

技工學習叢書

鋼鐵的火花鑑別法

張蔭明, 劉俊合著



機械工業出版社

1953

出版者的話

鋼鐵的火花鑒別法，是鑒別鋼鐵材料成分的最簡易的方法。本書介紹它的理論和應用方面的問題；書末並附有圖 65 幅，說明各種鋼鐵的火花形狀。適合給技工和現場工作人員作為學習參考之用。

著者：張蔭期 劉 俊 責任編輯：王復生 責任校對：唐佩卿

1951 年 11 月初版 1953 年 11 月第三版 12,501—17,000 冊
書號 0054-2-03 $31 \times 43 \frac{1}{8}$ 30 千字 29 印刷頁 定價 3,500 元(乙)
機械工業出版社(北京東甲廠 17 號)出版
機械工業出版社印刷廠(北京泡子河甲 1 號)印刷
中鋼圖書發行公司發行

目 次

一	緒言	1
二	火花鑑別法概要	2
三	砂輪的選擇	4
四	觀察的方法	5
五	火花的名稱	6
六	火花發生的原因	13
七	特殊元素對火花的影響	14
八	碳及特殊元素對發火點的影響	15
九	波狀流線發生的原因	17
十	槍尖發生的原因	18
十一	碳鋼的含碳量與火花的關係	19
十二	含有特殊元素時的鑑別法	20
十三	火花鑑別法的利用範圍	24
十四	火花鑑別法的注意事項	27
十五	火花鑑別法將來需要研究的事項	29
十六	結語	30
	附錄	
1	鋼鐵火花輪廓及說明	33
2	鋼鐵火花輪廓及說明	45

一 緒 言

在機械製造工業中，鑑別鋼鐵材料成分工作，是非常重要的。鑑別的方法，有化學方法和物理方法兩大類。化學方法的結果精確可靠，現在已經被認為是正規的鑑別方法，然而時間及手續較為複雜，而且鑑別時的費用，有時比試品的價值還高，這就不適用於一般材料庫及工作現場了，所以物理的方法就被重視起來。

物理的鑑別方法所得的結果，雖然不如化學鑑別方法精確，但是經過近幾年來專家們的研究，已經有了比較可以信任的精確程度。在物理的鑑別法中，有根據鋼鐵的火花、火球、爆聲以及發火點等幾種方法，其中以火花鑑別法最為簡易，而且在實用上，是有它一定的價值的。

鋼鐵火花鑑別法，早在1804年，由英國的賈克(Manson Jacques)用砂輪研磨各種不同的鋼鐵時，發現它們所生的火花各自不同。到了1929年英國蓋特(J. D. Gat)

根據賈克的發見，才開始作具體的研究，曾有報告發表。從此火花鑑別法才被專家們所重視，世界各國也就繼續不斷地去研究了。

用火花的形狀來辨別鋼鐵成分的方法，各國都已經有很廣泛的應用。在日本，對於火花鑑別法研究較為深入的有野田一六、鈴木益廣、三島德七及樋谷繁雄等人。他們經過幾年的研究，曾經成立一個專門的“火花檢查法研究委員會”，把研究的結果，由“科學動員測定器材技術委員會”正式發表於世界。火花鑑別法始終不過是一種實驗的方法，理論上的根據還沒有完全成熟，鑑別時的精確程度，大部分還要靠鑑別者的經驗而定，所以並不能算是一種很可靠的鑑別法。但是從目前研究的結果看來，因為手續比較簡易和實用上的需要，仍然是有很大的價值的，所以把這方法介紹出來，作為鑑別鋼鐵時的一種經驗資料，希望國內的專家們繼續完成這項研究的工作。

二 火花鑑別法概要

火花鑑別法 (Spark tests) 主要的意義是把被鑑別的鋼鐵材料製成粉末而加以高熱，使它發生燃燒的現象，由燃燒時所發生的火花形狀、色澤、光度、大小和爆聲以

判別鋼鐵中所含各種元素的成分。其實際的方法可分三種：

1 電爐法 (Electric furnace process) 這是1944年日本東京工業大學副教授樋谷繁雄所用的方法，如圖 1，這是一個電爐，爐內溫度保持 $900 \sim 1000^{\circ}\text{C}$ 。試驗材

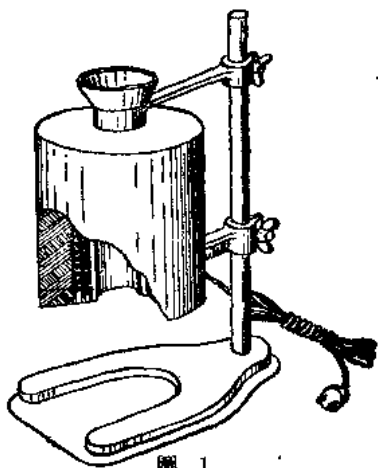


圖 1

料是用銼刀銼下的金屬粉末，粒度大約是100網目篩。把這種細粉末撒入電爐內，以約每秒80cm的速度落下。這種金屬粉末落下時，因受熱燃燒而發生火花和爆聲，由於觀察火花的狀態以及分辨爆聲的情形，就可以鑑別出它所含的成分。

2 吹管火焰法 (Flame process) 這是利用乙炔氧吹管 (Oxy-acetylene torch) 或氫氧吹管的高熱，把金屬的粉末撒入火焰中任其落下，由於金屬粉末受到火焰的高熱而發生火花，從火花的狀態來判別金屬所含的成分。用這個方法雖然做起來比較便利，然而鑑別很難，所以並不很通行。

3 砂輪研磨法 (Grinder process) 這是最早利用

而現今仍很盛行的一種方法。設備很簡單，只要有一台砂輪就行了。這個方法並非在任何場所都能得到同樣的效果的，因為環境的不同，例如室內光線的差異、砂輪粒度粗細的差異、摩擦時壓力大小的差異以及砂輪旋轉速度的差異，都會影響到它的結果。理想的設置如圖 2，可

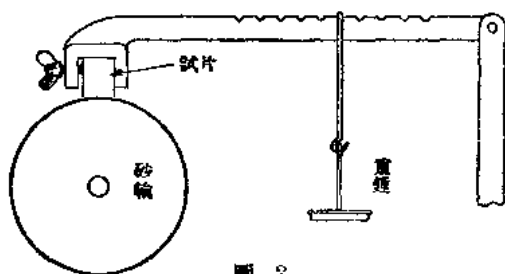


圖 2

以自由調節壓力，但也可以維持一定的壓力。因為火花鑑別是依靠眼的視覺及手的觸感（用手持壓磨時）而判定的，所以試驗必須能保持在一定環境的條件下進行，才能得到可靠鑑別的結果。

三 砂輪的選擇

砂輪的直徑、粒度、轉速與馬力對於試驗很有關係，砂輪的圓周速度必須很高，也就是說轉數很快，所以砂輪的質地必須堅固，否則就有破裂而飛出的危險。最好的砂輪機是選用電動機單獨帶動的砂輪機。根據日本大同製

鋼公司工程師野田一六所發表的資料，對於大型的鋼材，應該用直徑 4 吋，寬 1 吋，粒度 36~40，硬度為 Q 級的磁燒 (Vitrified) 砂輪，圓周速度應該在每分鐘 1400 公尺以上，電動機是 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{8}$ 馬力。對於小的鋼片之類，應該用直徑 3 吋，寬 $\frac{3}{8}$ 吋，粒度 46~60，硬度為 Q 級的磁燒砂輪，圓周速度每分鐘 3300 公尺，電動機 $\frac{1}{20} \sim \frac{1}{10}$ 馬力。

選用電動砂輪機的馬力不能太大，因為馬力太大了，研磨時加於試片的壓力勢必不得不隨同增加，因而一方面增加砂輪機軸與軸瓦間的磨耗和鬆曠，造成試驗時劇烈震顫和火花散亂的現象。另一方面壓力增加了，火花猛烈稠密，互相輝映，使得火花細緻的地方，不能清晰地覺察出來，這都容易使鑑別時感到困難。如果電動砂輪機選用的馬力太小，而研磨時的壓力又太大時，砂輪會被壓迫得甚至停止迴旋，於是火花不是過於稀疏，就是趨於消滅，這樣又會失去了鑑別的意思。所以鑑別鋼料不但砂輪機的性能要適宜，而且砂輪與試片之間也要保持有適當的壓力才對。

四 觀察的方法

砂輪的轉數很高，在使用時很容易發生意外的危險，所以，工作者為了安全，工作時應該站在砂輪迴轉面的左

邊或右邊。磨出的鋼屑很容易飛入眼內，所以工作者必須戴上無色的眼鏡，而且砂輪也須要加上鐵罩。

室內的光線不可太強，必須在較暗的處所，這樣才容易看出火花的形狀。如果室內光線充足，可以做一個簡單的黑窗簾，用時遮蔽起來就行了，同時爲了鑑別結果的精確起見，室內的光度最好能保持一定。

材料和砂輪接觸時，手的壓力很有關係，壓力太大、太小或不一律時，觀察的結果往往不一樣。通常以發生火花最容易時的壓力爲適宜，每次檢看時，都用同一的壓力。一般的軟質鋼料，火束的長度大約半公尺，中碳鋼以上及合金鋼火束的長度以 $\frac{1}{8}$ 公尺左右時的壓力爲最適宜。

鋼料檢查時須注意它是否經過了熱處理的，比如淬火、脫碳、滲碳等等。因爲經過熱處理鋼料表面的組織和內部的組織不一樣，檢查時如果僅磨到其外面一層，所得的結果會與內部不同的。

五 火花的名稱

在火花鑑別法中，爲了便於實習和應用起見，對於火花的名稱，應該先有一個認識。在砂輪上研磨鋼鐵時，所發生的全部火花，叫做火束 (Flash bind)。火束按其區

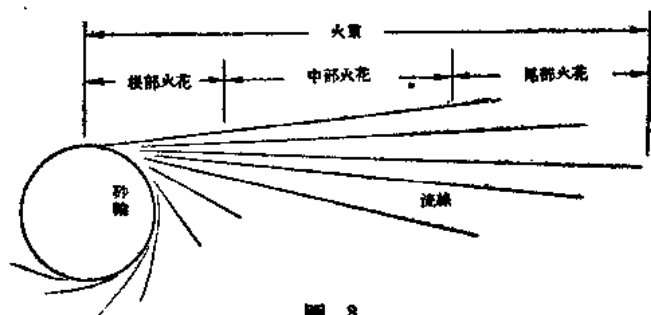


圖 3

域分成三部分，如圖 3：

1 根部火花 (Tear spark) 靠近砂輪部分的火花，叫做根部火花。

2 中部火花 (Center spark) 火束中央部分火花最密的一段，叫做中部火花，這部分的火花能顯示出鋼中的含碳量。

3 尾部火花 (Tail spark) 火束最後的一部分，叫做尾部火花，根據尾部火花的形狀，可以判斷出鋼料中所含的特殊元素。

• 火束由於線條形態的不同，可以分成流線、節點、芒線、節花與尾花等各種名稱。

1 流線 (Stream line) 鋼鐵因被砂輪摩擦而撕裂成灼熱的粉末，此粉末以高速飛過空中時，所顯示出光的軌跡，叫做流線。各種不同成分的鋼鐵的流線，在長短、寬狹、色澤和密度方面是各自不同的。流線又可分為：

1) 直線流線 (Straight stream line): 碳鋼火束的流線, 都是屬於這一種流線, 如圖 4 a。

2) 斷續流線 (Disjointed stream line): 鎳鉻鋼的火束流線中, 常有此種斷斷續續形狀的流線, 如圖 4 b。

3) 波狀流線 (Wavy stream line): 在鎳鉻鋼和高速鋼火束中, 可以見到這種波浪形狀的流線, 如圖 4 c。

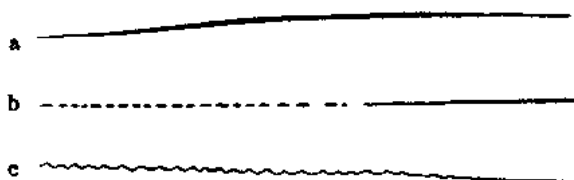


圖 4

2 節點和芒線 (Knot and carrier line) 流線在中途爆裂, 這爆裂的地方就叫節點 (Knot), 由節點再射出的流線就叫芒線 (Carrier line), 如圖 5。在芒線射出的中途, 又可以再生節點, 由節點再生芒線, 所以又有一次芒線、二次芒線等名稱。芒線在錳鋼火束中為最多。

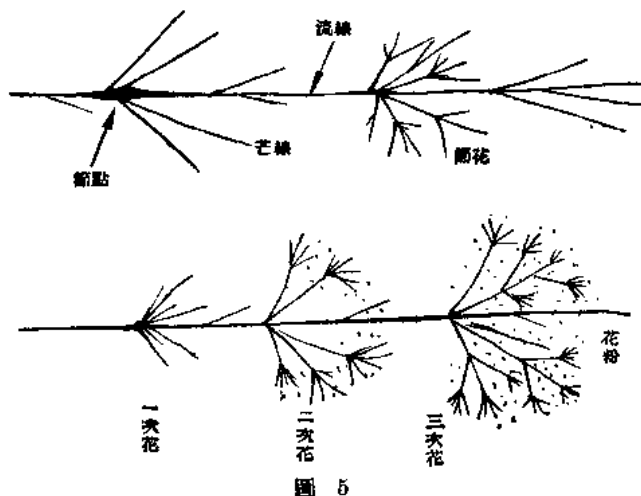
3 節花 (Burst) 流線或芒線上爆裂的部分叫做節花, 由於節花在流線上爆裂有先後以及形狀的不同, 因此又有一次花、二次花、三次花、星狀花和苞花等不同的名稱。

1) 一次花 (Primary burst): 流線上第一次爆裂出的花, 叫做一次花。一次花又可以分為二股、三股、四股和多股的分叉火花, 是含碳量在 0.25% 以下的碳鋼所發生

的火花。

2) 二次花 (Secondary burst): 在一次花的芒線上再爆裂出的火花, 叫做二次花。二次花又叫單花, 這是中碳鋼火花的特徵。

3) 三次花 (Tertiary burst): 在二次花的芒線上再爆裂出的火花, 也就是說由第三節點上爆裂出的火花叫做三次花。這種花又叫雙花, 是高碳鋼火花的特徵。在雙花內有點狀的部分叫做花粉, 如圖 5。



4) 星狀花 (Star burst): 由節點爆裂成星形的火花叫做星狀花。

5) 苞花 (Jacket): 流線中途特別膨脹、肥大或甚至在膨脹部分的前端爆裂的叫做苞花, 如圖 6 的 a、b 流線

分別膨脹成橢圓形或長方形，c 爆裂成蒼耳草的果實形，d 爆裂成石榴花形。

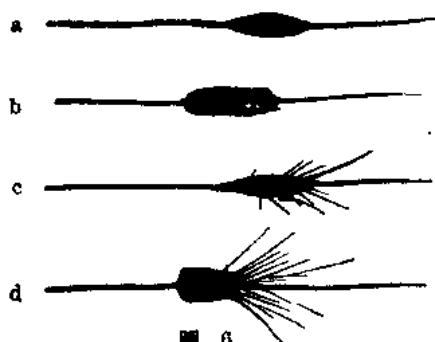


圖 6

4 尾花 (Tail spark) 尾花是流線或芒線末尾先行肥大而後逐漸變尖或變禿的部分。尾花多半是因為鋼中含有特殊元素而產生的。

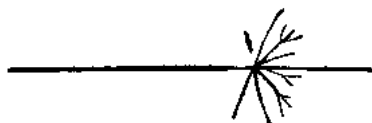
1) 菊狀尾花: 流線末尾爆裂成菊花形狀的尾花叫做菊狀尾花, 如圖 7 a。

2) 羽狀尾花: 流線有時會爆裂成如羽毛形狀的尾花, 所以叫做羽狀尾花, 如圖 7 b、c。

3) 苞尾花 (Jacket burst): 苞尾花形狀很像喇叭花, 鉻鉬鋼及高錳鋼火花中都有苞尾花的存在, 如果苞尾花連續放射, 就叫做連續苞尾花, 如圖 7 d。

4) 槍尖尾花 (Spear point): 尾花先行膨大而後變尖成為槍尖形狀的花叫做槍尖尾花, 還在含鉻的鋼中時常發現, 如圖 7 e。如果含鉻的成分愈高, 則槍尖愈顯明,

a. 菊狀尾花



b. 羽狀尾花
(含砂過少的類)



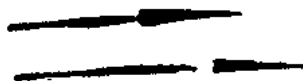
c. 羽狀尾花
(鑄鐵)



d. 苞尾花



e. 輪尖尾花



f. 狐尾花



圖 7

而且與流線或芒線脫離得也愈遠。

5) 狐尾花 (Wolf tail): 在鎢鋼中常會發現有狐尾形狀的花, 我們就叫它爲狐尾花。這種尾花在流線的末端, 尾前有時並帶有纖細的裂花, 如圖 7 f。

此外, 還有一種花叫做捲輪花 (Peripheral spark), 是指環繞在砂輪周圍的火花, 這在高鉻不銹鋼和高碳鎳鉻鋼中最爲常見的。

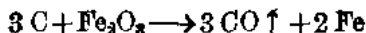
六 火花發生的原因

火花的發生, 主要是由於金屬粉末的急劇氧化而燃燒。用砂輪磨鋼鐵時, 鋼鐵就被撕削成粉末, 這種粉末由於摩擦所生的高熱而成熔融狀態, 同時並與空氣中的氧接觸發生氧化作用而更加紅熱發光。理由雖然簡單, 可是爲什麼有種種不同火花的現象發生呢? 經過研究的結果, 認爲是由於氧化作用發生時, 有氣體產生的原故。

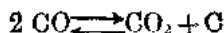
鋼中所含的碳, 是一種易於氧化的元素, 這和非鐵金屬中含有的鎂、鋅等不同, 因爲鎂、鋅等不易氧化, 所以磨非鐵金屬時不見有火花發生。但鋼中所含的氣體元素, 如氧、氮、氫則對於火花沒有多大關係的。

火花發生的原因, 根據日本三島德七、三橋鋼太郎等在 1943 年所發表的論文中說明如下:

鋼中的鐵被氧化後生成氧化鐵（三氧化二鐵 Fe_2O_3 ），在高溫下（ 400°C 以上）與鋼中所含的碳化合，而產生如下的還原作用：

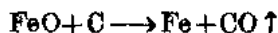


這種反應在 400°C 以上連續進行時，發生多量的反應熱（每一分子量的 Fe_2O_3 ，發生 195.6 卡的熱）。由這種多量的熱而使細粒的鐵末成為熔滴。在反應中所產生的一氧化碳氣體由於其四周有氧化膜的包圍，一時不能放出於熔滴之外，而在其內部保持如下的平衡狀態：



這種反應在溫度高時向左進行，而壓力高時向右進行。但若有鐵及其他觸媒劑時，則向左進行。若壓力在 4 大氣壓力以下，而有鐵作為觸媒劑時，這種反應是很難向右進行的。所以在熔滴內存在的氣體是一氧化碳，這是毫無問題的。

在熔滴表面的氧化亞鐵（ FeO ）雖然在 800°C 以上是安定的，但因為有碳的存在，因而有如下的反應而生成一氧化碳：



由此，可以想到氧化和還原兩種作用是在熔滴的內外同時進行的。如果鋼中含碳量高時，一氧化碳氣體的內壓力比熔滴膜的表面張力大，因而衝破表面發出爆裂的