



初級
智學 科学技术丛书

鋼的表面淬火

何維勤編著

江蘇人民出版社

• 內容提要 •

本书叙述鋼的各种表面淬火的理論和操作方法，如浸液淬火，火燄淬火，高頻率电流感应加热淬火，接触电热淬火和电解液加热淬火等，可供从事热处理工作的干部和技工閱讀。

15.11.76
7.14



科學技術叢書
鋼的表面淬火
何維勤編著

江苏省书刊出版业許可証出〇〇一号

江苏人民出版社出版
南京湖南路十一号

新华书店江苏分店发行 江苏新华印刷厂印刷

开本 787×1092 耗1/32 印张 1 1/2 字数 32,000

一九五八年七月第一版

一九五八年七月南京第一次印刷

印数 1-4,100

統一書號： 15100·41

定 价：(7)一角五分

目 录

緒 言	1
一、浸液淬火法	2
1. 一般介紹	2
2. 加热剂	2
3. 硬化层深度与溫度時間的关系	3
4. 操作方法及实例	4
5. 应注意的一些問題	6
二、火燄淬火法	8
1. 原理	8
2. 优点	10
3. 常用的鋼料范围	10
4. 加热速度与硬化层深度的关系	12
5. 操作方法	13
6. 应注意的几个問題	15
三、高頻率电流感应加热淬火法	
(高頻淬火法或高周波淬火法)	16
1. 原理	16
2. 高頻加热的电源与設備	18
3. 高頻淬火的方法	20
4. 感应器	24
5. 高頻淬火的应用	24
6. 高頻淬火的优点	25

7. 高频淬火的装置	27
8. 高频淬火后钢的机械性能与金相组织	27
四、接触电热淬火法	32
五、电解液加热淬火法	35
1. 原理	35
2. 加热与操作方法	36
3. 电解液加热淬火的优点	39
附 录	
附表1 各种钢材高频淬火的加热规范	41
附表2 汽车另件高频淬火(水淬)规范(ЗНС汽车厂)	42
表附3 常用高频淬火设备的主要规格	44

緒 言

要使工件的表面高硬耐磨，而內心又很堅韌能耐震動和沖擊，必須用表面淬火的方法，方能達到這個目的。表面淬火法就是將工件的表面加熱到淬火溫度（淬火溫度須由鋼料的含碳量和合金元素的含量來決定），隨即用水或其他冷卻劑很快地冷卻，因此工件的表面就得到硬化，而內心還是保持原來的韌性。

表面淬火法的優點除了能使工件得到上述的表面硬而內心韌的特徵外，還能使工件表面保持清潔和不氧化，同時不扭曲變形，而且操作簡便，可淬任意大小和任何形狀的工件，生產效率極高。

表面淬火法的種類大體上可以分成兩類：一類是表面改變化學成分的，這就是表面化學熱處理法，將在另一書中講到。另一類是不改變化學成分的，就是本書要談的表面淬火法。

一、浸液淬火法

1. 一般介紹

浸液淬火法就是把工件浸入到約900—950°C高溫的鹽浴或鉛浴熔液中加熱，經過很短時間的保溫後，工件表面達到淬火溫度以上，而內心還沒有到淬火的溫度，這時立即投入淬火劑中去冷卻，表面就被淬硬，但內心卻还是很軟。

浸液淬火法是表面淬火中最簡便節省、變形小、生產效率高的一種新方法。在沒有高頻率電熱淬火設備及火燄淬火等設備的工廠里，是非常值得推廣的。它可以用於各種齒輪、主軸等需要表面硬化的工件的淬火。設備非常簡單，只要用普通淬火時加熱的鹽爐和鉛槽就可以進行工作了。

2. 加 熱 劑

浸液淬火時所常用的加熱劑如表1所列。加熱劑要採用

浸液淬火用的加熱劑

表 1

種類	成 分	熔點 (°C)	使用溫度 (°C)	附 註
鹽 浴	①50%氯化鈉($NaCl$) + 50%碳酸鈉(Na_2CO_3)	560	590—900	可用至 950°C
	②20%氯化鈉($NaCl$) + 30%氯化鉀(KCl) 50%氯化鋇($BaCl_2$)	592	678—925	”
鉛 浴	100%Pb(純)	327	335—930	”

导热性好,流动性大,熔点低,而使用温度能高达 $900-950^{\circ}\text{C}$ 以上的介质。如使用熔点过高的加热剂,当工件放入后,它的周围就会附着凝結的液层,使导热性大为減低。金属熔液(鉛浴等)的导热性和流动性都比盐液好,而熔点也較低,所以用鉛浴作加热剂也有它的优点。但鉛浴在 800°C 以上时就开始蒸发,与空气相遇成为有毒的氧化鉛,对人身健康是有危害的;而且附着在工件表面时,容易造成淬火軟点。所以要經常在鉛浴的表面复盖一层20公厘厚及5—10公厘大的木炭块。如果用 $45\% \text{NaCl} + 55\% \text{Na}_2\text{CO}_3$ 作被复剂,效果比木炭块还好。

3. 硬化层深度与温度时间的关系

硬化层的深度与加热剂的温度及浸入的时间都有关系。因此硬化层的深度可由加热温度和時間两个因素来控制。例如一个直径48公厘的試样,在盐浴($\text{BaCl}_2 + \text{KCl}$)中作浸液淬火,保持硬化层深度3公厘时的温度和時間关系如下:

加热剂温度($^{\circ}\text{C}$)	950°	1000°	1050°	1100°	1150°	1200°
浸液时间(秒)	90	65	50	44	38	37

因此要得到同样的硬化层深度时,加热剂的温度愈低,所需的浸液时间就愈长;相反的,如加热剂的温度愈高,所需的浸液时间就愈短。不过一般在小齿輪淬火时,采用 950°C 的温度,所需浸液的时间也是极短的。若温度提高,操作时间就会来不及控制。一般加热时间在 950°C 左右温度是按直径(或厚度)每公厘1—2秒計算。所以比快速淬火的加热时间还要快上10倍左右,比普通淬火就要快至几十倍(約60—30倍)因此它的經濟效果特別大。但比高頻率淬火或火燄淬火时间要长些。

通常浸液淬火工件的硬化层深度約2—5公厘已够。

加熱時間的多少，要根據加熱劑溫度、工件大小、預熱溫度、鋼料的化學成分，以及所要求的硬度和硬化層深度來決定。

按工件直徑的大小，加熱劑溫度對加熱時間的關係如下：

試棒直徑(公厘) 20 40 60 80

在 1100°C 鹽浴中(BaCl_2-KCl)的時間(秒) 20 40 65 98

在 1250°C 鑄鐵熔液中，所需的時間(秒) 8 20 34 45

在 1100°C 錫銅合金熔液中的時間(秒) 5 1 23 35

4. 操作方法及實例

浸液淬火時工件需經預熱，因預熱可以縮短浸液時間，且對齒輪的硬化層分布情況沒有影響。例如經 500°C 預熱後，在 880°C 鉛浴中加熱，8D.P. (徑節)31牙的齒輪需要12秒(不預熱則需16秒)；6D.P. (徑節)42牙需20秒(不預熱則需30秒)；5D.P. (徑節)26牙需20秒(不預熱則需30秒)。

由表2及表3可得出試樣直徑、成分與加熱時間對硬化層深度的關係(工件系在表1鹽浴①及鉛浴中加熱，溫度約為 950°C ，並在 20°C 的10%NaCl水溶液中冷卻。試樣成分除含

在鹽浴中淬火試樣的直徑、成分與加熱時間對硬化層深度的影響

表 2

試樣直徑 (公厘)	含 碳 量 (%)	每 公 厘 1 秒		每 公 厘 2 秒		表 面 硬 度 (Rc)
		時 間 (秒)	深 度 (公厘)	時 間 (秒)	深 度 (公厘)	
25	0.52	25	2.0	50	4.0	58—62
	0.65	25	2.0	50	3.5	
30	0.48	30	2.0	60	7.5	58—62
	0.63	30	2.0	60	6.0	

在鉛浴中淬火試樣的直徑、成分与加 热時間对硬化层深度的影响 表 3

試樣直徑 (公厘)	含 碳 量 (%)	加 热 時 間(秒) (加熱速度每公 厘0.3—0.7秒)	硬化層深度 (公厘)	鉛液溫度 (°C)	表面硬度 (RC)
12	0.49	6	2.5	950	58—62
16	0.49	5	1.5	950	62—65
16	0.49	10	3.0	950	58—62
20	0.49	10	5.0	950	58—62

(机械制造 6 卷 3 期資料)

碳量不同外, 其余均含0.65%錳、0.25%矽及小于0.03%的硫和磷)。

【实例】 齒輪的浸液淬火: 理想的齒輪硬化层形状 应如
图 1 所示。但实际上浸液淬火的結果, 大齒輪的硬化层 形状

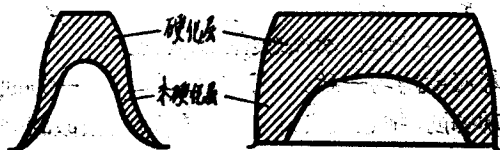


图 1. 齒輪剖面的理想硬化层形状

与图 1 比較接近, 而小齒輪就很难获得这样理想的硬化层。例
如将8徑节31牙齒輪在880°C鉛浴中浸液淬火, 多半会淬 成象



硬化太淺, 齒面硬度不夠

硬化太深, 脆性很大

图 2. 齒輪剖面的实际硬化层形状

图2那样的两种硬化层形状。

图中左边的齿是未經預热即浸液加热8秒钟急冷淬火，或經 500°C 預热再浸液加热5秒钟急冷淬火后的情形。右边的齿是未經預热即浸液加热20秒钟急冷淬火，或經 500°C 預热再浸液加热14秒钟急冷淬火后的情形。左边的一齿硬化层太浅，齿面硬度不够，因此不耐磨；右边的一齿硬化层太深，脆性太大，耐不起震动和冲击。这两种硬化层都是不合乎实际使用要求的。要想改善硬化层的分布情况，就要使齿的各部分

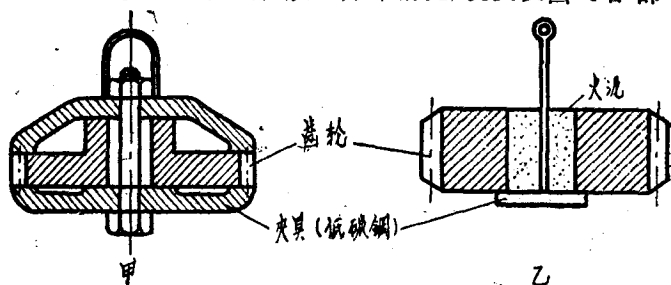


图3. 齒輪浸液淬火夹具示意图

加热和冷却速度均匀一致。要达到这个目的，一方面要在夹具設計上动脑筋，把它做成外形与齒輪形状相似的夹具，如图3甲那样把齒輪夹住淬火(图3乙的夹具不适用)。另一方面，最好分成两次操作，首先按照上述的方法浸液加热后，取出在空气中冷却，然后再浸液加热片刻，取出淬硬。

5. 应注意的一些問題

在浸液淬火时应注意以下几点：

(1) 加热剂的溫度与鋼的淬火溫度相差愈大，工件的加热就愈快，浸液時間就可以縮短，且内部受热不大，因此硬化层深度也愈小。

(2) 在同一溫度的加熱劑中以相等的时间來浸液淬火，預熱過的工件比不預熱工件的硬化層要深；且預熱溫度愈高，硬化層深度也就愈深。

(3) 如加熱劑的溫度不變，浸液時間愈長，硬化層就愈深；如浸液時間不變，則加熱劑的溫度愈高，硬化層也同樣愈深。溫度與時間都固定，則工件的含碳量愈高，硬化層也就愈深。

(4) 利用工件在加熱後與冷卻前停留時間的長短，可以控制硬化層的深度和硬度。

(5) 為了避免工件的開裂，在浸液淬火後必須及時進行低溫($150-180^{\circ}\text{C}$)回火，以消除淬火時所引起的內應力。

(6) 淬火前工件必須清洗干淨，要求沒有鐵銹、油垢以及其他附着的髒物，以免發生軟點或延長加熱時間。

(7) 工件不需淬硬的部份，必須用火泥塗塞、石棉包紮，或用低碳鋼夾具遮蓋，以免硬化。

(8) 工件浸入加熱劑中時，要經常作上下左右移動，使加熱迅速而均勻(直徑大於200公厘的齒輪要用旋轉法將齒部浸入鉛浴中加熱)。

(9) 工件在淬火前必須烘乾，保證沒有水分和潮濕物附着，以免鹽液爆炸。

(10) 加熱時間必須嚴格控制，以免使工件發生過熱或燒燬現象(在 $930-950^{\circ}\text{C}$ 加熱時，鹽浴加熱時間為直徑(或厚度)每公厘1—1.5秒，鉛浴為0.5—0.8秒)。

(11) 工件應在10%氯化鈉水溶液中冷卻，不宜在自來水中冷卻，不然容易產生汽泡而形成軟點。

(12) 鉛浴的加熱雖然比鹽浴快，但在合金中用處大，成本貴，且容易中鉛毒，所以較少採用，即使採用在操作時要嚴加注意。

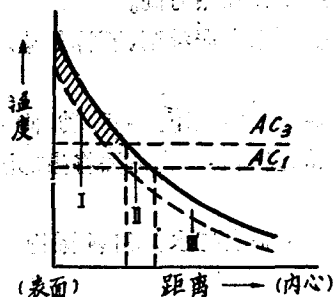
二、火燄淬火法

1. 原 理

火燄淬火法是表面淬火法中最簡便而又节省的一种。它的原理与普通淬火一样，所不同的只是将工件局部表面加热到临界温度以上，然后快速冷却使工件局部表面淬火硬化，而内心仍保持着原来的韌性。因这种淬火方法用不到炉子加热，所以又叫它为“无炉子加热淬火法”。

火燄淬火法一般都以气焊用的噴火嘴当做加热炉，所燃

燒的气体是乙炔气、煤气、甲烷、照明气等与氧气的混合气体 燒成强烈熾热的火燄，把工件表面在很短時間內加热到高于淬火温度，接着就



- I. 硬化层——馬氏体
- II. 中間层——馬氏体+鉄素体
- III. 内心层——原始組織

图 4—1. 火燄淬火时組織分布示意图

用压力噴水(油和空气也可)来冷却，使已加热成奥氏体的鋼件表面，因很大的冷却速度而淬成硬度很高的馬氏体組織。但中間层因温度較低，在 Ac_3 — Ac_1 間受到不完全淬火的緣故因此成为馬氏体和鉄素体組織，内心层因温度在 Ac_1 以下仍保持着原始的組織(見图4—1中 I、II、III 的部位及說明)。

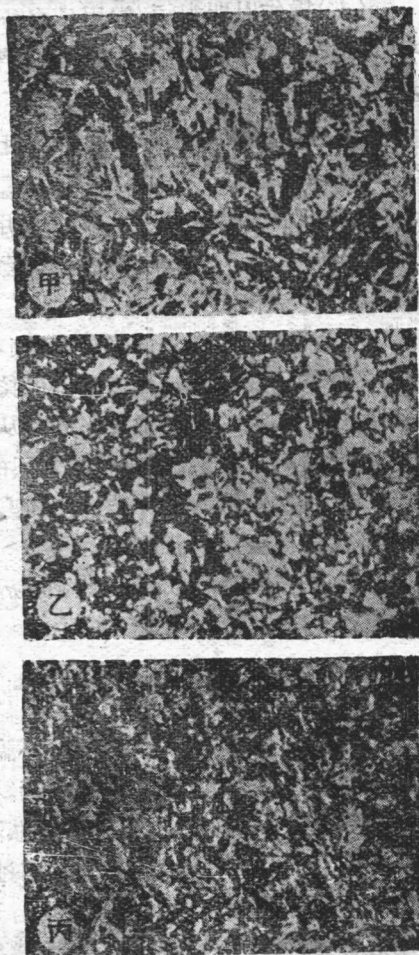
图 4—2 中，甲为硬化层的馬氏体組織，乙为中間层馬氏体与鉄素体組織，丙为内心层未經淬火的原始組織。

火燄的溫度很高，乙炔—氧氣可達 $3000-3200^{\circ}\text{C}$ ，煤氣—氧氣最高達到 2800°C ，而照明氣與氧氣最高溫度為 2400°C 。所以噴火嘴與工件表面的距離不能靠得太近，一般規定為3—6公厘（火燄內燄距工件表面約1.5—3公厘）。如靠得太近，工件就有被“燒燬”的危險，或造成“過燒”開裂，及“過熱”晶粒變粗等的不良後果。如離得太遠也不好，因為這樣加熱速度減慢使硬化層加深，薄的工件有被淬透的危險。工件的硬化層深度隨要求而定，一般約為2—6公厘，最薄的0.5公厘，最厚可達25公厘。

化學成份： $\text{C } 0.38-0.43\%$ ， $\text{Mn } 0.60-0.80\%$ ， $\text{Si } 0.20-0.35\%$ ， $\text{Ni } 1.65-2.00\%$ ， $\text{Mo } 0.20-0.30\%$ （ P 及 $\text{S} < 0.040\%$ ）

- （甲）硬化層——馬氏體
- （乙）中間層——馬氏體+鐵素體
- （丙）內心層——原始組織

圖 4-2 合金鋼齒輪火燄淬火後的組織(500 $\times$)



2. 优点

火燄淬火法有下列优点:

(1) 操作時間很短, 常用秒來計算, 一般約30—40秒。如与普通渗碳处理假定8小时來比較, 平均只為渗碳時間的 $\frac{1}{800}$ 左右。

(2) 設備簡單, 能節省費用, 而且使用方便, 可以到處移動, 適合於大量生產之用。

(3) 工件的大小不受限制, 可用於大型及小型工件或複雜工件的局部淬火, 且氧化脫碳和變形都很少, 因此可以降低廢品率及減少校正時間。

(4) 淬火後工件表面光潔, 且高硬耐磨(有時甚至比普通淬火工件的硬度還高), 而內心仍保持原有的韌性和強度, 因此耐衝擊和震動的性很好。同時從表面硬化層到內心層還有硬度漸減的過渡層, 可避免內外層的分离和剝落現象。

(5) 可用作鑄鐵件及鑄鋼件的淬火, 碳鑄鋼件經火燄淬火後可代替合金鑄鋼件使用。

(6) 在淬火時可以同時兼做回火處理, 能節省工料, 降低成本。

3. 常用的鋼料範圍

可用於火燄淬火的材料很多, 不論是碳素鋼、合金鋼、碳素鑄鋼、合金鑄鋼、灰鑄鐵和可鍛鑄鐵, 甚至球墨鑄鐵等都可以用作火燄淬火的材料。適合於火燄淬火的碳素鋼含碳量為0.3—0.6%, 最好是0.4—0.5%。超過0.7%時就容易淬裂。合金鋼的含碳量須比碳素鋼低才適合於火燄淬火。低碳鉻鎳鋼用這種方法淬火後表面硬度比中碳鋼還硬而且均勻。鉻鋼

常用的火燄淬火鋼料

表 4

鋼 料	含 碳 量 (%)	其 他 成 分 (%)	淬火溫度 (°C)	硬 度 (RC)	冷水管與噴火嘴距離 (公厘)
碳素鋼	0.30—0.60	錳 0.4—0.8	880—820	40—65	7.5
錳 鋼	0.30—0.50	錳 1.6—1.9	840—820	55—58	12.5
鉻 鋼	0.30—0.55	鉻 1.0—1.5, 錳 0.5—0.8	850—820	50—55	10.5
鎳 鋼	0.35—0.55	鎳 3.25—3.75	850—820	55—58	28
鉻鎳鋼	0.25—0.40	鉻 0.5—1.0, 鎳 0.65—3.75	850—800	56—60	30
鉻鈮鋼	0.30—0.55	鉻 0.8—1.1, 鈮 0.15—0.3	830—860	50—60	30
鉻鉬鋼	0.35—0.55	鉻 0.8—0.10, 鉬 0.15—0.25	860—820	50—60	30
鉻錳鋼	0.35—0.47	鉻 1.0—1.9, 錳 0.8—1.2	870—830	58—63	30
錳矽鋼	0.33—0.34	錳 1.0—1.4, 矽 0.5—1.5	830—810	56—60	30
錳鈮鋼	0.38—0.44	錳 1.8, 鈮 0.15	820—800	55—60	30
不銹鋼	0.15—0.35	鉻 12, 鎳 1	1030—980	35—55	30
鑄 鐵	{ 一般灰鑄鐵 含鎳 1—1.5% (或含鎳鉻) 孕育鑄鐵			H _B 500—570 H _B 450—570 H _B 430—570	

和鉻鉬鋼在火燄淬火後可使硬化層深度加深。鑄鋼的含碳量也須符合前面的要求。用于火燄淬火的鑄鐵必須是：(1)全部或大部分是珠光體基體，(2)游離石墨碳要細小均勻，(3)鑄件表面不能有任何疵病。

常用的乙炔——氧燄淬火的鋼料(成分、淬火溫度、硬度、冷水管與噴火嘴距離)如表 4 所列：

鑄鐵的火燄淬火溫度，可以用下面的簡單公式算出來。

$T_s(\text{鑄鐵}) = 730 + 28Si - 25Mn$ (Si, Mn 以百分数代入, 如含2% Si 就用2代入)。

4. 加热速度与硬化层深度的关系

喷嘴火力大时, 加热速度快, 硬化层的深度浅; 相反的, 喷嘴火力小时, 加热速度慢, 硬化层深度就加深。最常用的加热速度为 $12-22^{\circ}\text{C}/\text{秒}$, 一般相应的硬化层深度约 $2-4$ 公厘。而

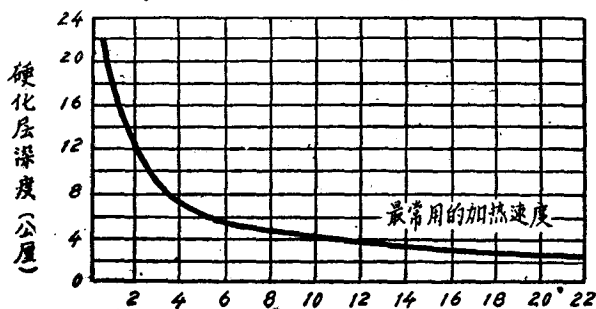


图 5. 加热速度对硬化层深度的影响 加热速度 $^{\circ}\text{C}/\text{秒}$
(直径45公厘轴用回轉火鉸淬火法淬火溫度 820°C)

所采用的工件大小, 淬火方法及淬火溫度等如图5中的說明。

表 5

火鉸移动速度 (公厘/分)	近似的硬化深度 (公厘)
50	8.0
75	6.0
100	4.5
125	3.0
150	1.6
175	0.8

火燄移动的速度与硬化层深度的关系如表 5 所示。

达到一般硬化层深度所采用的加热时间约为30—40秒。小型工件(最小在8—10公厘)约10秒左右。而工件直径一定要大于硬化层深度的3倍。如要达到硬化层深度为12.5公厘,则加热时间需要1.5分钟左右。

5. 操作方法

火燄淬火的操作方法可分为四种(如图 6):

(1)固定法 在淬火时工件与喷嘴火燄都固定不动。操作分成两步,就是先行加热而后冷却。这种方法如用于螺絲頂端硬化的淬火,鉗頭兩端的淬火也适用。如淬火的表面較大时,可以进行分段固定淬火,最好是用多排噴火嘴加热淬火,可免使硬化层分隔造成軟帶或引起开裂等現象。

(2)移动法 淬火时工件或火燄須作直綫运动。如工件

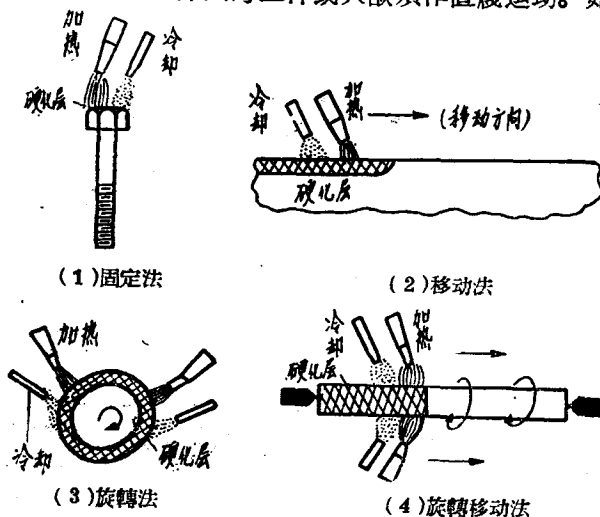


圖 6. 火燄淬火法示意圖