

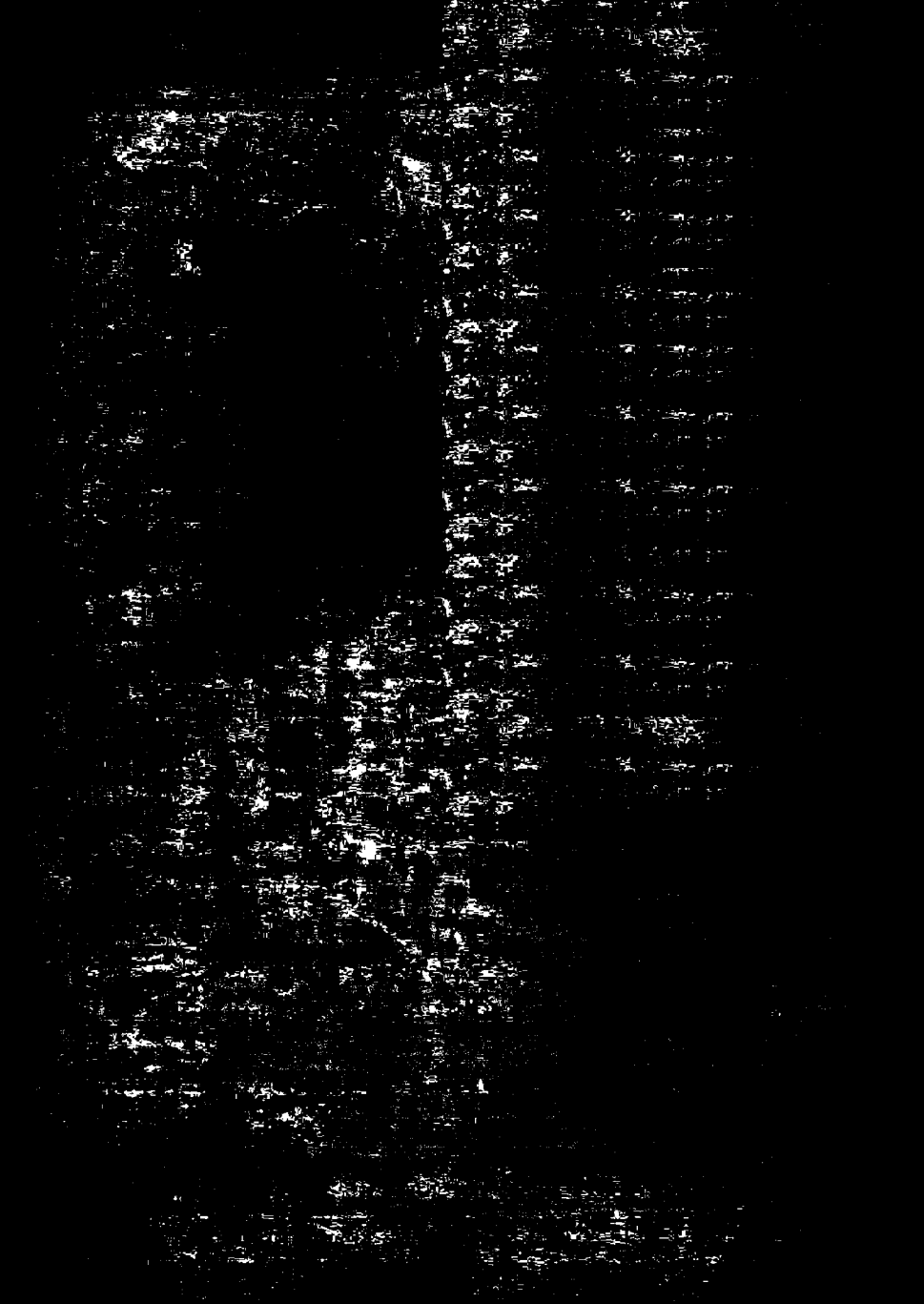
汽車活葉學習材料

氣缸體的鋸修

林震亞編

16

人民交通出版社出版



一、氣缸體的材料

汽車和拖拉機發動機的氣缸體大都是用優質生鐵或鋁合金來鑄成的。生鐵中主要的成份是鐵和碳，其中也含有矽、硫、磷、錳等，有時還含着鎳、鉻、鉬等，所以生鐵是一種多元素的組成物。含碳量一般為 1.7~4%，含鐵量約在 91~95% 之間，含矽 1~3.5%，含錳 0.3~1%。生鐵又分為灰生鐵（灰口生鐵）、白生鐵（白口生鐵）、可鍛生鐵（俗稱馬鐵）等等，性質各不相同。碳在普通生鐵中，多以石墨狀態分佈，但是由於碳含量和矽含量的多少以及冷卻速度的不同，也可構成幾種不同的狀態。假使冷卻速度慢而且含矽量不過低，那末大部份的碳素就以游離狀態存在於生鐵中，形成了灰生鐵。如果冷卻速度極快或者含矽量太低，大部份碳素便與鐵化合為碳化鐵，性質很脆很硬，所得到的生鐵即是俗稱的白口鐵。白口鐵中的碳化鐵經過適當的熱處理後，能使碳從鐵中分析出來成為片狀或球狀的石墨體，這樣就成為可鍛生鐵。

通常製造氣缸體的材料是灰生鐵，有時為了減輕發動機的重量起見，氣缸體用鋁合金來鑄造，同時必須用灰生鐵鑄製的套筒，而在某些情況下則用合金鋼來鑄製氣缸套筒的。

氣缸體材料的金相，也就是它的顯微組織應該是這樣的：共析珠光體基體中帶有均勻分佈的中等的及細小的石墨夾雜物（點狀或成片狀）。此外，在組織中可能還有磷化物共晶體的細微夾雜物及小塊的純鐵體存在着。

二、生鐵熔焊的特點

前一節所講到的關於氣缸體的材料，如果能很好地掌握，對進一步瞭解生鐵熔焊的特點和保證氣缸體焊修的質量，是有很大幫助的。

生鐵與鋼的性質不同，它們內部的組織也各異，所以生鐵的焊接在方法上也就和鋼不相同。在焊接生鐵的時候，一定要注意保持焊件中碳素存在的情況。當焊修灰生鐵氣缸體時，應該防止其中游離碳素（自由石墨體）變為化合碳。通常，生鐵的熔點在 $1200\sim 1250^{\circ}\text{C}$ 之間。焊接修理的時候，生鐵在火焰或電弧的高溫下迅速進入液體狀態，不像一般的鋼料必須經過一段較長時間的塑膠狀態（像柔軟的塑膠一樣）。

熔焊生鐵時所發生的困難，主要有四項：

1. 游離碳素（自由石墨體顆粒）局部轉變為鐵和碳的化合物（碳化鐵，又叫滲碳體），因而使焊着金屬形成白生鐵組織，即有了白口，焊波便極難進行加工。這種現象叫做生鐵的激冷或白口化，既能在焊着金屬中產生，也能在受熱接近於熔點的基本金屬中產生。熔焊部分的砂被燒失一部份，使碳不容易析出成為石墨狀態；或者施焊的地方液體金屬冷卻太快，都可以促使生鐵發生激冷現象。

2. 生鐵的熔點較低，而且從固體變成液體以及從液體變成固體的過程很快，因此各種氣體來不及從金屬中向外排出，常常使焊波多孔，降低了焊修的質量。

3. 生鐵鑄件在焊修後冷卻時，像氣缸體那樣構造比較複雜的鑄件，由於收縮不平衡，能够引起極大的內應力，使焊着金屬或基本金屬中發生龜裂現象，大大降低焊修的質量。

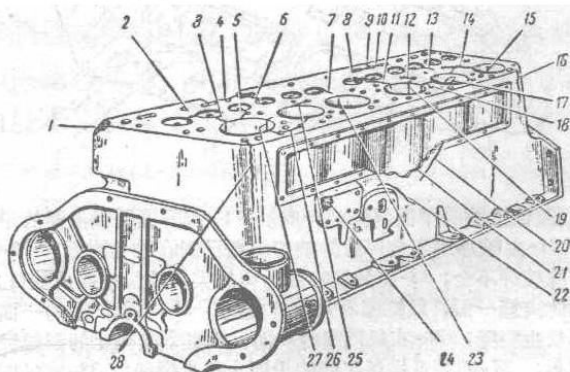
4. 進行焊修時，往往產生極難熔解的氧化砂薄膜，它的熔點要高過基本金屬很多，這使焊接困難，影響強度和質量。

三、氣缸體損壞的類型

氣缸體的損壞有些是無法修復的，有些是可以用焊接加以修理後照常應用的。損壞的類型中可以焊修的，有如下的幾種：

1. 裂縫 在焊接準備工作後所存在的、具有裂縫形狀的任何損壞，都屬於裂縫類型。
2. 穿孔 氣缸體壁上各種具有孔形的損壞均包括於穿孔類型。
3. 外形損毀 氣缸體個別部份的破碎屬於外形損毀類型。
4. 其他損壞 包括氣缸體的磨蝕和螺紋孔內螺紋（絲扣）的斷裂。

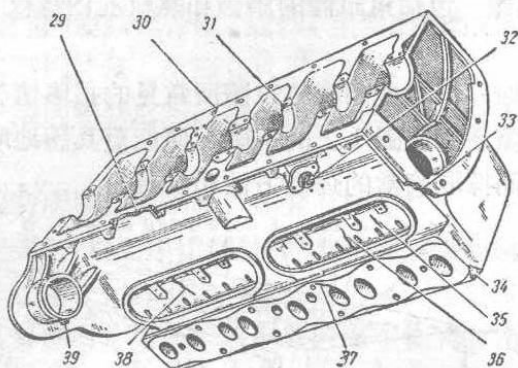
現在將吉斯-5汽車發動機氣缸體所常見的損壞情況，比較詳細地列在下面，讀者對照圖1上的字碼，便能更具體地明確氣缸體損壞的徵象，從而採取適當的焊修方法和步驟。



(甲)

1-在固裝正時齒輪蓋的一面，氣缸體尖角破碎；2-在氣門座之間發生裂縫；3-氣缸筒與氣門座之間發生裂縫；4-靠近水孔處氣缸體壁的尖角部份破碎；5-在氣缸筒、氣門座和水孔之間的氣缸體頂部平面上發生裂縫；6-在氣門座和水孔之間發生裂縫；7-在氣缸體的頂部平面上，裂縫發展到氣門導管孔的附近；8-從氣門座腔到水套的穿孔；9-在氣缸體頂部平面上，裂縫發展到面裝進排氣歧管的平面上；10-在若干螺紋孔和水孔之間發生裂縫；11-在氣缸體的頂部平面上，裂縫從氣缸筒發展到氣

門座之間；12-在螺紋孔和水孔之間發生裂縫；13-在氣缸體的頂部平面上，裂縫尚未發展到氣門導管孔的附近；14-氣缸、螺紋孔和水孔之間發生網狀裂縫；15-在氣缸筒壁上，裂縫發展到氣缸筒壁的下端部份；16-在固裝飛輪突緣的一面，氣缸體的左角發生已裂到螺紋孔壁內的裂縫；17-氣缸壁部份破碎；18-氣缸筒之間發生裂縫；19-在氣缸筒壁上，裂縫發展到氣缸體頂部平面和氣缸筒壁下端部份；20-在旁蓋板的一面，水套壁上發生裂縫；21-氣缸體旁蓋板一面的水套壁部份破碎；22-在水套壁上固裝水泵的突緣所處部位附近發生裂縫；23-在氣缸壁上，裂縫尚未發展到頂部平面和氣缸壁下端部份；24-固裝機油濾清器的平面破碎；25-氣缸筒和螺紋孔之間發生裂縫；26-在若干氣缸筒和螺紋孔之間發生裂縫；27-在氣缸壁上，裂縫發展到氣缸體的頂部平面；28-在正時齒輪的一面，氣缸體尖角部份發生已深入螺紋孔壁的裂縫；



(乙)

29-固裝機油盤的平面部份破碎成缺口；30-固裝機油盤的平面上發生裂縫；31-主軸承座尖角部份的破碎範圍已到螺栓孔附近；32-固裝汽油泵的突緣破碎不全；33-固裝飛輪殼的突緣尖角部份破碎成缺口；34-在固裝飛輪的突緣一面，氣缸體右角破碎殘缺；35-在氣門室的一面，氣缸水套中部發生裂縫；36-在氣門室的一面，氣缸水套壁上的裂縫發展到氣門導管附近；37-固裝進排氣歧管的平面上發生裂縫；38-在氣門室的一面，氣缸水套壁上的裂縫已由氣缸壁發展到氣門室的下部；39-固裝發電機螺栓的螺紋凸台破碎。

圖 1 吉斯-5 汽車發動機氣缸體的損壞情況（可以施行焊修）

以上列舉吉斯-5 汽車發動機氣缸體的損壞是最常見的，這些損壞可以施行焊修。其他車型的發動機氣缸體，損壞情況大都類似，讀者可以舉一反三，並在日常工作接觸中多加注意。

修理氣缸體所採用的金屬焊接法，主要是氣焊（一般是氧氣-乙炔焊）和電弧焊兩種。按照焊件是否需要預熱，又可分為不預熱熔焊（也叫冷焊）和預熱熔焊（也叫熱焊）。氣焊和電弧焊，根據所使用焊條的不同，又分成數種。下面將把這些焊修方法逐一地來談一談。

四、生鐵氣缸體的氣焊

預熱氣焊(熱焊)

在進行焊修之前必須先做好準備工作，包括：1) 按照所需要的深度和寬度，對裂縫加以倒邊，普通大都切成 90° 的單側V形坡口；2) 用鋼絲刷子或噴砂器將坡口的油垢、銹痕徹底清除，並以火焰加熱。

像氣缸體這樣形狀複雜的焊件，為了防止因焊修時加熱不均而發生龜裂和內應力起見，應該先預熱然後再施焊。預熱的好處，除避免鑄件由於本質脆弱受內應力的影響而斷裂外，還可使焊件的溫度增高，在焊修時溫度不易散失，減少焊修所需的熱量，縮短焊接所需的時間，節省焊接用氣體的消耗量，增加焊修的生產率。

氣缸體的全部預熱要在鍛冶爐、烘爐或地爐中加熱到 $500 \sim 600^\circ\text{C}$ 。如果按照焊修部分的形狀和損壞的性質不必施行全部預熱時，也可以使用焊槍、噴燈、木炭等來施行局部預熱。假使應用鍛冶用的炭，那末可以在預熱部位用有孔的鐵箱，在其中裝炭點火。最好用特製的預熱爐來預熱氣缸體，因為，除了可以均勻地進行預熱工作外，同時又可以在預熱爐中進行焊修，焊修完畢後，氣缸體仍舊放在爐內慢慢冷卻，減低內部應力，提高焊修質量。

焊接生鐵件所用的噴咀要比較焊接同厚度的鋼件所用的噴咀大一號。焊接用氣體（乙炔和氧氣）的壓力也須跟噴咀的大小來調整。

焊接生鐵所用的焊條，除供作焊縫中的補充材料之外，更重要的是正確地控制焊縫中材料的成份，因為在焊接的高溫下，生鐵中的矽極易氧化燒掉。氣焊時推薦採用高矽灰生鐵焊條，因為矽能促成石墨的形成，這樣，在焊條中既具有足夠的矽含量來補充因焊接所發生的損耗，便保證了焊件即使在較快的冷卻速度下，碳素仍能大部份以游離狀態（自由石墨）存在。同樣，生鐵中的碳含量在焊接的高溫下也遭受一定的損耗，所以焊條中也須含有足夠的碳量。生鐵焊條一般應具有如下的成份：碳 3.0~3.5%；矽 3.0~3.5%；錳 0.5~0.8%；磷 0.2~0.5%；鎳不超過 0.3%；鉻不超過 0.05%；硫不超過 0.08%。錳和硫妨礙石墨的析出，而矽則促進生鐵的石墨化。焊條的外表面必須光滑，斷面應呈灰色，不許帶有鑄造時的型砂和熔渣，也不許有鐵銹、裂縫和砂眼。焊修氣缸體一般所用的焊條，直徑為 6 公厘（允許誤差為 ± 0.8 公厘），標準長度為 350 ± 15 公厘。

使用生鐵焊條時，所用的焊藥（熔劑）有兩種：1）100%的硼砂，不加任何其他藥品；2）50%硼砂，47%碳酸鈉，3%二氧化矽（淨潔的細砂）。加入焊藥的方法十分簡單，把焊條已灼熱的部份插入盛焊藥的容器內，使焊藥黏附在焊條的周圍，並把它引到熔融的焊縫中去。當熔融焊縫表面的熔渣過多時，可以用焊條的另一端將熔渣刮去。但是，刮渣次數不可過多，否則容易使氧化加快，影響焊修的質量。

開始焊接的時候，先把火焰對正了焊縫的底部來燒灼，直至達到熔融狀態為止。這時附近的材料溫度也隨之上升而接近於熔點，等到焊縫底部的材料完全熔化後，再把火焰逐漸地向上移動。焊條與噴咀的運動跟焊接鋼件一樣，噴咀在焊接時在焊縫的兩旁作來回的游動，同時焊條在火焰內燒熱以後，蘸些焊藥再放到熔融的材料中去。熔融材料的適當溫度，是以能把焊條熔化並將它混合於焊縫內以補充焊縫材料為標準。必須特別注意：切不可用噴咀將焊條燒

化滴入熔潭之中，同時熔融的金屬也不可流到未熔的部份，否則金屬成份可能改變，或者產生熔接不良的現象。

在熔融的部份發生氣泡或者出現白色斑點的時候，就應該立即加入焊藥，並且用火焰指向這種斑點燒灼，直到所有的雜質完全浮於熔融材料的表面為止。

在焊接的時候，必須要做到每一條焊縫都是一氣焊成，不得中斷。在焊修過程中焊條必須不斷地攪動，使焊藥能夠進入熔融金屬的內部，發揮它排除熔渣的作用。但是不可把焊條伸入火焰中太深，防止整段的焊條熔進了焊縫，因而造成不良的影響。

在焊修之後，由於各部分冷卻速度的不同，不但產生內應力而減低了焊件能夠承受負荷的能力，而且更重要的是將引起組織的變化，使灰生鐵（灰口）鑄件變為生白鐵（白口），加工便顯得困難。生鐵由於冷卻時所發生的收縮力也可能在焊修後引起裂紋，在這種情況下，裂紋將在焊縫的本身上出現。因此，改善焊修後的物理性能和顯微組織，便成焊修氣缸體的重要措施，回火就是一種可靠的辦法和易行的步驟。如果焊件是在預熱爐中進行焊修的，焊修後的溫度能保持相當長的高溫而逐漸地冷卻，那末就已經具有回火的作用了，毋須再進行其他的處理。但是焊件假便是用其他方法預熱的，焊修完成後最好用燃燒着的木炭包圍於焊修部位的四周，使其各部的溫度平均上升，到木炭燃燒完了時溫度再慢慢下降，這種情況使各部脹縮相同，焊件的內應力就可以消除，同時由於冷卻速度較慢，促使焊接材料的內部組織得到改善，有利於焊修後的加工。由此看來，預熱和回火都是必要的。

不預熱氣焊（冷焊）

施行冷焊的時候，焊件毋須作任何的預熱，用的是黃銅或青銅焊條，所以也可叫做黃銅或青銅生鐵氣焊。黃銅焊條最好用“多賓”

氏合金製成的棒形焊條，應該有如下的化學成份：銅 57~60%，鋅 38~40%，錫 1~2.5%，鎳 0.5%，鐵 1%，錳 0.5%。這種黃銅合金具有很大的強度、延伸率和可鍛性，並具有一致的組織。在溫度為 880°C 左右時，這種合金就均勻地自行熔化（黃銅熔點 850°C 左右，生鐵熔點 1200~1250°C），在堅硬的凝固狀態時極便於機械加工。用黃銅焊成的焊縫（焊波）是非常堅固的，試驗證明黃銅在通過生鐵的表面下方時，就和生鐵構成了堅固的結合。黃銅是以小條的形狀嵌入生鐵內的，所以能夠獲得堅固的焊縫，而且能抗受拉力和衝擊。

採用這種熔焊法，祇是加熱至 900~950°C（櫻紅色）之後，堆置黃銅焊條的熔化金屬而已，焊件的邊緣並不熔化，也就是說受熱不高，不致發生變形或危險的應力。經過氧氣-乙炔焰熔化的黃銅能緊固地黏着於生鐵的表面上。

進行焊修前，應該徹底清除焊縫表面和焊縫寬 25 公厘以內處所的渣鏽和油污。這種焊接面上的清潔工作是十分重要的，因為黃銅或青銅焊接的基本原理，就是利用在適當的高溫下（比黃銅的熔點高一些），使黃銅和焊接面的黑色金屬結合成為合金，牢固地附於焊接面上。如果油類已經侵入到鑄件的組織中，應用一般的表面清潔法已沒有效果，那就用火焰將鑄件燒至亮紅，把油除盡後再進行焊修。粗糙的表面較平滑的表面能得到更好的焊接效果。

在用青銅焊條焊修的時候，所用噴咀與用生鐵焊條焊修時所用的噴咀一樣大小。用黃銅熔焊生鐵時，噴咀的效能一般規定為焊件厚度每公厘每小時消耗乙炔 50~60 公升。如果破損發生在焊件的薄斷面上，那末要用圓刃扁錘把破損的地方錘成溝槽，它的深度約等於焊件厚度的三分之二，並將邊緣切成 70~80° 的坡口。如果是厚斷面，那就應該把破損地方的各個邊緣切成等於焊件厚度 $\frac{3}{4}$ 的斜面。要使用扁錘來修整焊縫表面，切不可應用磨石。

焊藥的質量對焊修有重大的影響。黃銅或青銅焊條所用的熔劑為硼砂 70%，食鹽 20%，硼酸 10% 的混合物。也可以採用 50% 硼砂和 50% 硼酸，或者專用硼砂，不加其他藥品。

焊修時所用的火焰應該是中性焰，或者是微弱的氧化焰。氧化焰可以使青銅減少泡沫，同時又可促進青銅和生鐵的結合。但是氧化焰的程度不可太大，以火焰發光錐（錐形光亮部份）的長度縮短到中性焰的十分之九為適度，否則氧氣過多便容易使青銅的鋅氧化，因而減低焊接強度。氣焊時所用的三種火焰，就是氧化焰、中性焰和還元焰，表示在圖 2 上作為對照比較。

進行焊修的時候，首先用火焰將焊縫局部加熱到櫻紅色或暗紅色。再對焊條的端頭施行加熱，把它插在盛有焊藥的小箱內，同時用火焰在焊縫上繼續加熱。蘸有焊藥（熔劑）的焊條應使它放在火焰內層燒熔，但是不能使焊條過份靠近焰心，否則黃銅或青銅合金就會燒掉。當焊條熔化的點滴落到焊縫邊緣的熔化區域中，如果焊接面的溫度在 850°C 左右，熔化點滴自行散開而形成一種薄膜，那末，這就表示生鐵已經加熱到適當的程度了。假使焊接面溫度不夠，熔融的黃銅或青銅便會凝成小珠，好像水滴在有油的玻璃面上一樣。假使焊接面溫度過高，熔融的焊條金屬成為珠狀或球狀在焊修面上沸騰滾動，像水珠滴在紅熱的鐵板上一樣。焊接面溫度的不夠和過高都會使焊修質量受到極大的損害，因此必須保持焊接面有適宜的溫度。

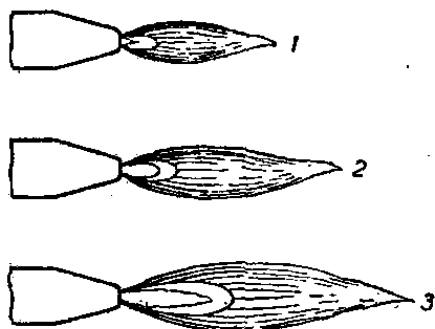


圖 2 焰心（發光錐）的形狀變化與氣體混合成份的關係

- 1-氧化焰（氧氣過多）；2-中性焰；
3-還元焰（乙炔過多）。

在使用氣焊的過程中，對火焰各部的溫度如何正確地加以利

用，以及了解火焰的最高溫度和氣體混合物成份的關係，都是具有很重大的意義。圖 3 上表示出火焰溫度沿焰的軸綫的分佈情況；而

在圖 4 上則說明了氣體混合物的成份對火焰最高溫度的關係。

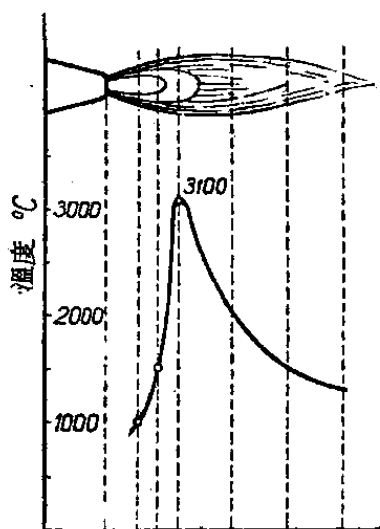


圖 3 沿火焰軸綫的溫度分佈情況

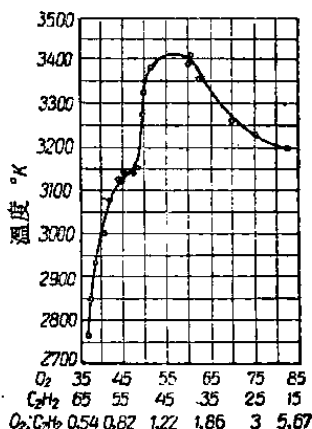


圖 4 氣體混合物的成份對火焰最高溫度的關係

爲了及時地使焊修面達到所要求的溫度，除正確地利用焊槍火焰之外，還應該採用適當的噴咀傾角（噴咀中心綫與焊件表面所成的角度，見圖 5 上的 α 角），同時也要使噴咀作一種或多種的橫向

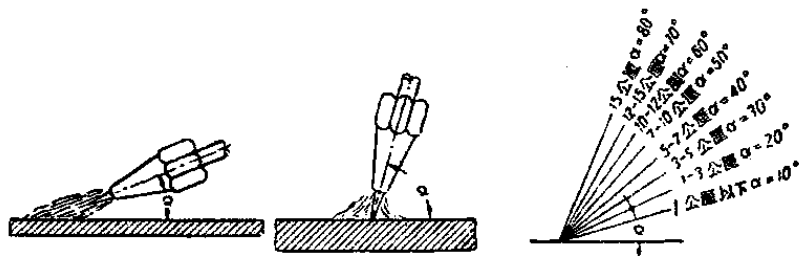


圖 5 噴咀傾角和焊件厚度的關係

運動（參閱圖 6），更須注意養成正確的操作法（見圖 7）。這些基本事項都和焊修效率有着密切的關係。

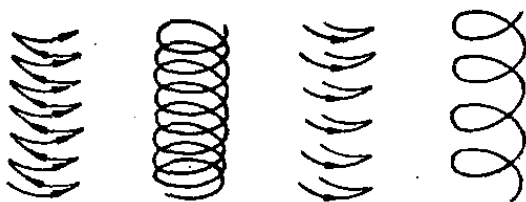


圖 6 噴咀的各種橫向運動的方式

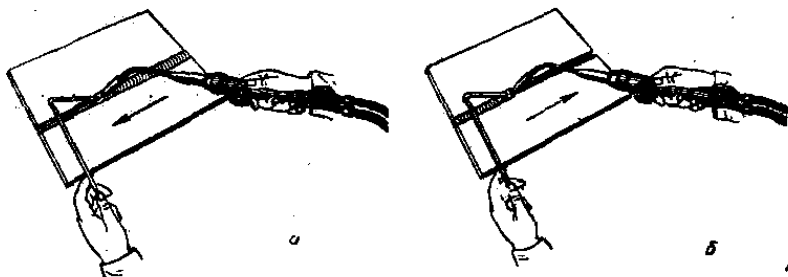


圖 7 進行氣焊的操作方式

a-左向焊； b-右向焊。

焊接生鐵氣缸體的長裂紋時，首先要在焊縫的兩端各熔接數公分，再於裂紋中心也用黃銅或青銅熔接數公分，然後在焊縫兩端與裂紋中心之間進行焊接。最好先在裂紋的端頭鑽上一孔，否則焊槍火焰可能會把裂紋加以擴大。

一般說來，祇要焊縫焊接得適當，用黃銅或青銅來施行冷焊要比用生鐵施行熱焊得到更高的焊縫強度（大2~3倍）。現在把各種“多賓”氏合金的成份介紹於下，以供參考：

成份名稱 (主要元素)	五種合金的成份(%)				
	I	II	III	IV	V
銅	57~62	54~55	38.9	50	58
鋅	41~38	35~40	—	49	40
鐵	1	1~2	34.6	—	1
錳	0.5	0.5	—	1	—
鎳	—	0.5~1	18.2	—	—
鉛	—	—	8.3	—	—
錫	1	1.5	—	—	1

五、生鐵氣缸體的電弧焊

以上是氣缸體用氣焊法來進行焊修，下面便要說明如何用電弧焊來焊修氣缸體的方法。但是，首先必須說明，用電弧焊修氣缸體並不像用氧氣-乙炔焊那樣容易控制，因為生鐵的熔點低而電弧所發生的熱力很大，所以在焊修的過程中便極易造成熔接不良的缺點，保證焊修質量是有些困難的。

所謂電弧焊就是一種利用電弧的熱力把焊件的焊修部份加熱到熔融程度的焊接法。電弧是指兩個電極之間長時期放電的電流，同時產生強烈的光焰和大量的熱能。

在進行焊修之前，電弧必須經過引弧手續。實際上電弧是依靠電焊條和焊件之間所構成的瞬時短路來燃點的。電弧燃點以後，就應該立即迅速地將電焊條微微移動。當電焊條端頭與焊件接觸時，接觸處所發生的高熱使金屬熔化。如果在金屬熔化時不把電焊條移動，那末電焊條就會黏着在焊件上了。當電焊條移動的時候，電焊條的端頭和焊件都附有熔融的金屬，它們中間已被加熱，並且充滿了從金屬所發散出來的蒸氣，因而替電弧造成了保障燃燒的有利條件。

在電弧焊中，陽極具有較高的溫度，所以能夠發出大量的熱力，陽極的熔化速度因此也就大於陰極的熔化速度。一般說來，要進行焊修的零件都大於電焊條，在利用直電流施行焊接工作時就應該把陽極連接於施焊的零件，而陰極則與電焊條相連接。否則電焊條的熔化將比零件金屬的熔化快得多，焊件不能獲得充分的加熱，而電焊條上的熔融金屬却已流到冷的焊接面來了，焊修的質量無疑是很低劣的。但是在焊接薄製品的時候，為了避免過度加熱，最好是把電焊條連接陽極，焊件連接於陰極。在利用交流電施焊時，由於極性時變，散佈到兩極的熱量完全相等，所以沒有什麼限制。

熔化金屬所消耗的熱力僅為電弧熱力的一部份，其餘的電弧熱力將使金屬的附近部份加熱。通常焊接所用的電弧僅僅把它熱量的60~70%傳送到金屬，其餘的熱量都消失在周圍的空氣中了。

在移動電焊條的時候，焊件的表面就會留下焊加的金屬層，這種金屬層叫做堆條，也叫焊着金屬，它的斷面如圖8所示。事實上電弧焊就是向焊修的零件堆上各種尺寸的堆條。

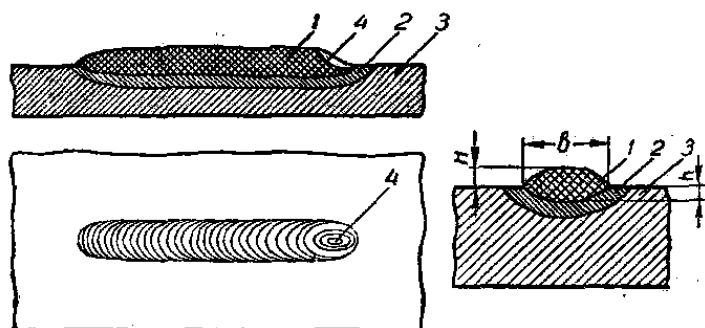


圖8 焊加的金屬堆條（焊着金屬）

1-焊着金屬； 2-熱作用層； 3-基本金屬； 4-終焊坑。

焊件的熔化深度 h 一般為2~6公厘，堆條的寬度 B 為5~25公厘，而高度 H 為2~5公厘。 $\frac{B}{H}$ 和 $\frac{B}{h}$ 的數值一般採取為2~8。當焊

件尚未被充分加熱時，在堆條起點上的熔化深度是極為有限的。熔化深度要隨着焊件的加熱程度逐漸地達到一定的標準尺寸。位於焊着金屬（1）下方的一層受到電弧熱力的作用而發生變化，所以叫做熱作用層（2）。在堆條的終點一般都留下一個凹面，這種凹面稱為終焊坑（4）。

堆條焊接法有寬窄的分別，窄堆條焊接法不常使用，因為焊着金屬不多，冷卻較快，易生氣孔。普通多採用寬堆條焊接法，使焊條的端頭作“之”字型的運動（見圖9中的 a, b, c ）就可構成寬堆條。

同時，如果要把焊接面充分加熱，電焊條必須作出如圖 9 中， ι ， ∂ ， e ， π 和 ϑ 所表示的各種運動。 ι 和 ∂ 是兩邊加熱的運條法， e 和 π 是單邊加熱的運條法，而 ϑ 是中央加熱的運條法。焊條的橫向擺動可以使焊縫邊緣的加熱良好，並且能使熔化金屬的熔潭冷卻緩慢。這樣就可以防止未焊透、龜裂、氣泡、空隙和混入熔渣等等毛病，也就是改善了焊波的質量。

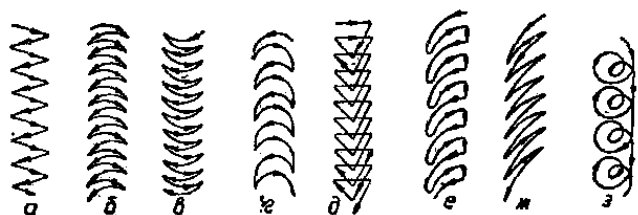


圖 9 施焊時電焊條端頭的運動方式。

a —“之”字形運動； b 和 c —半月形運動； ι 和 ∂ —半月形和三角形運動，使焊縫兩邊猛烈加熱； e 和 π —“之”字形運動，使焊縫的某一邊猛烈加熱； ϑ —繞圈運動，使焊縫中央猛烈加熱。

實行金屬堆焊的時候，焊件由於受到不均勻的熱作用而發生內應力，這種內應力達到某種程度以後，可能使零件彎曲或裂開。內應力存在金屬中的時間也許很長久，但是經過一個相當的時期以後就會逐漸減低。正如前面已經提到，內應力可以用加熱（預熱和回火）的辦法來使它減低。敲打和振動也或多或少可以促成內應力的下降。

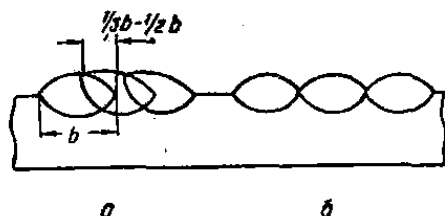


圖 10 追焊焊縫（堆條）的程序

a —正確； b —不正確。

焊補磨損的表面，必須設法先使它恢復原來的物理性質。利用電弧焊對磨損的表面施行堆焊時，每個下一堆條應該遮蓋前一堆條的寬度 $\frac{1}{3}$ 以上（見圖 10）。在把磨損表面恢

復到原有的尺寸時，假使說僅僅進行一層堆焊還嫌不夠，那末不妨進行第二層堆焊，必要時甚至可進行第三層或三層以上的堆焊。

預備加以焊修的裂紋必須首先作好準備，這種準備工作是指按照所需的深度和寬度來對裂紋進行倒邊。倒邊的深度和寬度要根據焊件的厚薄以及破損的範圍來決定。

對於一般的焊接最好像圖 11 所示的樣子來做準備。倒邊的夾角 α 通常為 $60\sim 70^\circ$ 或斜角 $\alpha/2 = 30\sim 35^\circ$ 。間隙 δ 的目的是為了在背面檢查熔深，

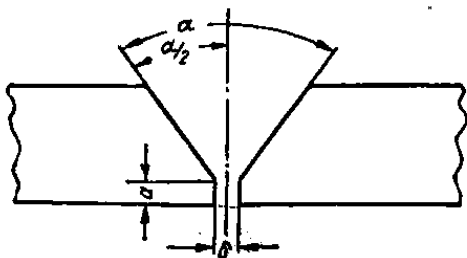


圖 11 施焊前的準備工作 (作V形倒角)

大概採取 $2\sim 4$ 公厘。 α 的數值決定於焊接金屬的厚度。通常最好使焊波高出焊件表面 $2\sim 3$ 公厘，這樣便增加了接合處的強度。

必須指出，氧氣在焊波金屬中是一種極為有害的混雜物。氧氣來自周圍的空氣、塗料，也可能由於熔渣、氣體和熔化金屬的化學反應而產生。氧氣和焊着金屬所形成的氧化物，位在金屬顆粒的邊界上，使金屬顆粒的結合受到阻礙，因而大大減低焊波的強度。

氧化鐵在高溫時極容易熔化於液體金屬中。液體金屬中所含的氧氣在 $1,550\sim 1,750^\circ\text{C}$ 時可以達到 $0.2\sim 0.5\%$ 。電焊條的含氧量很小，不超過 0.01% 。

同樣，熔化金屬也從周圍的空氣中吸收氮氣。鐵與氮化合成為氮化物，使金屬的塑性減低。施行長弧電弧焊的時候，由於液體金屬的點滴與空氣中的氧氣和氮氣接觸的時間較長，所以焊着金屬中所含的氧氣和氮氣也就特別多。增大電流可以使含氧量和含氮量減少。電焊條中的碳含量，特別是錳含量增高時，可以減小焊着金屬的含氮量。

用裸焊條進行電弧焊時，金屬所吸收的氮氣最多，而在應用氣