

WERKSTATTBÜCHER

機械工作法叢書

# 鋼的熱處理

奧根·西門著 張德學編譯



科學技術出版社·1951

機械工作法叢書

# 鋼 的 熱 處 理

奧根·西門著  
張德學編譯



科學技術出版社

1951

14 · Ka 03 · 25 K · P.116 · ¥ 7,500

版權所有 不准翻印

原著書名 Härten u. Vergüten

原作者 E. Simon

原出版者 Verlag von Julius  
Springer, Berlin

原本版次 第三版

出版年月 1931年

特約責任編輯：譚惠然 文字編輯：楊樂漁 校對：唐佩卿

---

1951年2月發排(國光) 1951年7月付印(星光)

一九五一年七月初版

北京造 0001—5000 冊

科學技術出版社 北京燈市口甲45號

中歷圖書發行公司總發行

# 目 次

|                     |    |
|---------------------|----|
| 一 熱處理的一般方法與裝置       | 1  |
| 1 加熱爐               | 2  |
| 2 冷卻裝置              | 23 |
| 3 回火用爐              | 29 |
| 4 溫度測定法             | 30 |
| 二 加熱                | 34 |
| 1 爐的操作法             | 35 |
| 2 淬火工件的搬運法          | 43 |
| 3 連續工作爐             | 48 |
| 三 冷卻                | 52 |
| 1 燜火時的緩慢冷卻          | 52 |
| 2 淬火時的冷卻            | 52 |
| 四 回火                | 70 |
| 五 滲碳法               | 75 |
| 1 滲碳                | 75 |
| 2 中間處理和淬火           | 82 |
| 3 特殊滲碳法             | 82 |
| 六 清掃和矯正             | 85 |
| 七 不良品產生的原因與對策及檢查的方法 | 87 |
| 譯名對照表               | 91 |

## 一 熱處理的一般方法與裝置

鋼件在熱處理 (Warmbehandlung) 時, 若沒有必需的裝置, 就得不到良好而且經濟的結果。簡單的鋼件可用簡單的方法淬火 (Abschrecken) 及調質 (Vergütung), 但複雜的或只一部分需要淬火的鋼件, 就必須用特別裝置。但無論如何必須要有完善的熱處理爐才行。

近年來在工廠裏的淬火工作, 大部分都已在寬大、明亮、空氣流通的場所裏進行, 不像過去那樣在黑暗、狹窄的屋角裏了。更因生產技術的進步, 也漸漸創設出適合各種用途的淬火爐。

淬火必須有相當大的油槽和水槽等設備, 還要有適當的鉗子。特殊鋼 (Sonderstahl) 淬火時, 則要有溫浴 (Warmbad) 或壓縮空氣 (Pressluft) 等設備。

回火 (Anlassen) 要用油槽、鹽浴 (Salzbad) 或用電氣加熱, 或用能調節溫度的空氣加熱爐 (Luftumwälzöfen), 同時還需要調整 (Richten) 和清掃 (Reinigen), 測定溫度和測定硬度等用的特別工具和儀器。

本書因篇幅有限, 所以只能把重要的爐 (Ofen)、浴 (Bad)、工具 (Hilfsmittel) 及淬火方法 (Härteverfahren) 加以說明。

## 1 加熱爐

燭火 (Ausglühen)、淬火、滲碳 (Zementation) 及回火所用的加熱爐 (Glühofen) 的大小和構造都不一樣。

1. 性能 加熱爐因為用途不同，應該具備下列的性能：

a 操作容易而且準確，補修也容易，且補修後能立即使用。

b 工作過程中的費用必須經濟。

c 爐內溫度必須能夠調節，調節後並要能迅速而且準確的上昇到所調節的溫度。

d 加熱室 (Glühraum) 裏的溫度要均勻。

e 爐內燃燒氣體 (Ofenatmosphäre) 不會侵蝕工作物。

f 操作要便利，清潔及安靜。

2. 燃料 加熱爐用的燃料有固體、液體、氣體燃料及電流四種。

固體燃料包括有煤、焦炭、煉炭等，燃料費最小。近年來這種使用固體燃料的爐子，已經能將爐內的溫度自動調節 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，並可自動冷卻到 $500^{\circ}\text{C}$ 左右。但這種爐子必須有調節裝置和自動加煤裝置，所以固體燃料只適用於連續工作的中型爐和大型爐。

液體燃料是用特別噴嘴 (Brenner) 和壓縮空氣，把油噴成細霧狀而燃燒，燃料費用的多少，看油的價格而定。用液體燃料雖然沒有瓦斯爐那樣溫度平均，也不如瓦斯爐那樣容易調節，但它不像瓦斯爐那樣，一定要受瓦斯廠來供給瓦斯及限制使用瓦斯，又因火焰溫度很高，所以能很快達到高溫。

用油加熱比燈用煤氣 (Leuchtgas) 加熱價錢便宜，但比用發生爐瓦斯 (Generatorgas) 的價錢高。如果油質不良或噴嘴的構造及配

置不當，就容易損壞噴嘴或被油煙子(Russ)堵塞；但如用良好的輕油(Gasöl)及排列適當的低壓噴嘴，就能免除這些缺點。可是油不像瓦斯及電氣那樣豐富，所以用瓦斯及電氣較為適當。

發生爐瓦斯只在瓦斯使用量多時比較合適。在小型淬火工場內，如要供給大型鍛造爐(Schmiedöfen)的燃料時也可使用。在大型爐裏也可直接連結到一種所謂“半瓦斯爐”(Halbgasöfen)，這種爐子是煤爐及瓦斯爐的中間物。

燈用瓦斯(Ferngas)既便利又清潔，所以對於各種爐子都很合宜。

用固體燃料的爐，多半是利用煙筒來自然通風，這煙筒不但能從噴嘴處吸入空氣，而且也可由裂縫，尤其在開爐門時由爐門吸入空氣，因此引起加熱室局部冷卻，及溫度分佈不均勻，使煙筒的吸引作用，達不到噴嘴及混合機構(Mischkonstruktion)這些地方，所以煙筒對瓦斯爐及對專門的淬火爐都不適當，它只能做導出廢氣用。

供給瓦斯爐用的空氣要經常用壓力，其混合方法有三種：

a 向空氣加壓：用送風機(Kapselgebläse)或扇風機(Ventilator)吸引燃燒時所需用的空氣，在水柱250—1500mm的壓力下與瓦斯混合。瓦斯及空氣的量，都能隨實際需要來調節。

b 向瓦斯加壓：用送風機將瓦斯加壓到水柱3000—8000mm，由嘴子噴出時再吸引定量的空氣。這種方法因為只要用導管把煤氣導至爐旁即可，所以在以高壓供給燈用煤氣時為最合宜。

c 用機械先把瓦斯及一部分空氣混合，經加壓從嘴子噴出時，再吸引不足的空氣。這是雪拉氏(Selas)所創的空氣與瓦斯的混合法。

用瓦斯比用固體燃料加熱經濟，因為瓦斯用不着比理論的空氣

量更多的空氣就能燃燒。所以不需用多量的過剩空氣，也就不需要提高過剩空氣的溫度用的熱量，同時能得到較高的燃燒溫度(Verbrennungstemperatur)；這樣就比用固體燃料經濟。爐內的瓦斯和空氣的混合比，可用自動裝置來調節，調節到一定混合比後，雖然變更使用量及壓力，而瓦斯和空氣的混合比也用不着再加調節。它們的理論混合比是空氣比瓦斯大4—5倍。爐內煤氣完全燃燒時是中性氣(Neutral)，空氣過多則呈氧化性(Oxydierend)，反之瓦斯過多則呈還原性(Reduzierend)。在必要時，可調節瓦斯與空氣的混合比。

電流加熱具有瓦斯加熱的各種優點：即爐溫均勻，並能隨意調節，簡單清潔，效果優良，更因沒有燃燒氣體毋須通風，也沒有煙和灰。缺點是電氣爐內的空氣，會氧化被加熱物的表面；若用電氣加熱的鹽浴爐，就可除去此弊。

電流加熱有下面三種方法：

a 最普通的法子，是通電流於裝設在加熱室壁上的電阻發熱體(Heizleiter)上，熱由輻射(Strahlung)和空氣的對流運動傳到被加熱物。

b 將電流直接通給被加熱物上，由其本身的電阻發熱(如鉚釘的加熱)。

c 通高周波電流，給圍繞在被加熱物外面的線圈(Spule)上，由誘導作用在被加熱物體內，生出渦流而發熱(高周波加熱，德文名Hochfrequenzheizung)。這法已經在熔解爐(Schmelzofen)方面採用，但在淬火爐方面還在發展中。

3. 經濟事項 操作費用除包括燃燒效率、燃料費用、爐的折舊及修繕費等外，還要考慮爐的生產能力(Leistungsfähigkeit)，作業的



優劣、繁簡及清潔等重要事項。

圖 1 是 Böhm 爐圖，是用來說明煤氣加熱淬火爐的瓦斯和壓縮空氣的消耗，與爐溫及時間的關係。圖 2 是一定生產能力所需要的瓦斯量。圖 1 的下部分是爐 (O 線)、瓦斯 (G 線)、空氣 (L 線)、廢氣 (A 線) 的

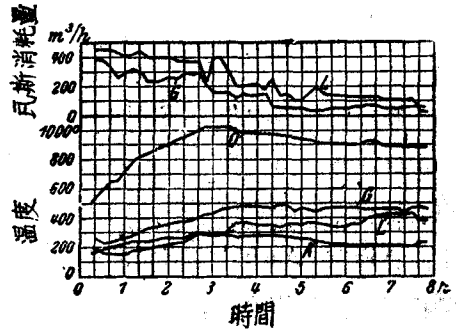


圖 1 爐線

溫度與時間 (h) 的關係；上部分是保持爐溫 (O 線) 所需要的瓦斯 (G 線)，和壓縮空氣 (L 線) 的消費量 ( $m^3/h$ )。

圖 2 是在一定生產能力下求瓦斯消耗量的方法，左方那個縱軸是每小時應加熱的鋼的重量 (kg/h)，右方的縱軸是瓦斯消耗量 ( $m^3/h$ )，粗線表示爐線 (Ofenlinie)，細線是應加熱的溫度。例如求在一小時內，把 20kg 鋼加熱到 1300°C 所需的瓦斯量；我們可以在這個

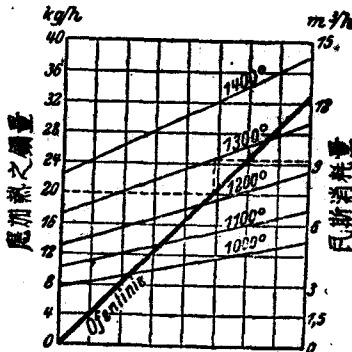


圖 2 爐線

表的左縱軸上 20 這個位置，畫水平線 (見點線) 與爐線相交，再在這一點點上向上方 (或向下方) 畫垂直線，使與應加熱的溫度線相遇，再在這個交點上畫水平線引向右縱軸，在右縱軸上便可求得瓦斯消耗量是 9.2  $m^3/h$ 。

要操作經濟，有一個不可缺少的條件，就是對燃料要能順利的調

節。不但要調節加熱的溫度，並要在物品的溫度愈接近爐溫時調節的愈小，當二者達到規定溫度時，只要補充由爐所失去的熱量的燃料就夠了。

修爐的材料也很重要，爐的內側大都用上等的耐火磚（Schamotteformstein），外側用一層上等保溫磚（Isolierstein），小爐則鑲以石棉板（Asbestplatte），以減低爐的輻射損失。磚砌爐的弓形蓋的上面常填灰（Asch），或草與粘土的厚層，再用鐵板和棒，或完全用鑄鐵板做外皮遮護全體。

4. 熱的傳導及無焰燃燒 物品加熱所需要的大部分熱量，是由火焰和赤熱的爐壁的輻射傳給的。放輻射熱的面與受熱物品的溫度差愈大，即爐溫愈高時，物品溫度上昇也愈快，所以二者的溫度差愈大，加熱時間就愈小。因此要想加熱時間短，爐的溫度就須比物品應熱的溫度高（ $100^{\circ}\text{C}$ 或 $100^{\circ}\text{C}$ 以上），圖3（依照Böhm）表示的就是這種關係。 $O_1$ 和 $O_2$ 是爐的溫度（一個是在 $980^{\circ}\text{C}$ ，另一個是在 $820^{\circ}\text{C}$ ）， $G_1$ 和 $G_2$ 是爐中被加熱物的溫度。從圖中G線，可以看出物品，很快的上昇到距離爐溫以下約 $200^{\circ}\text{C}$ 的溫度，以後就徐徐上昇。例如要加熱到 $780^{\circ}\text{C}$ 的物品，用 $820^{\circ}\text{C}$ 的爐時需要2小時以上，若用 $980^{\circ}\text{C}$ 的爐就祇要40分鐘。

但爐溫過高時，物品就有過熱（überhitzung）的危險，所以處理銳感的鋼時要特別注意。寧可加長它的加熱時間或放入冷的物品，以減低爐溫到適當的溫度。

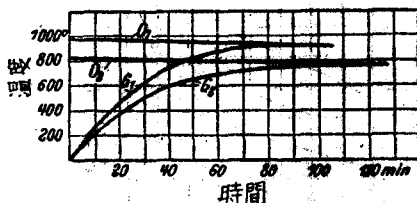


圖3 由爐向被加熱物的傳熱情形。

尖銳的火焰若接觸到物品時，物品加熱就不均勻，易引起局部的

過熱。所以必須改進淬火爐或噴嘴的構造或燃燒的方法，以保護鋼件使它不受這種火焰影響。關於爐的構造在第6節（第8頁）再說明。不生火焰的噴嘴作用，叫做“無焰表面燃燒”（Flammenlose oberflächenverbrennung），這時瓦斯裝入粒狀物或多孔質的管（Kanal）裏面，完全燃燒到極高的溫度，不在噴嘴的出口處（Mündung）燃燒，所以火焰完全不露出來。這種無焰燃燒的現象，已經被很多製造者們應用着，但還沒有充足的理論說明，可能是所謂觸媒作用（Katalysatorwirkung）的關係。

不用這樣的構造，利用高壓的燈用煤氣（3—20氣壓的焦炭爐瓦斯）和簡單的噴嘴，也能使火焰短到只有數公分的藍圈燃燒帶，使眼睛看不見，這時銳感的鋼只要放在噴嘴出口20公分以外，就可避免部分過熱的危險。

5. 爐的分類 在淬火工場裏，根據鋼件的加熱方法（Feuerung），可把爐分成以下幾類：

A. 鋼件與灼熱的固體燃料或火焰接觸的爐。

a 無加熱室（Glühraum）的爐。

b 有加熱室的爐。

B. 鋼件與火焰，至少與尖銳的火焰不接觸，但與燃燒氣體接觸的爐。

a 無燃燒室（Verbrennungsraum）的爐。

b 有燃燒室的爐。

c 表面無焰燃燒的爐。

C. 鋼件不與火焰，也不與燃燒氣體接觸的爐。

a 罐（Muffel）爐。

b 電熱爐。

c 鹽浴爐。

6. 各類典型爐的構造 從上節的分類,簡單的舉幾個例子,說明它們的構造特徵,來考查它們對淬火的性質。

Aa 爐:即打鐵爐(Schmiedefeuer),有經驗的淬火工人,根據他們多年的經驗,能用打鐵爐處理出優良的成品,並且成績也不比用最新式爐處理的壞。

最顯著的例子是剃刀(Rasiermesser),熟練的淬火工人,用打鐵爐能處理出比用最新式的爐處理出的更好,更鋒利、更耐久的剃刀。這大概是因為結晶粒(Kristallkorn)大小不同,或燃燒氣體在表面上作用的緣故。

其他如鑿子(Meissel),受大力的小板牙(Matrizen),衝頭(Stempel)等工具,由熟練工人用打鐵爐加熱而淬火的,也能因為有豐富的實際經驗,及對刀具的刃部與表面部分特別注意的緣故,往往比用新式爐淬火的性能優秀。這種淬火的溫度變化,雖然只用火色(Glühfarbe)判斷,但熟練工人也能判斷出 $\pm 5^{\circ}-10^{\circ}\text{C}$ 的溫度變化。

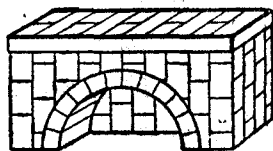


圖4 耐火磚蓋

大型鋼件淬火時,如要溫度均勻,可像圖4那樣用耐火磚的上蓋按在打鐵爐上。

用作打鐵爐燃料的煤,因含有相當量的雜質,尤其是硫黃(Schwefel),如果燃燒不完全,就會放出多量有害的氣體,被加熱鋼件吸收後,就損害鋼的性質,所以在淬火前必須使它完全燃着。燃料中以木炭為最佳,因用焦炭時,需要強力通風而溫度太高,鋼件如與燃料

相離過近就很容易過熱。

用打鐵爐回火時最好用焦炭，因它沒有煙，不會污穢磨光面；同時使在看回火色時，不至於引起錯誤。

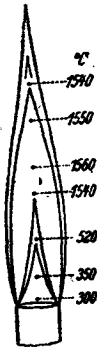


圖5 藍色火焰的溫度

空氣的出口和物品之間，要經常放足夠的燃料，否則物品的表面，就要因氧化作用而脫炭(外表軟化 Weichhaut)。簡單構造的噴嘴或本生燈噴嘴(Bunsenbrenner)，也就是這種爐子。小工具如製圖用針(Reissnadeln)、鑿子、鑿子(Punzen)等，常用這種爐子加熱。由圖5可以看出火焰上部的溫度(氧化範圍)，遠比淬火溫度為高。所以使用這種噴嘴時，要注意物品不可過熱。又工具的部分回火，也可用這種爐子。

氣焊嘴子(Gasschweiss Brenner)的燃料，是用乙炔和氧氣或氫氣和氧氣，它的火焰和電弧的溫度都很高(能到 $4000^{\circ}\text{C}$ )，可做大型物品的熱處理用，也可把厚物品的一部分迅速加熱，但是容易燒壞。圖6是高速鋼刀具用電弧加熱時的臨時裝置。用這種裝置加熱時，刀刃(Schneide)能在二分鐘以內變成白熱，弧光在電極和離電極最近的刀刃之間發生。如果只有刀刃的主要部分需要加熱，可把電極作圓圈旋轉，但要注意電極必須與刀刃經常保持相當距離，否則刀刃容易燒壞。

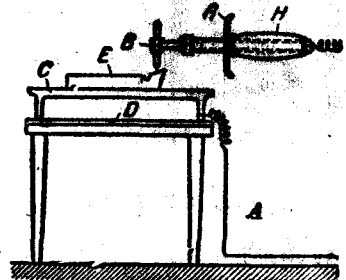


圖6 鋼加熱時的電氣弧光

- |      |       |
|------|-------|
| A—電線 | B—電極  |
| C—架  | D—絕緣體 |
| E—車刀 | G—保護板 |
| H—把手 |       |

工具的刃，偏心軸(Nockenwellen)的凸出部和刮刀(Räumnadeln)等，可

用氣焊嘴子淬火，並且成績很好。自硬性鋼（高速鋼及高鉻鋼）可用嘴子把刀加熱到淬火溫度後，在空氣中冷卻到室溫便能硬化。這種淬火的好處是：物品的大部分不硬化而特別有韌性，變形少而且矯正容易，在矯正時硬度也不會減退。

衝具（Stanzwerkzeug）或切削工具（Schnittwerkzeug）的刃的淬火，也可用氣焊嘴子，又可用它把強力耐磨的硬合金的薄層，加在刀面及刀刃上。

圖7是小型瓦斯加熱臺（Tischgasfeuer）的主要部分，帶有能移動的物品放置臺及蓋，在有加熱室的爐裏加熱時，因蓋與磚之間有一小室，如刀具或鑿子等物雖用火焰加熱，因為沒有空氣進入，所以表面不會氧化。

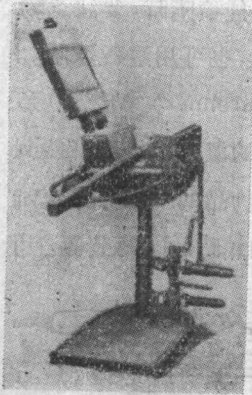


圖7 瓦斯加熱臺

Ab 和 Ba 爐：  
這兩種爐都沒有特別的燃燒室，所以在構造上基本上相同。不同的地方是 Ba 爐幾乎沒有火焰，所以物品不能與火焰直接接觸。

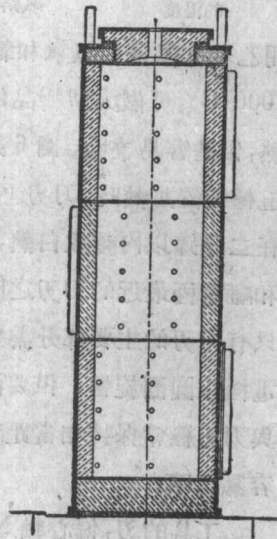


圖8 垂直圓筒形爐

圖8是一座垂直爐，屬於 Ab 這一類，為長的物品如車軸（Achsen），軸（Wellen），砲身（Geschützrohr），滑車（Flaschen）及刮刀等加熱時用的。將鋼件吊掛在上面加熱，這樣能使受熱均勻而不變形。這種爐子

用普通的耐火磚和保溫磚築成爐壁，外側鑲以鐵板，在鐵板上裝設噴嘴。用瓦斯加熱，噴嘴在外壁上由上而下，呈螺旋形，且和爐壁成切線方向。所以火焰便繞在物品周圍，加熱平均且不會和鋼件接觸。這類爐子有高到 12 米，直徑到 2.5 米的。大型鋼件的裝取可用起重機 (Kran)。

箱形爐 (Kammerofen) 屬於 Ba 那一類，圖 9

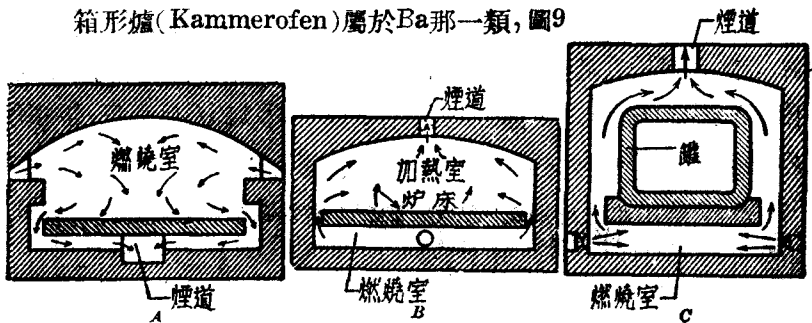


圖 9 瓦斯及油加熱爐主要構造之略圖  
A=箱形爐(上部燃燒)。 B=半罐爐(下部燃燒)。 C=罐爐(外部燃燒)

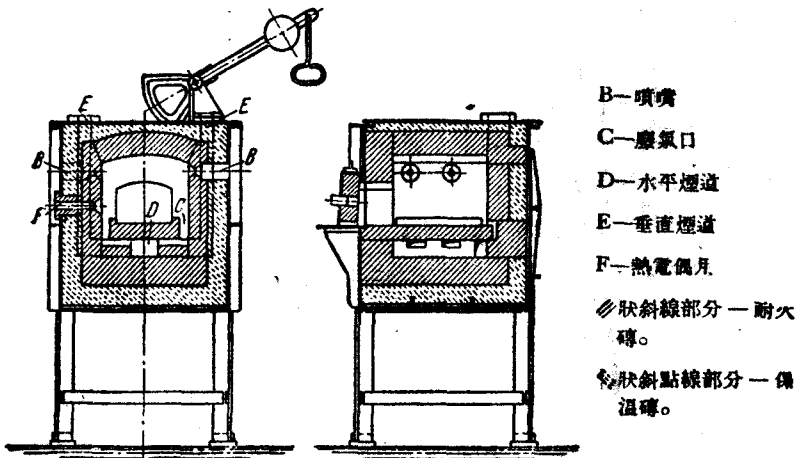


圖 10 箱形爐(雙拉氏)

是它的幾種主要構造形狀的略圖；圖 10 是雪拉氏箱形爐構造的詳細圖：火焰在上蓋下面發生，如果鋼件放入後並不過高時，就不會和火焰接觸。噴嘴互相交錯的裝在上蓋下兩側。燃燒氣體經過狹長的C口走向爐床的下面，再通過水平煙道口D，而由垂直煙道口E放出爐外。

Bb爐：下部燃燒(Unterfeuerung)的爐都屬於這一種，如圖9B那樣的半罐爐(Plattenglühöfen)，它是用煤氣或油做燃料，佔淬火爐的大部分，因噴嘴在爐床(Herd)的下面，所以只有燃燒氣體通過爐床兩側的狹長口而進入加熱室，並沒有火焰。圖11的左側部分，是帶有空氣預熱器(Luftvorwärmung)，能用廢氣加熱，又可直接燃燒的爐子。圖12是用油或瓦斯的大型滲碳或加熱的爐子，在這爐裏，燃燒的

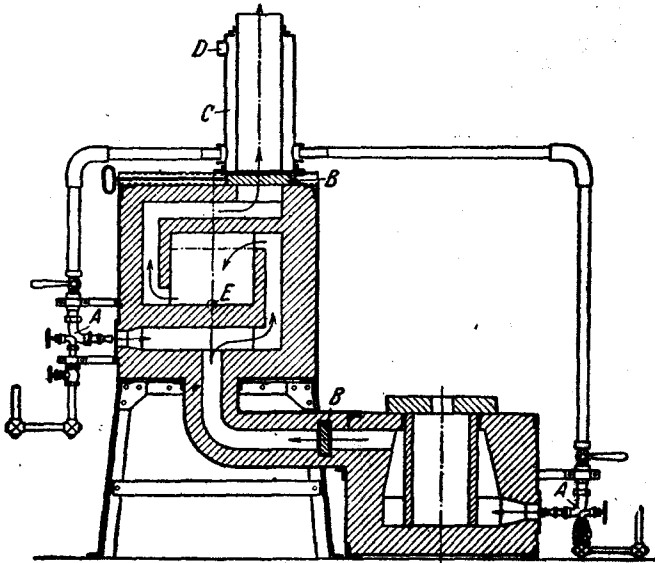
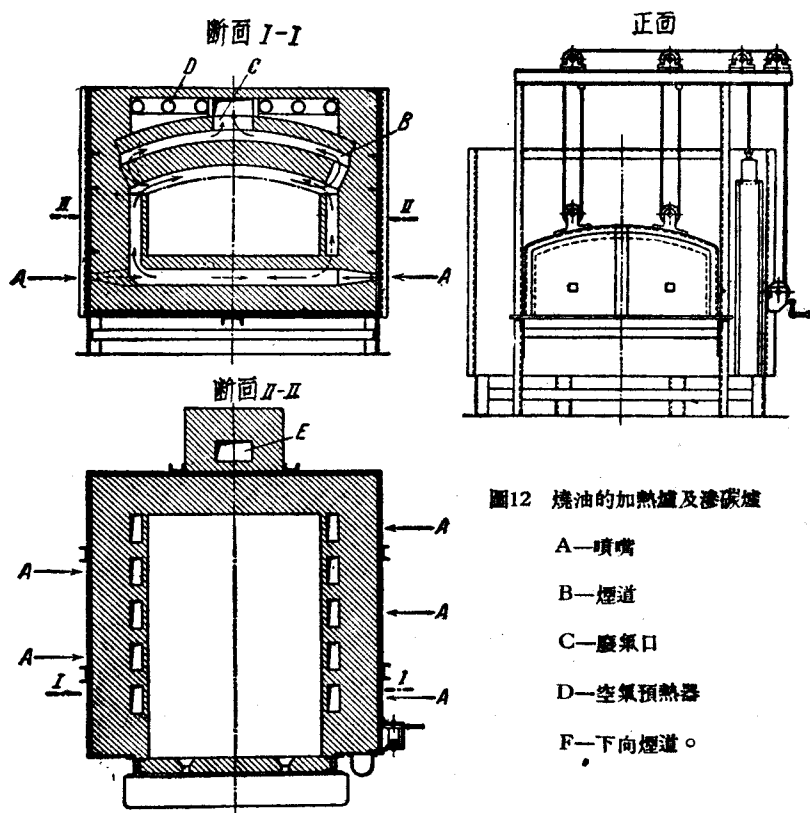


圖11 罐爐(右)和半罐爐(左)的配合

A—噴嘴， B—煙道擋板， C—空氣預熱器，  
D—空氣入口， E—熱電偶用孔。





氣體按圖中箭頭所示的方向，通過爐床的周圍、煙道、廢氣孔進入預熱裝置，再從垂直的向下煙道，經過地下煙道進入煙筒。

高速鋼淬火溫度約在 1100—1200°C，不適宜用這種半罐爐，因為溫度太高，爐床容易軟化。箱形爐又因爐床溫度不夠也不合適，而需要用上部燃燒和下部也燃燒的爐子，這種爐子就是用箱形爐和半罐爐二者組成的，樣子如圖13那樣。