

機 械 製 造 叢 刊

鋼 鐵 的 熱 處 理

第 一 輯

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

機 械 製 造 雜 誌 社 出 版

一 九 五 一 年 十 二 月 初 版

目 錄

	頁數
熱處理的變形問題.....	韓雲岑..... 1
幾條關於鋼料熱處理的常識.....	徐燮煌..... 4
熱處理加熱過程中的時間問題(一).....	蔡習傳..... 5
(二).....	蔡習傳..... 11
高速鋼的熱處理法(一).....	紀舒尙..... 18
(二).....	紀舒尙..... 21
齒輪之乙炔氧焰表面淬硬法.....	張遵敬..... 23
鋼的水冷處理法.....	李彼得..... 25
氰化與液體滲碳之表面硬化法.....	李文瀾..... 29
碳氮共滲表面硬化法.....	蔡安源..... 32
表層氮化硬化法.....	張德昇 劉聘堅..... 36
高頻率感應硬化法.....	楊慶瑞..... 40
浸液淬火法.....	涂銘旆譯..... 48
降溫配火法及其生成物本耐體.....	紀舒尙..... 49
決定淬火溫度的好方法.....	谷源欣..... 51
40X 鋼製齒輪的局部淬火工具.....	孔希譯..... 52
使用氰化鹽浴爐應注意的幾點.....	丁明章..... 53
設計對於淬火的影响.....	 54



熱處理的變形問題

機械技術討論會記錄

主講者 韓雲岑

華東區工業部機械工業處和中國機械製造工作者協會，為促進經驗交流，提高生產技術起見，聯合舉辦定期性的機械技術討論會。到現在為止已舉行了七次討論會，第一次的熔鐵爐操作法已在第一期與讀者見過了，這一篇是第二次的討論記錄。內容偏重在淬火間裏實際操作方面的問題。

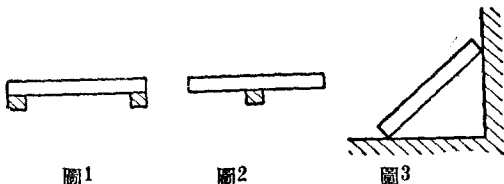
本來這次討論的題目是「鋼的熱處理問題」。這個題目範圍很廣，原來希望能預先收到各項待討論的具體問題，大家共同討論。現在各方面並未提出問題，所以臨時我選了「熱處理的變形問題」略為談談。這是個鎖碎經驗問題，沒有很多的理論可說，所以今天我就具體情況來說明變形的原因，避免變形的的方法，和變形後的補救方法。

(一) 變形的原因

變形的可能原因大概可分下列幾種：

一、由於加熱而起的：

1. 支持方法： 淬件在加熱時，如因擱置不安，燒熱後即可由於其本身重量發生變曲情形，如圖1，圖2及圖3所示。



2. 加熱方式： 由於加熱的方式不妥，因而淬件受熱各部分有先後。如圖4甲淬件於下面中部先受熱，因此下面先漲最初彎曲當如圖4乙。但在向上彎曲時，上層因受壓而生抵抗。這時下層中部已軟而上層較硬，故此抵抗力可使下層中部之物質擠縮。待上層受熱而伸漲時反使淬件變形如圖4丙。



如配火 (Tempering) 時在熱板 (Hot plate) 上加熱情形和圖4相同。尤其是配火溫度較高，淬件又是細而長或者薄而大，可能發生很顯著的變形。

3. 爐內溫度不均： 爐內溫度不均，致淬件受熱不均，亦可能發生變形。

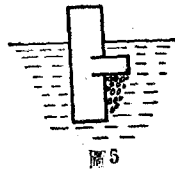
二、由於冷卻而起的：

1. 冷卻劑混和： 譬如水箱的水面有油或油池裏下部積水，因而淬件一部分在水裏，一部分在油裏，以致冷卻不均，發生變形。

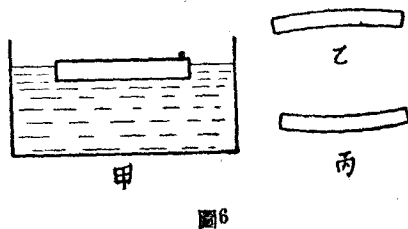
2. 冷卻劑的對流： 水箱或油池的對流不佳，常有上面熱下面冷的情形，也可能使淬件變形。

3. 冷卻劑的散熱： 水箱或油池利用冷水管散熱，往往因為冷水管排列不適當，可能使淬劑各部分的溫度不均，因而使淬件變形。

4. 汽袋： 淬件在水中冷卻時常因淬劑成分和淬件形狀，某部分附着很多的汽泡形或汽袋致使冷卻不均，因而發生變形。如圖5所示。



5. 淬件放入淬劑的方式： 淬件放入淬劑的方式不妥，因而冷卻先後不均。如圖6甲，淬件下面先冷故初步變形如圖6乙，而後反如圖6丙所示。其原因和「一.2.」相似，不過適得其反。又如一



個圓環，若平的放入冷却劑，則和上述的情形相仿亦將同樣變形。

又如配火時把淬件散在鉄板上冷却，情形和圖6相同。尤其是配火溫度較高，淬件又是細而長或者薄而大，可能發生顯著的變形。

三、由于設計方面而起的：

淬件的面積體積分佈不均勻，斷面不對稱，粗細不均勻，太細長或薄大，都是很容易變形的。圖7和圖8就是兩個例子。

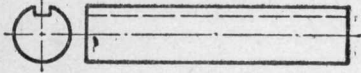


圖7

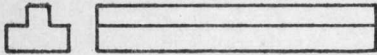


圖8

四、不由於淬火的變形：

有時一件製品在淬火後發現彎曲，而實際並不是因為淬火變形的。這種情形可分為兩類：

1. 淬火前加工時因為工作品受到很大的應力常常已經彎曲或歪扭不平。如不預先加以檢驗和校正，淬火後要挽回就比較困難了。

2. 淬火後要磨過的製品，尤其是細長的形狀或者薄片，往往磨後或在磨的過程中因為熱應力的關係而變形，也是不能歸罪於淬火的。

(二) 避免變形的方方法

知道了變形的原因，就可以儘量的避免，下面是幾點避免變形的方方法。

1. 支持要均勻 淬件在爐內加熱時要完全平放或者直立。

2. 避免火焰直接和淬件接觸 如無法避免，應將淬件旋轉或移動，儘量使各部分受熱均勻。

3. 爐子溫度要均勻 爐子的設計，務使溫度均勻。如能用鹽爐或鉛爐則最好。

4. 淬火溫度儘量的低 低的淬火溫度，不但可以減少淬火變形的危險，而且有其他的好處。淬火溫度的臨界範圍（Critical Range）在冷却時比加熱時低。有時候可以先加熱到臨界範圍以上，再任其緩緩冷下，待冷至冷却時的臨界範圍的較低溫度時，再行急冷。因為這樣淬火溫度又可降低些，

可以減少變形問題。

5. 注意水箱油池 油和水不要有滲雜的情形，淬劑的對流和散熱是否良好均勻，都要隨時注意。水中加適量的鹽可以減少汽泡。

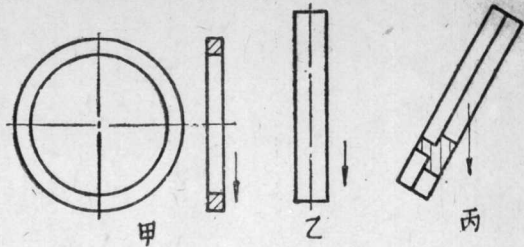


圖9

6. 注意淬冷的方式 細長的東西淬冷的時候軸中心線要和水面（或油）垂直，如圖9乙所示。環狀（或扁片）的東西下水（或油）的時候平面要和水面（或油）垂直，如圖9甲所示。截面不均的東西橫着下去固然要彎，直着下去也要彎，可以斜着下去，使截面各部分冷却速度接近相等，至少可以少彎些。如圖9丙。

7. 使不對稱的截面冷却均勻 截面不對稱的淬件可將容易散熱的地方塗少許火泥或石棉，以延緩冷却，使與

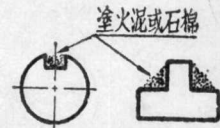


圖10

其他部分冷却速度接近相同，可以減少變形的傾向；如圖10所示。

8. 冷却時用夾子 用夾子夾住淬件冷却，可以免去變形。但有時因為夾的方法不好，散熱太慢或反而冷却不均，不能解決問題。又如圖11所示，往往夾住的地方形成汽袋，也會使冷却不均，硬度不均的。因為鋼料有彈性，有時冷却後夾子放鬆，仍就會變形的。

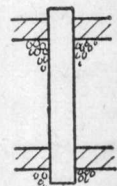


圖11

9. 用熱的冷却劑 視鋼料的性質和製品的規範而決定，有時可以將淬件在熱的冷却劑內冷却，因為冷却速度比較和緩可以大大的減少變形的傾向。如高速鋼可以浸入配火溫度的鹽池內冷却。又如彈簧，心子等不需要十分硬的東西，也可淬入熱的淬劑內，這樣不但不容易彎，還可以免除裂的危險。

10. 設計的改良 設計的時候，在可能範圍內

要儘量避免截面的不對稱或不均勻。如圖 12 甲可改爲圖 12 乙的樣子。圖 13 甲可改爲 13 乙的樣子，這樣可以減少變形。細長或過於薄的淬件也要儘量避免。

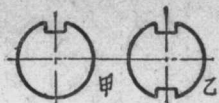


圖12

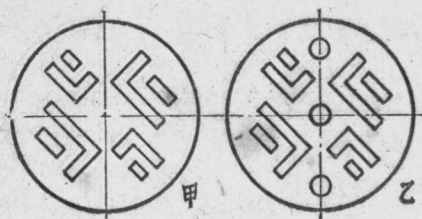


圖13

11 製造方法的改良 在排訂製造方法和製造程序的時候，要照顧到淬火時變形問題。如彈簧夾頭在淬火後往往張開不均，發生嚴重的變形問題。如圖 14 所示在車製毛坯時可多留 B 處一小段，以防彈張，在淬火後將 B 磨去。

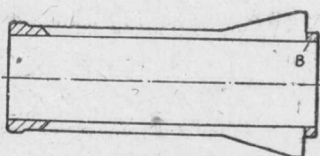


圖14

12 選擇鋼料 容易變形的淬件，儘量選用淬火伸縮小的，淬火溫度低的鋼料。如能用淬油或空氣中冷硬的鋼料，可以減少變形的困難。

13 「放彎」 淬火的變形往往有一定規則的。根據淬件的形狀，或者根據試淬的結果，可以知道變形的規律。這樣在淬火前先使淬件向相反方向作適度的彎曲。淬火後可以剛巧直的，或者可以彎得好一些。

(三) 變形後的補救方法

在淬火的過程中即使處處注意，儘量設法避免

變形，但事實上仍舊難保絕對不變形，所以變形後的補救方法還是很重要的。

1. 多放著 這是補救方法最簡單的一種把要變形的地方多放一點，在淬火後磨去。這種方法既廢工又費料，很不經濟，當然不是上策，但有時也是不得已的辦法。

2. 改變製造方法 把需要準確的地方儘可能在淬火後施工。例如車床心子和彈簧夾頭的螺絲，都可以留在淬火後車製。

3. 淬火過程中的校正 在鋼料的冷硬過程中，有一個短的時間已經可以硬而尚未硬的時候，如果動作敏捷，可在這時校正淬件的變形。例如銼工的淬火是常常用這個方法的。淬入水中後，在適當的時候從水中取出，用槓桿的方法，如圖 15 所示，將它壓直。這個方法是需要相當經驗的。水裏拿出太早了，硬度不夠，太遲了，一壓就斷。而且動作要快，最好在十秒鐘以內做好，否則也是要壓斷的。

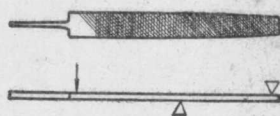


圖15

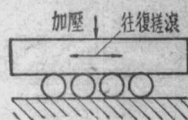


圖16

直柄高速鋼的鑽頭，可先在油內淬一淬或者直接夾在兩塊平鐵板內搓滾，可以免除彎曲的情形。

4. 配火過程中的校正 在配火的溫度，大部分淬件可以多少校直些，而不致斷損。尤其是配火溫度較高的工作品，很容易校正它的變形，例如鋸木的圓鋸片在配火的時候可以在加熱後並施壓力，可以校正變形。如圖 17。

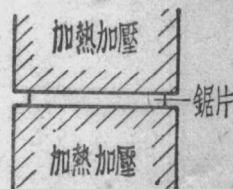


圖17

5. 用機械力冷壓 這個方法限於硬度不十分高的淬件。

6. 利用機械的應變 (Strain) 如圖 18，圖 19 所示，用小錘頻頻敲擊彎曲的低處，使局部的物質因受敲擊之力向旁延擠，可以校正彎曲的現象。此法往往用在磨製以後，因為敲直以後如表面磨去一層，多少會彎回去一些的，或者在不磨的地方敲擊。這個方法只適用於相當硬的淬件。



圖18

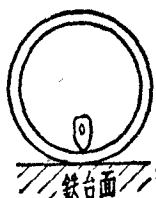


圖19

7. 利用熱的應變 (Thermal Strain) 如圖

20所示，用乙炔和氧氣的火把（小尖火）在彎曲的高處局部（一小點）加熱，彎的部分起初彎得更厲害，如B所示，等加熱的一點冷後，會回到C的形狀，使彎處變直。原理是局部加熱變軟而物質被擠，冷時收縮變直。同樣環形的作品也可以校直，

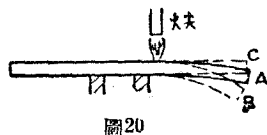


圖20

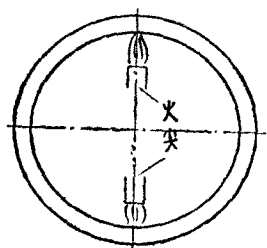


圖21

如圖21所示。這個方法不適用於太硬的淬件，局部急劇受熱，容易有裂紋，但沒有淬火的工作品亦可以應用。一根彎曲的長螺絲桿利用這個方法，逐段校直，可使其偏差不過0.0005吋。

討論要點：

細而長的彈簧，淬火時若於彈簧圈內加一管子作為導桿，使其無法變形，頗為有效。根據經驗，在淬一批1/8"鋼絲之3/4"螺旋彈簧時未用導桿前，變形甚劇。簡直扭成一團。後將彈簧套在導桿上加熱。並連導桿一同冷卻後取下，竟毫不變形。

淬火前若先退火一次，以消除淬件在加工時所受到的應力。可於變形方面，大有裨益。

用低碳鋼甚至用軟鐵加炭淬火對於避免變形方面。很是好的辦法。

幾條關於鋼料熱處理的常

識

徐燮燿

(一) 預防脫炭：

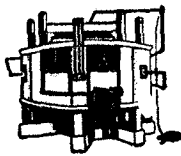
有時淬成多鋒刀具，裝上機器試用，不硬拆下重淬，仍不硬，再重淬，更不硬，若磨去表皮試其內部，則又頗硬，蓋其表面已脫炭，普通淬火爐子之爐膛中空氣，與工作物之表面接觸，發生氧化作用，使鋼之表面所含炭份減少，因之不能淬硬，我們名之曰「脫炭」。若淬火間中有融鹽爐者，鹽可保護表面不使氧化；或爐膛內通有保護氣者，亦可避免脫炭，如二者均無亦有避免脫炭方法，如裝入管中，用木炭填實，密封管口，連管加熱等等；惟手續麻煩，溫度易錯，成本過高，非不得已不用，普通均用放磨辦法，即鋼件表面須硬刮份，在製造時預留相當尺寸，備將來淬成後，將脫炭表皮磨去，若遇樣板刀，錘齒刀，螺絲攻等，如無適宜磨床者，宜送請有避免脫炭設備之廠家淬火，否則刀具易鈍。

(二) 預防變形：

在工作過程中，常遇淬硬機件變形，不能裝配，乃設法修理，甚或根本不能應用，蒙受極大損失，原因祇在製造時，未顧及淬火後變形之故，預防方法，在大量生產。宜用試淬辦法，即試製一二件，先行淬火，視其變形情形，改動製造尺寸，湊合淬後需要，最為可靠，（所用材料及淬火方法，必須前後完全相同）小量者，在製造前與熱處理者討論，若不能決定，祇好加大放磨尺寸。

(三) 加工完成前先行退火可減少變形：

為預防變形後無法修理起見，在工作物上常有頗大尺寸，因之淬成工作物必經長時之加工，方始磨出，實太費工，如在加工未完成之前留有可變動尺寸，先行煨火，消除其因加工所生之不平衡張力，變至自然狀態，乃再加工完成，然後淬火，則淬成之物，變形極少，以後磨時人工大省，雖製造時一翻手脚二翻做，總共計算仍是經濟對淬好後不能機磨之工作物節省尤多。



熱處理加熱過程中的時間問題(一)

蔡習傳

一 前言

熱處理加熱過程中，有兩大重要因素：一個是用多高的溫度，另一個就是用多長的時間。關於溫度方面，有很多資料，可以幫助我們參考決定；但是在時間方面，則這種資料并不太多。當我們選定好一種適當溫度之後，如何的估計加熱時間，就很成問題。太長了，非但不經濟，並且容易產生「過熱」的各種毛病；太短了，工作件又不能達到預期效果。

在大量生產中，我們可以用精確的試驗來檢定最合宜的加熱時間。但是在少量的操作中，就不能不預先估定一個接近理想的加熱時間。雖說我們可以比較工作件與鹽爐顏色或熱電偶顏色，作為加熱時間的參考，可是有時不太方便。所以預先估定加熱時間，在新式熱處理操作中，便成為很需要的一種步驟。

這裏所說的加熱時間，實際上包括「加熱」與「透燒」(Heating up and Soaking)二個階段。工作件加熱到所需溫度之後，還要透燒一定的時間，使內外溫度均勻調和，然後方可用一定之速度冷卻。譬如少量工作件，用鹽爐加熱，以為量不多，不足以使爐溫下降，因此高溫計上無顯著之變化，我們又不便時常將工作件自鹽液內取出，以比較其顏色。在此種情形之下，就要事先估定所需加熱時間，再看工作物之材料及性質給以一定量的透燒時間。這樣雖不能說恰到好處，但相差也不致太遠。

下面所收集的一點參考資料，有些是根據實際操作得來的；在某一條件下是合用的，在另一情況下，可能有些出入。主要的是作為參考性質，應用時要能靈活演化，不能固守不變。在可能範圍內最好多做試驗，以求得在實際工作條件下的最適宜之時間因素。

二 熱之穿透能力

熱之穿透能力 (Heat penetration) 為估計加熱時間之基本要素。根據多方面的意見，認為熱能

對於鐵或鋼的穿透率，在普通鍛造溫度範圍內約為每 $\frac{1}{2}$ 吋需時5分鐘。意即指一厚 $\frac{1}{2}$ 吋的鋼片（普通鋼板，而非高合金材料），懸於靜止空氣的箱式輻射爐中，由兩面均勻受熱，在 1500°F 之爐溫上下，約需5分鐘，熱到中心；亦即需要20分鐘，將一吋厚的鋼片，內外完全熱到爐溫。根據上列結果，我們又得知熱能對於黃銅 (Brass) 的穿透能力比鋼鐵快二倍。鋁為鋼之六倍，紫銅 (Copper) 為鋼之九倍。

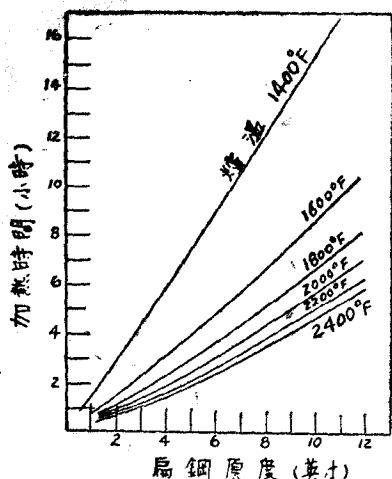
普通箱式輻射爐的加熱能力，在中溫範圍內，往往用爐膛面積估計之。對於退火操作，每平方呎爐膛面積，每小時可加熱50磅至60磅重之工作件。對於其他普通熱處理操作，每平方呎爐膛面積，每小時可加熱25磅至35磅重之工作件。如用鹽爐加熱，在中溫範圍內，每兩磅鹽液，每小時約可加熱壹磅重之工作件。例如30 kw之中溫中性鹽爐，鹽液重量約為360磅，每小時可加熱180磅重之工作件。16 kw之中溫中性鹽爐，鹽液重量約為180磅，每小時可處理90磅重之工作件。

鉛爐比鹽爐之加熱能力强，鹽爐比箱式輻射爐之加熱能力强。換言之，鉛爐加熱所需之時間短，鹽爐次之，箱式爐又次之。一般的說法，如以箱式爐加熱所需之時間為1，則鹽爐加熱所需之時間約為 $\frac{1}{2}$ ，鉛爐約為 $\frac{1}{3}$ ，約成1:2:3之比數。

三 形狀對於加熱速度之影響

加熱速度因工作件形狀的不同，而有很大的差異。一根圓鋼與一塊鋼板，雖具有同一之有效厚度，事實上兩者的加熱速度，顯然不同；前者要比後者快得多。（表一）是幾種簡單形狀的工作件及其加熱速度的比較（加熱速度可用形狀因數表示之）。但表中是幾種基本式樣，許多工作件的形狀，當然不如此簡單。應用時需要酌量情形，參考決定。

（圖一）及（圖二）是鋼板 (Flat Mild Steel Plates) 與圓鋼 (Steel Rounds)，在各種不同之爐溫下，加熱（包括必要之透燒）所需之時間。我



圖一 鋼板加熱到爐溫(包括必要之透燒)所需之時間。

◀圖一說明▶

1. 是種鋼板表面是毛的, 如若光滑的(加工過的)則所需加熱時間可能為(圖一)所示之 150%。
2. 是種鋼板被估計為 60% 的黑體(Black Body)。
3. 『熱』是輻射於鋼板之兩面的。
4. 鋼板與爐溫之差不得超過爐溫的 0.5%。
5. 鋼板各部溫度之差不得超過爐溫的 0.5%。
6. 爐溫保持一定。
7. 同樣厚度之方鋼, 所需時間約為其半。

們在圖上可以看出, 鋼板加熱所需之時間, 約為圓鋼加熱所需時間之二倍。

四 成份對於加熱速度之影響

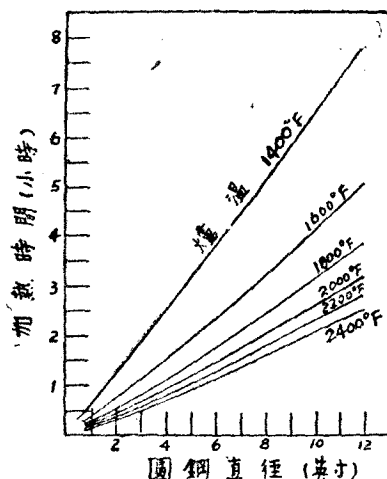
加熱時間與熱之擴散率(Diffusivity)成反比; 熱之擴散率又與金屬之導熱率(Conductivity)成正比, 而與其比熱及密度成反比。即

$$\text{擴散率} = \frac{\text{導熱率}}{\text{比熱} \times \text{密度}}$$

$$\text{故 加熱時間} = \frac{\text{比熱} \times \text{密度}}{\text{導熱率}} \times \text{常數}$$

根據(表二), 我們可以知道軟鋼加熱時間為不銹鋼之半; 并約為黃銅之二倍多, 鋁之六倍, 紫銅之九倍。

根據(表三), 我們又可以看出, 高速鋼及不銹鋼的加熱時間, 約為低炭鋼的一倍; 3.5% 鎳及 0.78% 鉻之中炭合金鋼的加熱時間, 約比低炭鋼的多半倍; 中炭鋼的加熱時間比低炭鋼的略長; 高炭鋼的又比中炭鋼的略長; 1.09% 鉻及 0.073% 鎳之中炭合金鋼與高炭鋼的加熱時間相仿。因此我們可以根據某一材料之導熱率、比熱、及其密度, 求得其熱之擴散率, 以與炭素鋼之擴散率相比較, 從而作為決定加熱時間的參考。

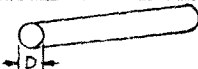
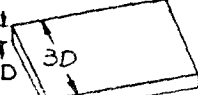
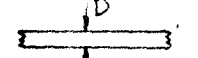
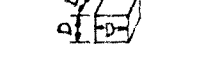


圖二 圓鋼加熱(包括必要之透燒)到爐溫所需之時間。

◀圖二說明▶

1. 2. 同(圖一)。
3. 熱是輻射於圓鋼之各面的。
4. 5. 6. 同(圖一)。
7. 如長度小於直徑之三倍, 則所需加熱時間比(圖二)所示要短些。

表 一

形 狀	面積	形狀因數 (Form factor)
 圓料 (Long cylinder) 直徑 = D	直徑 = D	1.0
 方料 (Long square) 斷面積 = D × D	斷面積 = D × D	1.0
 長方料 (Long rectangle) 斷面積 = D × 2D	斷面積 = D × 2D	0.7
 長方料 (Long rectangle) 斷面積 = D × 3D	斷面積 = D × 3D	0.6
 大平板 (Infinite plate, Very wide) 厚度 = D	厚度 = D	0.5
 球體 (Sphere) 直徑 = D	直徑 = D	1.5
 立方體 (Cube) 斷面積 = D × D × D	斷面積 = D × D × D	1.5

表二 普通金屬之熱之擴散率

金屬	導熱率 BTU/ft ² /hr/°F	比熱 BTU/lb·°F	密度 lb/ft ³	擴散率 ft ² /hr
軟鋼	34.0	0.165	488	0.42
不銹鋼 304	12.5	0.120	495	0.21
不銹鋼 410	15.3	0.160	485	0.20
鋁	33.0	0.108	549	0.56
生鐵	23.0	0.110	450	0.56
紫銅	212.0	0.104	555	3.67
黃銅	63.0	0.100	530	1.19
鉛	116.0	0.247	165	2.85

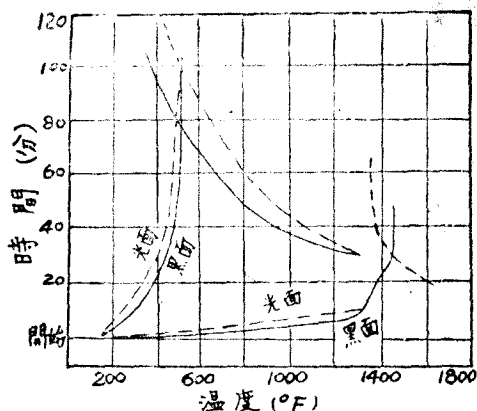
表三 各種鋼料之熱之擴散率

鋼料	導熱率 (50°-100°C) Cal/cm ² /sec /°C/cm	比熱 Cal/g/°C	密度 g/cm ³	擴散率 cm ² /sec
低炭鋼 0.23% C, 0.635% Mn	0.122	0.116	7.859	0.134
中炭鋼 0.415% C, 0.643% Mn	0.121	0.116	7.844	0.132
高炭鋼 1.22% C, 0.35% Mn	0.107	0.116	7.830	0.118
合金鋼 0.34% C, 0.55% Mn, 0.78% Cr, 3.53% Ni, 0.39% Mo	0.081	0.116	7.860	0.089
合金鋼 0.315% C, 0.69% Mn, 1.09% Cr, 0.073% Ni, 0.012% Mo	0.111	0.118	7.840	0.120
不銹鋼 410	0.059	0.113	7.730	0.0875
不銹鋼 304	0.050	0.122	7.930	0.052
高速鋼 18-4-1	0.058	0.098	8.670	0.068

附註：上表是根據 1949 年 Metals Hand Book 的數據算出的。

五 表面光度之影響

在低溫範圍內，如用油爐 (Oil Bath)、鹽爐、或者強制空氣對流爐 (Forced Convection Furnace) 加熱時，工作件之表面情形，對加熱時間的影響很少；如用靜止空氣輻射式爐，則表面情形對加



圖三 表面光度對於加熱時間的影響。
材料：1½"φ×3" 炭素鋼，在靜止空氣之電爐內加熱。

表四 炭鋼工作件 (1½"φ×3") 的表面情形對於加熱時間之影響

表面情形	加熱至 500°F 所需之時間 (靜止空氣，爐溫保持 800°F)	加熱至 1450°F 所需之時間 (控制之空氣，爐溫保持 1450°F)
研光 Lapping	80 分鐘	36 分鐘
磨光 Grinding	60 分鐘	36 分鐘
細車	60 分鐘	33 分鐘
粗車	65 分鐘	36 分鐘
有螺紋	65 分鐘	36 分鐘
噴砂後	55 分鐘	36 分鐘
配火後，800°F	45 分鐘	36 分鐘
1400°F 加熱後 (有脫皮現象)	50 分鐘	34 分鐘

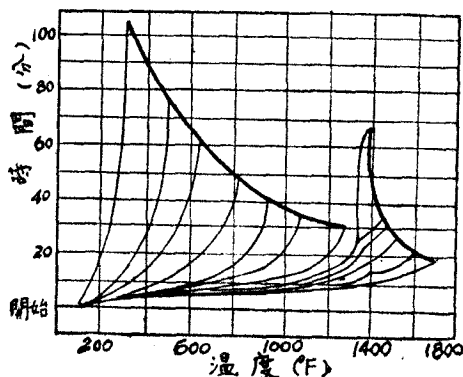
熱時間的影響較大。例如用電爐配火 (Tempering) 而無強制對流作用，一個表面光滑與另一個表面粗糙的工作物加熱至 500°F 時，時間方面，可能相差一倍。(圖三) 及 (表四)，可供參考。

根據上列情形，可歸納數點如下：

- (1) 表面光的吸熱能力弱，加熱時間要長一點；粗而黑的吸熱能力較強，加熱時間可較短些。
- (2) 表面光度對於加熱時間的影響，在低溫時較大，在高溫時則甚少。
- (3) 在靜止空氣輻射爐中，表面光度的影響大，其他甚小。
- (4) 在臨界溫度以上，表面情形的影響很小。

六 爐內溫度之影響

一根 0.150"φ 鋼絲加熱到 1900°F 之爐溫，需時 2 分鐘；如爐溫為 2300°F，則僅需一分鐘即可到達 1900°F。(圖四)為同一工件在各種溫度下之同一爐中加熱後，完全達到爐溫所需之時間。例如爐溫為 300°F 時，需要 107 分鐘，才能使一根 1½"φ × 3" 的水硬工具鋼達到爐溫；但在 1700°F 時，只需要 17 分鐘即可達到爐溫。在 1400°F 附近有 Ac₁ 變態點之曲折，約經 150°F 之長度，溫度始再升高。將此不同溫度下的加熱時間，連成一錢，則此曲線表示爐內溫度對於加熱時間的影響。



圖四 爐溫對於加熱時間之影響。

材料：1½"φ × 3" 水硬工
具鋼，電爐加熱。

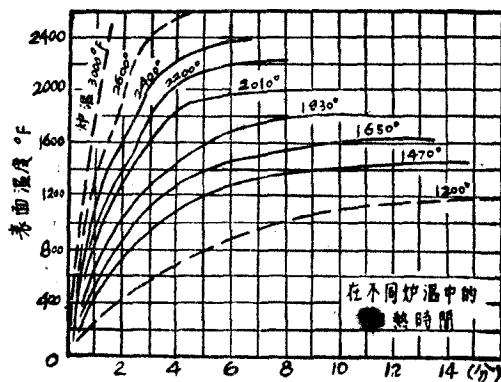
附註：如遇不同式樣之爐，此圖也略有變更。

從(圖四)曲線，可以看出爐溫愈高，所需加熱時間亦愈少。因此有時為了節省時間起見(例如鍛工加熱，或退火加熱)，我們可以將冷的工作件，放入一個比所需加熱溫度略高，而對工作件表面無損的爐溫中加熱。直到表面溫度略高於所需溫度時，再放入一個比所需溫度略低的爐溫中(或直接把爐溫下降)透燒，使溫度均勻化，然後再正常操作。這樣雖說一番手續兩番做，但對於時間方面及燃料方面，可以節省不少。在大量生產要求下，往往採用連續式加熱爐。即將爐膛分成二個溫度範圍(Heating Zone)，先在高溫加熱，然後走到低溫透燒，如此更為方便。

(圖五)所示是在各種爐溫下，加熱於 1"—6" 普通方鋼時，表面所能達到的溫度與加熱時間之關係。實心的比有空眼的快。不同的材料，有不同的影響。根據此圖採用上述辦法，大約可比常溫(Constant Furnace Temperature)加熱方法省

去 30—70% 的時間。(圖六)所示是用(圖五)曲線加熱，當工作件在一定的爐溫下，表面到達某一溫度時，中心與表面的溫度相差數字。

根據下列兩圖，我們不但可以算出工作件到達某一表面溫度所需之時間；并可推知在此表面溫度時，表面與中心的溫度相差多少。因此我們可以就工作件之大小，選擇適宜的最高溫度與相連的加熱時間。例如 1"φ 的圓鋼在 2550°F 加熱，當表面到

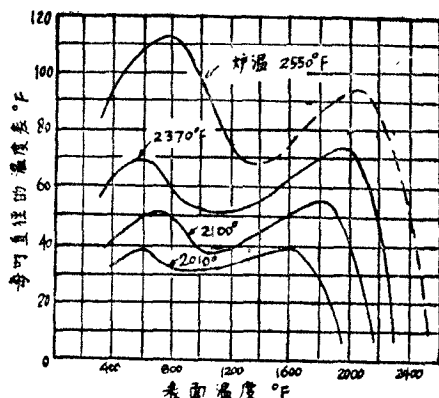


圖五 在一定爐溫下，每吋厚度的鋼料加熱到某一表面溫度時所需之時間。

附註：(1)方鋼或圓鋼料均可適用，但不能超過 6" 厚度。

(2) 爐壁輻射面積
工作物露出的面積 > 5/1

(3)工作物各面均能受到輻射。



圖六 在一定爐溫下，每吋厚度的鋼料加熱到某一表面溫度時，內外(表面與中心)溫度之差數。

附註：此圖係根據(圖五)得來的。

達 1700°F 時，中心溫度約為 1620°F ，相差 80°F 左右。同樣情形，如此工作件是 $4''\phi$ 的圓鋼，則內外溫度之差約為 $80^{\circ} \times 4 = 320^{\circ}\text{F}$ ；如果是 $20''\phi$ 的圓鋼，則內外溫度之差可達 1600°F 之多。換言之，當此工作件之表面到達 1700°F 時，中心溫度正在開始升起。在極端情形下，當表面熔化之時，中心溫度可能尚未變更。因此對很大的工作件，我們不能因為節省時間，而造成內外溫度相差懸殊，致有加熱不均之弊。在這種情形下，以分段預熱為宜；或降低爐溫，使工作物隨爐溫上升亦可。此點對於高速鋼淬火時尤為重要。我們知道高速鋼的熱之擴散率小，所需加熱時間較長，如驟然放入高溫，內外溫度之差更大。欲完全燒到爐溫，加熱時間比普通鋼料還要放長，結果造成受熱不均，表面容易脫炭 (Decarburization)，表面容易過熱 (Over heat)，及工具尖端容易燒去 (Burn off) 等等的毛病，所以必需有預熱手續。大型而複雜之工作物，且需要分段預熱，使不致受有熱震作用 (Thermal Shock)。

七 傳熱方向之影響

當一捲鐵皮 (Sheets in piles) 作退火處理時，「熱」由軸心方向傳入者，比由垂直於軸心方向傳入者快 2.5 倍。

對於薄鐵皮捲，如「熱」由軸心方向傳入時，其導熱率等於 5.4 至 $6.1 \text{ B.T.U. / (ft., hr., } ^{\circ}\text{F)}$ 。如「熱」由垂直於軸心方向傳入時，則其導熱率等於 $1.7 \text{ B.T.U. / (ft., hr., } ^{\circ}\text{F)}$ 。前者約為後者之 3.5 倍。

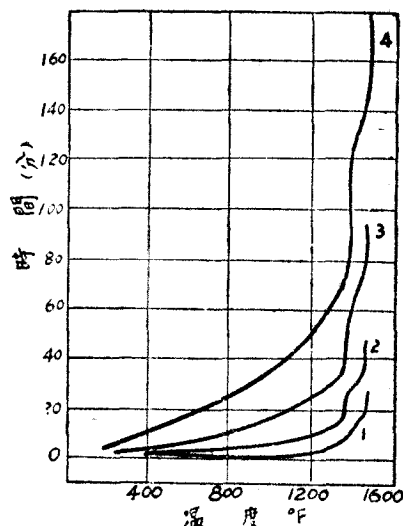
對於厚鐵皮捲，如「熱」由軸心方向傳入時，其導熱率等於 6.7 至 $10 \text{ B.T.U. / (ft., hr., } ^{\circ}\text{F)}$ ，故加熱時間較短。同樣厚薄之鐵皮捲，每層中間的間隙與接觸點的多少，亦有影響於加熱時間。所以每層的間隙愈小愈好，而接觸處愈多愈好。

八 體積大小之影響

在同一溫度同一加熱爐加熱時，如工作件之體積依一定之比例增加，則加熱時間亦依一定之比例增長。例如炭鋼件在 1450°F 之電爐內加熱時，則可得結果如 (表五)。(圖七) 為 (表五) 中四種工作件之加熱曲線。

表 五

號數	工作物之大小	達到爐溫之時間
(1)	$\frac{3}{4}''\phi \times 2''$	21 分鐘
(2)	$1\frac{1}{2}''\phi \times 3''$	42 分鐘
(3)	$3''\phi \times 6''$	83 分鐘
(4)	$6''\phi \times 12''$	170 分鐘



圖七 工作件之大小與加熱時間之關係。

九 退火處理的加熱時間

(1) 退火 (Annealing) 加熱的要求是：(a) 慢慢的熱上去，(b) 均勻的加熱，(c) 在退火溫度之下，保持一段長的時間，使新的結晶組織長成，使內應力能去光，使組織均勻化。所以在退火操作中，重要的在於透燒。透燒的時間，一般的均較加熱時間為長。

(2) 透燒時間通常用每吋不少於一小時 (指最厚處之尺寸)。D.K. Bullen 說：到了退火溫度之後，每吋透燒 $\frac{1}{2}$ —1 小時即可，(此指鍛製鋼料 Wrought Steel 而言)。

(3) 尺寸愈大，所需的透燒時間亦將逐漸減少。下面 (表六) 可供參考。

表 六

尺寸	加熱時間	透燒時間	尺寸	加熱時間	透燒時間
1'' 立方	$\frac{1}{2}$ 小時	20 分鐘	6'' 立方	2 小時	1 $\frac{1}{2}$ 小時
2'' 立方	1 $\frac{1}{2}$ 小時	$\frac{1}{2}$ —1 小時	7'' 立方	2-3 小時	2 小時
3'' 立方	2 小時	1 小時	8'' 立方	3 小時	2 小時
4'' 立方	2 小時	1 小時	20'' 立方	10 小時	5 小時
5'' 立方	2 小時	1 小時	30'' 立方	15 小時	7 小時

(4) 對於過熱 (Over heated) 或有較重內應力 (Severely Stressed) 的組織，其透燒時間須數倍於正常情況。

(5) 高炭工具鋼、低合金高炭工具及模子鋼 (Low Alloy High Carbon Tool and Die Steel)，表面加炭鋼，需要密封退火 (Pack Annealing)，則熱穿容器及容器內填塞物 (Packing Compounds) 的時間須計算在內。普通中型容器所需的加熱時間，以不少於兩小時為原則。加熱的速度須緩慢而均勻。冷卻的速度是每小時不超過 50°F (在 1000°F 以上，過此可以快些)。

另外一種計算加熱時間的方法，是每一吋有效的容器直徑，用 1—2 小時透燒。

(6) 高炭高銘鋼 (不銹鋼相同，惟不密封退火) 需要密封退火，透燒時間為 4—6 小時或更長，視尺寸大小而定。加熱速度，為每吋最大厚度約一小時左右。冷卻速度是每小時不超過 50°F (在 1000°F 以上)，另加容器加熱時間。

(7) 高速鋼需要密封退火，透燒時間為 4—6 小時或更長，視尺寸大小及退火前的加工加熱的情況而定。加熱速度為每吋最大厚度一小時左右。冷卻速度每小時不超過 50°F (在 1000°F 以上)。如容器很早放入爐內，而與爐溫一同上升時，則透燒時間可以短些，(另加容器加熱時間)。

(8) 鑄鋼件的退火加熱時間，以最大厚度為標準，每吋透燒 1—2 小時。在 6" 以上之大型鑄件，則透燒時間，可以酌量縮短，不一定成直線比數。

(9) 壓力模鑄的模子退火時，通常用密封退火，加熱時間每吋一小時，外加容器的加熱時間，(或用熱電偶放在容器內，測定工作物到達爐溫之時間)。透燒時間為工作物總加熱時間的 3/4 到 3/5。

十 球狀化處理的加熱時間

球狀化 (Spheroidizing) 處理的加熱時間，可以參照退火加熱時間計算之。其在 Ac₁ 附近的透燒時間，往往極長，由數倍至十數倍於退火透燒之時間，視工作件材料性質及何種處理手續而定。

(表七) 是一種球狀化處理的捷徑辦法，及其在各個過程中的透燒時間。

十一 正常化處理的加熱時間

(1) 一般的講來，正常化 (Normalizing) 處理的加熱與透燒時間，可用退火處理的數字作為參

表七 炭素鋼球狀化處理過程中的透燒時間

炭素開始加熱溫度 %	及透燒時間	高熱溫度及透燒時間	球狀化溫度及透燒時間 (H.N.)	皮氏硬度
0.33	1340°F, 2 小時	1390°F, 1 小時	1350°F, 2 小時 1340°F, 4 小時	126
0.46	1340°F, 2 小時	1370°F, 1 小時	1310°F, 8 小時	134
0.63	1340°F, 2 小時	1380°F, 1 小時	1340°F, 8 小時 1330°F, 2 小時	128
0.85	——	1380°F, 1 小時	1335°F, 6 小時	143
1.16	——	1400°F, 1 小時	1335°F, 3 小時	174

考，但透燒時間往往都較短些。

(2) 高炭工具鋼、合金工具鋼、和模子鋼，加熱速度要緩慢而均勻，透燒時間為每吋 15—60 分鐘。

(3) 鋼皮正常化處理的全程時間如下：

(a) 一批 10 至 50 噸，加熱和透燒時間約由 20 到 40 小時；氣冷到 280°F 時，約為 24 小時上下。

(b) 單張或長片 (Continuous Strips)：

加熱時間 (1750°F).....	1 1/2 分鐘	} (全部過程在 15 分鐘以內完成)
透燒時間 (1750°F).....	1—2 分鐘	
氣冷到 800°F.....		
重熱時間 (1150°F).....	1—2 分鐘	
最後氣冷到 280°F.....		

(c) 單張或長片 (同上)，但處理情形不同：

加熱時間 (1750°F).....	1 1/2 分鐘	} (全部過程共需九分鐘)
透燒時間 (1750°F).....	1 分鐘	
氣冷到 1020°F.....	1 1/2 分鐘	
緩冷到 840°F.....	2 分鐘	
最後氣冷到 280°F.....	3 分鐘	

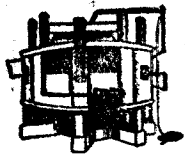
(4) 鑄鋼件正常化處理的加熱時間，以最大斷面為標準，每吋厚度透燒一小時左右。在 6 吋以上之工作物，透燒時間可酌量縮短，不一定成直線比數。兩次正常化 (Double Normalizing) 的時間相同，有時且略放長，如鋁合金鑄鋼即是。

(5) 鍛鋼件 (火車用料) —— 加熱時間每吋 4 分鐘，加熱到正常化溫度。透燒時間：炭鋼每吋最大斷面須 1 小時，合金鋼須 1 小時。下面 (表八) 可作參考。

——下期續——

表八 鍛件 (火車用) 的加熱與透燒時間

鍛件最大厚度 (每批數量適中)	加熱時間，小時 (近似)	透燒時間，小時 (近似)
5" 以上	8	(1) 炭鋼以最大斷面
5"—8"	8	每吋 1 小時計算。
8"—10"	10	(2) 合金鋼以最大斷面
10"—12"	12	每吋 1 小時計算。



熱處理加熱過程中的 時間問題 (二)

蔡習傳

十二 消除應力處理的加熱時間

消除應力(Stress Relieving)是一種臨界溫度以下的退火處理，所以我們有時稱它為過程退火、商業退火、消除應力退火、或消除變形退火等，(Sub-critical annealing, Process annealing, Commercial annealing, Stress relief annealing, or Strain relief annealing)。

消除應力的溫度總是在臨界溫度以下，但亦不能太低。如用 750°F 加熱，則消除應力只達 50%；如用 1000°F 加熱，則消除應力可達 90%；通常處理範圍約在 1100° 到 1300°F 左右。而透燒時間，對於中小的斷面約在 2 小時左右；對於大型斷面（12" 以上），則需 5 到 10 小時方可。

此外還有一種低溫的消除應力處理，其溫度範圍總在室溫附近或以上，但不超過 300°F。此種處理我們稱之為時化 (Aging)，比室溫高的時化稱之為人工時化 (Artificial aging, or Artificial seasoning)。隨室溫而變的時化，稱之為普通時化 Aging or Seasoning)。人工時化所需的時間較短，約由 8 到 75 小時，或縮短時間，來回幾個週期 (Aging cycles) 也可。普通時化所需之時間較長，約需一個寒暑，方可有效。

下面 (表九) 是鐵金屬消除應力處理的溫度範圍及其透燒時間。

十三 預熱過程的加熱時間

要避免淬火後的變形與碎裂，最好要有預熱 (Preheating) 過程；尤以高合金工具鋼為最需要，往往有兩道預熱過程，使工作件之溫度分段上升，從容到達高熱。

茲將最需要預熱的鋼料及其加熱時間，略舉如 (表十)，其他可類推。

十四 淬火處理的加熱時間

淬火 (Hardening) 處理的加熱時間，不能用最大厚度來計算，必需用有效厚度 (Effective thick-

類 別	溫度範圍 F°	透燒時間 每吋 (最大 厚度) 小時
灰生鐵	800—1000	½—5
炭素鋼	1100—1250	1
合金工具鋼及模子鋼	1100—1300	1—2
鉻合金鋼 C < 0.20%	1100—1250	2
同 上 0.2—0.35% C	1250—1400	2—3
鉻鎢合金鋼 2% Cr, 0.5% Mo	1325—1375	2
同 上 2.25% Cr, 1% Mo	1350—1400	3
同 上 5% Cr, 0.5% Mo	1350—1400	3
同 上 9% Cr, 1% Mo	1375—1425	3
鎳不銹鋼 410, 430	1425—1475	2
鎳鎳不銹鋼 316	1500	2
同 上 309, 310	1600	2
高速鋼	1100—1300	1—2
兩種不同鋼料的焊接物	1350—1400	3

表九 鐵金屬的消除應力處理

附註：(1) 鎳鎳不銹鋼及焊接物的加熱速度不能超過每小時 200°F，其他材料的加熱速度不能超過每小時 400°F。

(2) 冷卻速度不能超過每小時 200°F，最好爐冷或灰冷。

(3) 炭素鋼、合金工具鋼、高速鋼等，以用 1200°F 加熱為最佳；因其比 1100°F 加熱之效率高，同時又不致產生過多的氧化皮 (Scaling)。

材 料	溫 度	加熱時間 每 mm	加熱時間 每 吋
炭素工具鋼	750°—800°F	2—3 分鐘	1—1½ 小時
低合金工具鋼	800°F—1000°F	2—3 分鐘	1—1½ 小時
高合金工具鋼	(1) 800°—1000°F (2) 1200°—1300°F	2—4 分鐘	1—2 小時
高 速 鋼	(1) 800°—1200°F (2) 1400°—1600°F	2—4 分鐘	1—2 小時

表 十

附註：(1) 上列時間是指用輻射爐預熱的。如用鹽爐預熱，則預熱時間可以比較縮短。

(2) 上列時間包括加熱與透燒。

(3) 上列時間是用最大厚度估計的。

(4) 如用二段預熱，第一次的時間可長些，第二次的可短些。

ness) 做標準, 同時形狀因數也要計及在內。下面的數字除特別聲明外, 形狀因數等於 1.0。

當工作物放入爐內加熱時, 如為數不多, 不足以使爐溫下降時, 則我們估計總的加熱時間時, 是包括加熱與透燒兩方面的。如為數頗多, 足以使爐溫下降時, 那我們只要估計透燒時間即可。至於加熱時間, 可以根據高溫計及比較工作件與爐膛顏色或鹽液顏色, 決定是否到達淬火溫度。下面所寫的「總的加熱時間」是指前者情形而言, 僅寫「透燒時間」是指後者情形而言。鹽爐與輻射爐之加熱時間有別; 靜止空氣之輻射爐與流動空氣之輻射爐有別。鹽爐之加熱時間短, 流動空氣之輻射爐次之, 靜止空氣之輻射爐再次之。

(1) 滲炭鋼 (低炭滲炭鋼, 或低炭合金鋼)

(a) 鹽爐——每 1mm 用 1—1½ 分鐘 (包括加熱與透燒), 每吋用 5—10 分鐘 (透燒)。

(b) 輻射爐——每 1mm 用 1—1½ 分鐘 (包括加熱與透燒), 每吋用 5—10 分鐘 (透燒)。

(2) 高炭工具鋼及高炭低合金工具鋼

(a) 鹽爐——每 1mm 用 1—1½ 分鐘 (包括加熱與透燒), 每吋用 10—15 分鐘 (透燒)。

(b) 輻射爐——每 1mm 用 1—1½ 分鐘 (包括加熱與透燒), 每吋用 10—15 分鐘 (透燒)。

(3) 油硬工具鋼、合金構造鋼、及高合金滲炭鋼 (如 S.A.E. 2315, S.A.E. 4615 等)

(a) 鹽爐——每 1mm 用 1—1½ 分鐘 (包括加熱與透燒), 每吋用 10—20 分鐘 (透燒)。

(b) 輻射爐——每 1mm 用 1½—2 分鐘 (包括加熱與透燒), 每吋用 10—20 分鐘 (透燒)。

(4) 各種合金工具鋼 (參考 Metals Hand Book)

(a) 有的為減少變形起見, 不用透燒。

(b) 有的透燒時間為 10—60 分鐘 (一般中型尺寸)。

(c) 有的透燒時間為 1—1½ 小時 (每吋)。

(5) 高炭高錳鋼 (中大型尺寸)

(a) 常用二段預熱, 每段預熱過程透燒 1—2 小時 (每吋)。

(b) 高溫透燒時間為 15—45 分鐘, 視工作件之大小而定。

(c) 一般規則, 以最大厚度計算, 透燒時間約為每吋 10 分鐘。

(d) 當用二段預熱時, 在高熱的透燒時

間, 可用最小值, 或酌量縮短之。

(6) 高速鋼

高速鋼所含有的合金元素很多, 它的熱之擴散率較小, 約為炭素鋼的一半 (見前文表二), 所需加熱時間, 自然較長, 故要有預熱過程。往往分兩段預熱, 以免高熱時間太長, 致增加表面脫炭、尖端燒去、晶粒粗大、及碎裂變形的機會。

高速鋼在預熱過程中, 要透燒相當時間。但在高熱過程中, 只要達到爐溫, 即可取出淬火, 一般的情形不需要透燒。如無太鋒銳的尖端, 可以透燒 5—10 秒鐘。大件工作物如在校正合宜的高溫鹽爐 (Properly rectified high heat salt bath) 加熱, 或在有良好的空氣控制的高溫輻射爐 (Atmosphere controlled high heat radiation furnace) 加熱時, 可以透燒 30—120 秒鐘, 使炭化物固溶體充份溶和, 以求得淬火後及配火後之最高硬度。

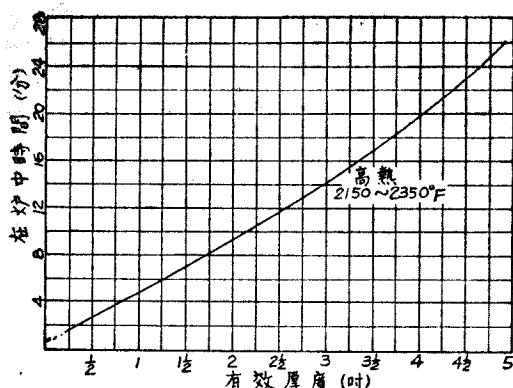
老法用表面起泡或發汗 (Sweating) 現象作為高速鋼燒到淬火溫度之象徵, 從而據以淬火。即當工作物之表面開始發汗時, 或開始起泡時 (First bubbling), 即行自爐內取出, 加以冷卻; 此因高速鋼表面一層複雜氧化物, 在此溫度下被熔解之故。如用鹽爐或控制空氣的輻射爐, 則無此種現象產生。又此種溶化溫度, 相當於 18-4-1 型高速鋼之最適宜的刀具淬火溫度 (約為 2350°F)。如屬 14-4-1 型或為鉻高速鋼時, 此種溶化溫度, 即嫌過高, 容易產生過熱之弊。又此種現象僅能表示表面到達溫度, 中心溫度如何, 并未計及; 故新法處理, 已捨此不用, 多用「加熱時間」控制之。

關於高速鋼的加熱時間, 現在分鹽爐與輻射爐二種形式, 茲舉例如下:

(甲) 高溫鹽爐加熱

下面 (圖八) 及 (表十一) 是美國 A. F. Holden 公司所介紹的; 由預熱溫度 1450°—1650°F 加熱到高溫 2150°—2350°F 所需要的時間, 可參考該圖。由圖中曲綫, 求得 (表十一) 的數字, 應用起來比較方便。

高速鋼的高溫加熱範圍很廣, 視工作件之性質而異。在較低的加熱溫度下, 可以容許較長一點的透燒時間。(表十二) 是英國皇家化學公司 (Imperial Chemical Industries Limited) 對於校正合宜的中性鹽液所建議的各種透燒時間。(表十三) 是同一公司用中性鹽液所作的透燒時間與晶粒大小的試驗。



圖八 鹽爐高熱淬火時間參考曲線
先預熱至 1450°—1650°F

有效厚度(吋)	時間 秒	有效厚度(吋)	時間(秒)
1/4	85	1 1/8	400
3/16	105	1 1/4	415
1/2	120	1 5/8	430
5/16	135	1 3/4	450
3/4	150	1 7/8	470
7/16	165	1 3/2	485
1	185	1 7/8	520
5/8	205	2	550
3/4	220	2 1/4	625
7/8	235	2 1/2	695
1 1/8	250	2 3/4	770
5/8	270	3	850
1	280	3 1/4	925
1 1/8	300	3 1/2	1010
1 1/4	315	3 3/4	1090
1 3/8	330	4	1170
1 1/2	350	4 1/4	1270
1 5/8	365	4 1/2	1375
1 3/4	385	4 3/4	1480

表 十 一

從(表十三)可以看出 18-4-1 型之高速鋼，在中性高溫鹽液中，透燒一二分鐘，對晶粒粗化尚無太大之影響。透燒3分鐘後，則有顯著之變化，晶粒大小，可差一倍之多。至於 5-4-4-1 型之高速鋼，透燒時間在6分鐘以內無變化；是則鎢鉬高速鋼較鎢高速鋼在高溫加熱時間可略放長。

上面(表十四)是同一公司用中性鹽液所作的透燒時間與硬度大小的試驗，此表是用(表十三)中的各個試件所作成的。

從(表十四)可以看出增加透燒時間，并不能增加硬度。合宜的透燒時間，還是在2分鐘以內。

高熱溫度 °C	透燒時間, 分鐘 (每吋最大厚度)
1320—1340	1 1/2
1270—1310	1 1/2
1220—1260	2

表 十 二

鋼 料	高熱溫度 °C	透燒時間	每平方吋的 晶粒數目 (×500 diams)
18-4-1 高速鋼	1300	30 秒	109×10 ⁵
„	„	1 分	79×10 ⁵
„	„	2 分	81×10 ⁵
„	„	3 分	49×10 ⁵
„	„	6 分	49×10 ⁵
„	„	15 分	49×10 ⁵
5.5 W, 4.2 Mo, 4.5 Cr, 1.4 V, 高速鋼	1230	30 秒	36×10 ⁵
„	„	1 分	37×10 ⁵
„	„	2 分	36×10 ⁵
„	„	3 分	38×10 ⁵
„	„	6 分	36×10 ⁵
„	„	15 分	26×10 ⁵

表 十 三

鋼 料	高熱溫度 °C	透燒時間	維氏硬度 (VHN) 30 公斤載荷			
			淬 火 後		配 火 後 (560°C, 1 小時)	
18-4-1 型 高速鋼	1300	30 秒	919	919	869	883
„	„	1 分	919	919	883	890
„	„	2 分	912	912	890	905
„	„	3 分	897	897	890	912
„	„	6 分	897	897	912	912
„	„	15 分	905	905	876	876
5-4-4-1 型高速鋼	1230	30 秒	869	869	842	856
„	„	1 分	862	862	876	867
„	„	2 分	856	856	883	883
„	„	3 分	849	849	856	869
„	„	6 分	862	862	842	862
„	„	15 分	849	862	829	836

表 十 四

上列試驗，是在中性鹽液良好校正後情形下所得的結果。假使我們所用的鹽液，不太理想，則透燒時間可儘量縮短，以至於零。雖說是保守一點，但比較的不致發生弊端。

(乙) 高溫輻射爐加熱

(a) 根據 R. C. Deale 的研究，將高速鋼加硬(Harden)到深度 d 吋時，所需加熱時間，可由下

面公式算出：

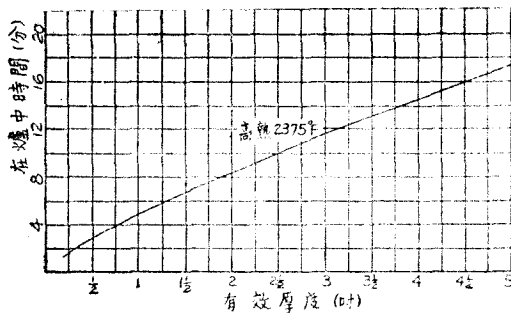
$$t = 8.5(d)^{0.78} \text{ 分鐘}$$

$$= 510(d)^{0.78} \text{ 秒鐘}$$

$$d = \frac{1}{2} \text{ 有效厚度}$$

上列公式，并不包括預熱時間，祇是由 1600°F 加熱到 2375°F 所需之時間，（即熱由兩面加入，中心到達溫度之時間）。

由上列公式，我們求得下面（圖九）及（表十五），以便臨時應用。此項數字，比較保守一點，對於具有鋒銳尖端的切削工具，比較合宜。上海工具廠處理高速鋼工具時，多數採用此種數字，并未發生弊點。（表十六）中所舉數例，即為該廠之工作紀錄。



圖九 輻射爐高熱淬火時間參考曲線
先預熱至 1600°F

(b) 如工作件不是鋒銳的切削工具，同時爐內空氣控制很好，沒有焚去(Burn off)尖端的問題，則高溫加熱時間，可較上表略為放長。下面（表十七），可供參考。

有效厚度 (吋)	加熱時間 (秒)	有效厚度 (吋)	加熱時間 (秒)
$\frac{1}{16}$	40	$1\frac{1}{8}$	380
$\frac{1}{8}$	60	$1\frac{1}{4}$	390
$\frac{3}{16}$	80	$1\frac{1}{2}$	405
$\frac{1}{4}$	100	$1\frac{3}{8}$	420
$\frac{5}{16}$	120	$1\frac{1}{2}$	430
$\frac{3}{8}$	135	$1\frac{5}{8}$	445
$\frac{7}{16}$	155	$1\frac{3}{4}$	460
$\frac{1}{2}$	170	$1\frac{7}{8}$	485
$\frac{9}{16}$	190	2	510
$\frac{5}{8}$	205	$2\frac{1}{8}$	560
$\frac{11}{16}$	220	$2\frac{1}{4}$	605
$\frac{3}{4}$	235	$2\frac{1}{2}$	650
$\frac{13}{16}$	250	3	700
$\frac{7}{8}$	265	$3\frac{1}{4}$	740
$1\frac{1}{16}$	280	$3\frac{1}{2}$	785
1	300	$3\frac{3}{4}$	830
$1\frac{1}{8}$	310	4	875
$1\frac{1}{4}$	325	$4\frac{1}{4}$	915
$1\frac{3}{8}$	340	$4\frac{1}{2}$	960
$1\frac{1}{2}$	355	$4\frac{3}{4}$	1000
$1\frac{5}{8}$	370	5	1050

表十五

工作物名稱	齒輪滾刀	平面銑刀	邊銑刀	邊銑刀	角銑刀	角銑刀
尺寸	10 DP	4"φ×5"	4"× $\frac{3}{4}$ "×1"	2"× $\frac{1}{2}$ "× $\frac{1}{2}$ "	2 $\frac{1}{2}$ "× $\frac{1}{2}$ "×45°	1 $\frac{1}{2}$ "× $\frac{1}{2}$ "× $\frac{1}{2}$ "×30°
有效厚度 mm	10	23	16	6	10	7
預熱溫度 °F	(1)1000 (2)1550	(1)1300 (2)1550	(1)1300 (2)1550	(1)1300 (2)1550	(1)1300 (2)1500	(1)1300 (2)1550
預熱時間,分	(1)45 (2)25	(1)30 (2)30	(1)15 (2)20	(1)5 (2)10	(1)10 (2)15	(1)5 (2)10
高熱溫度 °F	2350	2350	2350	2350	2350	2350
高熱時間,秒	150	270	210	95	135	100
冷卻劑	1200°F 鹽浴	1200°F 鹽浴	油 90°-150°F	油 90°-150°F	油 90°-150°F	油 90°-150°F
淬成硬度, Rc	64-66	63-65	65-66	64-66	64-65	65-66
配火溫度, °F	980	980	980	980	980	980
配火時間,分	120	180	150	120	90	120
結果硬度	62-64	62-64	63-65	63-64	63-64	63-64
備註	一次配火	一次配火	兩次配火	兩次配火	兩次配火	兩次配火

表十六

附註：(1)1000°F 之預熱是用另一配火爐加熱的。

(2)1300°F 之預熱是放在爐門口預熱的，爐心溫度為 1550°F，爐口溫度被估計為 1300°F。達預定時間後，將工作物移入爐心，利用同一電爐，使其分段加熱。

(3)在鹽浴內之時間與高熱時間相同。

(4)配火時間指透燒而言，其他則包括加熱與透燒二者。