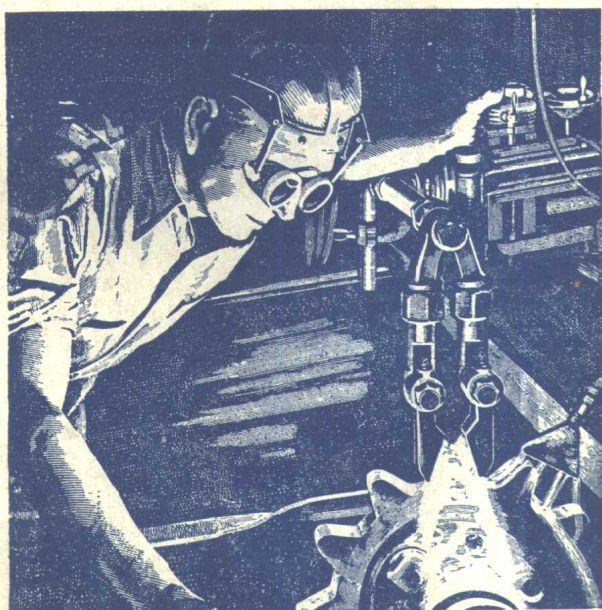


噴焰淬硬法

魏 振 蔭
魏 盛 蔭 編 譯



大東書局出版

2654

法硬淬焰噴

魏振孫 編譯
魏盛孫

大東書局出版

原書名: Oxyacetylene Flame Hardening

原出版者: Air Reduction Co.

出版年月: 1942 年

一九五三年二月初版

噴 焰 淬 硬 法

定價人民幣: 10,000 元

版權所有 編譯者 魏 振 蓀
不准翻印 魏 盛 蓀
出版發行者 大 東 書 局
上海福州路310號

印刷者 導文印刷所
上海威海衛路357弄



書號: 5085 (0001-3000)

目 錄

第一章	發展歷史與優點·····	1
第二章	氣體消費量與淬火時晶體內部之構造·····	4
第三章	鋼料之選擇·····	9
第四章	合金鋼之應用·····	10
第五章	鑄鋼及鑄鐵·····	14
第六章	合金鑄鐵·····	18
第七章	加熱量及硬度·····	23
第八章	硬度與急冷劑·····	29
第九章	淬火變形·····	35
第十章	表面堆積層及所用之設備·····	40
第十一章	噴焰淬硬之一般方法·····	47
第十二章	平面之噴焰淬硬·····	52
第十三章	圓柱形表面淬硬法·····	59
第十四章	多焰旋轉加熱法·····	66
第十五章	齒輪及齒條·····	74
第十六章	鏈條輪、螺絲、蝸輪及滑車輪·····	82
第十七章	特殊形狀之工件與其淬硬法·····	87
附錄一	硬度換算表·····	97
附錄二	S A E 鋼料編號及其成份·····	99

第一章

發展歷史與優點

噴焰淬硬法開始時最常用於火車鐵軌頂端之硬化，以減少軌道兩端因不時之接觸而耗損。後來逐漸引起廣大之注意，而發展為工程上一種常用之淬火法。現在主要將此法應用於各種不可能用爐子加熱淬火之工件，或有特殊困難而不能用其他表面淬硬法之工件，因此法可靈活運用於各項不同之表面上進行處理。

過去廿餘年間，特別是二次大戰後，齒輪之噴焰淬火有了迅速之發展，奠定今天在齒輪淬火術上穩固的基礎。齒面經噴焰淬硬後約可增加其抗磨力一倍左右。所有齒輪，不論為直牙、斜牙、角尺牙或內牙皆可用噴焰淬硬法處理齒面（圖 1、2）。

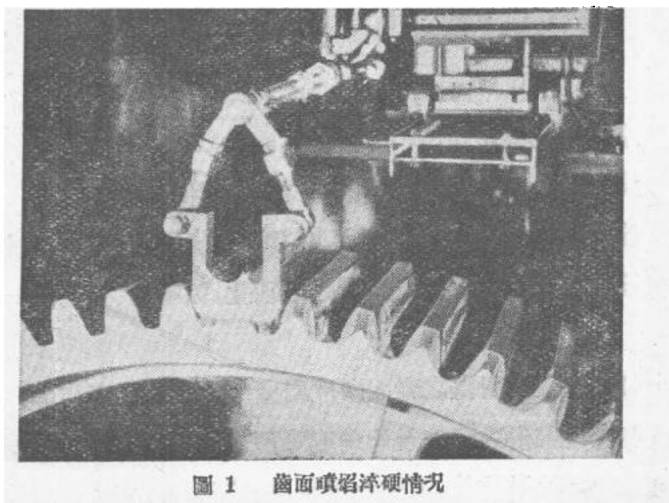


圖 1 齒面噴焰淬硬情況

(1)

#0633

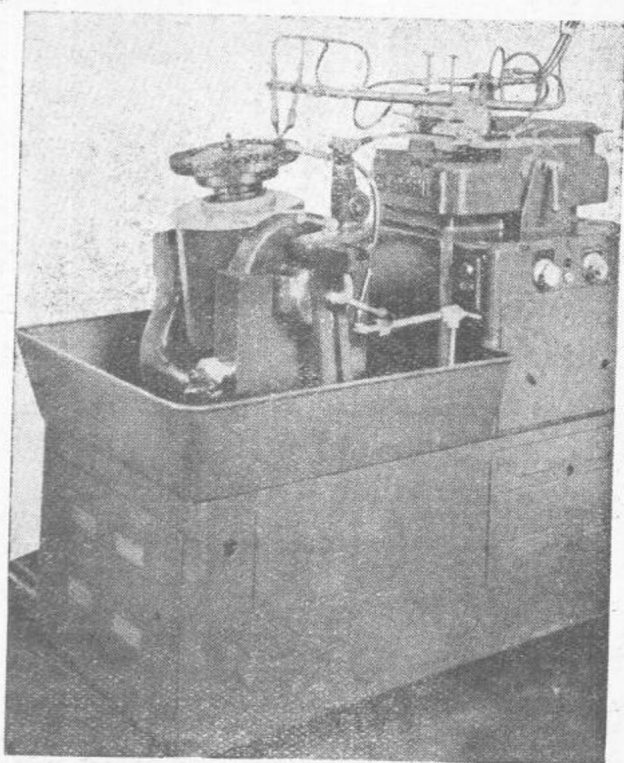


圖 2 角尺齒輪噴焰淬硬機

噴焰淬硬法之特點爲：

1. 可僅將工件表面淬硬而不影響其核心部份之韌性。
2. 可僅將需要部份之表面淬硬，而其他部份保持其原來之性質。
3. 噴焰淬硬法又適宜於小量產品之硬化，因不需另建爐子，較爲經濟。
4. 由噴焰淬硬法所得之表面硬度與爐中加熱所得者相等，甚至超過。而表面淬硬部份之深度及均勻度可預先決定加熱速度而控制之。
5. 施用噴焰淬硬法後，工件上可無炭渣等積留，所以加工後之表面可用此法淬硬，不必再經磨光或精加工之手續。

6. 切面較薄之工件,在爐中燒紅時因加熱速度較慢,常易受熱過甚而造成過度硬化,用噴焰淬硬法則無此弊。

7. 噴焰淬硬時因工件內部較冷,對表面有一種“自冷”(Self Quench)之作用,易使表面達到所需之硬度。

8. 用噴焰加熱時,因僅在表面一層上加熱,而冷卻時則為內外同時進行,所以不易裂開;選擇材料時限制較小。

9. 因加熱僅為表面一層,所以產生的內應力較小;由表面至核心之硬度係逐漸減低,故無表面開裂或脫落之虞。

10. 因加熱與急冷皆經縝密之控制,以保持其均勻度,故變形較小;且僅部份加熱,故變形較整體加熱者為小。所產生之變形通常在製造公差之內,故工件可毋須再行精加工。

11. 所需之設備較簡單、輕捷,且可活動。因此常可將加熱設備帶至工件旁,而不需將工件帶至加熱設備處。

第 二 章

氣體消費量與淬火時結晶體內部之構造

用氧炔焰淬火時，氣體消費量係由下列數個因素決定：

1. 表面淬硬之深度 表面淬硬層愈深，則所耗之氣體愈多。
2. 火焰之強度 此與所用之火焰噴尖及燃燒情況有關——表面淬硬層如一定則所需之時間視火焰之強度而定。
3. 淬硬部份之面積與噴尖闊度之比例 此點決定火焰來回之次數。
4. 火焰來回之速度 此與所需淬硬之深度及火焰之強度有關。
5. 工件所用之材料（包括此項材料之成份，臨界溫度及導熱係數等）。

表一 噴焰淬火時氧炔氣之消費量

淬硬深度* 公厘	噴焰行進 速度 公分/分	10公分噴尖 行經面積 方公分/分	乙炔氣消費量** 公升/方公分 (行經面積)	氧氣消費量** 公升/方公分 (行經面積)
8.0	5.0	50	2.51	2.80
6.4	7.5	75	1.67	1.81
4.8	10.0	100	1.27	1.35
3.2	12.5	125	1.00	1.08
1.6	15.0	150	0.82	0.91

* 深度隨工件厚度而各異

** 以 10 公分噴尖為標準

如用 7.5 公分噴尖，氣體消費量加 10%

如用 5 公分噴尖，氣體消費量加 15%

如用 2.5 公分噴尖，氣體消費量加 20%

其他尺寸按比例推算。

附表一所提供參考之數字係以 10 公分（4 吋）闊之火焰噴尖為標

準，乙炔氣壓力為 1 公斤/平方公分，乙炔氣消費率為 7.5 立方公尺/時，火焰為中性的（每 1 立方公尺乙炔氣需 1.1 立方公尺之氧）。

噴焰淬硬時，材料內部結構之變化情形大致如下：（此處所談之噴焰淬硬為純粹加熱及急冷與爐中加熱時情形完全相同，無任何加炭、加氮等其他表面淬硬法之作用，故材料之成份並不改變）。

鋼與生鐵在噴焰淬火時，表面溫度須加熱至變換點（Transformation poin） AC_3 以上，此時炭化鐵在 γ -鐵中成固體溶液，即所謂奧氏

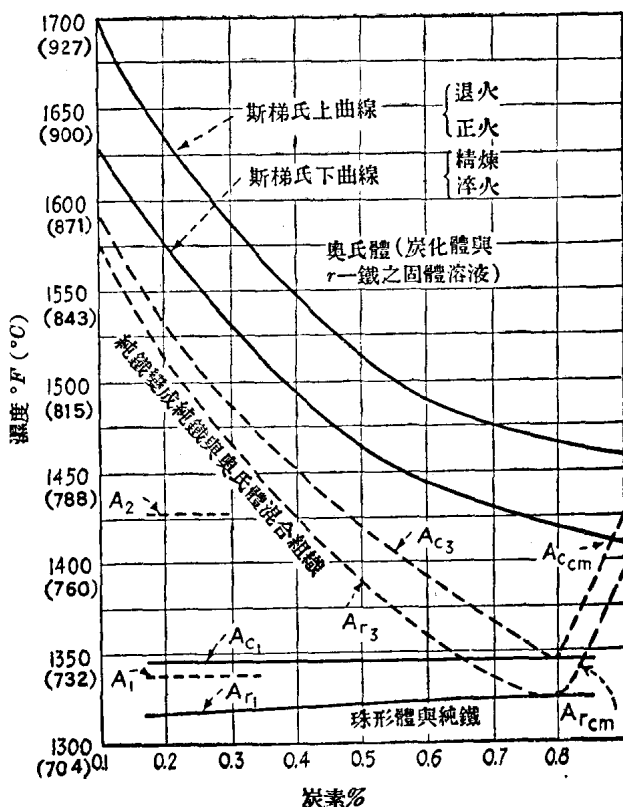


圖 3 鐵炭合金之轉變溫度

體(Austenite)。

AC_3 與 Ar_3 (冷卻時之變換點) 隨炭素成份之不同而各異(見圖3)。圖中斯梯氏(Stead's)下曲線表示淬火溫度之下限; 如 0.30% 炭素鋼之下限淬火溫度為 832°C (AC_3 為 808°C), 而 0.70% 炭素鋼則為 777°C (AC_3 為 742°C)。在加熱到淬火溫度後如果急冷, 面心之 γ -鐵結晶體(face-centered gamma iron) 即變成體心之結晶體, 而炭素原在固體溶液之奧氏體中, 將沉澱出來, 成為鐵與其他炭化金屬相結合之馬氏體

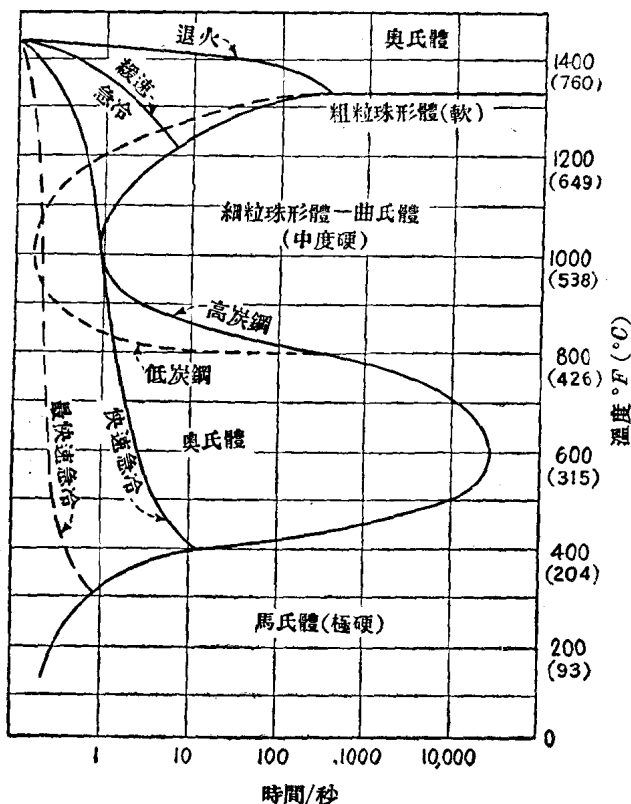


圖 4

(Martensite)，此項結構，硬度甚高。

淬後之硬度大部決定於急冷時之速率。在 538°C 左右時，奧氏體急速地轉變成很軟的純鐵與珠形體共晶合金 (eutectoid pearlite) 之混合組織。如這轉變因急冷而延遲在較低之溫度 177°C 左右進行則成極硬之馬氏體(見上頁圖 4)。

普通在鋼中加入其他成份如炭、錳、矽、鉻及鎳，其作用為將 S-曲線在圖 4 中向右移，即加入此項成份後可以用較炭素鋼為慢之冷卻率而得到相同之硬度。圖 5 中表示 SAE 1035 鋼料在噴焰淬硬後之內部組織情況，及硬度與深度之關係(關於 SAE 鋼料之成份請參閱附錄)。

噴焰淬硬後之鋼料其耐疲極限(endurance limit)與極限強度成比例提高，並且與硬度大致成正比。表面拉力強度經噴焰淬硬後亦比例提高。表二所列為十種鋼料經噴焰淬硬後之各項物理性能，此項鋼料皆先經過正火(normalizing)、急冷以及配火(temper)然後再行淬硬。

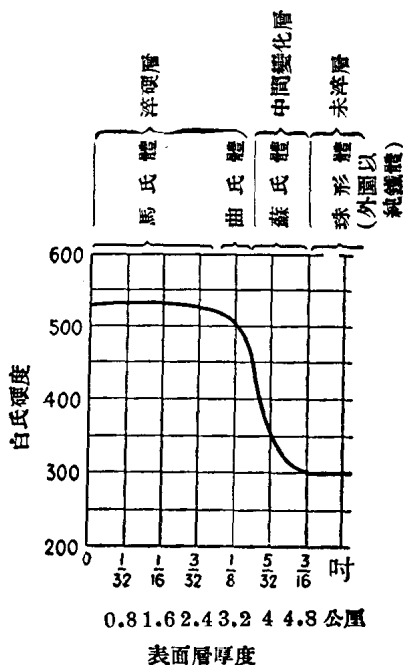


圖 5

表二 噴焰淬硬後工件之物理性能

成 份					彈性極限	拉 力	衝擊力 公 公 尺 斤	核心 硬度 (白氏)	表面 硬度 (白氏)
炭 C	錳 Mn	鉻 Cr	鎳 Ni	鉬 Mo	公斤/方公分	公斤/方公分			
0.18	0.47	—	1.64	0.24	7380	8440	8.58	250	477
0.33	0.62	0.64	1.52	—	7730	9140	10.33	—	534
0.34	0.61	—	1.75	0.25	12300	13000	4.85	—	555
0.35	0.68	0.92	—	0.21	11250	9140	8.99	—	627
0.36	1.92	—	—	—	8090	8760	8.30	255	415
0.42	0.56	0.83	—	—	9490	10550	6.64	325	495
0.42	0.69	0.97	—	0.18	9140	10330	5.53	350	514
0.42	0.83	—	—	—	5270	7380	3.74	—	514
0.43	0.57	—	3.60	—	8790	9490	9.55	—	578
0.47	0.68	—	—	—	5980	8090	—	258	341

第三章 鋼料之選擇

一般說來，所有能用爐火淬硬之鋼料皆可用噴焰淬硬。但對顆粒較粗之鋼料，須避免過熱，以免顆粒更形增大而致表面開裂。

如所用之鋼料，成份控制得不正確則常易硬度不足或因過硬而裂開。故通常噴焰淬硬之工件，常用炭素鋼來代替合金鋼。在爐火中加熱淬硬時，工件常為大型及比較複雜者，故宜用合金鋼以求冷卻率可以較慢，而免過份變形或開裂。但在用噴焰淬硬時則因加熱部份較小，故可用炭素鋼以急速冷卻達到所需之硬度而無開裂之虞。有時工作物除表面硬度外，內部核心須有一定之韌度則宜用合金鋼來施行噴焰淬硬。

鋼料中之炭素為決定硬度之主要因素，炭素高則硬度與拉力強度增高，而延性減低。炭素鋼之含炭量在 0.35% 以上者皆可用噴焰淬硬。但以 0.40-0.60% 之含炭量最為相宜，此時用水淬硬，硬度可達白氏 (Brinell) 400-650 度，視冷卻率而定。至炭素在 0.7% 以上者則須適當調節加熱及冷卻速率方可避免表面開裂。此時往往用壓縮空氣或壓縮空氣與水之混合體為比較緩和之冷卻劑。表三所列為經過試驗後認為可用噴焰淬硬之炭素鋼範圍。

表三 能用噴焰淬硬之炭素鋼

SAE 編號	成 份		水淬後硬度 *(白氏)
	炭 C	錳 Mn	矽 Si
×1335	0.35	1.45	—
1040	0.35	0.80	0.30
1045	0.48	0.68	0.18
1050	0.46	0.69	—
1055	0.55	0.74	0.22
1095	1.00	0.30	—

* 表上所列之硬度，非最高數值，僅係數種急冷率運用後之一般代表數值。鋼料中之炭素成份為決定硬度之主要因子，其他元素，僅影響其淬硬時之難易，亦即所謂鋼料之“可硬性”而已。

第四章

合金鋼之應用

合金鋼中除炭素外其他成份對淬火後硬度之影響，其次序大致如後：(1)錳(2)鉻(3)鉬(4)鈮(5)鎳(6)矽。合金成份如鉻、鉬等對硬度所起之影響如下：

1. 合金成份溶入純鐵顆粒內，純鐵之強度增加，因而固體溶液之硬度增加。

2. 炭化體之性質因合金成份之加入而改變。合金鋼與炭素鋼，如其含炭量相同則噴焰淬火後之硬度亦同，但合金鋼之核心強度及抗震力較強。在顯微鏡下之結構，含同炭量之合金鋼與炭素鋼幾乎完全相同。

表四所列為數種能用噴焰淬硬之合金鋼。圖 6 為 SAE 4640 鋼料之齒輪，經噴焰淬硬後之金相結構。

合金元素對鋼料性質之影響大致如下：

鉻：1. 增加鋼料之可硬性及高溫抗蠕滑力(Creep strength)，對於近乎 1.00% C 之高炭鋼，可硬性之增加較錳更為有效。

2. 增加高溫時之拉力。

3. 增加抗蝕力(Corrosion resisting)、免銹力(Rust prevention)、免垢力(Scale resisting)及抗磨力(Abrasion resisting)。通常凡加鉻在 1.00% 以上之鋼料，淬火前須先行預熱，以免開裂。在 0.12% 低碳鋼中鉻的含量雖高至 13% 尚可噴焰淬硬。

4. 如將鉻鎳或鉻鈮合金同時加入，可增加鋼料之彈性極限，減少脆

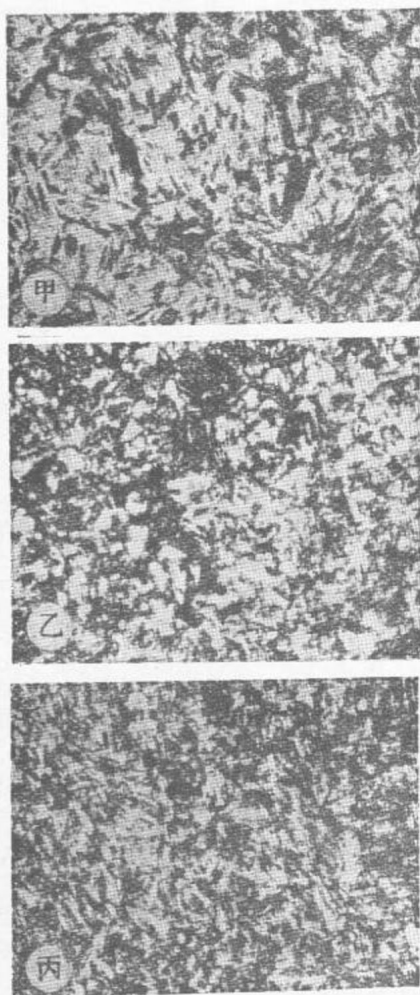


圖 6 SAE 4640 鋼製輪齒在顯微鏡下放大 500 倍之金相結構圖

甲圖表示硬度最高部份

乙圖表示中間層之金相結構

丙圖表示核心部份，未經淬火。

淬硬時在空氣中自冷，鄰齒及齒輪本身以水冷卻。

性。

5. 此外鉻鈮之加入可改善其軋製、鍛製及加工時之性能。鉻又能提高其臨界溫度。

錳：1. 增進其可硬性（較鉻稍差，較鎳有效）。

2. 增加鋼料之韌性，改善其切削性能（Machinability）。

3. 使純鐵之力量增加。

4. 降低臨界溫度。

如在 0.29% C 之鋼料中加入 2.9% 之錳，可用噴焰淬硬至白氏 580 度（水淬）或 528 度（壓縮空氣急冷）。

鉬：1. 增進鋼料之可硬性。

2. 加入 1 % 以下之鉬，往往可較鉻更有效地增加其高溫強度及高溫抗蠕滑力。

3. 使鋼料之顆粒變細，防止其高溫時粗化。

4. 使其他合金成份更易淬硬，及增加淬硬部份之深度。

表四 能用噴焰淬硬之合金鋼

鋼料種類	SAE 編號	成 份							白 氏 硬 度*		
		C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	淬火前	壓縮空氣 急冷後	水淬後
		0.25 0.25 0.35 0.60	0.34 0.46 0.37 0.70		0.48 0.61 0.56 0.62	3.55 3.70 3.55 0.16	0.42		269 363 255 255		477 555 601 601
鎳 鋼	2330	0.30	0.68			3.48					600
,,	2340	0.36	0.70		0.20	3.34					585
鎳 鉻 鋼	3140	0.40	0.80		0.60	1.25					540
,,	3230	0.29	0.56		1.16	1.52					610
,,	3435	0.34	0.58	0.18	0.79	3.06			255		490
,, 1%		0.41	0.68	0.25	1.44	1.72			258		512
,, 4%		0.33	0.54	0.17	1.29	3.95			302		460
鉬 鋼	4140	0.42	0.62		0.92		0.27				600
,,	4150	0.50	0.75		0.95		0.20				660
,,	4640	0.40	0.75			1.65	0.25			415	
炭 鉬 鋼		0.68	0.75	0.22			0.34				712
鉻 鋼	5140	0.42	0.71		1.05						615
鉻 鈦 鋼	6140	0.40 0.43	0.75 0.73		0.95 1.01			0.17 0.14		500	
,,				0.24		0.16			257	600	
抗 蝕 熱 鋼	51210	0.12	0.60		13.00	(鍛製品)				444	
,,	51210	0.12	0.60		13.00	(軋製品)					444
鉗 鋼		0.31 0.29	2.86 2.90						300 289	532 528	580
鎳 鉻 鉬 鋼		0.32	0.56		0.72	2.56	0.42				555
鉗 鉬 鋼		0.40 0.45	2.50 1.10				0.18 0.25			600	600
鉻 鉗 鉬 鋼		0.50	1.15		0.50		0.15				625
炭 鈦 鋼		0.90						0.25			725
特 種 鋼		0.36 1.25	0.65 0.20		0.96 0.50	3.01	0.30	0.02			506 614**

* 表上所列為一般代表數值,非最高硬度

** 用緩和水冷法

5. 提高臨界溫度,使溫度之控制較易。SAE 4140 及 4150 之鉬鋼,可用噴焰淬硬至白氏 600 及 660 度。

鎳: 1. 稍稍增加可硬性。

2. 改進拉力及抗蝕力。

3. 常加於需要中上硬度而韌性較佳之鋼料中(如珠體純鐵鋼)(Pearlitic Ferrite Steels),其加熱溫度則不需甚高。

4. 減低臨界溫度。

磷: 1. 少量之磷素可適度地增進可硬性。

2. 在低炭鋼中,可增加抗蝕力。

3. 在高硫易削鋼料中(high sulphur free machining steel)可改善其切削性。

矽: 1. 在含有非石墨性炭素之鋼料中,可適量地提高可硬性。

2. 增進鋼料之石墨化及增加抗銹力。

3. 增加珠體鋼與配火後鋼料之強度。

鈮: 1. 少量之鈮可增進鋼料之可硬性。

2. 提高使奧氏體顆粒變粗之溫度,因此可改善鋼料顆粒之細度。