

钢铁热处理丛书

火焰表面淬火

上海市机电工业局編

科学技術出版社

序

热处理一般是机械零件最后一道工序的前道工序。它能改善工件的机械性能,改进结晶组织,提高工件的硬度、强度和耐腐蚀性能,所以是机器生产中很重要的一道工序。

过去这道工序是生产中最薄弱的环节,技术经验和生产设备较差,在生产中报废和回收较多。这样,不仅影响生产任务的完成,而且一旦报废,就会把许多前道工序的劳动成果亦就都报废了,造成生产中的最大浪费。为此,上海市机电工业局于1957年间召开热处理专业会议,交流经验,以提高技术。

我们要多、快、好、省地建设社会主义,在机器制造业中更殷切的要求提高热处理的技術水平和管理水平。于是再把上海市机电工业局热处理专业会议上交流的经验,刊印出版,以期促进热处理工作的提高。其中许多经验,特别是一些节约的小经验,现实意义重大,适用于中小型工厂的热处理车间。但是这些经验有的还很不成熟,尚祈读者提出宝贵的意见,以便进一步提高。

上海市机电工业局

目 錄

一、火焰表面淬火的基本原理(張宗澤).....	1
1. 火焰表面淬火概述.....	1
2. 火焰表面淬火的特点.....	2
3. 適合火焰表面淬火的鋼料.....	4
二、火焰淬火設備(張宗澤,鮑秋生).....	6
1. 淬火机床.....	6
2. 乙炔(C_2H_2).....	8
3. 氧气(O_2).....	8
4. 噴焊器及噴嘴.....	9
5. 水管.....	10
三、操作技術(張宗澤).....	10
1. 操作方面.....	10
2. 決定質量的基本因素及檢查方法.....	11
3. 安全技術方面.....	13
四、火焰表面淬火的一些实例(張宗澤).....	14
实例 1 螺紋机滑杆.....	14
实例 2 蝸杆.....	15
实例 3 半离合器.....	16
实例 4 車床主軸.....	17
实例 5 挖泥机杆.....	18

实例 6	挖泥机連杆	19
实例 7	6" 叶片	20
实例 8	50 公厘鉗床主軸	21
实例 9	噴霧机止回座	22
实例 10	R 2500 鉗机倒車箱离合器	24
五、	几种特殊噴槍和噴嘴的制造和应用(鮑秋生)	24
1.	噴槍的結構特点和应用	24
2.	齒輪淬火的火焰噴嘴	25
3.	刹車鼓和長軸的淬火头子	27

一、火焰表面淬火的基本原理

1. 火焰表面淬火概述

將零件表面，用强烈的火焰于瞬时內加热至臨界温度以上（ AC_1 以上 $80\sim 100^\circ C$ ），并立刻加以冷却，即得表面硬度。

火焰燃燒气体，如果采用乙炔氧焰，温度可至 $3100^\circ C$ ；采用氬氧焰可至 $2000^\circ C$ ；其他如甲烷、天然煤气等也可作为燃燒气体。

这种淬火方法因加热時間短暫，僅將表面加热至臨界温度，零件中心部分并未加热，其性能組織，仍与未淬火前一样。所以能得到表面耐磨、内部坚韧的零件。淬火的冷却，必須根据鋼的种类及硬度的要求，作適當的选择。

零件表面淬火温度，一般以目力來判断，根据材料的不同，分析得出不同的臨界点；亦可用磁鉄來吸試，因 $768^\circ C$ 为磁性轉变点，超过 $768^\circ C$ 时，磁性逐漸减弱，这时工件就不受磁鉄吸引，即表示已达到淬火温度。例如含碳量 0.5% 的中碳鋼，当磁鉄不吸时，可進行淬火（这时的温度約 $800^\circ C$ ）。

火焰表面淬火，是苏联先進的热处理技術，因有很多特点，在苏联机械制造业中已廣泛应用。近几年來，我國有些厂礦在學習了苏联的先進經驗后，已逐漸將它应用到生產中去，而且獲得了很大的成績，解决了生產中原有的困难，提高了生產效率，降

低了成本,節約了原材料,減少甚至完全避免了一般熱處理後所發生的變形或報廢的現象。

現在國內很多工廠,都已有了完善的火焰表面淬火設備,為國家創造了一定的價值,累積了財富。

由於加熱方式的不同,火焰表面淬火有四種基本方式(圖1)。

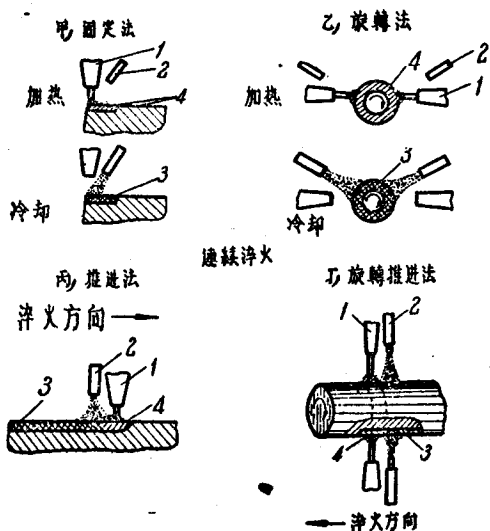


圖 1

1—火焰噴嘴; 2—冷卻水管; 3—淬硬層; 4—加熱層

2. 火焰表面淬火的特点

(一) 設備簡單,操作方便,工件不受體積的限制,可靈活使用,舉辦較易,費用亦小。

(二) 加熱時間迅速,輔助工時亦可縮短(時間一般以秒計,可省去一般熱處理的生爐等工序),生產能力高,操作易掌握。

(三) 加工前先經過正火一道工序,這樣,可使工件的變形

及撓曲程度很小，甚至可以完全避免；減少或省去校調工時，降低報廢率。

(四) 工作表面清潔，不發生氧化，脫碳等現象。淬火后所得到的硬度，常較普通淬火為高(約高 HB 30~50)。而表面淬硬部分的深度及均勻度，可以用加熱速度來控制。

(五) 碳鋼用火焰表面淬火法淬硬表面，最符合經濟原則。如以 0.45% C 的中碳鋼為例，經处理后，在很多情況下，可以代替低合金鋼，因此節省了合金鋼原料，降低成本。

(六) 用火焰淬火加熱時，因僅在表面層加熱，而冷卻時，則為內外同時進行，所以不易開裂，選擇材料時所受限制較小。

(七) 除普通淬火方法可以淬硬的材料外，尚可淬硬合金鋼及複雜的鑄件，例如機床導軌、曲軸、軋輥、渦輪、大齒輪、鏈輪等長而大的機件。

(八) 可以在工件上需要的部分，進行局部淬火，而不影響其他部分。能保持工件核心部分原有的組織，達到表面耐磨，內部堅韌的要求。圖 2 所示是 45 號鋼經火焰表面淬火后，淬硬層硬度和組織的分布情況。

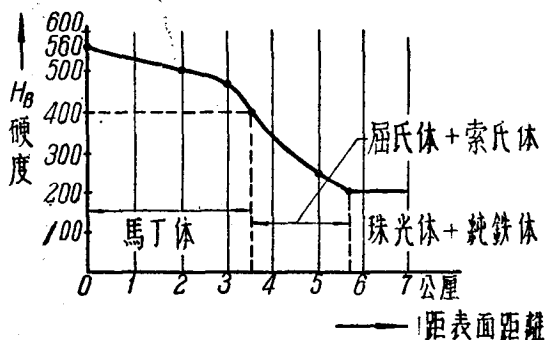


圖 2

3. 適合火焰表面淬火的鋼料

(一) 碳素鋼——在 0.30% C 以上者均可淬硬, 尤以 0.40~0.60% C 的最適宜。如用水淬, 硬度可达 HB 400~650。0.70% C 以上的碳鋼, 須適當調節加熱及冷卻速率, 以免表面開裂。0.45% C (中碳鋼) 經處理后, 在很多情況下可以代替低合金鋼 (Rc 56 左右)。

(二) 合金鋼——鎳鋼、鉻鋼、鎳鉻鋼、鉻鈮鋼、錳鈮鋼等。其中以鉻鉻合金鋼較易淬硬; 尤以含 0.15~0.25% 鈮鋼效果最好。

(三) 鑄鋼——0.20~0.40% C 的鑄鋼都可進行火焰表面淬火。惟鑄鋼表面層或多或少有些脫碳, 因此硬化作用在表面

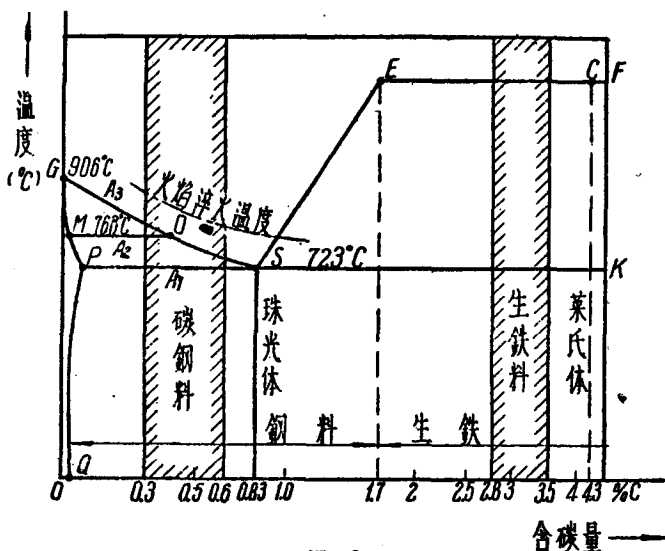


圖 3

GPQ—α 鐵的區域; GOS—鐵素體開始析出; ES—滲碳體開始從奧氏體中析出; GO— $\beta \rightleftharpoons \gamma$ 變化; OS— $\alpha \rightleftharpoons \gamma$ 變化; PSK—奧氏體轉變為珠光體(冷卻時), 或珠光體轉變為奧氏體(加熱時); MO—磁性變化 $\alpha \rightleftharpoons \beta$ 。

層以內的地帶(磨去表面層硬度即顯出)。

(四) 鑄鐵——灰鑄鐵至少須含化合碳 0.6~0.8% (含碳量在 2.8~3.5% 間)、可鍛鑄鐵(馬鉄)、球墨鑄鐵都可用火焰淬火。

圖 3 系表示適合火焰淬火的碳鋼及生鉄的范围。

碳鋼及合金鋼的淬火温度和硬度(約数)的关系,可以參見表 1。

表 1

鋼 种	主 要 化 学 成 分 (%)							淬火温度 (°C)	硬 度 (Ro)
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V		
碳 鋼	0.30~ 0.80	<0.8						880~820	40~65
錳 鋼	0.30~ 0.50	1.6~ 1.9						840~820	55~58
矽錳鋼	0.33~ 0.34	1.00~ 1.40	0.50~ 1.50					830~810	56~60
鉻 鋼	0.30~ 0.55			<1.10				850~820	50~55
鎳 鋼	0.35~ 0.55				3.25~ 3.75			850~820	55~58
鉻鎳鋼	0.25~ 0.40			0.5~ 1.1	0.65~ 4.0			850~800	56~60
鉻鉍鋼	0.30~ 0.55			0.8~ 1.11			0.15~ 0.30	880~860	50~60
鉻鉍鋼	0.35~ 0.55			0.8~ 1.11		0.15~ 0.25		860~820	50~60
鉻錳鋼	0.35~ 0.47	0.8~ 1.2		1.0~ 1.9				870~830	58~63
錳鉍鋼	0.38~ 0.44	1.8~					0.15	820~800	55~60

合金鋼的火焰淬火温度,要看主要合金元素对于变态点的提高或降低來決定。

鑄鉄的火焰淬火温度,可由下面簡單公式算出:

鑄鉄火焰淬火温度 = $730^{\circ}\text{C} + 28 \text{ 矽} - 25 \text{ 錳}$ 。

式中：矽錳以百分數代入，例如含 1.5% 矽或錳，即以 1.5 代入。

二、火焰淬火設備

包括機床、乙炔、氧氣、噴嘴及水管等。

內中有些工具(如機床或水管等)，可以利用舊有設備加以改裝。

1. 淬火機床

可以利用舊車床改裝為淬火機床，另加一套裝置火焰噴嘴所需要的夾具，將它裝在大拖板上。夾具上裝置所需噴嘴的數目、角度、距離，可根據工件的大小及形狀來決定。冷卻裝置與噴嘴固定在夾具上，在拖板的另一面焊接一個托架，上面放一套

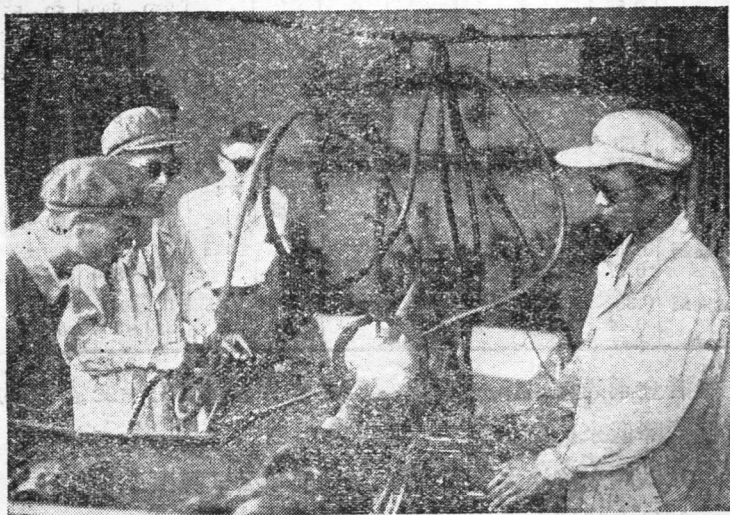


圖 4

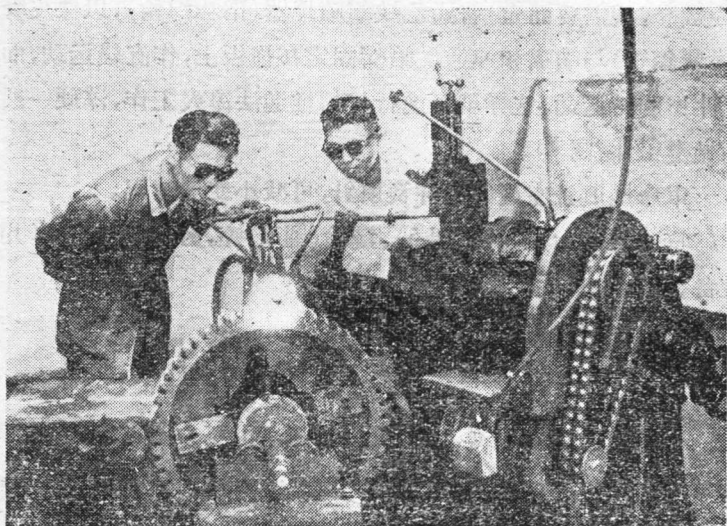


圖 5



圖 6

(或数套,視需要而定)普通乙炔氧噴焊器(俗称焊槍),以橡皮管(或紫銅管)与噴嘴相連通。噴嘴固定在拖板上,作直綫运动,而工件作旋轉运动,这样就可進行旋轉推進法淬火工作,淬硬一般的軸类工件(圖 4)。

車床尾頂針座最好用彈簧頂針,可减小变形情况。

特殊零件如大齒輪(圖 5)、鏈輪(圖 6)等,另外还需要專用設備。

2. 乙炔 (C_2H_2)

一般用乙炔發生器,自己可以制造。但压力不够大,影响淬件質量(一般乙炔發生器有低压—0.07 公斤/平方公分及中压—0.07~1.05 公斤/平方公分两种)。乙炔發生量每小时应大于 3 立方公尺,發生器上应裝保險閥門或橡皮膜,以策安全。一公斤碳化鈣 CaC_2 可以得到 0.25~0.3 立方公尺之乙炔,一公斤乙炔約占 0.9 立方公尺体積。另外,也可以用現成的乙炔气瓶(几瓶联裝时,可裝置匯流排)。瓶裝乙炔系用 15 大气压力將乙炔气压入裝有丙酮(CH_3COCH_3)液体瓶內,每公斤丙酮液体能吸收 360 公升乙炔,一般瓶的容積为 40 公升,40% 为丙酮,故瓶內有乙炔为 $40 \times 40\% \times 360 \approx 6000$ 公升。

淬火时乙炔压力应大于 0.7 大气压,而内部压力应小于 1.5 大气压。

3. 氧气 (O_2)

氧气大多是瓶裝,淬火时氧气压力一般为 2~3.5 大气压。

乙炔与氧气混合比例以 1:1.5 为最好。

4. 噴焊器及噴嘴

(一) 噴焊器一般有两种:即冲射式(低压式)和高压式,其結構如圖 7 所示。

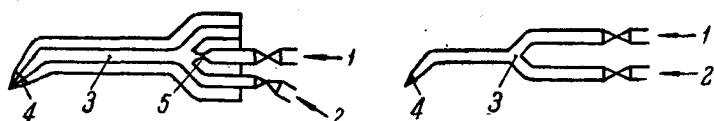


圖 7

甲-低压式

乙-高压式

1—氧气管; 2—乙炔气管; 3—混合室; 4—喷嘴; 5—喷射器

(二) 噴嘴主体有二:一为混合气室,另一为水室。气体从气室通过直径 0.6~0.8 公厘的噴火孔噴出,冷却水則从水室通过傾斜(一般为 $10\sim 20^\circ$)的噴水孔($\phi 1\sim 1.2$ 公厘)或噴水縫射出。噴嘴一般用鑄黃銅制成,亦可用 1~2 公厘厚紫銅板或紫銅管焊制而成(比較方便)。工作时之情况如圖 8 所示。

圖 9 所示为多焰的闊噴嘴(火孔与水孔均須均匀排列),可淬較闊的工件用(如鉄砧)。其他特殊噴嘴再在后面介紹。

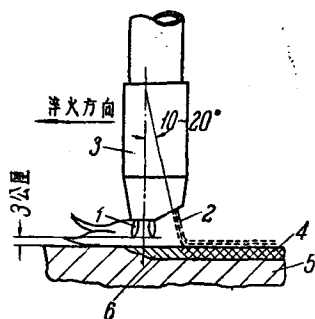


圖 8

1—火焰內錐体(核心); 2—冷却水綫; 3—噴嘴(鑄黃銅制); 4—淬硬層; 5—工件; 6—加熱層

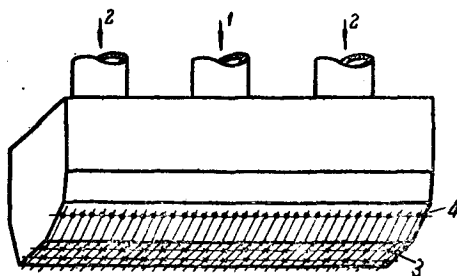


圖 9

1—火管(混合气管); 2—水管; 3—火焰噴口(火孔); 4—冷却水噴口(水孔)

5. 水 管

一般固定的用鉄管，在轉动处接以橡皮管。在噴嘴上用的水管，通常由直徑 10 公厘左右的紫銅管制成。

三、操作技術

1. 操作方面

(一) 工件須先經過正火手續，以消除內应力，这样可以防止或减小工件在火焰淬火后，發生变形及开裂現象。

(二) 淬火前应仔細檢查气体、導管、設備、工具、水隔器水位是否保持正常和灵活，所有橡皮管接头处有否漏气現象(可以用肥皂水檢查，禁止用火种檢查，以免發生爆炸)。

(三) 噴嘴应保持清潔，遇有回火阻塞时，应拆下噴嘴，以氧气冲去噴嘴內烟灰再行工作，冷却系統应保持暢通。

(四) 工作前先开氧气，冲去導管中不純的气体，并校正压力表至所需压力(氧气及乙炔气)。

(五) 工作时先开少量乙炔气，用电火花或电石打火机点火，点燃乙炔后，再开大乙炔及調整氧气至火焰適度为止。火焰一般以中性焰为止(呈紫色)。

(六) 火焰核心前 3 公厘处温度最高(約 3100°C)。火焰核心的長度与噴火孔压力有关，視工件要求作適當調整。

(七) 火焰前進速度必須均匀，否則会因加热不勻造成硬度不均的現象。火焰前進速度根据硬化深度不同而調整。

火焰作直綫加热时，其前進速度可根据噴嘴火力的强度及工件要求而決定，一般在 100~306 公厘/分。

迴轉加熱時，一般工件轉速為 80~120 轉/分。

火焰與工件表面應垂直，並保持在同一圓徑平面上（指多焰噴嘴）。

表 2 系用推進加熱法行進速度與淬硬深度之關係。表中深度係一約數，可隨加熱、距離、火焰強度，冷卻時之地位、工件形狀、厚度、材料成分等作適當調整。

表 2

噴嘴行速(推進),公厘/分	50	70	100	125	140	150	175
淬硬深度(約數),公厘	8.0	6.4	4.8	3.2	2.6	1.6	0.8

(八) 冷卻水的緩急，視硬度要求而調整（太大時要回火，太小又得不到硬度），工作完畢後，應關閉冷卻水。

(九) 工作將完畢前，先關氧氣，再關乙炔，待熄火後再以氧氣沖清噴嘴中的剩餘氣體。

(十) 隨時檢查氧氣及乙炔氣壓，瓶裝之氣體均應稍存剩餘壓力，退回原廠。氣壓不夠時不應繼續工作，以免在中途因氣壓不足而造成返工或報廢。

2. 決定質量的基本因素及檢查方法

(一) 噴嘴或工件的移動速度（一般為 50、80、100、165 公厘/分鐘）。

(二) 加熱距離的選擇（即自噴嘴至加熱面之間的距離，一般為 10~15 公厘左右），距火焰內錐體前 3 公厘處溫度最高（見圖 8）。

如加熱距離過近，雖然加熱迅速，但亦易造成過熱現象及生成隙縫；距離愈遠，加熱則慢，熱量擴展愈深，有穿透淬火的危險。

(三) 火焰中心与冷却水間的距离 (一般为 10~15 公厘)。距离减短, 加热区温度不可能均匀, 硬度不一; 距离大热量会擴展至很深。

(四) 火焰的形狀和强度, 首先决定于气体的混合比例及其压力。火焰的形狀和强度即使有不大的差別, 都会造成各种不同的加热速度, 并引起淬硬層的深度和硬度的極大差別。

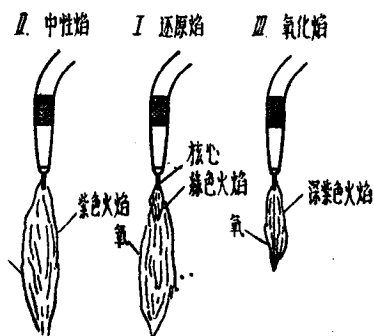


圖 10

由于乙炔与氧气混合比例的不同, 火焰有如圖 10 所示的三种情形。

I. 还原焰: 乙炔比氧气多, 火焰長 (色彩轉紅, 有微量冒烟, 核心变長, 整个火焰顯得沒有力), 略有渗碳作用。

II. 中性焰: 乙炔与氧气混合適當。

III. 氧化焰, 氧气比乙炔多, 核心較淡和短成尖形, 火焰形狀縮短, 光度顯得白亮耀眼, 整个火焰色彩, 由淺紅色变深紫色。

(五) 冷却水温度及压力 (水温不低于 15~18°C), 选择时应根据具体情况及要求来决定。在可能的情况下, 应將淬件進行低温 (175~200°C) 回火, 以消除內应力。

淬硬層的測定, 可將淬件側面磨光后, 浸在 4% 硝酸溶液中腐蝕, 約 3~4 分鐘后, 取出看边缘顏色有否变黑, 黑色即表示淬硬層深度, 淬硬部分仍是灰白色。

如檢查表面有否裂紋存在时, 可將零件浸在 12% 硝酸溶液中腐蝕, 約 5~10 分鐘后, 用放大鏡觀看, 或用磁性探伤机來檢

查。因为裂紋的產生，一般是由于氧气压力大的緣故，因而需在深度浸蝕之后，才能發現。

3. 安全技術方面

(一) 工場空气須流通，光綫应充足。氧气瓶及乙炔發生器(或乙炔瓶)应放置在距离淬火工場較远的地区或地下室(不得少于3公尺)并应直立安裝在固定架內。夏天在室外工作时，气瓶应用帆布盖好，以防陽光直接晒热。并禁止在同一地区內，貯存氧气及乙炔气瓶。搬运时应輕放，不得剧烈地震动或冲击倒置，以免發生爆炸。

乙炔瓶的温度不得超过 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，因温度增高，就会使乙炔在丙酮內的溶解度降低，乙炔瓶中的压力就会增加。

(二) 氧气瓶及管路系统中的零件，不得与油脂接触，以防爆炸。

(三) 禁用火种檢查漏气情况，只可用肥皂水來檢查，以免爆炸。

(四) 在工作前，应先檢查安全水隔器中之水位是否保持正常(如不正常时需补充)。天冷时，应在工作完畢后，將水放尽以防冰冻。

用乙炔發生器最好裝一淨气器，以過濾乙炔气內之雜質(如氨，硫化氫，磷化氫等)。

(五) 噴嘴应經常檢查和保持清潔，如有堵塞时，必須用通針(銅針)清除之。

(六) 如發現有回火現象，可將附近的乙炔管折轉、握緊，断絕乙炔气路，并关闭噴槍，拆下噴嘴和橡皮管，用氧气冲洗清潔后，应單獨先行燃点，視火焰是否正常，正常后方可裝在机床夾