elektrolyt- eller raffinadkoppar erhålles *desoxiderad* koppar.

Elektrolytkoppar och desoxiderad koppar kunna svetsas fullt tillfredsställande. Raffinadkoppar har däremot sämre svetsbarhet. Gammal koppar, som innehåller mycket kopparoxidul, är nästan omöjlig att svetsa, enär den alltid blir spröd vid sidan om svetsen. Innan man börjar en kopparsvetsning, bör man därför veta, vilken kvalitet man har att göra med. Om kopparn har hög oxidhalt, bör den ej svetsas utan svetslödas med brons. Även av andra orsaker kan det mången gång vara lämpligare att svetslöda än att svetsa koppar.

Svetsmetod.

Vid svetsning av kopparplåt med mindre än 2,5 mm godstjocklek användes en modifierad form av frånsvetsmetoden. Brännaren föres på vanligt sätt riktad från den färdiga svetssträngen. Svetstrådens lutning mot plåten är däremot större än normalt, vinkeln mellan svetstråd och plåt är endast 10 à 20°. Vid en i förhållande till plåttjocklek och spaltbredd lämpligt avpassad tråddiameter kan man, under det att svetslågan föres fram längs svetsfogen, så att säga endast lägga ned tråden i fogen framför lågan. Svetsningen går på detta sätt mycket snabbt och en jämn svetsråge erhålles.

Vid svetsning av grövre material tillämpas motsvetsmetoden. Svetsning av godstjocklekar över 8 mm i horisontalläge fordrar en speciell teknik. Till följd av smältans storlek och lättflutenhet vill den rinna igenom spalten. Svetsningen får därför utföras i två eller flera skikt, varvid man först lägger ett undre skikt om 50 mm längd, och innan detta hunnit kallna, svetsas det ovanpå liggande skiktet.

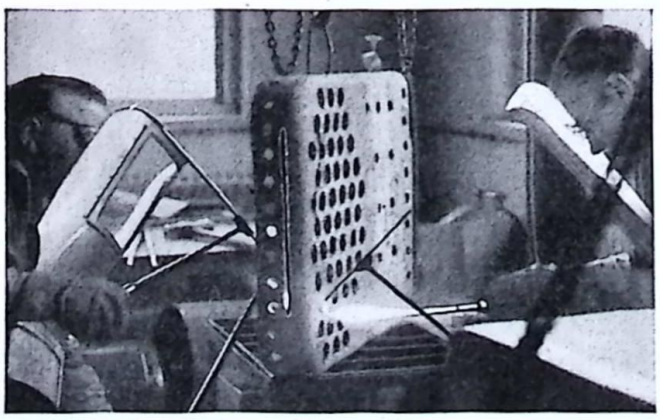


Fig. 121. Gavel till kopparfyrbox repareras med dubbelsidig vertikal frånsvetsning.

Om arbetsstycket är av sådan form, att dubbelsidig vertikal frånsvetsning enligt fig. 121 kan användas, är detta svetsläge att föredraga framför horisontalläge. Härvid är fogen ofasad i godstjocklekar upp till 12 mm under det att X-fog användes i större godstjocklekar.

Förädling av svetsen.

För att förbättra svetsgodsets hållfasthetsegenskaper samt delvis kompensera den vid svetsens avsvalning uppstående krympningen och därav följande spänningar hamras svetsen, medan den befinner sig i rödvärme 650—800°. Det är av vikt, att denna hamring ej utföres vid temperaturer mellan 250—600°, enär kopparn då är spröd, varför risken för sprickbildning är stor. Av denna anledning svetsas endast en längd av omkring 50 mm, varefter svetsen omedelbart hamras. Vid hamringen skall mothåll alltid placeras mitt under den punkt, där hammarslagen träffa svetsen. För att kompensera den förtunning, som svetsen undergår vid hamringen, är det nödvändigt, att svetsrågen göres tillräckligt hög.

Tillsatsmaterial och flussmedel.

Ehuru svetslågan äger reducerande egenskaper och man i vissa fall t.ex. vid svetsning av tunt material med låg oxidulhalt kan erhålla en god svets, om vanlig koppartråd av lämplig renhet användes som tillsatsmaterial, är det dock ofta nödvändigt att tillgripa ett tillsatsmaterial, som är legerat med något ämne, som har reducerande verkan, d.v.s. har förmåga att borttaga syret i den i smältbadet inneslutna oxiden. Vanlig elektrolytkoppar, som alltså är ren koppar utan legeringsämnen, är endast användbar som tillsatsmaterial vid svetsning av tunn plåt, där man har ett litet smältbad och svetsningen alltså går snabbt.

I fosfor har man ett mycket lämpligt reduceringsämne och de flesta specialtillsatsmaterial för kopparsvetsning äro också legerade med detta ämne. Vid reducering av kopparoxidulen med fosfor bildas fosforpentoxid P_2O_5, som är lättsmält och har liten specifik vikt, varför den lätt flyter upp till smältbadets yta, där den bildar ett mot oxidation skyddande skikt.

För att ernå hög hållfasthet hos svetsfogar använder man sig av tillsatsmaterial, som förutom en tillräcklig fosforhalt även innehåller silver. Ett dylikt silverlegerat tillsatsmedel är betydligt okänsligare för den strukturförsämrande inverkan, som en långvarig upphettning till hög temperatur annars har på koppar. Detta beror på följande omständighet. Vid den smälta kopparns stelnande uppbygga sig kristallerna kring de i större eller mindre antal i smältan befintliga kristallisationscentra. Silverlegerad koppar innehåller betydligt större antal dylika centra, och därför blir strukturen hos ett svetsmaterial uppbyggt med silverlegerad koppar betydligt finkornigare, vilket ger bättre hållfasthetsegenskaper.

För reducering i smältbadets inre användes som nämnts lämpligen fosfortillsats i svetstråden, men för att säkert kunna hålla smältbadets yta fri från oxid, som särskilt uppkommer, om lågan avlägsnas från fogen, samt

för att hindra vätets inträngande i smältan, erfordras flussmedel i form av ett svetspulver, som tillföres smältbadet under svetsningen.

Krympspänningar.

Koppar stelnar under betydlig krympning. På grund av kopparns sprödhet vid högre temperaturer måste man därför alltid ordna så att krympningen kan ske utan hinder av yttre inspänningskrafter. Det är således absolut förkastligt att genom häftsvetsning fixera de delar, som skola hopsvetsas. Häftorna skulle nämligen hindra det insmälta materialets krympning, och därvid uppkomna krympspänningar skulle medföra sprickor i eller bredvid svetsen. I stället användes fogverktyg, med vars hjälp lämplig spalt kan fixeras. Dylika fogverktyg beskrivas på sidorna 65—68.

Vid kopparsvetsning ledes värme mycket snabbt från svetsstället ut i angränsande grundmaterial. Om man svetsar ett mantelsvep av kopparplåt, kommer svepet därför att röra sig mycket mera än om det vore av stål, varför de krafter, som uppkomma genom plåtens förskjutning, bli betydligt större än vid stålplåt. Detta gör det nödvändigt att välja en annan svetsordning än för stål för att förhindra, att den i varmt tillstånd spröda kopparsvetsen spricker upp. Vid svetsning av en längdfog på en cylindrisk kopparmantel, som fig. 122 anger, skall man därför ej börja svetsa vid änden på mantelplåtarna utan börjar i stället vid *a* och svetsar i den riktning, som pil 1 anger. Först sedan den längre fogsträckan svetsats, går man tillbaka till punkt *a* och svetsar i den riktning, som pil 2 anger. Avståndet från *a* till nedre ändan på svepet varierar allt efter plåttjocklek och total foglängd mellan 100 och 300 mm. Endast mycket korta fogar, som under svetsningen bli likformigt uppvärmda och därför krympa ungefär samtidigt längs och tvärs fogen, kan man börja svetsa vid kanten. Skulle man, som man vanligen gör vid stål, börja vid kanten och svetsa hela fogen på en gång i en riktning, så kommer svetsen ofelbart att spricka, enär hållfastheten hos den till hög temperatur upphettade kopparn är mindre än summan av plåtens och svetsens krympkrafter.



Fig. 122. Svetsning av längdfog i kopparcylinder.

Genom att legera koppar med andra metaller kan man erhålla många olika legeringar med vidsträckt teknisk användning. De viktigaste av dessa legeringar äro dels mässing, som är en legering av koppar och zink och dels brons, som är en legering av koppar och tenn.

Svetsning av mässing.

Proportionen mellan de i olika mässingskvalitéer ingående mängderna av koppar och zink varierar inom mycket vida gränser. Värdet på brotthållfasthet och hårdhet ökar med ökad zinkhalt, under det att förlängningen hastigt sjunker. Sammansättningen hos den i handeln vanligaste mässingen, förekommande i form av plåt, rör och profiler är i runt tal 60 % koppar och 40 % zink. Smältpunkten för denna mässing ligger vid ca 900°. Mässings värmeledningsförmåga är endast fjärdedelen av den för koppar, varför svetsningen i allmänhet kan utföras med samma storlek på munstycket som vid svetsning av stål. Svetsningen utföres med svagreducerande låga. Vid godstjocklekar över 3 mm användes ofasad stumfog, varjämte frånsvetsmetoden tillämpas. Vid godstjocklekar över 3 mm fasas fogkanterna så att 50° V-fog erhålles, varvid svetsningen utföres enligt motsvetsmetoden.

Som tillsatsmaterial användes s.k. svetsbrons. De vanliga svetsbronserna bestå huvudsakligen av koppar och zink och äro alltså egentligen, trots namnet, att betrakta som mässing. Flussmedel användes under svetsningen för att upplösa i smältbadet bildade oxider.

Den i mässing förekommande zinken förgasas vid en temperatur, som ligger endast ett tiotal grader över mässingens smältpunkt. Om zinken går bort ur smältbadet, erhålles en porös svets. Det är därför av vikt att utföra svetsningen, så att minsta möjliga överhettning av smältbadet erhålles. Det har visat sig, att lågans inställning är av stor betydelse för svetsförloppet. Endast vid användande av svagreducerande eller i vissa fall oxiderande låga erhålles en god svets. Syrgasöverskottet är så stort som mellan 20 och 40 %. Det förefaller egendomligt, att en på detta sätt inreglerad låga skall ge bästa svetsresultatet, då man föreställer sig att ett överskott på syrgas i lågan skulle medföra ökad oxidation av zinken. Metallurgiskt sett är detta problem icke tillfredsställande klarlagt, utan man får tillsvidare nöja sig med att konstatera det faktum, att syrgasöverskott i lågan inskränker zinkförgasningen till ett minimum, under det att svetsning med normal låga ger upphov till porösa, svampiga svetsar.

Den från smältbadet i form av zinkångor bortgående zinken förenar sig med luftens syre, varvid giftig zinkoxid bildas. Eftersom ej ens den skickligaste svetsare helt lyckas undvika zinkförgasning, bör han därför vid långvarigare svetsarbeten använda andningsmask.

Den färdiga svetsen kan efterbearbetas på samma sätt som metallen och man kan således i både varmt och kallt tillstånd böja, hamra och sträcka den, utan att den därvid tager skada. Gjutna mässinglegeringar svetsas med samma svetstråd och svetspulver som valsat material. Arbetsstycket bör dock förvärmas till 400° för att förhindra uppkomsten av krympspänningar.

Svetsning av brons.

Brons, som är en legering av koppar och tenn, förekommer dels valsad och dels som gjutgods. Tennhalten hos valsat material varierar mellan 1—10 %, medan gjutbrons innehåller 5—20 % tenn. Brottgräns och hårdhet hos brons öka med stigande tennhalt och dessa värden kunna ytterligare ökas genom kallbearbetning, vilken dock minskar förlängningen. Särskilt anmärkningsvärd är metallens låga brotthållfasthet vid högre temperaturer. Redan vid 400° temperatur kan en förflyttning av eller slag på det uppvärmda bronsföremålet föranleda avsevärd formförändring eller t.o.m. brott. Vid svetsning av bronsföremål måste svetsaren därför tillse, att arbetsstycket är väl understött, så att ej någon deformation uppstår på grund av materialets egen tyngd. Liksom zinken hos mässing vill tennet hos bronsen förångas under svetsningen och svetsen har därvid tendens att bli porös. Genom lämplig tillsats av legeringsämnen till svetstråden kunna dock dessa olägenheter elimineras. Svagreducerande svetslåga skall användas och samma svetspulver som vid mässingsvetsning. Som tillsatsmaterial användes en svetsbrons, som bör ha liknande sammansättning som grundmaterialet men dessutom legerad med ämnen, som förhindra, att det i bronsen ingående tennet förångas.

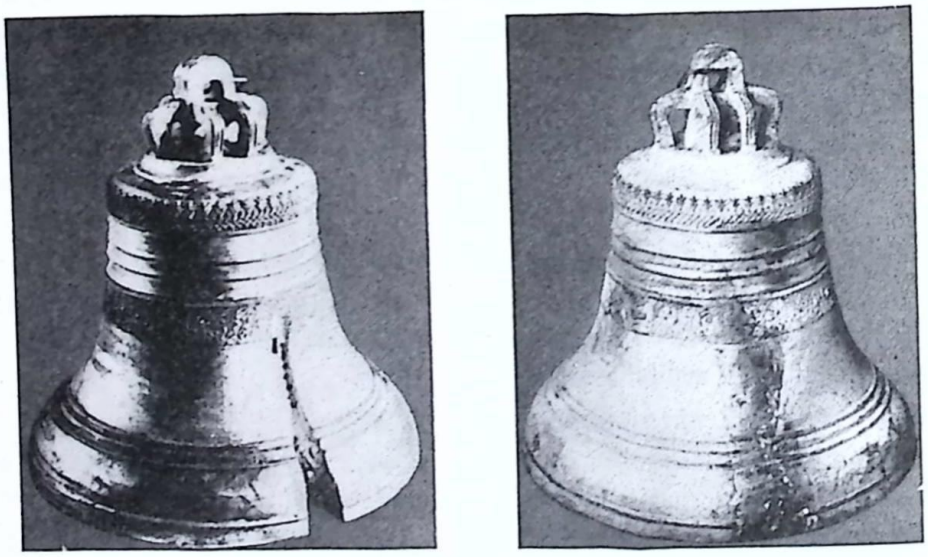


Fig. 123. Kyrkklocka av brons före och efter svetsning. Svetsningen har utförts under heluppvärmning, varefter klockan långsamt svalnat i fyren.

Beträffande svetsbrännarens munstycksstorlek, lämpligaste svetsmetod och fogtyp för olika godstjocklekar gäller detsamma som för mässingsvets-

ning. Vid svetsning av gjutna bronsföremål måste arbetsstycket förvärmas till ca 450°. Efter svetsning får arbetsstycket svalna långsamt, väl isolerat.

Bronssvetsningens största användningsområde är för reparation av sådana detaljer som pump-, ventil- och apparathus, lager, lagerskålar, fartygspropellrar, kyrkklockor och bronsstatyer. En ganska vanlig reparation utgör svetsning av kyrkklockor. I fig. 123 visas en dylik klocka före och efter svetsningen. Klockan förvärmes, svetsas och lämnas att *långsamt* svalna i en ugn liknande den i fig. 115 visade. För att klangen ej skall förändras genom svetsningen, bör tillsatsmaterialet gjutas efter analys av klockmetallen, enär denna brukar ha ganska varierande sammansättning.

Aluminiumbrons.

Aluminiumbrons har länge ansetts vara osvetsbar, beroende på att man ej haft något lämpligt flussmedel för att upplösa den vid smältning av grundmaterialet bildade tjocka aluminiumoxiden, som man ej lyckats bemästra med hjälp av de för aluminium — och ännu mindre med de för kopparlegeringar vanliga flussmedlen. Svetsen blev bemängd med stora mängder oxid och blev för övrigt spröd och av dålig kvalité. Först sedan man kommit underfund med att man i bor- och kiselfluorid ägde ett verkligt aluminiumlösande ämne, har man med framgång lyckats svetsa aluminiumbrons. För att vara säker på att flussmedel tillföres i väl avpassade mängder är det lämpligast att använda svetstråd, där flussmedlet anbragts på tråden på samma sätt som fallet är med elektroder för elektrisk svetsning.

Svetsbarheten av dessa bronser avtager med stigande aluminiumhalt. En aluminiumbrons med 4 % aluminium är betydligt mera lättsvetsad än en med 8 % aluminium. Svetsningen underlättas, om man förvärmer arbetsstycket något, härigenom kan man nämligen använda mindre och mjukare låga, varvid porer i svetsen undvikas.

Nysilver.

Nysilver är en koppar-nickel-zinklegering med omkring 15 % nickel, 20 % zink och resten koppar. Nysilver kan svetsas på liknande sätt som mässing, ehuru syrgasöverskottet i lågan ej bör hållas så högt. Acetylenöverskott är olämpligt, enär det ger upphov till ett oroligt, stänkande smältbad. För att hindra förångning av zinken är det lämpligt att använda mjuk svetslåga, varigenom också porfria svetsar erhållas. Svetstråden bör ha en sammansättning, som överensstämmer med grundmaterialet. Nysilver med lägre halt av nickel kan svetsas med användande av samma flussmedel som för koppar. Vid högre nickelhalter användes i allmänhet speciellt nickelflussmedel.

Nickel, silver och zink.

Nickel.

Nickel är en vitglänsande metall med en specifik vikt av 8,9 och smältpunkt 1484°, d.v.s. ungefär lika hög som för järn. Nickel, som är en relativt dyrbar metall, användes för den skull mera sällan som ren metall inom industrin, däremot förekommer den i stor utsträckning som legeringsmetall eller som rostskyddande överdrag på andra metaller. Ren nickel användes huvudsakligen för tillverkning av kärl, som skola ha stor motståndskraft mot alkaliska lösningar, organiska syror, saltvatten o.d.

Svetsning av tunn nickelplåt går ganska lätt att utföra. Svetsning av grövre godstjocklekar i nickel är däremot ett vanskligt företag. Detta beror på att nickel i smält tillstånd med begärlighet absorberar gaser i ännu högre grad än vad fallet är med koppar. Är då smältbadet stort, så kommer en del gaser att stanna i svetsen och ge upphov till porer.

Det har visat sig lämpligast att svetsa nickel enligt motsvetsmetoden såväl i grövre som i tunnare godstjocklekar. Detta beror på att smältbadet härvid svalnar långsammare än vid frånsvetsning, varigenom gaserna i smältan med större säkerhet hinna bortgå. Eftersom nickel i likhet med koppar utvidgar sig starkt vid upphettning och dessutom är spröd vid högre temperaturer, får nickel varken häftas eller svetsas i flera strängar. Sprödheten är i hög grad beroende på eventuella föroreningar. Ytterst små mängder svavel öka således sprödheten. Det är därför av vikt att svetsa med väl renad acetylengas, säkrast är att använda dissousgas.

Som tillsatsmaterial kan med fördel användas plåtstrimlor, som klippas ur plåten. Svetslågan bör vara mjuk och normal. Särskilt viktigt är att undvika syrgasöverskott, enär i smältbadet eventuellt uppkommen oxid bildar stela fjäll, som flyta ovanpå och störa svetsförloppet.

Silver.

Svetsning av silver förekommer endast undantagsvis och då främst vid tillverkning av apparater för kemiska ändamål. Svetsningen fordrar stor skicklighet och eftersom svetsaren i regel ej har tillfälle att träna i detta dyrbara material, bör övningen ske i koppar. Metallen har låg smältpunkt (961°) och mycket hög värmeledningsförmåga. Finsilver är lättare att svetsa än s.k. verksilver. Vid svetsningen användes ett tillsatsmaterial lika grundmaterialet och svetsmetoden är närmast densamma som vid svetsning av koppar.

Zink.

Zink har gråvit färg och starkt glänsande brottyta. I kallt tillstånd är den ganska spröd, varför den kan valsas till plåt och tråd först vid en temperatur av 100 à 150°. Den har en specifik vikt av 7,1 och smälter vid 419°. Om zink upphettas i luft till strax över smältpunkten, förbrinner den till zinkoxid (zinkvitt).

Ren zink svetsas huvudsakligen endast då den förekommer i form av tunn plåt och bereder därvid inga större svårigheter. Metoden liknar den, som kommer till användning vid svetsning av bly, ehuru större svetslåga behöver användas. I allmänhet torde man behöva använda ett munstycke med en acetylenförbrukning av 50 liter per timme och millimeter godstjocklek. Man bör före svetsningen reglera in lågan, så att den blir normal och mjuk. I motsats till vad fallet är med bly, bereder svetsning av zinkplåt i vertikalläge ej större svårighet, beroende på att zinksmältan ej är så lättfluten. Därför kan man utan alltför stor svårighet utföra montagesvetsning av rörledningar och liknande arbetsobjekt.

Zink utgör huvudsakliga beståndsdelen i s.k. pressgjutna detaljer i form av beslag, handtag, kylarmaskeringar till bilar o.d. Även dylika detaljer kunna svetsas, ehuru ej med samma lätthet som ren zink. Den vid svetsningen uppstående zinkoxiden lägger sig nämligen som en seg hinna ovanpå smältbadet. Den kan emellertid med hjälp av svetstråden skrapas åt sidan, då mera tillsatsmaterial skall smältas ned. Innan man sätter i gång med reparation av ett brott i en detalj av pressgjutgods, bör man omsorgsfullt smärgla bort det närmast svetsstället liggande ytskiktet. Detta ytskikt är nämligen överdraget av en oxidhinna, som man bör undvika att få med i smältbadet, enär det då blir svårare att starta svetsningen.

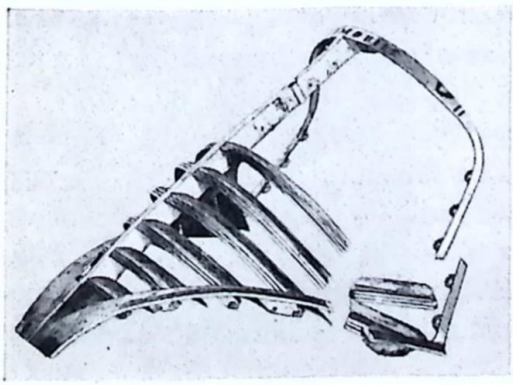


Fig. 124. Brusten kylarmaskering till bil.

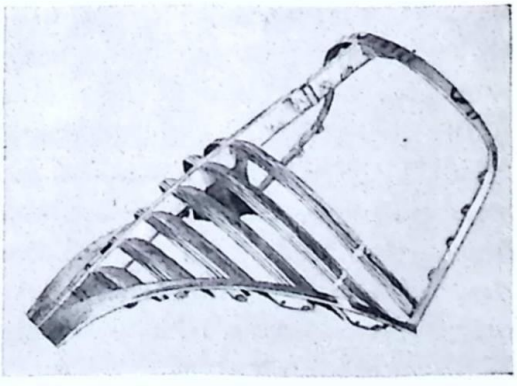


Fig. 125. Kylarmaskering reparerad genom svetsning.

Svetsning av bly.

Bly är blågrått till färgen men visar på en frisk snittyta stark glans. Det är mycket tungt (specifik vikt 11,4), lättsmält (smältpunkt 327°) och så mjukt, att det med lätthet kan skäras med kniv. Det är även smidbart men har låg hållfasthet. Då bly kommer i beröring med luftens syre, överdrages det med en oxidhinna, som skyddar metallen för ytterligare angrepp. Mot svavelsyra är bly motståndskraftigt vid vanlig rumstemperatur, emedan ytan genom syrans inverkan erhåller ett skyddsskikt av blysulfat, som är olösligt vid vanlig temperatur. Vid högre temperatur (200° C) angripes däremot bly i viss mån. Salpetersyra och ättiksyra fräter bly redan vid rumstemperatur. Mot blandningar av koncentrerad svavelsyra och salpetersyra är bly mycket motståndskraftigt, emedan de på metallens yta uppkomna blysalterna äro olösliga och därför skydda mot vidare angrepp. På grund av blyets stora motståndsförmåga mot syror användes det inom kemiska industrier för tillverkning av apparater, kärl och rörledningar. Stor användning har bly som skyddshölje för sådana telegraf-, telefon- och starkströmskablar, som grävas ned i marken och alltså bli utsatta för frätning från jordsyror o.d. För tillverkning, reparation och montage av nämnda apparater, rör och kablar användes gassvetsning.

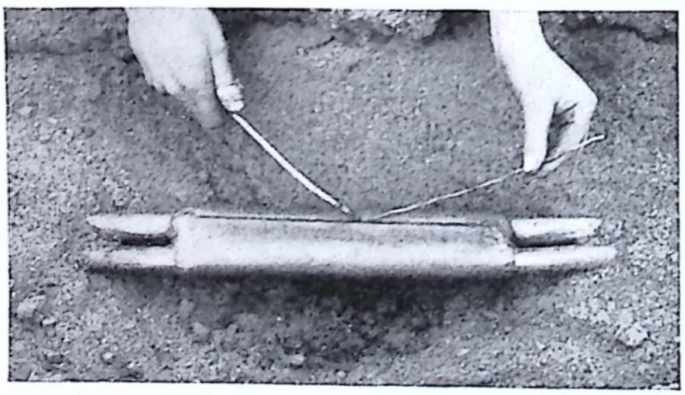


Fig. 126. Svetsning av blymantel till signalkabel.

Innan ett föremål av bly svetsas, måste fogkanterna omsorgsfullt befrias från blyoxid. Detta utföres bäst med en skrapa, kniv eller stålborste, med vars hjälp oxiden skrapas eller borstas bort. Även tillsatsmaterialet måste omsorgsfullt rengöras från oxid. Som tillsatsmaterial kan antingen användas rund, dragen blytråd eller också strimlor, klippta ur den plåt, varav arbetsstycket uttagits. Tillsatsmaterialet befrias enklast från oxiden med hjälp av ett sandpapper.

Skulle trots allt små mängder oxid komma in i smältbadet, komma dessa oxider att upplösas av svetslågan. I den normala svetslågans framför kärn-

lågan befintliga färglösa zon B i fig. 30 finnas ju gaserna koloxid och vätgas. Dessa båda gaser angripa metalloxider och förena sig med syret, varigenom man erhåller ett från slagg och oxidinneslutningar fritt smältbad. Denna reningsprocess i blysmältan åskådliggöres i kemiska formler på följande sätt:

$$\underset{\text{Blyoxid}}{PbO} + \underset{\text{väte}}{H_2} = \underset{\text{bly}}{Pb} + \underset{\text{vatten}}{H_2O}$$

$$\underset{\text{Blyoxid}}{PbO} + \underset{\text{koloxid}}{CO} = \underset{\text{bly}}{Pb} + \underset{\text{kolsyra}}{CO_2}$$

För att denna reducering skall kunna ske, är det av vikt, att lågan föres så, att dess reducerande zon kommer i beröring med smältbadet. Själva spetsen på kärnlågan skall därför befinna sig på ett avstånd av 2—3 mm från smältbadet.

Bly är en lättsmält metall, har låg värmeledningsförmåga samt lågt smältvärme. Alla dessa egenskaper underlätta svetsningen. Nybörjaren tycker kanske, att bly är alltför lättsmält och säkert är, att blysvetsning fordrar stor träning. För blysvetsning användes en liten speciellt för blysvetsning avsedd brännare. Den är försedd med munstycken för 15, 25, 35, 50 och 75 liter acetylen per timme. I allmänhet är det lämpligt att använ-

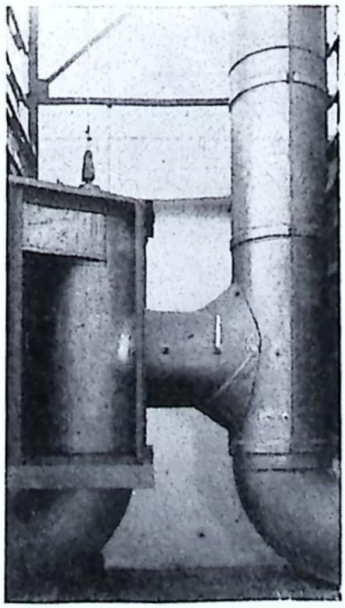


Fig. 127. Svetsade blyrör för gasreningsanläggning i cellulosafabrik.



Fig. 128. Blycistern för tvättvätska i cellulosafabrik. Behållaren försedd med påsvetsade förstärkningslister.

da en låga, vars acetylenförbrukning utgör 1/10 av den, som användes vid svetsning av stål av motsvarande godstjocklek.

Det är av vikt att använda en riktigt inreglerad svetslåga. Viktigast är, att lågan ej innehåller överskott på syrgas. Om man smälter bly med en låga, som innehåller överskott på syrgas, så bildas på smältbadets yta en i olika färger skiftande hinna, som består av blyoxid. Innehåller lågan ej syrgasöverskott, så blir smältbadets yta blank. Eftersom bly ej upptager kol, kan man svetsa med en låga med obetydligt acetylenöverskott, endast så mycket att kärnlågans spets är litet taggig och ojämn. Däremot bör man undvika att arbeta med stort acetylenöverskott, ty därigenom kommer den reducerande zonen B i den normala lågan (fig. 30) att innehålla fritt glödande kol och i en dylik kolhaltig atmosfär sker reduceringen trögare än i en av enbart koloxid och väte bestående zon.

Vid blysvetsning användes såvitt möjligt överlappsfog. Med svetslågan nedsmältes den övre fogkanten, samtidigt som man tillser, att lågan även smälter ett parti på den undre plåten, så att god hopsmältning sker av de båda plåtarna. Svetsningen utföres med tillämpande av frånsvetsmetoden d.v.s. svetslågan är riktad från den färdiga svetssträngen. Vid många arbeten kan det vara tillräckligt med en på detta sätt utförd hopsmältning av de överlappande plåtarna. Vill man emellertid, att svetsens sektion skall vara lika stor eller helst något större än plåtens genomskärningsarea, får man under nedsmältning av tillsatsmaterial lägga en eller flera strängar ovanpå den första svetsen.

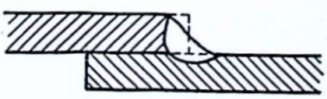


Fig. 129. Bly svetsas vanligen i överlappsfog.

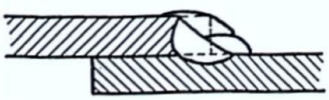


Fig. 130. Svetsen bygges upp i flera strängar.

Om man av någon orsak föredrar att utföra svetsningen av plåtarna i stumfog, måste ett mothåll anbringas på svetsens rotsida för att förhindra den lättflytande smälta metallen att rinna igenom. Ett sådant mothåll kan vid mindre godstjocklekar utgöras av trä, medan mothåll av stål eller asbest bör användas vid grövre plåtar.

Som en allmän regel gäller, att man får tillse att smältbadet ej blir för stort, enär det då blir svårt att behärska detsamma på grund av materialets lättflutenhet. Vid svetsning i stående vertikalläge måste man därför lägga flera strängar eller också bygga upp svetsen på en gång men därvid tillse, att endast en del av svetsens tvärsektion är i smält tillstånd samtidigt. I sistnämnda fall får man därför samtidigt som man för lågan uppåt,

föra den fram och tillbaka i fogens tvärriktning, så att ett framför kärnlågans spets befintligt litet smältbad kommer att beskriva en zick-zack-formig rörelse nedifrån och upp. En på detta sätt utförd vertikalsvets kommer därför att få en räfflad yttersida, där räfflorna ange kärnlågans och smältbadets promenad upp längs fogen.

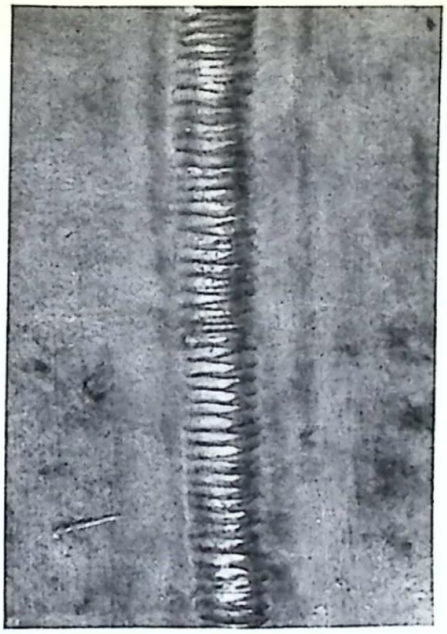


Fig. 131. Vertikalsvets i blyplåt.

Det läge som bereder mest svårighet vid svetsning av vilken metall det vara må, är underuppläge, beroende på smältans benägenhet att rinna ned. Det gäller därför att tillägna sig en sådan svetsteknik, att man kan hålla smältbadet uppe med hjälp av trycket från låggaserna. Om den smälta metallen är trögflytande och har stor ytspänning, är det lättare att få den att hänga kvar uppe i fogränna. Om smältpunkten är hög och värmeledningsförmågan stor, så måste relativt stor låga användas för svetsningen, varvid man får ett stort tryck från brännarmunstycket, som motverkar tyngdkraften på smältan. Vid bly äro dessa betingelser ogynnsamma. Smältpunkten är låg och värmeledningsförmågan liten, varför ett litet munstycke erfordras. Vidare är den smälta metallen lättfluten och har liten ytspänning. Detta gör, att svetsning av bly i underuppläge fordrar stor påpasslighet och därför endast kan utföras med små smältbad.

För att höja blyets hållfasthet legeras det med mindre mängder antimon eller kadmium. Vid svetsning av legerat bly bör man använda tillsatsmaterial av samma kvalité för att svetsen skall få samma hållfasthet som grundmaterialet. Detta sker enklast på så sätt att man som tillsatsmaterial använder tunna strimlor klippta ur grundmaterialet.

På grund av lågans ringa storlek och smältans låga temperatur behöver man vid blysvetsning ej använda vanliga mörka svetsglas, utan man kan taga sådana ljusare glas, som vanligen användas vid skärningsarbeten.

Bly är en för den mänskliga organismen giftig metall. Blyförgiftning kan inträda, om bly kommer in i matsmältningsapparaten. Farligare är dock den förgiftning, som uppstår genom inandning av blyångor. Blysvetsaren bör därför alltid använda en andningsmask, som är försedd med ett filter, som absorberar de i andningsluften kringsvävande små blyoxidpartiklarna. Särskilt viktigt är detta vid användande av de större munstycksstorlekarna, då ett relativt stort smältbad erhålles.

Lättmetaller.

Svetsning av aluminium och dess legeringar.

Aluminium är den metall, som i största mängd förekommer i den fasta jordskorpan. Den utgör nämligen en väsentlig beståndsdel i alla leror. På grund av den så gott som obegränsade tillgången på råmaterial torde därför aluminium, allt efter som framställningsmetoderna förbättras och förbilligas, komma att bli framtidens metall framför andra, och vidare torde svetsning av aluminium komma att bli en arbetsprocess av stor betydelse för metallindustrin.

Aluminium har vit färg, är i hög grad smidbar och sträckbar. Den användes i stor utsträckning för framställning av kokkärl och andra husgeråd, mjölkflaskor, kärl för kemiska industrier, vidare för automobil- och flygplanstillverkning, i sistnämnda fall framförallt i form av aluminiumrika legeringar. Aluminium är en god ledare för elektrisk ström, varför den användes för elektriska ledningar.

Metallen har god värmeledningsförmåga och förenar sig med begärlighet med syre; den rena metallytan kommer därför att i fria luften mycket snabbt överdragas med en tunn hinna av aluminiumoxid. Denna oxidhinna, vars tjocklek bara är någon tusendels millimeter, skyddar metallen för ytterligare angrepp såväl av luftens syre som från angrepp av många syror. För att öka aluminiets motståndskraft mot kemiska angrepp åstadkommer man i vissa fall på elektrokemisk väg en speciell ytbehandling (Eloxalbehandling) för att öka detta oxidskikt upp till några hundradels millimeters tjocklek. För svetsaren är emelltid den allestädes närvarande aluminiumoxiden en källa till bekymmer, som framgår av följande.

Aluminiumoxidens inverkan på svetsningen.

Aluminium smälter vid 650° C, under det att aluminiumoxidens smältpunkt är c:a 2000° C. Oxiden uppträder i form av en seg hinna, som bildas kring de små metallkulor, vilka uppstå, då aluminium smältes. Dessa sega hinnor förhindra de smälta metallpartiklarna att flyta samman. Då man förr i världen skulle svetsa aluminium, använde man sig av en liten skrapa, varmed man på mekanisk väg genom att skrapa eller kratsa sönder den sega aluminiumoxidhinnan försökte få den rena metallen att flyta samman. Detta tillvägagångssätt gav emellertid mycket dåligt resultat, enär den därvid erhållna svetsen blev porös och full av oxidinneslutningar. Först

sedan man på kemisk väg lyckades lösa upp oxiderna och sänka deras smälttemperatur till ett värde, som är lägre än för metallen själv, kan man anse att någon tillfredsställande svetsning av aluminium kunde utföras. Detta på kemisk väg verkande medel utgöres av ett svetspulver, som i lämpliga kvantiteter tillföres smältbadet och därvid förenar sig med aluminiumoxiden till ett lättsmält och lättflytande slagg.

Svetslåga och svetsmetod.

Endast mycket tunna plåttjocklekar (under 1 mm) svetsas med vätgaslåga; för större godstjocklekar föredrages acetylen-syrgaslåga. Trots att aluminium har relativt låg smältpunkt, som förut nämnts ca 650° C, måste ett ganska stort munstycke användas, framförallt beroende på metallens stora värmeledningsförmåga, vilken är fem gånger större än för stål. Allt efter arbetsstyckets storlek och den därmed följande värmebortledningen från svetsstället varierar svetsbrännarens munstycke mellan 80 och 100 liter acetylen per timme och mm godstjocklek.

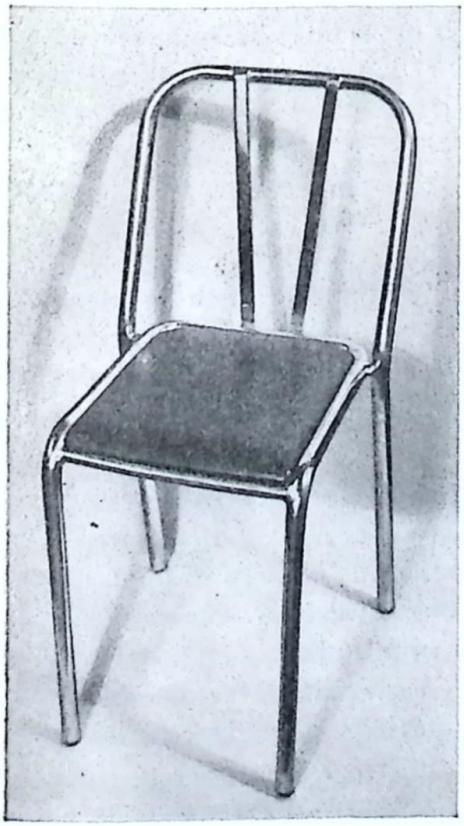


Fig. 132. Stol utförd av aluminiumrör, vilka svetsats ihop.



Fig. 133. Svetsad aluminiumbehållare för kemisk industri.

Då smälttemperaturen uppnås, övergår metallen till smält tillstånd plötsligt och utan föregående varning. Aluminium har sålunda ej det degiga, plastiska övergångstillstånd, som kännetecknar stålet. Detta i samband med den jämförelsevis låga smälttemperaturen, som medför att man knappast märker någon färgförändring hos materialet, gör, att det fordras stor vana att svetsa aluminium tillfredsställande. Den vane aluminiumsvetsaren kan emellertid genom att stöta med svetstråden mot svetsstället känna, när materialet närmar sig smältpunkten.

Vid godstjocklekar under 6 mm tillämpas frånsvetsmetoden. Brännarmunstycket bör dock lutas, så att det endast bildar c:a 30° vinkel med arbetsstycket, varigenom risken för att man skall bränna hål i den lättsmälta metallen minskas. Brännaren föres med kärnlågans spets 3—5 mm från smältbadet. Innan den egentliga svetsningen utföres, förvärmes arbetsstycket genom att man några gånger för svetslågan fram och tillbaka över detsamma. Vid grövre godstjocklekar tillämpas motsvetsmetoden, vilken utföres på ungefär samma sätt som vid svetsning av stål.

Vid svetsning av aluminium inställes svetslågan med ett obetydligt överskott av acetylen (svagt kolande låga). Härigenom har man nämligen under svetsningen möjlighet att kontrollera att man ej får syrgasöverskott. Den smälta metallen upptager nämligen ej kol, varför ett acetylenöverskott i lågan ej kan skada svetsen, under det att syrgasöverskott verkar oxiderande och försvårar svetsningen.

Olika aluminiumkvalitéer och legeringar.

Vanlig handelsaluminium innehåller 99 % aluminium och mindre än 1 % föroreningar. Denna kvalité hör till dem, som äro lättast att svetsa och användes för mjölkbehållare, kokkärl o.d. Till kar för bryggerier, salpetersyrebehållare etc. användes en kvalitet med en renhetsgrad av upp till 99,7 % aluminium.

Hållfastheten hos dessa kvalitéer är i glödgad tillstånd ungefär 9 kg/mm^2. Genom kallbearbetning kan hållfastheten emellertid ökas i hög grad. Den högsta graden av kallbearbetning kan medföra en ökning av hållfastheten upp till det dubbla av hållfastheten i glödgat tillstånd. Om man svetsar kallbearbetat material, komma de delar av grundmaterialet, som gränsa intill svetsen, att bli utglödgade. Den fog, som erhålles, får därför ungefär samma hållfasthetsegenskaper som grundmaterialet i glödgat tillstånd.

Genom att legera aluminium med mindre halter av kisel, magnesium och krom erhållas aluminiumlegeringar, som om de värmas till 500° och hastigt avkylas i vatten taga härdning på samma sätt som fallet är med stål. Genom långvarig glödgning vid relativt låg temperatur (c:a 160°), kan håll-

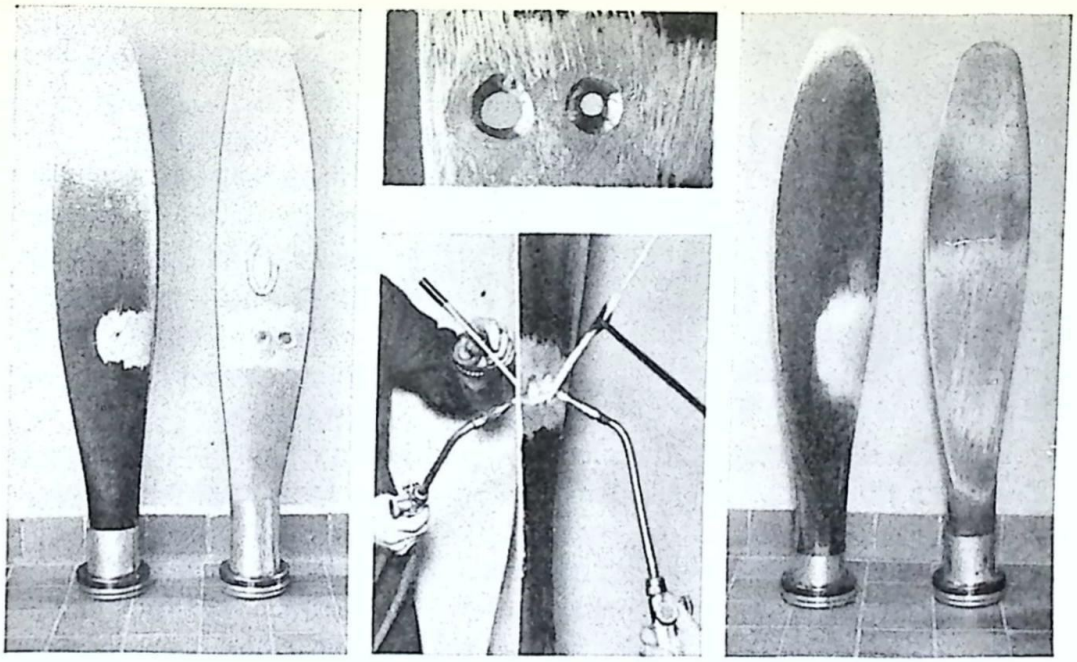


Fig. 134. Svetsning av skottskadade flygmaskinspropellrar, tillverkade av smidd duraluminium.

fastheten hos dessa kvalitéer ytterligare ökas. Denna värmebehandling kallas åldring. Om man svetsar dylikt härdat eller härdat och åldrat material, kommer svetsvärmet att medföra en utlöpning i närheten av svetsen på samma sätt som om man svetsar härdat stål. Materialet kommer dock ej att bli helt utlöpt såsom vid långvarig glödgning. Förbandets styrka kommer därför att bli något större än för motsvarande material i glödgat skick.

Av gjutlegeringar finnas flera olika typer. Den vanligaste bland dessa är s.k. silumin, som innehåller 13 % kisel. En annan gjutaluminiumlegering, som går under namnet »Amerikansk legering», innehåller 8 % koppar. Den så kallade »Tyska legeringen» innehåller 8 % zink och 2 % koppar. De kunna alla svetsas tillfredsställande och användas för motordelar m.m., där en viktbesparing är av värde.

Tillsatsmaterial och flussmedel.

Vid svetsning av aluminium och aluminiumlegeringar bör man använda en för ändamålet speciellt avsedd svetstråd. Vid svetsning av vanlig handelsaluminium användes titanaluminium, d.v.s. svetstråd, som är legerad med titan för att svetsgodset skall bli finkornigt, vilket annars endast uppnås genom varmhamring. Om man önskar särskilt stor korrosionsbestän-

dighet, bör endast användas aluminium av största renhet (min. 99,9 %). För svetsning av varmhärdade kvalitéer användes kiselaluminium, vilken även lämpar sig för vanliga handelsaluminiumkvalitéer.

Kiselaluminiumtråden giver hållfasta svetsar med god korrosionsbeständighet. Den har låg smältpunkt — omkring 600° — och ett vidsträckt smältintervall. Eftersom smältintervallet är större än för ren aluminium och de flesta aluminiumlegeringar, förblir det kisellegerade tillsatsmaterialet i smält eller åtminstone plastiskt tillstånd efter det att grundmaterialet stelnat. Detta gör att spänningar, som uppstå, då materialet krymper, överflyttas från grundmaterialet till det plastiska tillsatsmaterialet, som utvidgas utan att sprickor uppstå under avsvalningen.

Vid svetsning av gjutaluminium användes speciell gjutaluminiumtråd. På dylikt tillsatsmaterial bör samma fordran ställas som på nyssnämnda tråd, d.v.s. den bör ha stort smältintervall och hålla sig flytande eller i plastiskt tillstånd under tiden grundmaterialet stelnar och svalnar, så att sprickor i svetsen ej behöva befaras. Den bör vidare ej vara allt för lättfluten, så att felande sektioner, vårtor o.d. utan svårighet kunna byggas upp.

För lödning av aluminium och aluminiumlegeringar användes silumin, vilken innehåller 13 % kisel. Silumin har nämligen en smältpunkt, som ligger betydligt lägre än för olegerad aluminium.

Olika flussmedel för aluminiumsvetsning finnas i marknaden, men den huvudsakliga beståndsdelen i samtliga utgöres av alkaliklorider och fluorföreningar. De levereras som pulver i burkar med tättslutande lock. Före användandet utröres pulvret med vatten till trögflytande konsistens. Pastan penslas såväl på svetstråd som fogkanterna. Man bör ej doppa svetstråden direkt i svetspulverburken, emedan pulvret då efter någon tids användning klumpar ihop sig och blir oanvändbart.

Svetspulver, som efter avslutad svetsning möjligen finnes kvar på arbetsstyckets yta och vilket skulle verka frätande på metallen, avtvättas noga, i all synnerhet om arbetsstycket skall målas eller ytbehandlas på annat sätt efter svetsningen. En effektiv rengöring erhålles vid påblåsning av vattenånga, om sådan finnes tillgänglig. Man kan också beta svetsen i en 2-procentig kall salpetersyrelösning under minst 15 minuter. Därefter sköljer man arbetsstycket med varmt vatten och skrubbar svetsen med en borste.

Svetsning av gjutlegeringar.

Föremål av gjuten aluminium böra före svetsningen uppvärmas till en temperatur av c:a 300—350°. Särskilt viktigt är att företaga dylik uppvärmning av arbetsstycket, då materialtjockleken i närheten av svetsstället

varierar så starkt, att spänningar kunna uppstå till följd av olika hastig avsvalning och därav följande olikformig krympning efter svetsningen. Förvärmningsugnen kan byggas av lösa tegelstenar med några hål för dragets skull. I ugnen placeras en rost, på vilken arbetsstycket placeras så, att fogen kommer i horisontalläge. Uppvärmningen sker antingen med träkol i bottnen av ugnen eller med hjälp av acetylen-bunsenbrännare, vilka medgiva en noggrann reglering av uppvärmningen. Denna uppvärmning bör ske sakta, så att gjutgodset blir jämnvarmt.

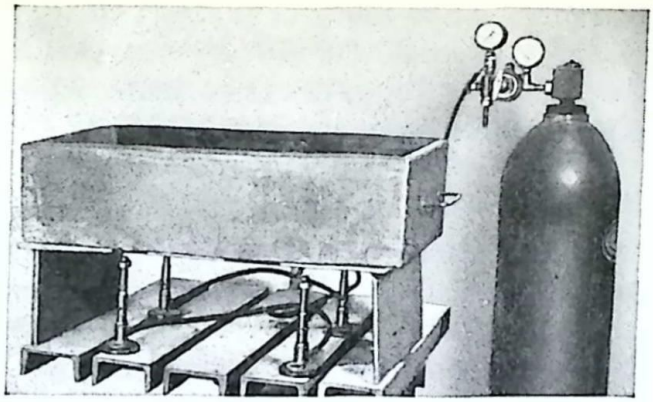


Fig. 135. Ugn uppvärmd med acetylen-bunsenbrännare.

Små gjutna delar behöva ej förvärmas i ugn, utan det räcker, om man värmer genom att under en stund föra svetslågan fram och tillbaka över arbetsstycket. När svetsningen är färdig, skall arbetsstycket svalna långsamt. Genom att täcka över med asbestpapp eller annat värmeisolerande material hindras arbetsstycket från alltför snabb avkylning. I fig. 135 visas en liten förvärmningsugn. Den har utformats som en låda med dubbla plåtväggar. Utrymmet mellan väggarna är fyllt med kiselgur eller annat värmeisolerande ämne. Lådans botten består av ett med talrika hål försett galler. Under detta galler placeras ett antal bunsenbrännare. Lågorna från

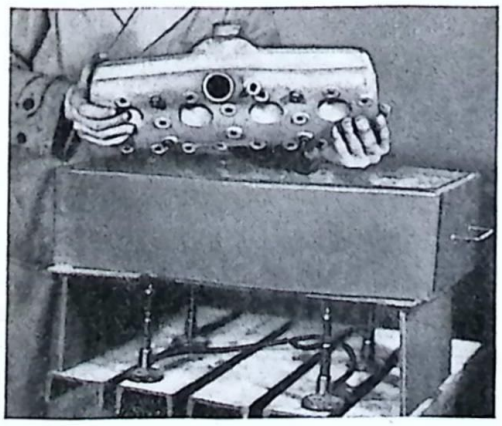


Fig. 136. Cylinderlock bultas ihop parvis för att de ej skola slå sig under svetsningen.

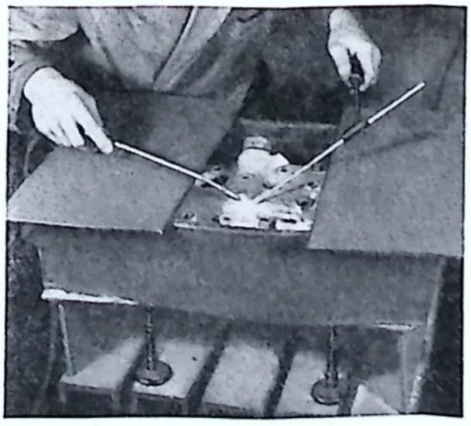


Fig. 137. Cylinderlock av gjutaluminium svetsas under heluppvärmning. Ugnen avskärmas med plåtar.

dessa brännare slå upp genom gallret och uppvärma det inuti lådan placerade arbetsstycket. För att arbetsstycket ej skall överhettas på vissa punkter, ställes det ej direkt på bottengallret utan på en lös platta, som placeras på ett litet avstånd från gallret.

Förädling av svetsen.

Om man utför dragprov på provstavar uttagna tvärs över en svets utförd i valsad aluminiumplåt, kan man konstatera, att brottet, under förutsättning att svetsen är felfri, så gott som alltid inträffar bredvid svetsen i själva grundmaterialet. Den vid dragprovet uppmätta brotthållfastheten är emellertid för det mesta något mindre än för det osvetsade grundmaterialet. Orsaken härtill är, att på båda sidor om svetsen ligger en mjukare zon. Den uppkommer till följd av att det från smältbadet bortledda värmet förorsakar en rekristallisation av det intill svetsen gränsande materialet, som erhåller grovkristallinisk struktur och förlorar sin valshårdhet. Ju högre valshårdhet materialet hade, desto större blir hållfasthetsminskningen, vilken kommer att närma sig den för mjukglödgat material.

En förbättring av svetsskarvens hållfasthet kan uppnås antingen genom kall- eller varmhamring. Genom kallhamring efter svetsningen kan man räkna med att hårdheten höjes med 25 %, men samtidigt nedsättes tänjbarheten, varjämte korrosionsbeständigheten minskas, varför kallhamring ej bör företagas, om korrosionsbeständigheten är av betydelse. Vid varmhamring erhålles däremot förbättring såväl av hållfasthetsegenskaperna som av korrosionsbeständigheten. En dylik varmbearbetning bör utföras vid en temperatur av 350°.

Om man önskar, att svetsar utförda i varmhärdade legeringar såsom pantal och duraluminium skola få samma hållfasthet som det ursprungliga grundmaterialet, måste de underkastas en värmebehandling efter svetsningen. Arbetsstycket skall därvid uppvärmas till 500°, varefter det avkyles i vatten. Uppvärmningstiden varierar mellan 15 min. och 1 tim. beroende på föremålets storlek. Forcerad luftkylning kan användas, om vattenkylning ställer sig svår att utföra. Förutsättningen för att en efter svetsningen följande värmebehandling skall få önskad effekt med avseende på svetsens hållfasthetsegenskaper är givetvis, att svetsgodset är av samma kvalitet som grundmaterialet. I dylika fall är det därför bäst att använda svetstråd, som är klippt ur samma plåt, varav arbetsstycket är tillverkat.

I detta sammanhang påpekas, att en mångfald olika benämningar och beteckningar finnas för likartade aluminiumlegeringar. För att få en uppfattning om legeringens egenskaper, hållfasthet, värmebehandling eller kallbearbetningsgrad måste man känna beteckningssystemets uppställningsprincip. Upplysningar härom kunna erhållas från leverantören av metallen.

Svetsning av magnesiumlegeringar.

Ren magnesium, som går bra att svetsa, har ingen praktisk användning som konstruktionsmaterial. Dess legeringar med aluminium, zink, koppar och mangan gå under benämningen *elektron*. Elektron är den lättaste av alla för tekniskt bruk använda legeringar. Dess specifika vikt är endast 1,8.

Magnesiumhalten i elektron varierar mellan 90 och 98 %. Därför är det också stor risk för antändning av arbetsstycket. Brinnande elektron kan ej släckas genom vattenbegjutning, utan elden bör kvävas med sand, övertäckning med mattor e.d. Det vid svetsning av elektron använda pulvret bildar med metalloxiden en slagg som flyter ovanpå smältbadet och förhindrar antändning. Elektron är mycket lättfluten, men för övrigt liknar svetsningen mycket svetsning av aluminium.

Med hänsyn till elektrons stora känslighet för korrosion är det av vikt att noggrant avlägsna flussmedlet efter svetsningen. De före svetsningen erforderliga tillformningsarbetena, såsom flänsning, uppkragningar med små radier o.d. kunna endast företagas efter föregående uppvärmning till omkring 200°, enär annars sprickor kunna uppstå. På grund av den risk för frätningar, som kunna uppstå till följd av eventuellt kvarvarande rester av flussmedel måste fogarna alltid utformas på sådant sätt, att rotsidan är åtkomlig och kan rengöras. Som tillsatsmaterial användes uteslutande elektrontråd, som till sin sammansättning motsvarar grundmaterialet.

För svetsning av gjutgods av elektron gäller detsamma som anförts beträffande svetsning av aluminiumgjutgods såväl beträffande förvärmning som själva svetsförloppet. Som tillsatsmaterial användes gjutna stavar av elektron, vilka svetsas med ett icke hygroskopiskt svetspulver. Någon större skillnad i svetsbarhet mellan i marknaden förekommande kvalitéer av elektron med upp till 92 % magnesium, upp till 10 % aluminium och 0,5 % mangan, föreligger ej.

Med hänsyn till elektrons stora känslighet för korrosion är det viktigt att efter svetsningen borttaga alla rester av flussmedlet. Det är ej tillräckligt att spola med vatten utan man måste beta svetsen. En lämplig betvätska består av 15 % natriumbikromat, 15 % salpetersyra och resten vatten. Med hänsyn till önskemålet om ett omsorgsfullt borttagande av flussmedlet måste svetsfogarna alltid anordnas så att rotsidan av svetsen kan behandlas på detta sätt. Man bör därför undvika fogtyper, där rotsidan kan tjänstgöra som samlingspunkt för flussmedelsrester. Som regel gäller därför att undvika överlappsfogar, T-fogar, kantfogar eller flänsade fogar. I stället bör man svetsa i stumfogar eller hörnfogar d.v.s. fogtyper, där svetsningen sker med öppen rot.

Lödning av aluminium.

Lödning av aluminium kan dels utföras som *mjuklödning* och dels som *hårdlödning*.

Mjuklödning utföres med lod, vars smältpunkt ligger mellan 250 och 350°. De bestå av zink, tenn och aluminium och en obetydlig mängd koppar. Mjuklödning av aluminium har emellertid fått mycket liten praktisk användning beroende på två stora nackdelar med metoden. Den största nackdelen är, att man ej känner något flussmedel, som vid den låga lödtemperaturen förmår lösa aluminiumoxiden. Man är därför nödsakad avlägsna denna på mekanisk väg t.ex. genom att riva lödstället med hjälp av ett skrapverktyg. Denna uppluckring utföres, medan det smälta lodet ligger som en skyddande hinna över lödstället, så att ny oxid ej kan uppstå. I praktiken har detta rivlodsförfarande dock endast visat sig lämpligt för lagning av skönhetsfel och liknande reparationer av gjutgodsdelar.

Enklare är användandet av reaktionslod, som bestå av metallsalter av sådan sammansättning, att klorhaltig gas bildas, då de smältas. Denna gas angriper oxidhinnan på enstaka ställen, så att de i lodet ingående metallerna kunna legera sig med den från oxid frilagda ytan. Under lodets förening med grundmaterialet splittras den på enstaka ställen sönderspräng da oxidhinnan ytterligare och blandar sig med vätskan dock utan att upplösas. Fogen förstärkes genom att ytterligare lod tillföres, enär den vid den kemiska reaktionen utlösta metallen endast ger ett tunt skikt lödmetall.

En annan nackdel med mjuklödning är, att lödstället har mycket liten korrosionsbeständighet. Kommer fuktighet till lödstället, så bildas ett galvaniskt element, som medför sönderfrätning av lödstället, varför mjuklödning endast kan användas, då lödstället målas eller skyddas från fuktighet genom olja eller fett.

Hårdlödning av aluminium utföres med lod, vars huvudsakliga beståndsdel utgöres av aluminium och för övrigt innehåller koppar, zink och tenn och en del andra tunga metaller. Smältpunkten för dessa lod varierar mellan 530 och 620°. Lödtemperaturen är alltså här betydligt högre än vid mjuklödning, men så är i gengäld korrosionsbeständigheten avsevärt större. Vid hårdlödning med silumin, som består av 13 % kisel och resten aluminium, erhålles förbindningar, vars styrka är så gott som densamma som för en svetsad förbindning. För att ett fullgott resultat skall erhållas, är det viktigt, att man har tillgång till ett flussmedel, som har förmåga att lösa aluminiumoxiden vid samma temperatur som badets egen smältpunkt. Dylika flussmedel ha en sammansättning likartad med dem, som komma till användning vid svetsning av aluminium. Deras reaktionstemperatur är nämligen endast obetydligt lägre än för de vid svetsning använda.

Svetslödning, hård- och mjuklödning.

Svetslödning.

Svetslödning är en arbetsmetod, varigenom metalldelar av samma eller olika slag medelst smältning av en annan metall eller metallegering förenas till ett stycke. Svetslödning skiljer sig från svetsning förutom däri, att tillsatsmaterialet utgöres av en annan metall än grundmaterialet, även däri, att ej grundmaterialet utan endast tillsatsmaterialet, det s.k. lodet, bringas till smält tillstånd. Fogytorna uppvärmas vid svetslödning endast till ungefär samma temperatur som lodets smältpunkt. För stål ligger smältpunkten vid ca 1400° C, medan den däremot för det vid svetslödning vanligen använda lodet ligger vid ca 800° C. Följaktligen tillföres avsevärt mindre mängd värme till arbetsstycket vid svetslödning än vid svetsning, och detta innebär givetvis att risken för värmespänningar och kastningar minskas. Vid reparation av sprucket gods, särskilt spröda sådana såsom gjutjärnsdetaljer, är detta av stor betydelse.

Genom att välja ett lod med tillräckligt låg smältpunkt kan svetslödningen även utföras vid så låg temperatur, att inga inre omvandlingar av grundmaterialet behöver befaras.

Eftersom fogytorna icke äro i smält tillstånd, då föreningen med lodet sker, kan det följaktligen inte vara fråga om en legering mellan lod och grundmaterial. Det lättflytande lodet tränger endast in i porer och ojämnheter och mellan de enskilda kristallerna i fogytan och åstadkommer på detta sätt förbindningen. Trots detta erhålles vid svetslödning hållfasthetsvärden, som äro fullt jämförbara med dem, som erhållas vid svetsning av mjukt stål. För att en sådan styrka på förbindningen skall uppnås, måste

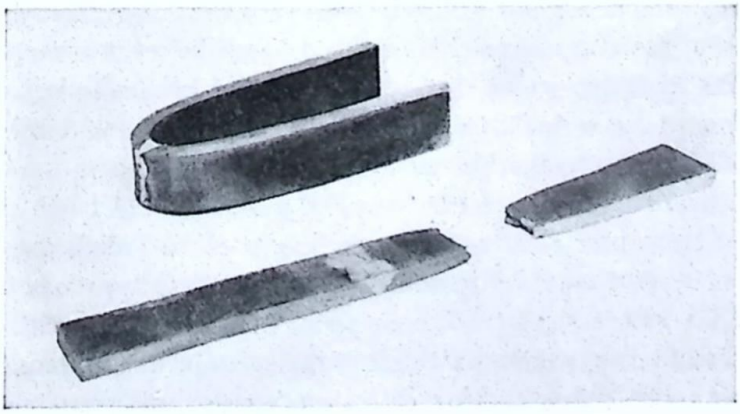


Fig. 138. Svetslödda skarvar i mjukt stål kunna erhålla en hållfasthet, som överträffar grundmaterialets.

dels fogytorna vara metalliskt rena och fria från alla föroreningar, så att lodet verkligen kommer i kontakt med grundmaterialet, dels måste lodet vara så lättflutet eller under flussmedlets inverkan bli så lättflutet, att det inträngер i de mikroskopiskt små porerna i grundmaterialets yta. Enbart genom detta ytmekaniska ingrepp kan man dock ej förklara den goda bindningshållfasthet, som uppnås, utan man måste även tänka sig en ytkemisk effekt. Det är därför klart att lodets och flussmedlets egenskaper ha stor betydelse för förbindningens styrka.

Lod.

Tillsatsmaterialet vid svetslödning utgöres i allmänhet av en legering av koppar och zink med en mindre tillsats av tenn samt någon eller några av ämnena kisel, järn eller mangan. I vissa fall ingår även en högre halt av nickel. Ett dylikt tillsatsmaterial benämnes sedan gammalt svetsbrons, vilket är en missvisande benämning, eftersom legeringen närmast kan betraktas som en mässing, då ju koppar och zink äro huvudbeståndsdelar.

Man brukar vanligen skilja mellan tre typer av svetsbronser, nämligen kisellegerade, kiseljärn- och slutligen nickellegerade. Av dessa är den förstnämnda den äldre typen, vilken numera utträngts av de två sistnämnda, vilka ge bättre hållfasthet på den svetslödda skarven. Att märka är därvid, att skarvens hållfasthet i allmänhet ej blir bestämd av själva svetsbronsens hållfasthet utan av dess vidhäftningshållfasthet. Det gäller därför att använda en svetsbrons, som har stor vidhäftningsförmåga till det grundmaterial, som skall svetslödas. Som framgår av det följande, är emellertid ej enbart lodets egenskaper avgörande för erhållande av god bindning mot grundmaterialet.

Flussmedel.

För att bindningen mellan lod och grundmaterial skall bliva den högsta möjliga fordras, att fogytorna i bindningsögonblicket äro metalliskt rena. Även om detta är fallet sedan de bearbetats, oxideras som bekant alla metaller av luftens syre och detta desto snabbare ju högre temperaturen är. De därvid bildade metalloxiderna ha i allmänhet högre smältpunkt än metallerna och alltså avsevärt högre smältpunkt än lodet och skulle därför hindra detta att tränga in i fogytans mikroskopiska håligheter, om de inte avlägsnas. Detta sker med hjälp av flussmedel, ett pulver som strös ut över fogytorna och i vilket svetstråden doppas och som vid smältning förenar sig med oxiderna till ett lättsmält och lättflytande slagg. Denna flyter upp på smältbadets yta och skyddar där den varma metallen mot oxidering. Även tillsatsmaterialet skall doppas i flussmedlet, så att de på dess yta bildade oxiderna upplösas.

Fogkanternas iordningställande.

Arbetsstyckets fogkanter förberedas vid svetslödning på ungefär samma sätt som vid gassvetsning. Fogen kan liksom vid svetsning utföras som stumfog, överlappsfog, hörnfog eller som T-fog. Stumfog är den ur hållfasthetssynpunkt gynnsammaste fogtypen och bör därför komma till användning i största möjliga utsträckning. Den har liksom hörnfogen öppen rot, d.v.s. ett visst avstånd mellan de undre fogkanterna. Låggaserna passera därför genom denna spalt, vilket gör, att lodet flyter ut i fogen lugnare än vid en sluten fog.

Vid stumfog utföres denna som rät stumfog, d.v.s. med ofasade fogkanter för materialtjocklekar t.o.m. 3 mm. Vid grövre materialtjocklekar användes V-fog med 30° fasvinkel. Vid materialtjocklekar grövre än 12 mm kan med fördel X-fog användas, eftersom materialåtgången härigenom minskas. Detta förutsätter givetvis, att fogen är tillgänglig för svetslödning från båda sidor.

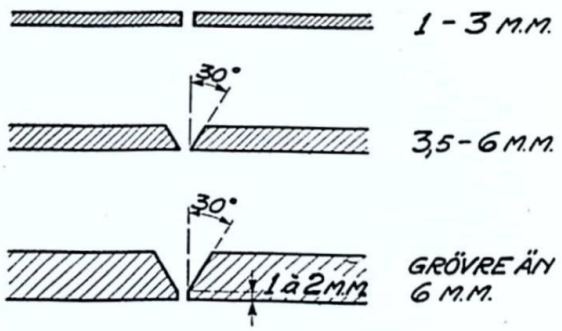


Fig. 139. Fogberedning för svetslödning. Vid materialtjocklekar över 12 mm användes X-fog, där så kan ske.

Svetslödningens utförande.

Munstycksstorleken väljes i allmänhet ungefär hälften så stor som vid svetsning av samma material och tjocklek. Lågtypen skall vara svagreducerande och bör ej ändra sig under svetslödningens gång i detta hänseende.

Frånsvetsning (vänstersvetsning) användes vid all svetslödning, oberoende av materialtjockleken. Eftersom låggaserna vid frånsvetsning strömma längs fogytorna i svetsriktningen, förvärmas dessa ytor ett relativt långt stycke framför svetslågan. Svetsaren kan genom glödfärgerna lätt kontrollera, att han håller rätt temperatur. Det är nämligen av stor betydelse för lodets inträngningsförmåga, att rätt temperatur hålles. Om temperaturen är för låg, blir lodet icke tillräckligt lättflutet för att kunna tränga in i fogytornas håligheter och om temperaturen å andra sidan är för hög, förgasas vissa beståndsdelar i lodet, varför även härigenom dess inträngningsförmåga minskas.

Ett enkelt prov för att utröna lämplig lödtemperatur vid svetslödning av gjutjärn utföres på följande sätt. Ett gjutjärnsstycke putsas, så att ytan blir slät. Plattan förvärmes och beströs med svetspulver, varefter en vårta av brons bygges upp. Då plattan kallnat, slår man med en hammare bort

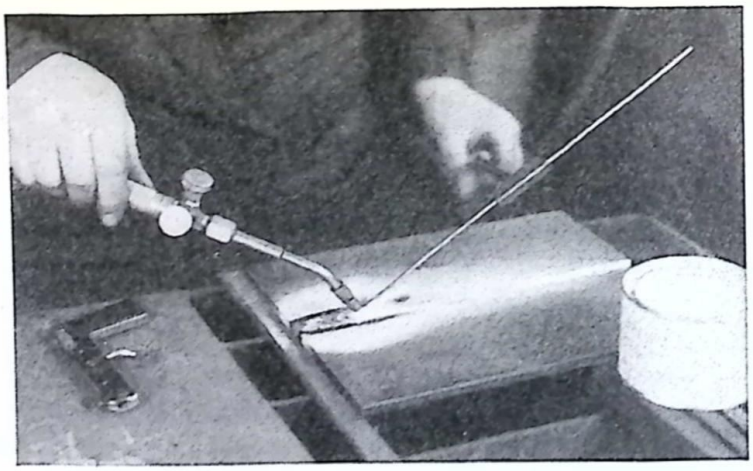


Fig. 140. Svetslödning utföres enligt frånsvetsmetoden.

vårtan och om då delar av gjutjärnet följer med, har bindningen varit god, medan så ej varit fallet, om bronsen lossnar från plattan i bindningszonen.

Vid mindre arbetsstycken är det i allmänhet tillräckligt att förvärma arbetsstycket något med svetsbrännaren, som därvid bör röras i cirklar över arbetsstyckets yta, så att uppvärmningen blir jämn. Vid mycket komplicerade gjutjärnsdetaljer bör emellertid förvärmningen ske i ugn. Sedan arbetsstyckets delar förvärmts, strös tillsatsfluss över fogytorna. Även lodet värmes något med svetslågan och doppas i tillsatsflussen. Därvid bör endast tillföras så mycket pulver som erfordras för att lodet skall flyta väl ut i fogen.

Svetslödningen börjas genom att ca 50 mm av fogytorna i början av den tillämnade fogen uppvärmas till körsbärsröd färg (ca 800° C). Detta sker bäst genom att lågan föres fram och tillbaka längs fogytorna. Temperaturen kontrolleras genom att man nedsmälter några droppar lod på fogytor-

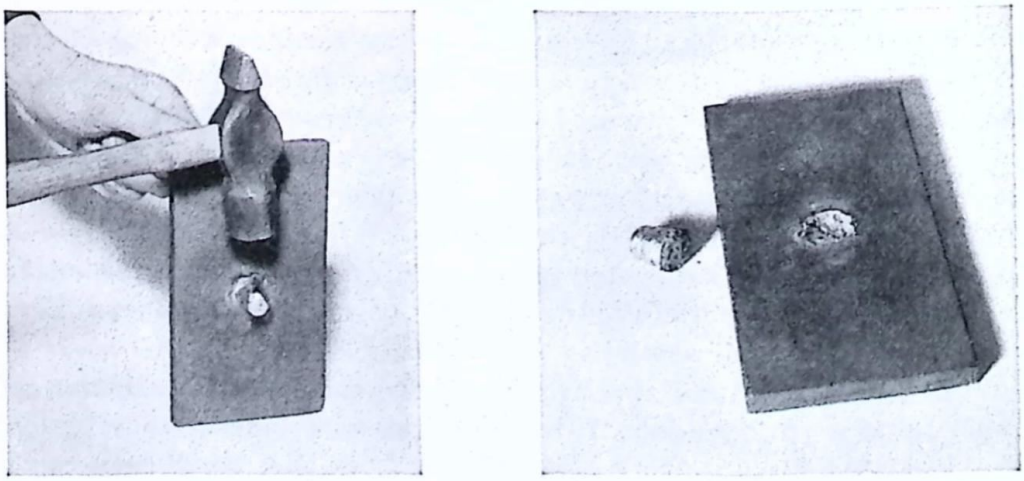


Fig. 141. Prov för bestämning av rätt temperatur vid svetslödning av gjutjärn.

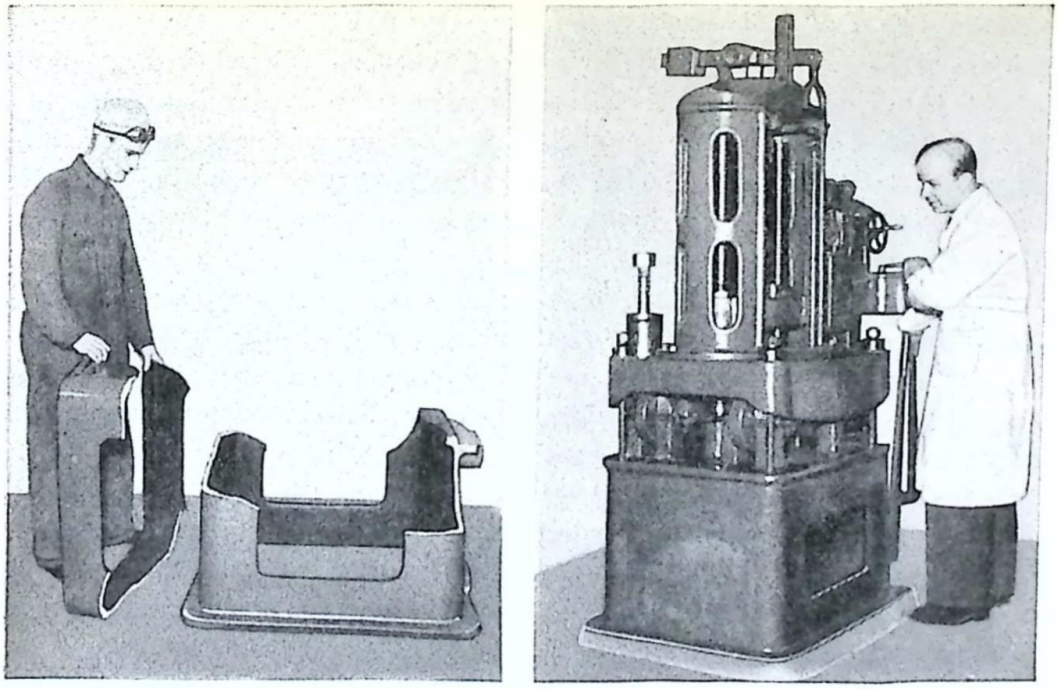


Fig. 142. Brustet gjutjärnsstativ till dragprovmaskin reparerat medelst svetslödning.

na. Är temperaturen den rätta, flyter lodet lätt ut över ytorna i ett tunt skikt på samma sätt som när vatten sprider sig över en ren fuktig yta. Om däremot temperaturen är för hög, kokar lodet på ungefär samma sätt som när man droppar vatten på en varm stålyta.

När den första ca 50 mm långa delen av fogytorna uppvärmts till rätt temperatur, skola dessa överdragas med ett tunt lager av lodet, fogytorna »bronseras». Det är ju på detta lager som fogens hållfasthet i första hand beror, och svetsaren skall därför tillse, att lodet flyter ut över hela ytorna. »Bronseringen» av fogytorna sker bäst genom att lodet gnides mot dessa i svetsriktningen och omedelbart framför kärnlågans spets, då det nedsmältes. Kärnlågan får därvid inte komma i beröring med smältbadet utan dess spets skall hela tiden hållas 2 à 3 mm från detta. Denna del av fogen fylles därefter i en eller flera strängar alltefter materialtjockleken. När den första delen av fogen fyllts, förfares på samma sätt med nästa del o.s.v.

Svetslödning av gjutjärn.

Vid svetslödning av gjutjärn uppnås utan svårighet en hållfasthet, som fullt motsvarar grundmaterialets. Lodet binder väl mot gjutjärn, om fogytorna äro metalliskt rena och fria från oxider och smuts. Svetslödningen utföres i överensstämmelse med tidigare lämnade anvisningar. Hela arbets-

stycket bör i allmänhet förvärmas, så att värmespänningar i möjligaste mån undvikas. Efter svetslödningen bör svetslågan röras i cirklar över arbetsstyckets yta, så att ojämnt uppvärmda delar av grundmaterialet före avsvalnandet få samma temperatur. Avsvalningen bör ske långsamt och arbetsstycket bör därför täckas med asbestpapp eller nedpackas i ett värmeisolerande ämne, t.ex. kiselgur. Det bör skyddas mot drag, som kan förorsaka ojämn avsvalning.

Vid svetsning av gjutjärn är det ofta nödvändigt att tillgripa heluppvärmning av arbetsstycket för att därigenom förhindra uppkomsten av krympspänningar eller krympsprickor. Fördelen med att svetslöda i stället för att svetsa gjutjärn är framförallt den, att man i många fall kan utföra en reparation utan en dylik heluppvärmning, varför reparationsarbetet kan utföras betydligt bekvämare än genom svetsning. Eftersom lodets hållfasthet hastigt minskas med stigande temperatur, bör svetslödning dock ej användas för detaljer, som i drift utsättas för högre temperaturer än 200° C.

I detta sammanhang påpekas, att *aducerat gjutgods* kan svetslödas på samma sätt som vanligt gjutjärn.

Svetslödning av galvaniserat järn och stål.

Galvaniserade järn- och ståldetaljer kunna med fördel hopfogas medelst svetslödning. Svetsning är här olämplig, eftersom galvaniseringen skadas genom den starka uppvärmningen. Detta behöver emellertid ej ske vid svetslödning. Skulle den emellertid genom oförsiktig uppvärmning skadas något vid sidan av fogen, kan detta lätt avhjälpas genom att lod på sådana ställen smältes ut i ett tunt, skyddande skikt. En svetslödd fog kan därför vid sådant material lätt utföras med bibehållande av fullt rostskydd på båda sidor.

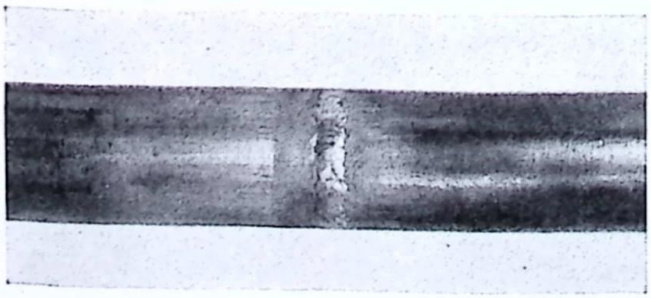


Fig. 143. Svetslött galvaniserat rör.

Vid svetslödning av galvaniserade detaljer bör man komma ihåg, att det skyddande överdraget, som består av zink, vid stark uppvärmning bildar skadliga ångor. Effektiv ventilation bör alltid ordnas vid sådana arbeten.

Svetslödning av olika metaller.

Koppar kan med gott resultat svetslödas. Svetslödning rekommenderas framför svetsning, när icke skillnaden i färg mellan svets- och grundmaterial hindrar detta eller där icke hög korrosionsbeständighet eller hög hållfasthet vid högre temperaturer fordras. Som redan omnämnts, sjunker nämligen hållfastheten hos en svetslödd fog starkt vid temperaturer över 200° C.

Svetslödning av koppar tillgår på förut beskrivet sätt. På grund av kopparns stora värmeavledningsförmåga måste man emellertid här välja ett relativt stort munstycke. I allmänhet är det lämpligt att välja en acetylenförbrukning av ca 100 lit./tim. och mm godstjocklek.

Svetslödning kan med fördel användas för mässing och brons. Eftersom smältpunkten för mässing och brons ligger nära lodets, är det här icke fråga om en ren svetslödning utan ett mellanting mellan svetslödning och svetsning. Svetslödningen utföres på vanligt sätt och munstycksstorleken bör vara ca 60 liter acetylen/timme och millimeter godstjocklek.

Svetslödning kan dessutom med fördel användas för att förbinda metaller av olika slag med varandra. Stål kan sålunda svetslödas till rostfritt stål, gjutjärn eller koppar; rostfritt stål till koppar eller mässing o.s.v.

Hårdlödning.

Egentligen föreligger ingen principiell skillnad mellan svetslödning respektive hårdlödning (slaglödning). I den mån som ett särskiljande mellan metoderna är möjligt är detta enbart att hänföra till det sätt, varpå arbetet utföres. Vid hårdlödning läggas lödytorna tätt intill varandra och värmes hela arbetsstycket eller en större del därav, under det att man vid svetslödning endast värmer lödstället, som dessutom brukar vara fasat eller formgivet på samma sätt som en svetsfog. Vid hårdlödning flyter lodet in i den mycket smala spalt, som bildas mellan lödytorna, under det att man vid svetslödning bygger upp tillsatsmaterialet i en sträng mellan fogkanterna på samma sätt som vid svetsning. Benämningen hårdlödning har uppkommit för att ange ett motsatsförhållande till den i det följande beskrivna mjuklödningen, som ger förbindningar med mycket lägre hållfasthet.

Tillsatsmaterialet vid hårdlödning kan utgöras av samma *svetsbronser*, som komma till användning vid svetslödning. Vid hårdlödning av små, tunnväggiga föremål måste dock speciellt lättsmälta silverlegerade lod användas. Ett mycket vanligt tillsatsmaterial för hårdlödning är *paljelod*, vilket innehåller 25 % silver och resten koppar och zink. Det har en smältpunkt av 760° och flyter ut mycket lätt. Ännu mera lättflutet är *silverlod* med 50 % silver och resten koppar och zink. Det har en smältpunkt av 720°. Då det är önskvärt, att ha ett lod med låg smältpunkt, men man av

kostnadsskäl ej önskar använda silverlegerade lod, kan *fosforkoppar* användas, som innehåller 6 % fosfor och resten koppar. Detta lod ger emellertid spröda fogar och kan därför ej användas, då skarven blir utsatt för större påkänningar.

Som flussmedel vid hårdlödning användes vanligen borax. Samma slags svetspulver som för svetslödning kan med fördel också komma till användning.

Mjuklödning.

Vid mjuklödning användas lod med en smältpunkt, som är lägre än 250° C. På grund av att de använda loden ha liten hållfasthet, blir förbindningens kvalitet ur mekanisk synpunkt underlägsen de förbindningar, som åstadkommas genom svets- eller hårdlödning. Mjuklödning bör därför endast användas, då inga större påkänningar förekomma.

Lod för mjuklödning innehålla varierande halter av tenn och bly. Understundom tillsättes antimon, vismut eller kadmium, varigenom ännu lägre smältpunkter erhållas. Då ett blyfritt lod önskas, t.ex. vid lödning av kärl för livsmedel, användes rent tenn vid lödningen. Smältpunkterna för olika mjuklod äro:

Tennlod 40/60 (40 % tenn 60 % bly)	240°
Rent tenn	232°
Tennlod 50/50 (50 % tenn 50 % bly)	220°
Tennlod 60/40 (60 % tenn 40 % bly)	190°
Vismutlod (30 % tenn 45 % bly 25 % vismut)	145°
Woods metall (12 % tenn 25 % bly 50 % vismut 13 % kadmium)	65°

Lodet smältes med en upphettad lödkolv, varmed även lodet i smält tillstånd överföres till lödstället. Lödkolven upphettades förr vanligen i kolfyr eller medelst blåslampa. Numera användas vanligen lödkolvar, som kontinuerligt uppvärmas av en från ett inbyggt munstycke brinnande acetylenluftlåga.

Som flussmedel användes zinkkloridlösning (»släckt saltsyra»), som erhålles genom upplösning av zink i saltsyra. Eventuellt tillsättes salmiak. Ett flertal lödpastor innehållande harts, stearin och salmiak komma även till användning. Vid lödning av tunna metalldelar användas även lödpastor, som innehålla en blandning av lod och flussmedel.

Medelst mjuklödning kunna järn, koppar, nickel, bly, tenn samt de flesta mässing- och bronslegeringar sammanfogas. För aluminium- och lättmetall-legeringar användas speciella lod och speciella lödningsförfaranden, för vilka redogjorts i det föregående.

Påsvetsning.

För att reparera förslitna delar av ett föremål kan man medelst svetsning pålägga metall på de avnötta ställena och på så sätt återställa den ursprungliga godstjockleken. Påsvetsning kan emellertid också användas vid nytillverkning av detaljer, varvid man på ett relativt mjukt grundmaterial bygger upp ett ytskikt, som har stor hårdhet och nötningshållfasthet. I sistnämnda fall kallas påsvetsningen även *hårdsvetsning*.

Påsvetsning av förslitna detaljer.

Reparation av förslitna arbetsstycken genom påsvetsning förekommer på de mest skilda föremål såsom maskinaxlar, kuggarna på ett kugghjul, löpbanan på en linskiva, plogskär och plogspetsar, kättingar, verktyg o.s.v. Ett område, där mycket höga fordringar ställas på kvaliteten hos den utförda svetsen, och där påsvetsning på senaste tid allt mera kommit till användning är för reparation av förslitna skenändar, spårväxlar och spårkorsningar för såväl järnvägs- som spårvägsdrift.

Två intill varandra stötande rälsändar förbindas i allmänhet med skarvjärn fastsatta medelst bultar. En dylik skenskarv blir ej absolut fast, utan då tåghjulen passera över rälsskarven, komma rälsändarna att böjas ned på det sätt, som med överdrivet stora vinklar visas i fig. 144. Om hjulens hastighet är stor, komma de på grund av rälsändarnas nedböjning att för ett ögonblick avlägsna sig från beröring med skenan vid *a* i fig. 144 och sedan träffa den andra skenan vid *b*, varvid denna skena utsättes för en kraftig stöt från hjulkransen, varigenom en förslitning av skenändarna inträder.

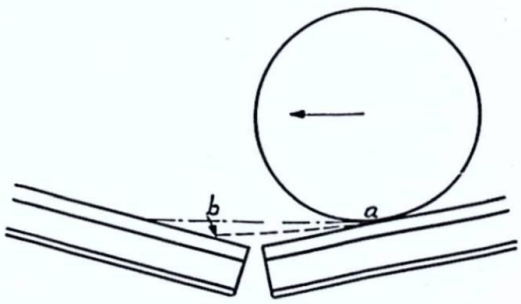


Fig. 144.

Vid spårkorsningar, som visas i fig. 145, inträffar även en ganska stark förslitning å de punkter, där hjulen skola ledas över från en skena till en annan, beroende dels på att stötar kunna uppstå, då hjulkransen övergår från den ena skenan till den andra och dels på att anliggningsytan mellan hjulkransen och skena är mindre i vissa punkter av korsningsstycket, än då

hjulen rulla fram över en vanlig rak räls. Genom att påsvetsa de förslitna ställena med ett tillsatsmaterial, vars hållfasthetsegenskaper motsvara grundmaterialets, kan man iståndsätta en nedsliten rälsända eller spårkorsning, så att den blir som ny. Om svetsningen utföres på lämpligt sätt, kan svetsen smidas direkt till färdigt mått, utan att någon efterbearbetning i form av hyvling eller slipning behöver företagas.



Fig. 145. Försliten järnvägskorsning.

Fördelen med att kunna reparera rälsändar och spårkorsningar medelst påsvetsning ligger förutom i att deras livslängd förlänges även däri, att reparationen kan utföras, utan att de behöva tagas loss ur spårsystemet, varigenom man undviker avbrott i trafiken. Spårkorsningar eller s.k. hjärtstycken, vilka äro de mest påkända delarna i ett järnvägs- eller spårvägsspår ha ett förhållandevis stort anskaffningspris, varför en genom påsvetsning ökad livslängd medför en betydande ekonomisk vinst.

För dylik påsvetsning har gassvetsmetoden visat sig vara den mest ändamålsenliga smältsvetsmetoden. Detta har sin huvudsakliga orsak i att gassvetsmetoden ger en relativt stor värmezon, som gör att man ej erhåller skarpa övergångar i hållfasthet och hårdhet och därmed följande spänningar i övergångszonerna mellan svetsgods och grundmaterial.

Påsvetsningens utförande.

Det hjärtstycke eller den skenända, som skall repareras, rengöres först medelst en stålborste från olja, fett, rost och andra föroreningar. Vidare avlägsnas med hjälp av en skrotmejsel eller skärbrännare delvis losslaget eller utmed kanterna nedvalsat material, se fig. 146 A. Vid svetsningens utförande användes ett så stort munstycke, att en relativt stor del av arbetsstycket kan hållas uppvärmd samtidigt. I allmänhet torde ett munstycke med en förbrukning av 1.600 liter acetylen per timme vara lämpligt, utom i det fall, att påläggningen skall ske på den smala spetsen av den kilformiga s.k. tungan i ett hjärtstycke, se fig. 145, då ett mindre munstycke bör väljas. Vid svetsningen användes svagt kolande låga.

Svetsningen utföres enligt motsvetsmetoden. Man bör lägga särskild vikt vid att tillsatsmaterialet ej smältes ned på grundmaterialet, innan detta kommit i smälta. Om som i fig. 146 B tillsatsmaterialet smälts ned, innan kanten *a* smält, erhålles ej bindning mellan tillsats- och grundmaterial, och i dylikt fall kommer svetsen efter kort tids trafik att slås bort. Se fig. 146 C.

Det nedsmälta tillsatsmaterialet hamras omedelbart efter svetsningen, medan det har ljusröd färg. Då den del av rälsen, som skall påsvetsas, är relativt lång, uppdelas denna del i sektioner på 40 à 50 mm längd, varvid hamring företages, så snart en dylik sektion uppbyggts med material till erforderlig höjd. Vid påsvetsning av en efterföljande sektion uppvärmes det nyss svetsade materialet, så att en god bindning erhålles med det därpå tillsatta. Om vid hamringen materialet skulle ha flutit ut över kanten, som fig. 146 D visar, måste det mejslas bort och ej hamras mot rälsens sida som i fig. 146 E, enär det då endast bildar ett löst skal, som mycket snart kommer att slås sönder av vagnshjulen.

Svetsens yttre formgivning.

Vid påsvetsning av förslitna delar av ett korsningsstycke bör man ej eftersträva att pålägga så mycket material, att skenorna få exakt den form och höjd de ha, då de äro nytillverkade, utan i stället bör man rätta mängden material, som pålägges, efter närgränsande skenor och med hänsyn tagen till hjulkransens koniska form. I fig. 146 F visas det fall, att såväl tungan som sidoskenan ha samma höjd. På grund av hjulkransens koniska form tar tungan upp hela belastningen från hjulet. Då hjulet rullar ned på sidoskenan, får denna ett kraftigt slag från hjulet. I fig. 146 G visas en på så sätt utförd påsvetsning, att tungan och sidoskenan i varje ögonblick samarbeta, d.v.s. äro likformigt belastade, och så att slag från hjulen undvikas. Endast så mycket material har påsvetsats, att den högsta punkten på hjärtstycksspetsen befinner sig ca 3 mm under den färdigsvetsade sidoskenans övre yta.

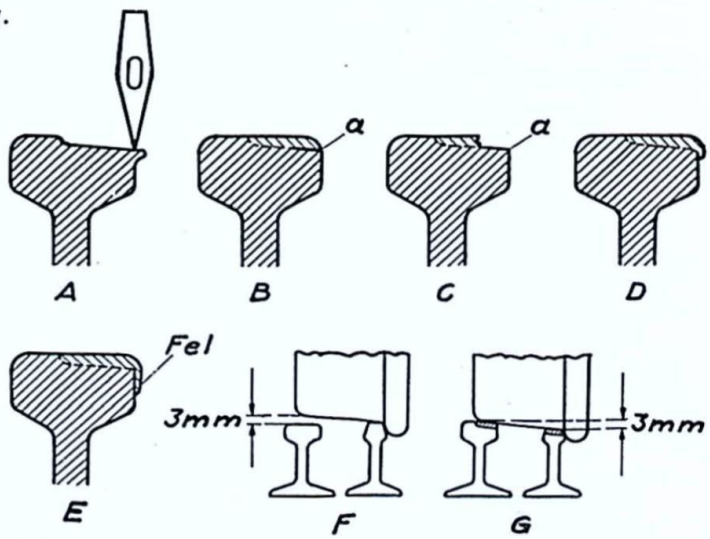


Fig. 146. Påsvetsning på räls.

Hårdsvetsning.

Då påsvetsning användes för att på detaljer av mjukt stål lägga på ett ytskikt med stor hårdhet, eventuellt i kombination med korrosions- och värmebeständighet, brukar påsvetsningen benämnas hårdsvetsning.

Arbetssättet vid utförandet av hårdsvetsning liknar det, som kommer till användning vid påsvetsning. Den största skillnaden ligger däri, att grundmaterialet ej får smälta vid hårdsvetsning, vilket däremot eftersträvas vid påsvetsning av stål på en ståldel. Upphettningen drives dock längre än vid svetslödning, varför man kan säga att hårdsvetsning med hänsyn till uppvärmningsgraden av grundmaterialet intager en mellanställning mellan svetsning och svetslödning.

Den yta av arbetsstycket, som skall hårdsvetsas, slipas, smärglas, hyvlas eller bearbetas på annat sätt, så att den blir absolut fri från smuts, valshud och glödskal. Om den pålagda hårdmetallen kommer att bliva utsatt för tryck eller slagkrafter, som vilja skjuva eller slå bort densamma, bör grundmaterialet bearbetas på så sätt att hårdmetallskiktet får stöd av underliggande grundmaterial. Om t.ex. ett hårdsvetsat hörn skall upptaga stora tryckpåkänningar, som fallet är hos ett stansverktyg eller hos ett saxstål, bearbetas stålet enligt fig. 147. Om arbetsstycket endast utsättes för ringa tryck, bearbetas hörn och kanter enligt fig. 148, som visar bearbetningen av ett ventilsäte. Ett tredje sätt att förarbeta en yta för hårdsvetsning visas i fig. 149, vilket kommer till användning vid hårdsvetsning

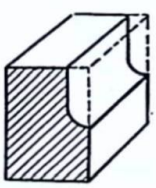


Fig. 147.

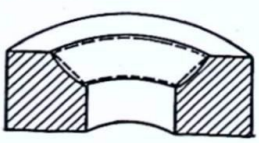


Fig. 148.

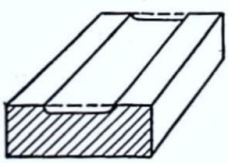


Fig. 149.

av ledare i valsverk. Rännan maskinarbetas, så att hålkälsradien blir lika med rännans djup. Skarpa hörn få ej förekomma.

Medelstora arbetsstycken förvärmas med svetslåga till omkring 500° C, d.v.s. till brunvärme. Stora arbetsstycken böra förvärmas i ugn eller kolfyr, under det att små föremål ej fordra särskild förvärmning, enär denna sker i samband med svetsningen. Av vikt är, att förvärmningen ej drives så långt, att glödskal bildas på den yta, som skall hårdsvetsas.

Hårdsvetsningen utföres med starkt kolande låga. Den totala längden på zon B i fig. 31 bör vara tre gånger så lång som kärnlågan. Acetylenöverskottet i lågan påverkar stålytan, så att ett mycket tunt ytskikt upptager kol, varigenom dess smältpunkt sänkes. Detta fenomen benämnes »svettning» och inträffar en god stund innan så mycket värme tillförts, att ett

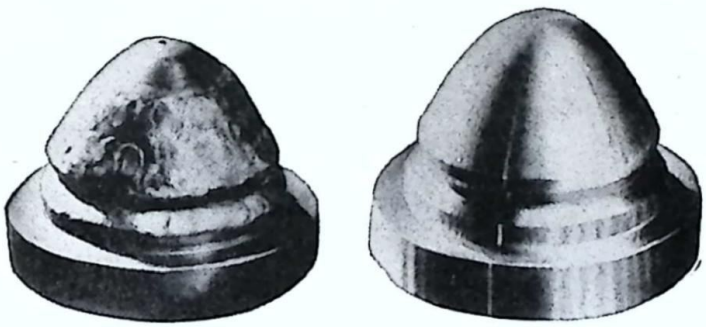


Fig. 150. Ventil till matarvattenpump, hårdsvetsad och slipad.

verkligt smältbad erhålles på stålytan. När denna svettning inträffar, börjar man nedsmälta hårdmetallen på stålytan, varvid man undviker att smälta själva stålet. Vid nedsmältningen föres låga och tråd enligt frånsvetsmetoden. Trådspetsen föres stötvis in i lågans reducerande zon, så att den smälta droppe, som bildas på trådens spets, tillföres smältbadet, först sedan den nyss förut avsmälta droppen spridit sig över den till »svettning» bragta stålytan. Puddlande rörelser med svetstråden böra undvikas, för att tillsatsmaterialet ej skall blandas med grundmaterialet, vilket skulle resultera i en försämring av beläggningens hårdhetsegenskaper. Om det pålagda skiktet behöver jämnas till, går man över ytan med enbart svetslågan utan trådtillsats, varvid brännaren föres i små halvcirkelformiga rörelser.

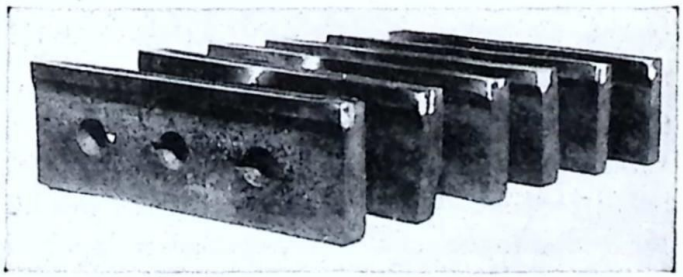


Fig. 151. Hårdsvetsade saxstål för varmklippning av göt och valsade ämnen.

Omedelbart efter att en hårdsvetsning utförts, inbäddas arbetsstycket i något isoleringsmaterial, såsom kiselgur, aska eller sand för att avsvalnandet skall ske långsamt, varigenom sprickbildningar undvikas. Avsvalningen kan också ske i ugn, om sådan använts vid förvärmningen.

Om så är lämpligt, slipas det pålagda skiktet efter svetsningen, varvid det är av stor vikt att iakttaga att ingen överhettning av materialet uppstår, enär sprickor härigenom kunna uppstå.

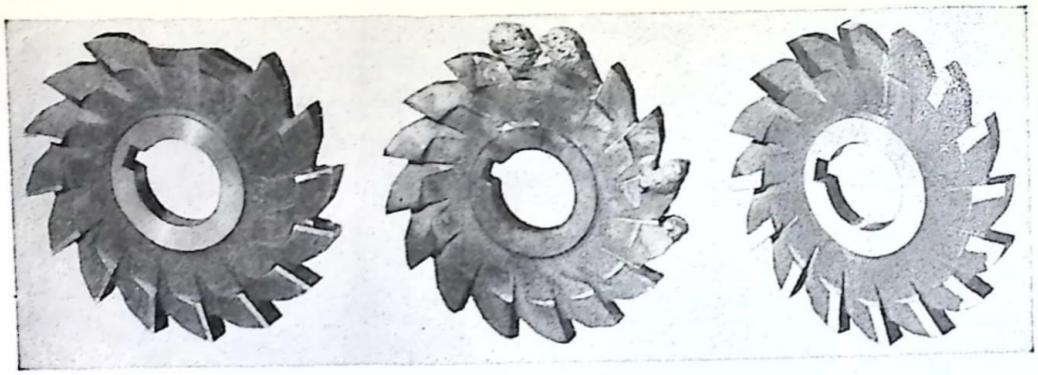


Fig. 152. Söndrig snabbstålsfräs reparerad medelst påsvetsning.

Påsvetsning av snabbstål.

Snabbstålen har på grund av sina goda skäregenskaper fått stor användning som skärstål av olika slag. De bestå av järn legerat med högre halter av krom, volfram, vanadin, kobolt och molybden. Skadade snabbstålsverktyg repareras genom påsvetsning, såsom då det gäller att bygga upp en avsliten tand på en fräs eller en bruten egg på ett borr. Men dessutom kunna nya snabbstålsverktyg tillverkas genom att man på ett kolstål svetsar snabbstål på den del av verktyget, som skall utgöra skärande egg.

Reparation av snabbstålsverktyg genom påsvetsning.

Före svetsningen måste verktyget utlöpas vid c:a 800° C. Mindre verktyg utlöpas medelst svetslågan, men mera komplicerade böra glödgas i ugn. Efter utlöpningen bortslipas sprickor och ojämnheter på det skadade stället. Inåtgående hörn och fickor utföras mjukt avrundade, vilket underlättar svetsningen och minskar risken för blåsor och slagginneslutningar. Svetsstället rengöres från smuts, glödskal, fett och andra föroreningar. Under svetsningen hålles svetsstället och angränsande partier vidglödande och verktyget i övrigt rödvarmt. Större verktyg förvärmas i ugn eller träkolsfyr, mindre uppvärmas med bunsenlåga.

Svetslågan inregleras, så att den blir mjuk och kolande. A-gasfjäderns längd skall vara ungefär dubbelt så lång som kärnlågan. Påsvetsningen sker enligt frånsvetsmetoden. Lågan föres vinkelrätt mot smältbadet och långsamt framåt i svetsriktningen. Den skall hela tiden hållas så, att de skyddande låggaserna täcka smältbadet. Tråden lutar 60° mot arbetsstycket. Den nedsmältes genom att då och då doppas i smältbadet. Slaggpartiklar på smältbadets yta upplösas genom att lågspetsen doppas ned mot dem.

Sedan svetsningen fullbordats, skall verktyget svalna långsamt till rumstemperatur, varför det nedbäddas i något värmeisolerande ämne såsom

kiselgur, aska eller torr sand. Verktyget grovbearbetas därefter med skärande verktyg eller smärgelskiva. Efter grovbearbetningen skall verktyget härdas. Det uppvärmes därför i ugn långsamt till 600°, därefter snabbare till 1240° och hålles vid denna temperatur under några minuter, varefter det kyles i olja. Efter härdningen utlöpes verktyget vid en temperatur av 560° under 30 minuter. Det får därefter svalna i luften till rumstemperatur. Verktyget är sedan färdigt för finslipning. Hårdheten uppgår till ca 750° Brinell.

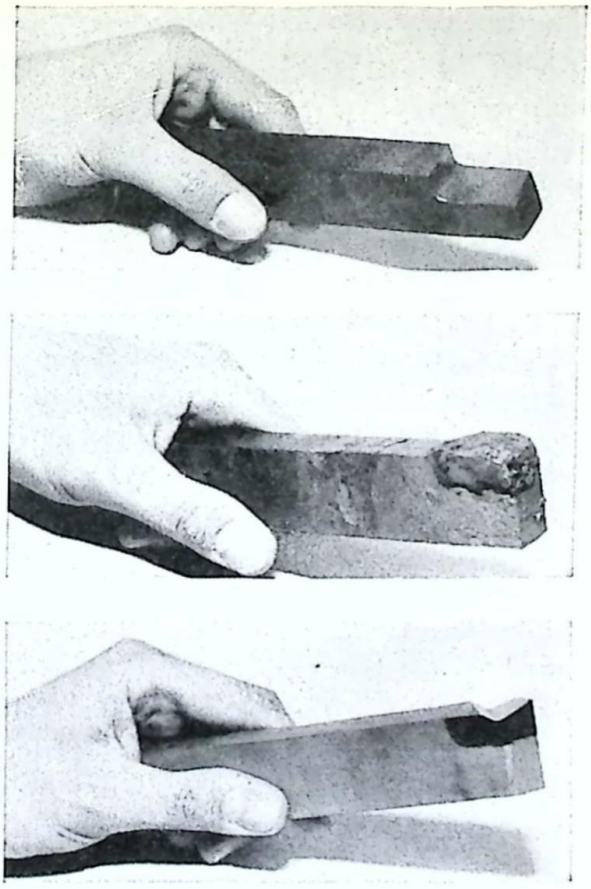


Fig. 153. Tillverkning av svarvstål genom påsvetsning av snabbstål på skaft av kolstål.

Tillverkning av snabbstålsverktyg medelst hårdsvetsning.

Vid *tillverkning* av svarvstål, större borrar och fräsar av snabbstål är det ofta fördelaktigare att utföra denna genom påsvetsning med snabbstål på en stomme av kolstål, som är avsevärt billigare än snabbstål. Verktygets grundstomme, på vilket snabbstålet skall svetsas, tillverkas av stål med en kolhalt av 0,35—0,50 % för att stålet skall erhålla tillräcklig hållfasthet utan att dock bliva allt för känsligt vid härdning. Verktyget svetsas på samma sätt som förut beskrivits. Påsvetsningen bör ske så tjockt, att en icke önskvärd uppblandning med kolstålet undvikes.

Härdningsproceduren kan för på detta sätt tillverkade snabbstålsverktyg utföras på ett betydligt enklare sätt, än då det gäller att härda verktyg, som helt igenom bestå av snabbstål. Verktyget uppvärmes nämligen med svetslågan till nära smälttemperatur under så lång tid att det pålagda materialet blir väl genomvärmt. Lågan tages sedan hastigt bort, och en tryckluftstråle riktas mot det pålagda materialet, tills hela verktyget efter någon minut antagit rumstemperatur.

Påsvetstrådar för stål.

Svetstråd med samma hårdhet som grundmaterialet.

1. Kolstål och låglegerade stål påsvetsas med vanliga skarvsvetstrådar. Exempel: För lagning av gjutfel i stålgjutgods och för uppbyggnad av vårtor på maskindetaljer användes H-44. Vid påsvetsning av förslitna detaljer, där man ej önskar så stor hårdhet som påsvetstrådar ge, kan H-52 eller H-68 användas. Den sistnämnda ger en hårdhet av 220 Brinell.

2. Vid påsvetsning av hårdare kolstål och legerade stål, där man önskar erhålla stor slithållfasthet hos det påsvetsade skiktet, bör man använda särskilda påsvetstrådar. Påsvetstrådarna äro i motsats till skarvsvetstrådarna ej klassificerade efter brotthållfastheten utan efter den hårdhet, som svetsgodset erhåller. Så t.ex. avser beteckningen P-250 en påsvetstråd, som ger en minimihårdhet av 250 Brinell, P-350 en tråd, som ger en hårdhet av 350 Brinell o.s.v. Exempel: Vid påsvetsning av räls önskas ett svetsgods, som förutom stor hårdhet även besitter god seghet för att kunna motstå slagpåkänningar. Lämpligaste tråd blir P-250. Det är ej lämpligt att svetsa med en hårdare tråd, enär de svetsade partierna i så fall bli hårdare än angränsande grundmaterial, vilket till följd av ojämn avnötning så småningom ger upphov till extra stötpåkänningar. Endast rälskorsningar, som äro utsatta för starkare förslitning än angränsande delar av rälsen, påläggas med P-350. Denna väljes också med fördel för påsvetsning av stans- och skrapverktyg, plogspetsar och liknande.

3. Höglegerade specialstål påläggas med tråd av motsvarande kvalitet. Exempel: Trasig fräs av snabbstål påsvetsas med snabbstålstråd.

Tråd för hårdsvetsning (större hårdhet än grundmaterialet).

1. Påsvetstråd P-250, P-350 och snabbstålstråd användes även som hårdsvetstråd, d.v.s. för svetsning av hårda slitskikt på underlag av mjukt stål.

2. Då man genom hårdsvetsning önskar erhålla hårda slitskikt, vars hårdhet bibehålles vid höga temperaturer eller i korroderande atmosfär användes järnfria kobolt-volfram-kromlegeringar. Den vanligaste av dessa legeringar går under namnet stellit. Av stellit finnas tre olika kvaliteter, nämligen:

Stellit nr.	1	som	ger	en	brinellhårdhet	av 550
„ „	6	„	„	„	„	„ 375
„ „	12	„	„	„	„	„ 470

Stellit nr. 1 användes för hårdsvetsning av föremål, utsatta för stor nötning vid vanlig temperatur, men där inga större slagpåkänningar förekomma t.ex. för transport- och matarskruvar.

Stellit nr. 6 är ej så hård som nr. 1, men bibehåller i stället sin hårdhet

vid höga temperaturer. Den bör därför användas för hårdsvetsning av verktyg, som utsättas för nötning vid höga temperaturer t.ex. avgasventiler till förbränningsmotorer, götsaxstål och liknande.

Stellit nr. 12 ligger i hårdhet mellan de föregående kvaliteterna. Den bör användas för hårdsvetsning av föremål utsatta för nötning i samband med slagpåkänningar, såsom stans- och skäggningsverktyg, stukbackar etc.

3. Speciella hårdsvetstrådar äro svetstrådar bestående av volfram- eller borkarbider s.k. diamantersättningar. Volframkarbiderna förekomma i form av gjutna eller sintrade bitar av varierande form och storlek och påsvetsas ett arbetsstycke antingen inneslutna i ett tunnväggigt rör, som nedsmältes eller med hjälp av vanlig påsvetstråd. Ett hårt, segt bindemedel är nödvändigt för att effektivt fixera karbiderna och hindra deras bortfallande. Svetsgodset erhåller en hårdhet, som närmar sig diamantens. *Exempel:* Jordborrar, skrapor till vägmaskiner, schaktningsredskap.

Påläggning av brons på stål- och andra metallytor.

Påläggning av svetsbronser förekommer antingen för att skydda en nytillverkad del eller ett visst parti på en ny del av vanligt kolstål mot rostning eller för att reparera slitytor på koppar, mässing eller brons. Ett ex. på påläggning av svetsbrons utgör följande. Om man har en motorbåt, där propellerstävens beslag och propellern äro av brons, under det att propelleraxeln är av stål, kan man genom påläggning av svetsbrons på den del av axeln, som ligger mellan stäven och propellern, förhindra axelns förstöring genom rost. Enär denna påläggning kan utföras utan att stålaxelns yta behöver bringas till smältning, behöver man ej befara någon deformation i axeln.

Påläggningen av svetsbrons sker på samma sätt som vid svetslödning. Ytorna skola noga rengöras från olja, fett, smuts o.d., innan påläggningen utföres. Vid stora ytor är det lämpligast att förvärma hela arbetsstycket.

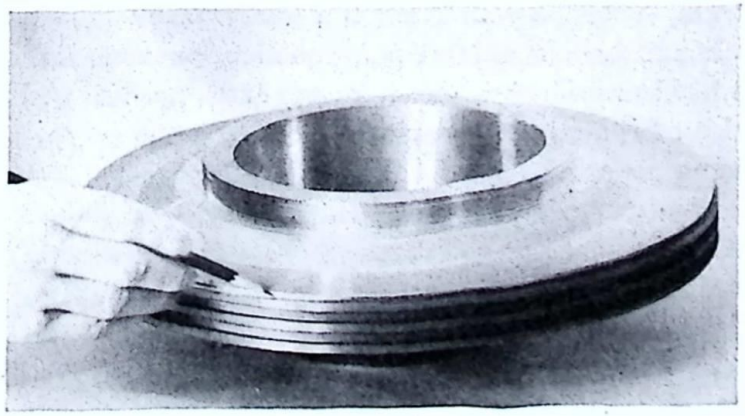


Fig. 154. Maskindetalj av stål med påsvetsat skikt av svetsbrons.

Flamhärdning.

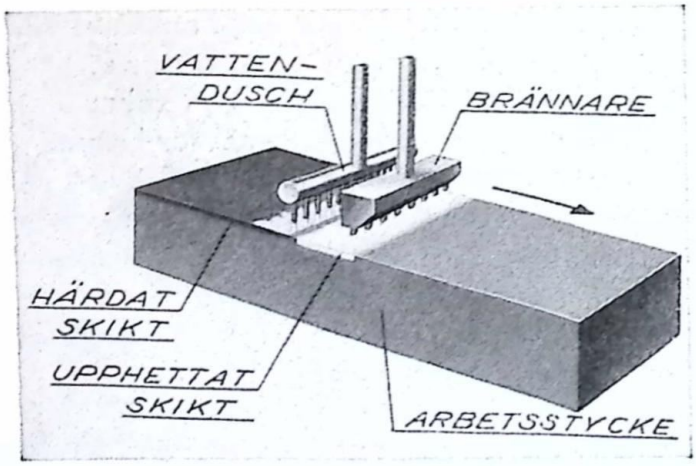


Fig. 155. Flamhärdningens princip.

Under kapitlet om stålets struktur omnämndes, huru man kan bibringa ett stål med en kolhalt överstigande 0,35 % förhöjd hårdhet genom uppvärmning och därpå följande snabb avkylning. Uppvärmningen skall företagas till en temperatur, som ligger något över stålets övre omvandlingstemperatur, vilken representeras av linjen GS i fig. 104. Det översta streckade smala området i nämnda diagram anger de temperaturer till vilka stål med olika kolhalter böra uppvärmas, om härdning skall ske i vatten. Vid denna form av härdning sker uppvärmningen i ugn, kolfyr eller liknande, så att hela arbetsstycket blir genomvarmt. Vid den efterföljande kylningen avgives värme till den omgivande kylvätskan, som i stället för vatten även kan utgöras av olja.

Nu kan man emellertid även utföra härdning av ett tunt ytskikt på ett föremål av stål på så sätt att ett mindre parti av arbetsstyckets yta medelst svetslåga snabbt uppvärmes till lämplig härdtemperatur, varefter ytan omedelbart avkyles medelst vattenbesprutning. Genom att kontinuerligt föra fram svetslågan utefter ytan och följa efter med vattenstrålen kan så småningom hela ytskiktet på föremålet genomhärdas.

Vid detta härdningsförfarande sker uppvärmningen så snabbt att endast ett tunt ytskikt hinner bli uppvärmt. De inre delarna av arbetsstycket förbli kalla. Vid den avkylning, som företages efter uppvärmningen, kommer värme därför att avledas dels utåt till kylvattnet och dels inåt till arbetsstyckets mittparti. Kylverkan blir därför effektivare än vid vanlig härdning och därför blir också härd-

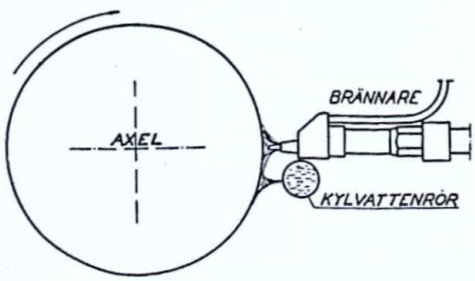


Fig. 156. Flamhärdning av axeltapp.

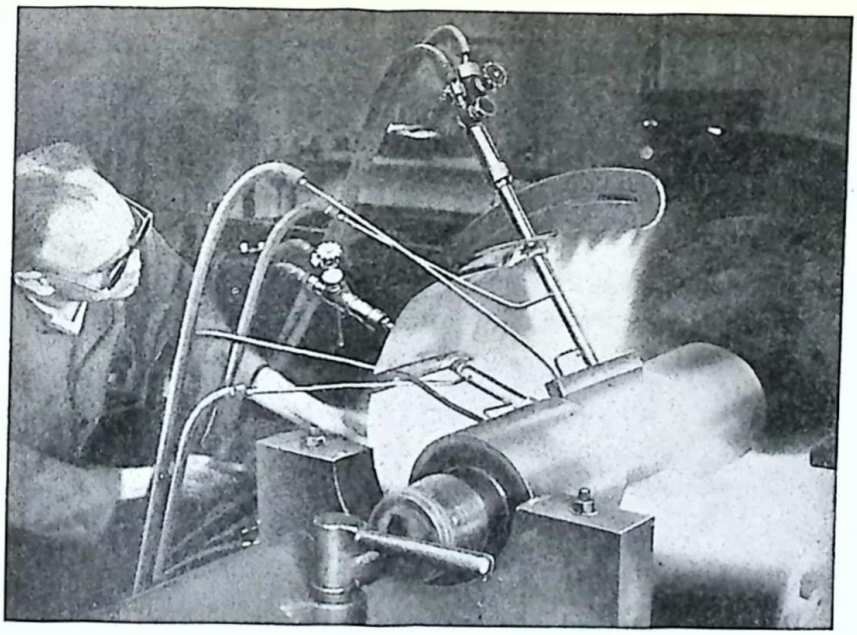


Fig. 157. Flamhärdning av axeltapp.

djupet större. Det härdade skiktets djup varierar mellan 2 och 4 mm och övergången till det mjukare kärnmaterialet sker så småningom.

Förutsättningen för att flamhärdning skall gå bra att utföra är att stålet är härdbart på vanligt sätt d.v.s. kolhalten bör ej understiga 0,35 %. Å andra sidan får kolhalten ej heller vara för hög, ty då föreligger risk för härdsprickor. I allmänhet torde kolhalten ej böra överstiga 0,7 % för vanligt kolstål.

Om flamhärdning utföres för hand kan man icke erhålla ett absolut jämnt resultat och likformigt hårda ytor. Flamhärdning av större arbetsstycken utföres därför numera med hjälp av speciella flamhärdningsmaskiner i vilka flera i rad sittande svetslågor framflyttas automatiskt och med likformig hastighet över den yta, som skall härdas. Omedelbart efter svetslågorna följer en rad munstycken genom vilka vatten sprutas på den upphettade ytan. Under härdningsproceduren befinner sig den del av arbetsstycket, som ej är utsatt för svetslågornas inverkan, helt nedsänkt i ett vattenbad. Genom att arbetsstycket på så sätt ständigt hålles avkylt undvikes förkastningar. I dylika maskiner utföres flamhärdning i stor skala av axlar, kugghjul och liknande maskindelar, på vilka man önskar erhålla en mot nötning motståndskraftig yta.

Föremål, som äro utsatta för stark nötning, ha tidigare huvudsakligen tillverkats av dyrbara legerade stål. Numera kunna de tillverkas av vanligt svenskt kolstål, som genom flamhärdning kan bibringas hård slityta, under det att kärnan förblir seg.

Syrgasskärning, syrgashyvling och syrgasmejsling.

Skärning, hyvling och mejsling medelst syrgas äro tre närbesläktade arbetsmetoder, som vid framställning eller bearbetning av stål och stålprodukter spela en betydande roll och få allt större användning.

Syrgasskärning uppfanns i slutet av 1800-talet, men kom till praktisk användning först i början av 1900-talet, då den första användbara skärbrännaren konstruerades. Gasskärningsmetoden utvecklades sedan hastigt, samtidigt som brännarkonstruktionerna förbättrades. De senaste 10—15 åren kännetecknas dels av ett omfattande forskningsarbete beträffande skärbarheten av olika legerade stål och möjligheten av att medelst värmebehandlingar eller på annat sätt verkställa skärning av sådana stålkvalitéer, som ej äro skärbara på vanligt sätt och dels av utvecklingen av maskinskärningen, som möjliggör tillverkning av detaljer, där måttoleranserna äro relativt små.

Syrgashyvling är en arbetsmetod, som har till uppgift att från göt och valsade eller smidda ämnen medelst en gasskärbrännare avlägsna sådant ytligt beläget gods, som är behäftat med sprickor eller andra fel. Metoden har emellertid på senaste tid även börjat tillämpas för andra ändamål. Sålunda kan den användas för att hyvla bort påsvetsade klackar, sjunkhuvuden på stålgöt, stora häftsvetsar m.m.

Syrgasmejsling är en speciell form av syrgashyvling och dess största användning har hittills varit för att avlägsna felaktigheter på rotsidan av medelst elektrisk bågsvetsning utförda svetsar. Dessutom användes den vid iordningställande av plåtkanter för svetsning, i de fall då man önskar svetsa i U-fog. I det följade beskrivas de olika metoderna samt för deras användning erforderliga apparater och maskiner.

Skärbrännare.

Skärbrännaren är för järnindustrien ett lika oumbärligt verktyg som svetsbrännaren. Vid skärning användas samma gaser som vid svetsning men en brännare av annan konstruktion.

Skärningsprocessen grundar sig nämligen på det förhållandet, att järn och stål under mycket stark värme- och ljusutveckling förbrinna i ren syrgas, om de först upphettas till vitglödgningstemperatur. Skärbrännaren är

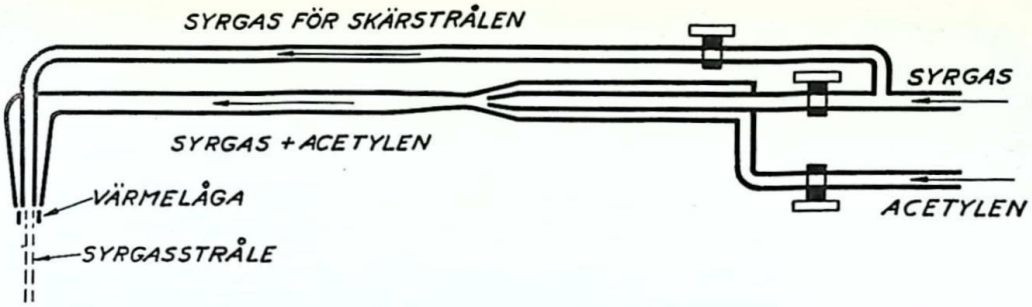


Fig. 158. Principskiss av skärbrännare.

därför så konstruerad, att munstycket genom en ringformig kanal genomsläpper en blandning av acetylen och syrgas till en uppvärmningslåga, medelst vilken järnet uppvärmes till vitglödgning. Sedan vitglödgningstemperaturen är uppnådd, påsläppes genom en i munstycket centralt belägen kanal en stråle av syrgas, som förbränner järnet (skärstrålen). Andra typer av munstycken finnas även, t.ex. sådana, där uppvärmningslågan är uppdelad i flera smålågor, placerade koncentriskt omkring skärstrålen. Se fig. 159.

Det vid järnets förbränning frigjorda värmet ledes till angränsande partier på arbetsstycket. Genom att föra syrgasstålen i en viss riktning, träffar denna nya, av förbränningsvärmet till antändningstemperatur upphettade zoner, så att den igångsatta förbränningsprocessen oavbrutet fortsätter och ett snitt av önskad kontur erhålles. Vid förbränningen bildas järnoxidslagg, som av den under högt tryck stående skärsyrgasen blåses bort ur den vid skärningen uppstående snittskåran, så att metalliskt rena kanter erhållas. Med slaggen följer relativt stora mängder smält järn, som ej hunnit oxideras. Man har konstaterat, att den ur snittet bortspolade slaggen innehåller ca 30 % rent järn.

För att man på detta sätt skall kunna skära en metall, äro följande betingelser nödvändiga:

1. Metallen måste i upphettat tillstånd brinna i ren syrgas och bilda en lättfluten oxid, som lätt låter sig blåsas bort ur snittspåret.
2. Metallens antändningstemperatur måste ligga under dess smältpunkt, den skulle annars helt enkelt smälta och rinna bort utan att någonsin antändas.
3. Den vid förbränningen bildade oxiden måste ha lägre smältpunkt än metallen själv (för att slaggen skall rinna bort ur snittskåran).

Härav följer, att mjukt järn, stål och stålgjutgods kunna gasskäras, under det att gjutjärn, vars oxid har högre smältpunkt än gjut-

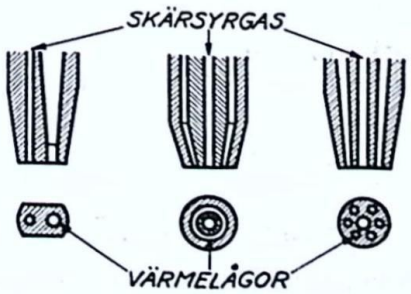


Fig. 159. Skärmunstycken.

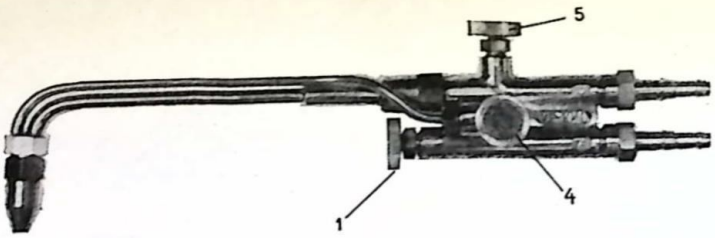


Fig. 160. Skärbrännare.

järnet självt, kan skäras endast med speciella metoder. Koppar, aluminium och andra metaller samt metallegeringar kunna ej skäras.

Vid gjutjärn kan man t.ex. i snittskåran införa en stav av mjukt järn för att genom dennas förbränningsvärme erhålla den för det smälta gjutjärnets förbränning erforderliga överhettningen. Även andra metoder ha emellertid försökts för skärning av gjutjärn. Man erhåller dock ej samma jämna snittyta som vid skärning av stål.

Vid skärning kan man också använda någon annan, icke endotermisk gas, givande kallare uppvärmningslåga än acetylen, t.ex. vätgas eller s.k. *stadsgas*. I dylikt fall ökar emellertid såväl bränn- som syrgasförbrukningen per meter snitt, samtidigt som skärhastigheten minskas, varför detta förfarande i de flesta fall, åtminstone i fall med bränngasen komprimerad på behållare, torde ställa sig ekonomiskt ofördelaktigt.

Vid skärning erforderliga syrgastryck ligga i allmänhet mellan *2 och 7 atm* beroende på godstjockleken, men vid skärning av mycket tjockt gods erfordras något högre tryck. Beträffande för olika godstjocklekar lämpliga syrgastryck hänvisas till tabell å sid. 164.

Vid skärning av tjockare gods ökar ej trycket nämnvärt men däremot syrgasförbrukningen starkt. Man bör därför vid grövre skärningar tillse, att man har en syrgasregulator med tillräckligt stor genomströmning. Vanliga för svetsningsändamål avsedda regulatorer kunna anses vara tillräckliga för skärning av upp till ca 100 mm godstjocklek.

Fig. 158 anger principen för en brännare för handskärning. Vad som skiljer en skärbrännare från en svetsbrännare är i huvudsak endast att skärbrännaren är försedd med ett extra rör, som leder skärsyrgasen till munstyckets centralt belägna hål.

Fig. 160 visar en skärbrännare avsedd för skärning av upp till 150 mm godstjocklek. I denna bild betecknar 1 regleringsventil för acetylen, 4 avstängningsventil för syrgas till skärstrålen och 5 regleringsventil för syrgas till uppvärmningslågan. Denna skärbrännare är försedd med utbytbara inner- och yttermunstycken.

Anvisningar för skärningens utförande.

1. Förbind brännarens slangsocklar med motsvarande slangsocklar å tryckregulatorerna och fastsätt slangarna med slangklämmor.
2. Utskruva strypskruven å båda tryckregulatorerna.

3. Inställ med tryckregulatorernas membranskruvar syrgastrycket motsvarande den godstjocklek, som skall skäras, samt dissousgastrycket till ca 1,5 atm.

4. Reglera därefter värmelågan med skärbrännarens ventiler. Först påsläppes acetylen, varpå gasen tändes vid munstycket. Därefter påsläppes syrgas till värmelågan, varefter lågan regleras, så att en vit lysande kärna bildas.

5. Rikta lågan lodrätt mot det föremål, som skall skäras, med ett avstånd ca 5 mm mellan munstycket och arbetsstycket. På det ställe, mot vilket lågan riktas, bildas snabbt en vitglödande punkt. Öppna för skärsyrgasen så snart detta är fallet och för brännaren *långsamt* och *jämnt* utefter den linje, snittet skall ha.

Om under arbetet vitvärmen å järnets yta upphört, avstänges skärstrålen, tills ånyo vitvärme erhållits, varefter den åter öppnas och skärningen fortsätter.

Slaggen skall blåsa ut genom skärningsspåret. Om så ej är fallet, har plåten ej helt genomskurits, och brännaren måste då föras långsammare eller syrgastrycket ökas.

Om slagg studsar upp mot munstycket, kan lågan »slå tillbaka». Man stänger då genast acetylentillförseln. Har brännaren blivit varm, avkyles den i vatten, som bör finnas till hands.

Vid uppehåll i skärningsarbetet stängas behållarventilerna, först gasackumulatorns ventil, därefter syrgasbehållarens ventil. Vid kortare avbrott kan man avstänga gaserna medelst skärbrännarens ventiler.

Allt emellanåt kontrolleras att alla kopplingar äro täta. Härvid användes såpvatten.

Skärmaskiner

Om en skärbrännare fästes i en maskinellt förd förningsanordning, kan man åstadkomma mycket släta ytor och skarpa kanter. Därför kan man medelst gasskärmaskiner åstadkomma för svetsning avsedda fogytor, som ej behöva bearbetas.

I fig. 161 visas en transportabel skärmaskin, som placeras ovanpå den plåt, som skall skäras. Under skärningen styres denna maskin för hand antingen efter på förhand uppgjord rits eller efter mall.

Fig. 162 visar en stationär gasskärmaskin. Med denna kan skärningen antingen utföras på så sätt, att brännaren efter föregående uppritsning å plåten styres längs det tilltänkta snittet eller också kan man med en särskild styranordning följa arbetsstyckets kontur efter en på ett bord placerad ritning. Brännaren utför därvid samtidigt motsvarande rörelse på plå-

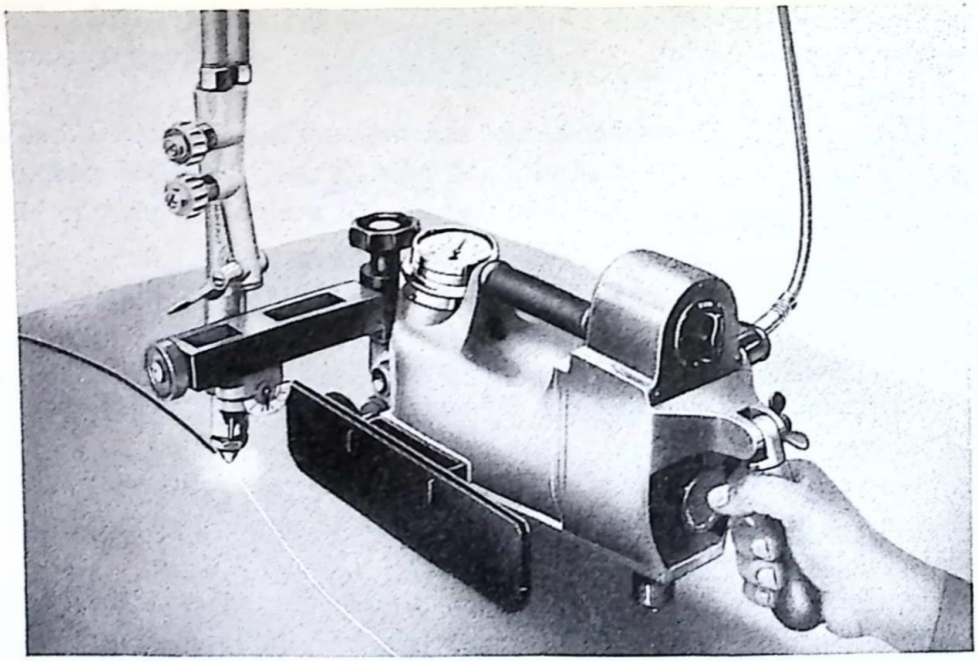


Fig. 161. Transportabel gasskärmaskin avsedd att köras ovanpå den plåt, som skall skäras.

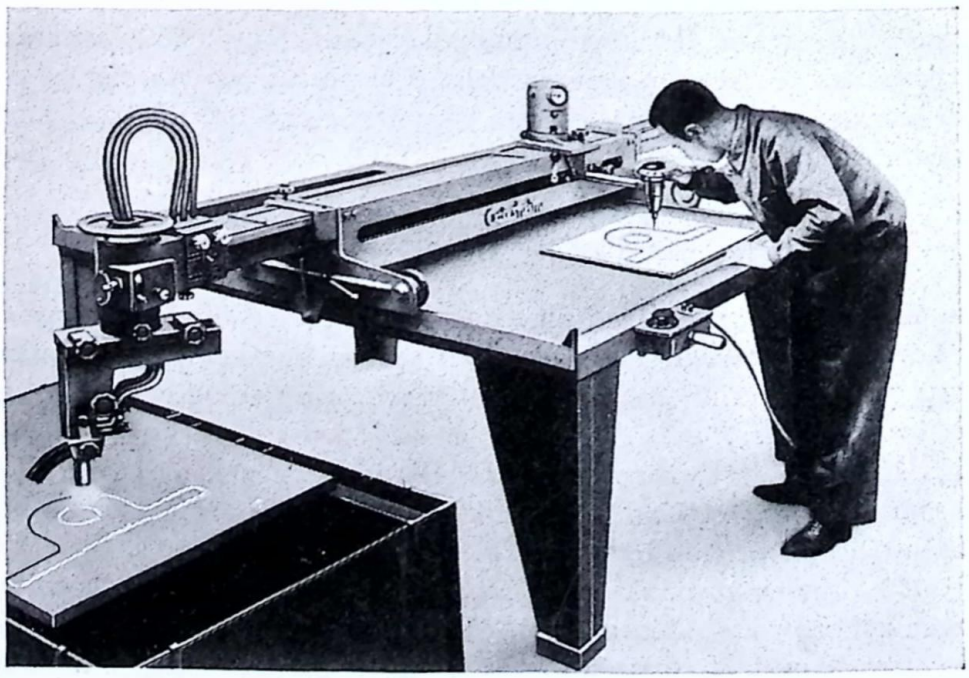


Fig. 162. Stationär gasskärmaskin för skärning efter rits, schablon eller ritning.

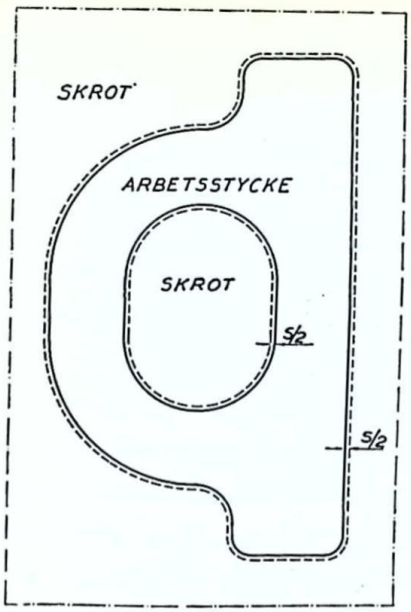


Fig. 163. Skärning efter ritning.

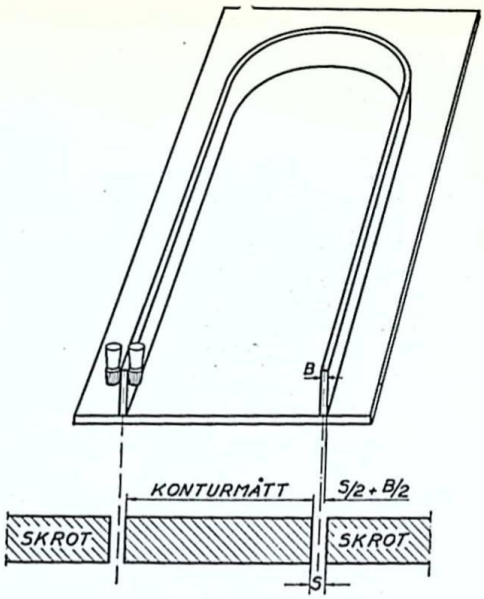


Fig. 164. Skärning efter schablon.

ten. Skärhastigheten, som är beroende på tjockleken hos det material, som skall skäras, inställes med ledning av en å maskinen uppsatt tabell. På en å maskinen befintlig hastighetsmätare kan kontrolleras att rätt hastighet blivit inställd.

Skärning efter ritning.

För att det skurna föremålet skall erhålla på ritningen angivna mått, måste man vid skärningen ta hänsyn till skärsnittets bredd. Snittbredden utgör exempelvis 1,5 mm vid skärning av 10 mm godstjocklek, 2,5 mm vid skärning av 30 mm och 3,5 mm vid skärning av 50 mm godstjocklek. Om man skär direkt efter arbetsritningen, så för man styrstiftets spets på ett avstånd från konturlinjen, som är lika med halva snittbredden. Därvid bör observeras, att styrstiftet skall gå på samma sida om konturlinjen, som skrotet är beläget. Se fig. 163.

Skärning efter schablon.

Vid framställning av ett större antal lika föremål är det lämpligt att utföra skärningen automatiskt efter schablon. Vanligen utföres en schablon på så sätt, att ett band av järn eller mässing bockas efter arbetsstyckets kontur. Det tillformade bandet kan antingen svetsas till kanten av en plåt, som har arbetsstyckets kontur, spikas fast vid kanten av en trämall eller lödas fast ovanpå en plåt, som fig. 164 visar. Skärmaskinen är försedd med

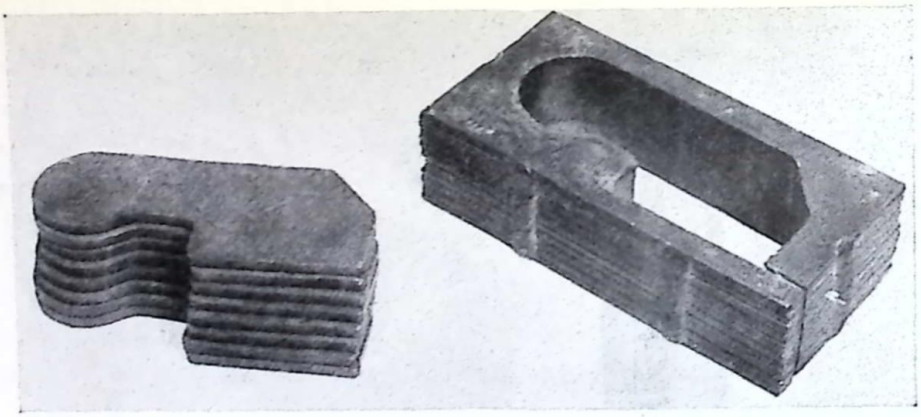


Fig. 165. Ett flertal lika detaljer samtidigt skurna ur ett plåtpaket.

ett schablondrev, som består av två tandade hjul, som rotera omkring vertikala axlar. Dessa tandade hjul gripa om övre kanten på bandjärnet och tvingas att följa den av dettas form bestämda konturlinjen.

Vid tillverkning av en schablon måste man ta hänsyn till snittskårans bredd och schablonbandets tjocklek. Lämpligaste tjocklek på bandet är 1,5 mm. Schablonbandets centrumlinje kommer vid skärningen att motsvara centrumlinjen av snittskåran. Om snittbredden antages vara S mm och bandets tjocklek B mm, skall därför den kant av schablonbandet, som är vänd mot skrotet vara belägen på ett avstånd av S/2+B/2 mm från arbetsstyckets konturlinje. Om snittskårans bredd är 2,5 mm och bandets bredd 1,5 mm, blir detta mått alltså 2 mm. Se fig. 164.

Paketskärning.

Vid maskinskärning av ett stort antal lika detaljer kan man lägga ihop flera plåtar till ett paket och skära alla samtidigt. Före »paketeringen» måste plåtarna mycket noga rensas från slagg och sedan pressas hårt tillsammans samt fasthållas i sitt läge på lämpligt sätt t.ex. med tvingar. I stället för att hålla ihop paketet med tvingar kunna kanterna svetsas ihop, som fig. 165 visar.

Inspänning av arbetsstycket vid skärning.

Om vid skärning av längre plåtar skärningen företages ute vid plåtens ena kant, kan det hända, att arbetsstycket krökes. För att hindra detta, kan arbetsstycket före skärningen fastspännas i en särskild fixtur, som förhindrar arbetsstyckets kastningar. Gäller det t. ex. att utföra skärningen i ena kanten av en lång, smal, plan plåt, kan arbetsstycket fastspännas

i en anordning, som avbildas i fig. 166. Denna anordning består av tvenne på ett visst avstånd från varandra fastspända vinkeljärn. Mellanrummet mellan dessa vinkeljärn är så avpassat, att man nätt och jämnt kan få ned ena flänsen av ett tredje vinkeljärn i detta mellanrum. I ett av de båda undre vinkeljärnen borras hål, i vilka inpassas av fyrkantjärn tillverkade små hyllor. Arbetsstycket fastspännes sedan med hjälp av kilar mellan dessa hyllor och det övre vinkeljärnets vertikala fläns, i vilken som stöd för arbetsstycket insatts korta horisontala rundjärnsbitar. I det undre vinkeljärnets horisontala fläns borras dessutom hål, genom vilka skärlågans gaser kunna passera ut, varigenom onödig uppvärmning av fixturen undvikes.

Gäller det att utföra skärning i kanten av den ena flänsen på ett vinkeljärn, inpassas den andra flänsen på detta vinkeljärn före skärningen mellan förutnämnda på visst avstånd från varandra fastspända vinkeljärn. Se fig. 167.

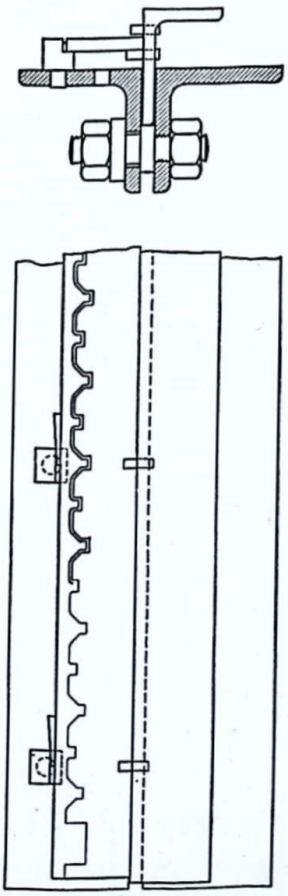


Fig. 166. Fixtur för gasskärning av långa plattjärn.

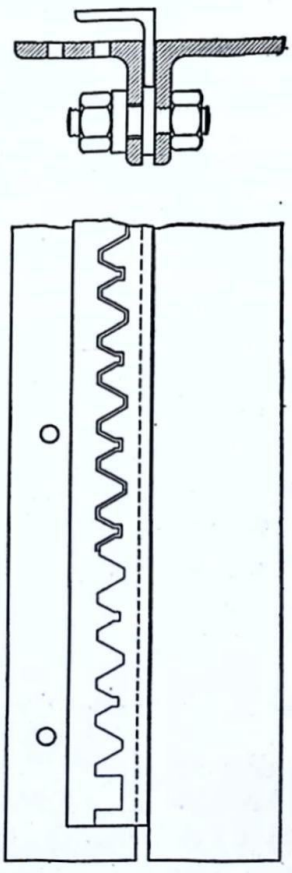


Fig. 167. Fixtur för gasskärning av långa vinkeljärn.

Legeringsämnenas inverkan på stålets skärbarhet.

Alla olegerade *kol*stål kunna skäras. Om kolhalten överstiger 0,35 %, bör man dock förvärma stålet, om man önskar undvika härdning av snittytan.

I tekniska stålkvalitéer vanligen förekommande halter av *kisel, mangan, fosfor* och *svavel* påverka ej skärbarheten.

Höga *aluminium-* och *molybden*halter försvåra eller omöjliggöra skärning.

Stål med upp till 1,5 % *krom* kan skäras. Vid högre kol- och kromhalter kunna härdsprickor uppstå. Skärning möjliggöres då genom förvärmning av arbetsstycket till 200 à 300°. Halter av över 10 % krom gör stålet oskärbart.

*Nickel*stål kan skäras, om nickelhalten ej överstiger 7 %. Stål med högre nickelhalt kan skäras, om kolhalten ej överstiger 0,3 %.

Stål legerat med upp till 10 % *volfram* kan skäras. Ofta förekommer dock volfram i förening med molybden, vilken som nämnts försvårar skärning.

Stål legerat med upp till 2 % *koppar* kan gasskäras.

Gasåtgång och skärhastighet vid acetylen-syrgasskärning.

Plåttjocklek mm	Skärhastighet m/tim.	Acetylen lit./m.	Syrgas lit./m.	Syrgastryck atm.
5	18	20	70	2
10	15	23	120	2
20	13	25	220	3
30	11	30	320	4
50	9	50	550	5
75	7,5	75	900	6
100	6,5	100	1300	7
125	5,5	125	1700	8
150	5	150	2100	9
200	4	200	3100	10
250	3,5	250	4200	10
300	3	300	5400	10

Vid skärning av mycket tjockt gods är skärhastigheten beroende av godsets beskaffenhet. Skärhastigheten blir större vid tätt gods än vid blåsigt och poröst gods. Snittytan blir även sämre vid blåsigt gods beroende på att skärstrålen i detta fall blir utsatt för virvelrörelser. De i ovanstående tabell angivna värdena å skärhastighet gälla för skärning av tätt gods.

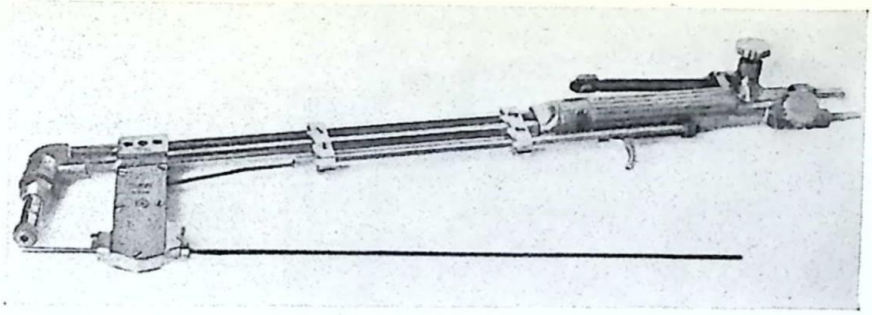


Fig. 168. Syrgashyvel.

Syrgashyvling.

Syrgashyvling är en arbetsmetod, som kommit till användning först under det senaste årtiondet. Metoden härstammar från Amerika, där den kallas *deseaming*, vilket betyder »*borttagande av sprickor*». Syrgashyvling användes för att från göt och valsade eller smidda ämnen medelst gasskärbrännare avlägsna sådant ytgods, som är behäftat med sprickor. Metoden är patenterad och licensrätten för de skandinaviska länderna innehas av Svenska A. B. Gasaccumulator.

För syrgashyvling användes en brännare av liknande konstruktion som för skärning. På brännaren är fästad en trådmatningsanordning, med vars hjälp en tråd av mjukt järn föres in i lågorna. Då syrgashyvling pågår, hålles änden av tråden ständigt uppvärmd av dessa värmelågor. Då spetsen av järntråden matas in framför munstycket smälter trådspetsen och faller i form av en droppe smält järn ned på arbetsstycket. Om syrgasstrålen påsläppes i samma ögonblick, kommer den smälta järndroppen att förbrinna. Det vid förbränningen frigjorda värmet upphettar arbetsstycket lokalt, så att stålets antändningstemperatur uppnås på den punkt, där droppen fallit. Förbränningsprocessen kan därför ögonblickligen igångsättas. Trådens uppgift är alltså

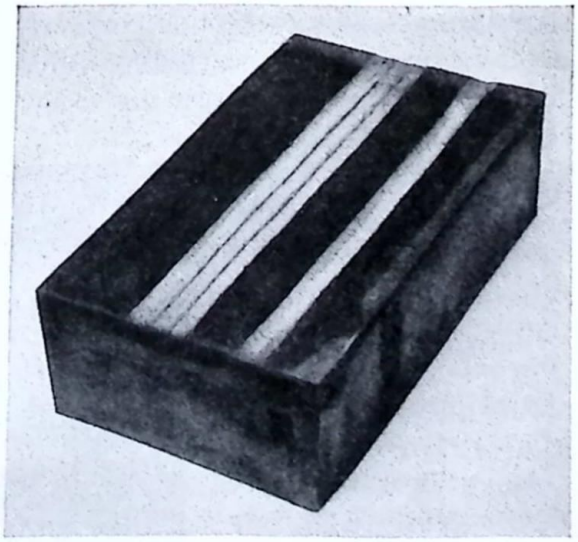


Fig. 169. Syrgashyvlade spår i arbetsstycke av stål.

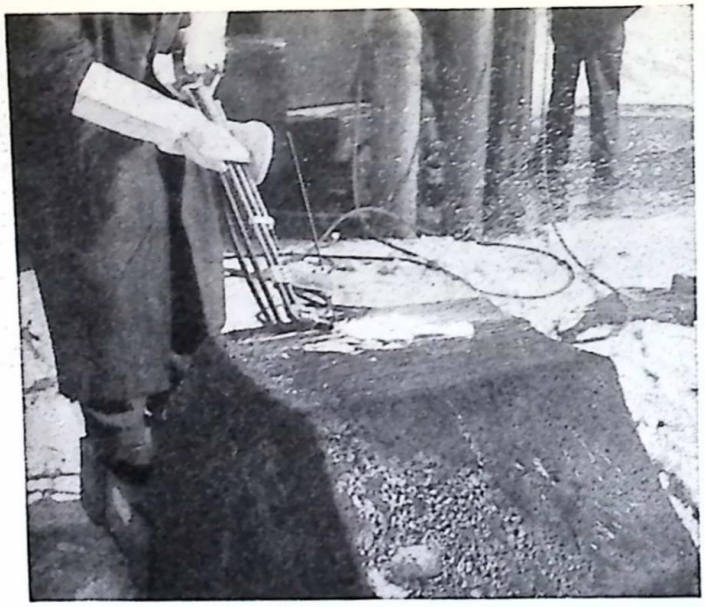


Fig. 170. Syrgashyvling av stålgöt.

att åstadkomma en snabb start. Man behöver nämligen ej såsom vid vanlig skärning vänta med att släppa på syrgas, tills arbetsstyckets yta blivit uppvärmd till rödvärme.

Genom att syrgasstrålen föres i en viss riktning på arbetsstycket, samtidigt som den får bilda en spetsig vinkel mot arbetsstyckets yta, träffar strålen nya, genom förbränningsvärmet till antändningstemperatur upphettade zoner, så att den igångsatta förbränningsprocessen oavbrutet fortsättes och ett spår med botten formad efter en cirkellinje erhålles.

Då syrgashyvling först demonstrerades vid järnverk, där sprickor och andra ytfel på göt och valsade ämnen eller smiden sedan gammalt borttagits medelst tryckluftmejsling, ifrågasattes möjligheten av att man vid syrgashyvling skulle kunna konstatera, när sprickan är borta. Man föreställde sig att järnet skulle smälta och rinna in i sprickan och delvis svetsa ihop densamma. Så är emellertid ej fallet. Som förut påpekats, är ju en av förutsättningarna för att gashyvling skall gå att utföra den, att metallens antändningstemperatur ligger under metallens smältpunkt. Nu förhåller det sig visserligen så, att det vid förbränningsprocessen frigjorda värmet smälter järn, som icke förbrinner därför att syrgas icke hinner tillföras från skärstrålen i sådana kvantiteter, att en fullständig förbränning av det smälta järnet kan ske. Men detta oförbrända järn blandar

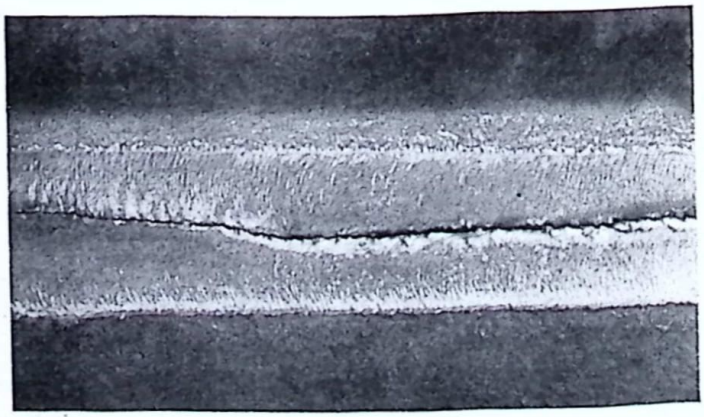


Fig. 171. Syrgashyvlad spricka.

sig med slaggen och blåses av syrgastrycket bort ur snittskåran, så att en metalliskt blank yta erhålles. Praktiska prov visa, att en eventuellt kvarvarande del av en spricka synes betydligt tydligare på en syrgashyvlad yta än på en på mekanisk väg skalad yta, vilket framgår av den i fig. 171 visade bilden av en syrgashyvlad spricka.

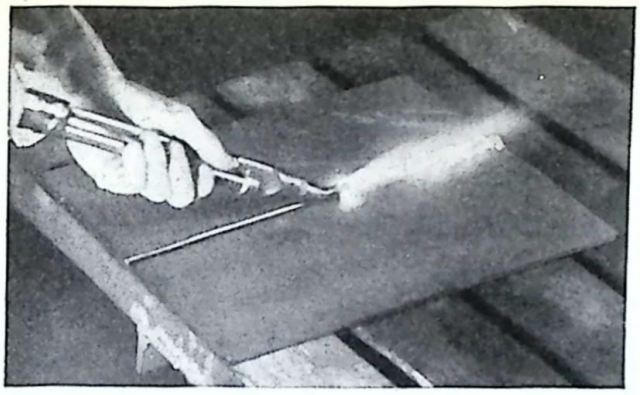


Fig. 172. Syrgasmejsling av rotsidan på svets.

Syrgasmejsling.

Vid tillverkning av konstruktioner, där elektrisk bågsvetsning användes, avlägsnas vanligen rotvulsten på bottensträngen, så att eftersvetsning på rotsidan kan ske i den rena metallen. I fig. 173 A visas en U-fog, som ofta kommer till användning vid elektrisk bågsvetsning i grövre godstjocklekar. Den sektion, som begränsas av de streckade linjerna, kan avlägsnas medelst syrgasmejsling, borstas fri från slagg, varefter eftersvetsning från rotsidan kan äga rum. I fig. 173 B visas en X-fog, där samma procedur kan företas. Fig. 173 C illustrerar det fall, att man på svetsens rotsida lagt en underläggsstrimla för att förhindra svetsgodset att rinna igenom fogen. Medelst syrgasmejsling borttagas först de centrala delarna av underläggsstrimlan. Därefter avlägsnas metallen innanför den andra streckade linjen.

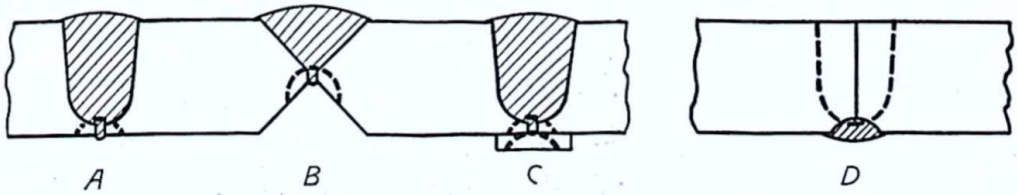


Fig. 173. Syrgasmejsling av roten på svetsar samt mejsling av U-fog.

Fig. 173 D illustrerar, hur man medelst syrgasmejsling kan iordningställa en U-fog för svetsning. De båda plåtkanterna läggas stumt emot varandra och häftas ihop i detta läge, varefter den U-formade sektionen utskäres. Vid kortare sträckor kan denna U-fasning utföras för hand, men om det är fråga om längre sträckor, bör brännaren uppsättas i en maskinell styrningsanordning.

Utbildning av svetsare.

Under de senaste åren har utvecklingen inom gassvetsningsområdet gått snabbt framåt. Forskningar har bedrivits för att få fram förstklassig apparatur. Hjälpverktyg ha konstruerats, vilkas uppgift är att underlätta uppriktning och iordningställande av arbetsstycket. Stor omsorg nedlägges på att de vid svetsningen använda gaserna acetylen och syrgas äro av bästa kvalitet. Tillsatsmaterial ha framställts, som ifråga om hållfasthet och tänjbarhet fullt ut motsvara grundmaterialet och som äga stor svetsbarhet. Slutligen har man utforskat, vilka fogtyper, plåttjocklekar, tråddimensioner och svetsmetoder, som svara mot varandra för varje materialslag.

Samtidigt som utvecklingen inom gassvetsningsområdet gått framåt, ha såväl konsulterande ingenjörer som kontrollerande statliga myndigheter skärpt kontrollen av svetsningsarbeten, varjämte fordringarna kommit att i hög grad stegras såväl på utförda svetsar som på kompetensen hos de arbetare, som skola utföra svetsningsarbeten.

För att kunna utföra en kvalitetssvets är det ej endast nödvändigt, att svetsaren har tillgång till de bästa hjälpmedel och apparater, utan han måste också fullt behärska den för varje särskilt fall lämpligaste svetsmetoden och kunna bedöma en tråds svetsbarhet samt välja rätt svetstråd till varje arbete.

För att svetsaren skall erhålla erforderliga kunskaper i hithörande ting erfordras, att han erhåller instruktion och undervisning under sakkunnig ledning. I det följande lämnas anvisningar om huru en dylik utbildning bör vara organiserad, kompetensen hos lärare och instruktörer, utrustning för kurserna, övningarnas omfattning m. m.

Ändamål och utbildningstid.

Då det gäller att utbilda personer, som icke alls eller endast kortare tid ägnat sig åt svetsning, eller då det gäller att lära äldre svetsare moderna metoder, är det lämpligast att anordna s. k. elementarkurser, vilka ha till uppgift

1. att bibringa deltagarna kännedom om och övning att handhava vid gassvetsning förekommande gaser, apparater och hjälpverktyg,
2. att bibringa eleverna en allmän kännedom om och övning i svetsning av smidesjärn, mjukt stål, vissa legerade stål (rostfritt) samt de vanligaste icke-järnmetallerna,

3. att i svetsning av smidesjärn låta eleverna erhålla så grundlig övning, att de i de vanligaste fogtyperna stumfog och kälfog kunna i de vanligaste svetslägena horisontal- och vertikalläge åstadkomma en fullgod svets.

Då det är av vikt, att den med utbildningen avsedda kompetensen nås, skall varje elev för kontroll härav underkastas »kompetensprov för svetsare» i den omfattning som beskrivits på sid. 85. För provning av de svetsade provstyckena erfordras tillgång till en dragprovmaskin och i de fall att slagprov skall utföras även slagprovmaskin.

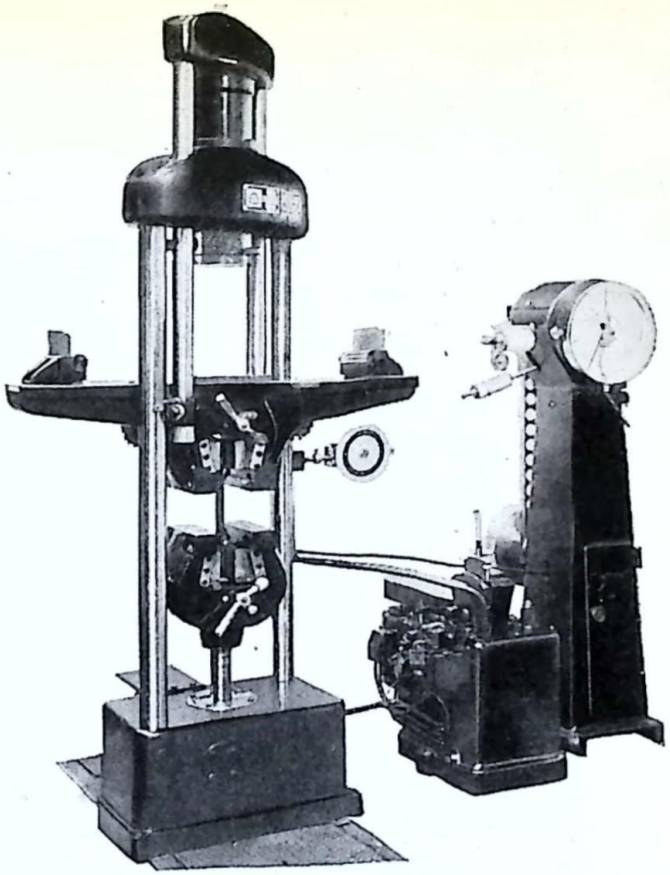


Fig. 174. Provmaskin för drag-, tryck- och bockprov.

Vad de praktiska övningarna beträffar, må påpekas, att Svetskommissionen utarbetat ett program härför. Avsikten med detta program är att tjäna som förebild för här omnämnda typer av svetskurser.

Kompetens för lärare och instruktörer.

För den teoretiska undervisningen bör läraren helst hava genomgått tekniskt gymnasium, fackskola eller förvärvat motsvarande utbildning, erhållit specialutbildning i gassvetsteknik och lämpligen även vara verksam inom med svetsning samhörande yrkesområde.

Instruktörerna för de praktiska svetsövningarna böra hava flerårig praktik som svetsare helst inom olika fack. De böra dessutom hava utfört godkända kompetensprov i de fogtyper och svetslägen, vari de skola undervisa.

Elevantal.

Varje instruktör bör lämpligen ha 8 elever att undervisa och i varje fall bör antalet elever per instruktör ej överstiga 12. Detta gäller under förutsättning att endast en elev undervisas vid varje svetsplats. Om två eller

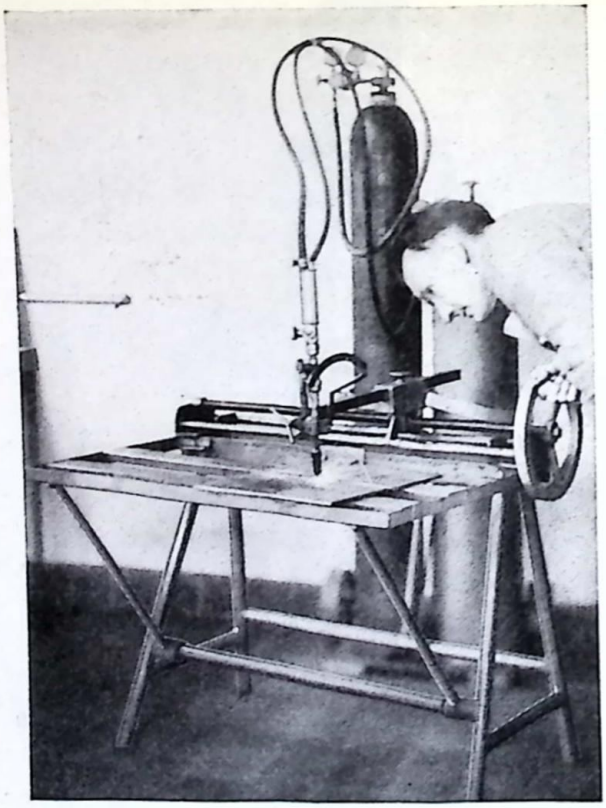


Fig. 175. En händig skärmaskin för raka snitt kan göras av en handdriven skruv på vilken en brännare fästes.

flera elever dela ett svetsaggregat kan antalet elever per instruktör ökas i motsvarande grad.

Svetsplatser, apparater, maskiner och verktyg.

Den utrustning som en svetsskola bör äga utgöres av följande.

Med hjälp av en stationär eller transportabel gasskärmaskin eller häremot svarande anordning för styrning och matning av skärbrännare kunna nya övningsplåtar iordningställas och svetsade arbetsstycken åter uppskäras och fasas. För klippning av tunnare plåt bör finnas en handplåtsax. En motordriven smärgelskiva användes för smärgling och tillputsning av plåtar, för fasning av rundjärn o. dyl.

En gemensam arbetsbänk med skruvstycken och nödiga handverktyg (filar, mejslar och hammare) bör också finnas i lokalen. I närliggande lokal bör tillgång finnas till en ässja (med smidesstäd och hammare) för värmebehandlingar samt en kipphyvel och en borrmaskin för bearbetning av provstavar.

Varje elev bör helst hava en egen svetsplats med fullständig svetsutrustning. Om tvenne elever växelvis arbeta vid en gemensam svetsplats, möjliggöres en sänkning av utrustningskostnaden per elev, men utbildningstiden blir i stället förlängd, under förutsättning att eleverna i båda fallen skola lämnas tillfälle till samma övningstid. Svetsborden kunna lämpligen utföras av profiljärn med avpassade fack, i vilka inläggas ramar av på högkant svetsade plattjärn, samt vara försedda med ståndare för övning av underupp- och vertikalsvetsning.

Vid varje svetsplats bör finnas ett komplett svetsaggregat, bestående antingen av en acetylenackumulator och en syrgasbehållare med stativ, regulatorer, slangar och svetsbrännare eller ett acetylengasverk och en syrgas-

behållare samt regulatorer, slangar och svetsbrännare. Om gemensamt gasmagasin (ackumulator, gasverk eller syrgasbehållare) anordnas för att genom en rörledning framleda gas till svetsplatserna, bör beaktas, att anläggningen anordnas så, att tändning eller släckning av en brännare vid en svetsplats icke förorsakar förändringar av svetslågorna vid andra svetsplatser. Ytterligare är att iakttaga, att gasuttagen för acetylen förses med god säkring mot bakströmning. Dessutom böra några handskärbrännare eller skärinsatser finnas till elevklassens gemensamma förfogande (oberoende av skärmaskinen).

Vid planeringen av undervisningslokaler bör speciell omsorg ägnas anordnandet av effektiv ventilation. Enär svetskurserna lämpligast organiseras så att alla elever på en gång utföra samma övningar blir resultatet, att eleverna under de första dagarna av kursen svetsa med relativt små munstycken, under det att de, alltefter som övningarna enligt programmet förläggas till grövre plåttjocklekar, även samtidigt komma att svetsa med stora munstycken. Därför gäller det att snabbt avlägsna den vid acetylenens förbränning bildade kolsyran samt ersätta det ur luften tagna syret.

Till sist kan framhållas, att praktiken har visat, att i alla avseenden duktiga arbetare, som från början fått inlära felaktiga metoder, icke lyckas erhålla svetsar, som beträffande svetsgodsets hållfasthet och tänjbarhet uppfylla de fordringar, som man kan ställa på en erfaren svetsare, under det att en person, som förut icke alls svetsat, men som från början erhåller sakkunnig undervisning, kan framställa svetsar av mycket god kvalité. Därför är det att rekommendera, att även äldre svetsare få tillfälle att öva moderna svetsmetoder och lära känna moderna apparater, svetstrådar och hjälpverktyg.

Sakregister.

Aceton 18
Acetylen 14
Acetylenackumulator 19
Acetylencentraler 20
Acetylengenerator 15
Acetylen-syrgassvetsning 13
Acetylenventiler 25
Acetylenöverskott 37
Ackumulator 18
Aducergods 111, 142
Aluminium 121, 128, 136, 164
Aluminiumbrons 121
Aluminiumgjutgods 132
Amerikansk legering 131
Anlöpning 96
Antimon 127, 144
Arcatomsvetsning 13
Austenitiska stål 113
Bakslag 32
Behållare 69
Behållarventiler 25
Bensol 15
Beröringstypen 16
Betning 113
Bindningsfel 89, 90
Blandgas 31
Bly 42, 124, 144
Bockprov 81, 91
Borax 105
Borfluorid 121
Borrad stav 82
Brinellprov 59, 60
Brons 120, 143, 153
Bronsera 141
Brotthållfasthet 58
Brytprov 82
Bunsenbrännare 133
Byggnadsstål 98
Byxrör 72
Båggassvetsning 13
Bågsvetsning 12
Centraler 20, 22, 23, 24
Deseaming 165
Desoxiderad koppar 115
Dissousgas 18
Djupsvetsning 49
Dragprov 59
Duraluminium 77, 134
Dys 32
Elektrisk motståndssvetsning 9
Elektrolytkoppar 115
Elektron 77, 135
Eloxalbehandling 128
Endotermisk gas 15
Fackverk 74, 77, 79
Ferritiska stål 113
Flamhärdning 154
Fluor 132
Flussmedel .. 12, 104, 119, 121, 131, 138
Flygkropp 78
Flytbarhetsprov 100
Flänsar 73, 74
Fogspett 65, 66
Fogtyper 42, 43
Fogverktyg 65, 66
Fosfor 97, 104, 117, 144
Fosforkoppar 144
Frånsvetsning 46, 47
Fyrsvetsning 8
Förbränningshastighet 31, 32
Förbränningstemperatur 15
Förgiftning 41, 42
Förlängning 59
Förvinkel 65
Galvaniserat järn 142
Gasbesparare 35
Gasförbrukning 53, 56
Gasskärning 156

Gaständare 35
Gasverk 17, 18, 24
Gavlar 69
Generator 15
Gjutaluminium 132, 133
Gjutjärn 103, 141, 143
Gjutmästarboställen 106
Glasögon 34
Glödgning 95
Gnistring 100
Grafit 103
Grenrör 72
Grundmaterial 97
Harts 144
Heluppvärmning 109
Hjälpvärme 107
Hjärtstycke 146
Horisontalsvets 45
Hållfasthet 58
Hårdhetsprov 60
Hårdlödning 136, 137, 143
Hård svetslåga 36, 49, 50
Hårdsvetsning 148
Härdbara stål 101
Härdning 96, 101, 102, 151
Högersvetsning 46
Högtrycksbrännare 31, 33
Högtrycksgenerator 15
Högtryckssvetsning 31
Hörnfog 43
Injektor 32
Injektorbrännare 32
Järnkarbid 92, 93, 103
Kadmium 127, 144
Kalciumkarbid 14
Kalk 14
Kalkylkort 57
Kallflytning 89
Kantfog 43, 47
Karbid 14
Karbid till vatten 16
Kisel 97, 103, 132, 138, 164
Kobolt 150, 152
Kol 14, 93, 97, 103
Kolande låga 37, 38
Kolhalt 97, 98, 151, 154, 164
Koloxid 37, 125
Kompetensprov 85, 169
Konstruktionsstål 98
Koppar 115, 120, 138, 143 164
Korrosion 69, 148
Kristallkorn 94
Krom 97, 150, 152, 164
Krom-molybden-stål 78, 97, 102
Krom-nickel-stål 97, 102
Krympning 60, 62 67
Krympspänning 60, 65, 107, 118
Kärnlåga 37
Lancashiretråd 99
Legerat stål 97
Licensprov 84
Liktrycksbrännare 33
Lod 138
Lokal uppvärmning 107
Lågtrycksbrännare 32
Lågtrycksgenerator 15
Lågtryckssvetsning 31
Längdkrympning 62
Lättmetaller 77, 128
Lödning 136
Magnesium 135
Magnetiska stål 113
Magnetpulverprovning 86
Mall 159
Mangan 97, 104
Manometer 26, 27
Maskinskärning 159, 160
Maskinstål 98
Membranreglering 26, 27
Mjukglödning 96
Mjuklödning 136, 137, 144
Mjuk svetslåga 36, 49, 50
Molybden 97, 150, 164
Monelmetall 112
Motsvetsning 46, 48
Mässing 119, 143
Mönja 42
Nickel 97, 112, 121, 122, 164

Nitrösa gaser 41
Normal låga 37, 38
Normaliserande glödgning 95
Normer 84, 100
Nysilver 121
Objektiva prov 82
Oborrad stav 82
Olegerat stål 97
Omagnetiska stål 113
Otätat stål 97
Oxidation 20
Oxiderande låga 39
Paketskärning 162
Paljelod 112, 143
Pantal 134
Porbildning 100
Porer 89
Provmaskin 160
Provning 58, 80, 86
Punktsvetsning 10
Påsvetsning 7, 145
Påsvetstråd 100, 152
Raffinadkoppar 115
Randsvetsning 10
Reduceringsventil 27
Regulatorer 27
Rensborrar 35
Rits 159
Rostfritt stål 113
Rot 88
Rullstativ 22
Räls, påsvetsning av 145
Röntgenprovning 87
Rörfackverk 77
Rörflänsar 73
Rörförminskning 71
Rörkrök 73
Rörsvetsning 70
Salmiak 144
Salpetersyra 113
Schablon 160, 161
Schablondrev 161
Silumin 131, 132, 136
Silver 117, 122
Silverlod 143
Skarvsvetsning 7
Skarvsvetstråd 100
Skenändar 145
Skjuvprov 84
Skärbarhet, metallers 157, 164
Skärbrännare 156
Skärfixtur 162
Skärhastighet 164
Skärmaskiner 159
Skärning 156
Slagg 89
Slaglödning 143
Slagprov 59, 81, 83
Slangar 34
Slangsockel 31
Smältbad 48, 50
Smältrand 88
Smältsvetsning 7
Snabbstål 150, 152
Snittbredd 161
Sotande låga 38
Spaltbredd 54, 55
Spårkorsning 146
Spänningar 62, 68
Spänningsglödgning 68
Stadsgas 158
Stearin 144
Stellit 152
Sträckhamring 68
Stuksvetsning 9, 10
Stumfog 42, 43
Stål 97
Stålets struktur 92
Stålklasser 98
Subjektiva prov 81
Svagreducerande låga 39
Svavel 97, 104
Svetsbarhetsprov 100
Svetsbrännare 31
Svetslåga 36
Svetslägen 42, 45
Svetslödning 112, 137
Svetsråge 88, 89

Svetsskold 34
Svetstrådsnormer 100
Svettning 149
Syrgas 20
Syrgasbehållare 22
Syrgascentraler 24
Syrgas, flytande 23
Syrgashyvling 165
Syrgasmejsling 167
Syrgasventiler 25
Sömsvetsning 10
T-fog 43
Tabeller 54, 55, 85, 98, 164
Temperkol 111
Tenn 118, 120, 136
Termitsvetsning 11
Tillsatsmaterial 97, 99
Titanaluminium 131
Transportabla gasverk 18
Tryckregulatorer 26
Trådförbrukning 54, 55
Trådhållare 35
Tvärkrympning 62, 63
Tysk legering 131
Tätat stål 97
Töjning 58
Underuppsvets 45
Utbildning 168
Utmattningsprov 60
V-fog 43
Vanadin 150
Vattengassvetsning 8
Vattenlås 40
Vatten till karbid 16
Ventiler 25
Verktygsstål 98
Vertikalsvets 45, 51, 52
Vismut 144
Volfram 97, 150, 152
Vridkrympning 62, 64
Vällsvetsning 7
Vänstersvetsning 46, 47
Värmebalans 44
Värmelågor 157
Vätgas 13, 37, 125
Woods metall 144
Zink 42, 121, 122, 123, 136, 143
Zinkklorid 144
Överlappsfog 43, 44