

機械工程實驗（一）

材料試驗

火花試驗 (Spark Test)

授課老師：魏大華 (Wei, Da-Hua)

國立台北科技大學 機械系暨製科所

火花試驗 (Spark Test)

- **實驗目的**：目前市面上鑑別碳鋼料有多種方法，最精確的有**化學分析**、**螢光分析**，但前者費時，後者昂貴。所以粗略的判別鋼料，以火花試驗最經濟也方便。此試驗最主要的目的是藉簡易方便的火花試驗以判別不同種類之鋼料，並概略推定試材之化學成分。但是它卻無法真正精確地測出鋼鐵中所含的各種化學成份。
 1. 利用鋼料內部所**含碳量**及各種元素成份的不同，於高速旋轉中的砂輪加以研磨時，由產生的**火花**所表現的特質，迅速的鑑定鋼料的種類及**化學成份**。
 2. 推定材料表面脫碳，滲碳及氮化的程度。
 3. 推定鋼料在高溫時的耐氧化性。
 4. 判定鋼料是否已**淬火**。
 5. 不同鋼料混雜時，檢別其異種鋼材，以免誤用材料。
 6. **機械之成品**欲判別其各部材料而無法取樣時，以手砂輪

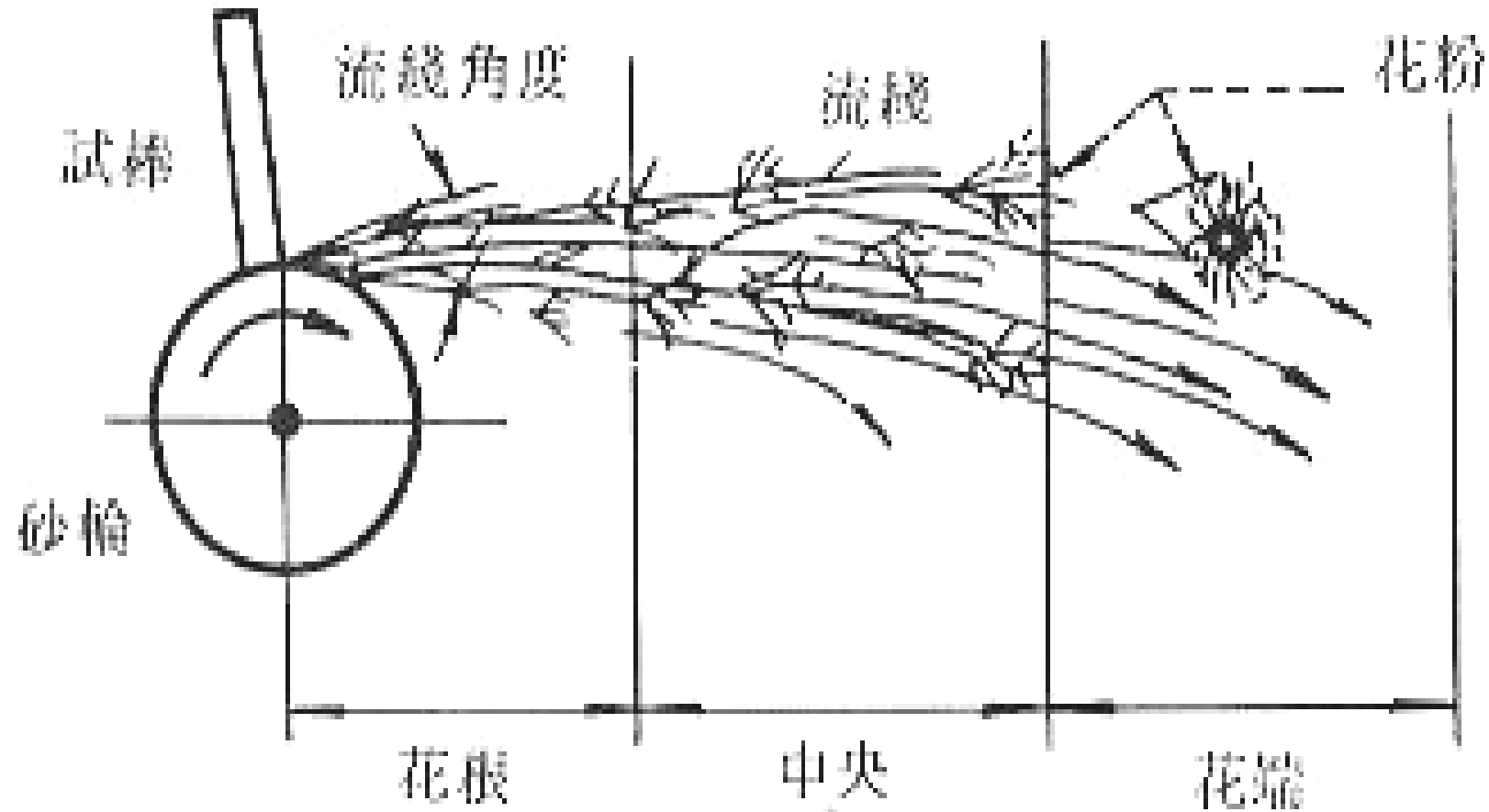
火花試驗 (Tension Test)

- 實驗原理：

1. 當鋼料與旋轉中之砂輪接觸時，砂輪之磨料粒產生切削作用，鋼料受其切削作用形成不可計數之微細屑片，沿同砂輪面之切線方向而飛出。
2. 屑片因切削工作熱量作用，升至熾熱溫度，同時受空氣之氧化作用，溫度更形提高，所以在空中能形成一條一條的光亮線條，以迄氧化作用完了為止。
3. 若鋼料中含有足夠之碳素，燃燒成 CO_2 氣體，膨脹突破屑粒之範圍，更在光亮線條上產生出若干爆炸之火花，其亮度又較線條為高。
4. 碳素含量愈高者，火花之數量亦愈多。若將磨削之屑粒置於顯微鏡下觀之，可發現有若干小粒成中空之球形，其一端有爆破之口。此足以證明爆炸之火花是經由碳素燃燒，產生高壓氣體而達到爆炸的程度。
5. 因此，碳素愈多，爆炸之火花亦愈多。例如下頁圖所示，整個火花束可區分為三段：(1)靠近砂輪端，被稱為根部或花根；(2)中央段；(3)離砂輪最遠的火花末端被稱為梢部或花端。
6. 如係合金鋼者，因受合金元素之影響。其火花為合金所隱蔽，而顯示各種不同之特徵。以下就碳鋼及合金鋼火花的特徵分別加以說明。

火花試驗 (Spark Test)

- 實驗原理：



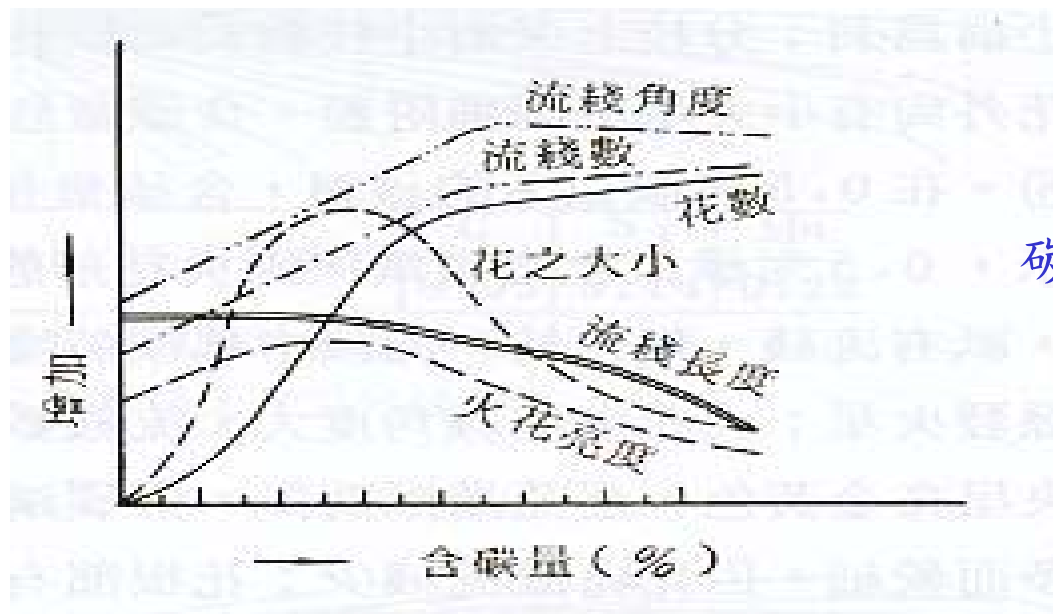
火花形狀及各部名稱

火花試驗 (Spark Test)

- 實驗原理：

(一) 碳鋼火花的特徵

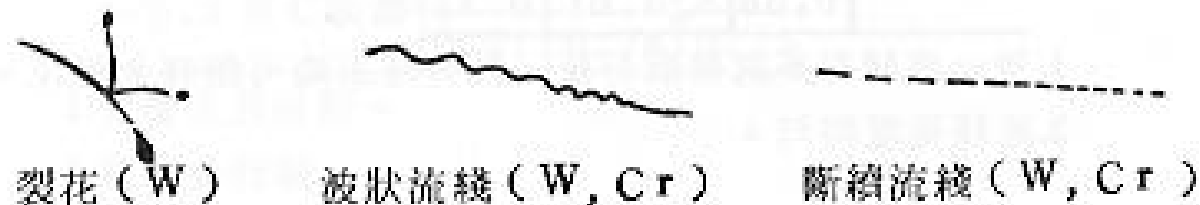
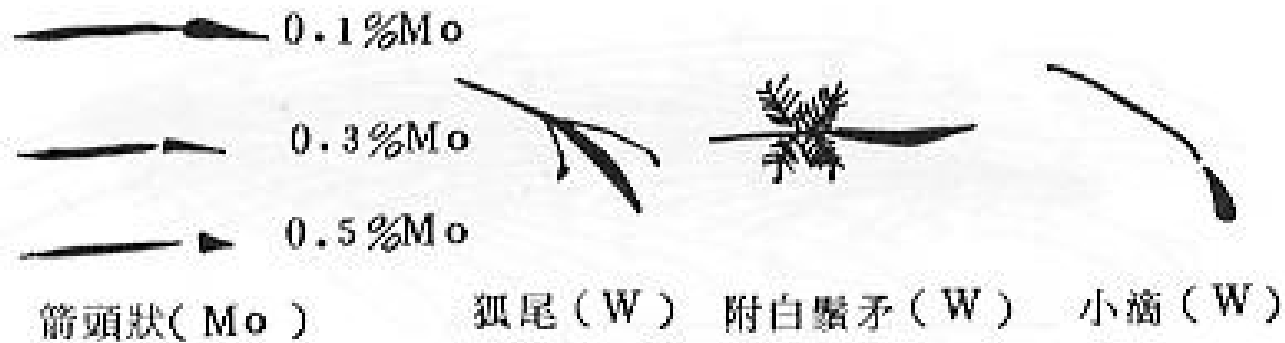
下圖為碳鋼含碳量與火花特徵之關係圖，其中以火花數，火花大小及火花之明亮度為最有效之判別基準。含碳量0.5%以下之碳鋼在含碳量相差0.05%時火花有顯著的差異而易於判別(下頁圖);含碳量0.5%以上之碳鋼，其火花之流線角度比低中碳鋼大，流線細而短，其中斷處多，除多分枝三段花外並附粉;花根部呈紅色，向外為金黃，三段花附粉為金黃色。碳含量愈多，流線愈細愈短，附粉愈多。故一般高碳鋼之火花判別較為困難。各種成分碳鋼之火花描圖及特徵如下頁圖所示。



碳鋼含碳量與火花
特徵之關係圖

火花試驗 (Spark Test)

- 實驗原理：



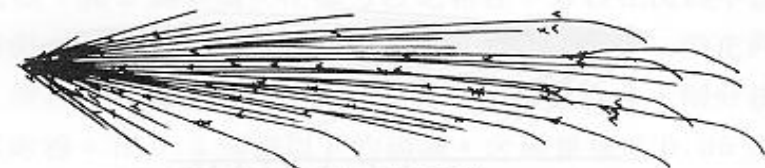
碳鋼火花中不同含碳量之碳分枝特徵

火花試驗 (Spark Test)



~ 0.05 % C 碳鋼	C	Si	Mn
	0.05	0.14	0.28

1. 祇有流綫且看起來較粗。
2. 少數流綫上有二分枝。



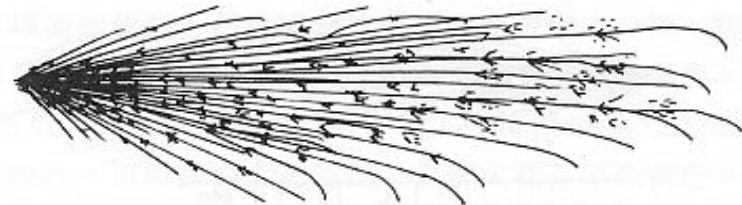
~ 0.3 % C 碳鋼	C	Si	Mn
	0.32	0.24	0.74

1. 多分枝二段花，尺寸相當大。
2. 花根有小分枝出現。



~ 0.1 % C 碳鋼	C	Si	Mn
	0.09	0.25	0.45

1. 有三分枝及四分枝。
2. 整個流綫相當光亮。



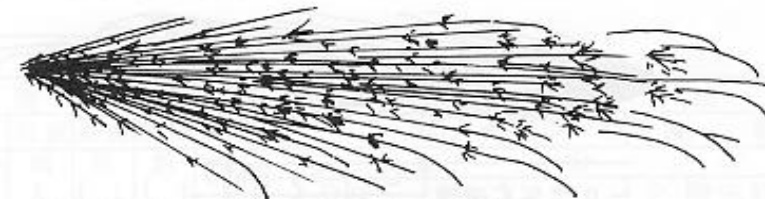
~ 0.4 % C 碳鋼	C	Si	Mn
	0.41	0.22	0.70

1. 多分枝三段花或更多段花，火花大而分枝複雜。
2. 流綫較細。



~ 0.2 % C 碳鋼	C	Si	Mn
	0.23	0.23	0.43

1. 有三分枝二段花。
2. 流綫都很光亮。



~ 0.5 % C 碳鋼	C	Si	Mn
	0.51	0.26	0.75

1. 分枝大且附粉。
2. 流綫多而細。

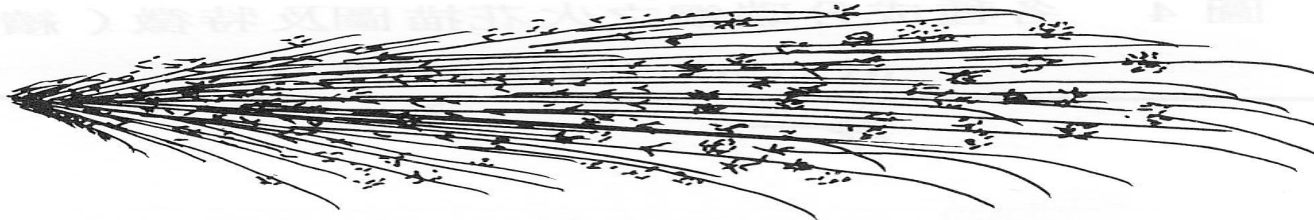
各種成分碳鋼之火花描圖及特徵

火花試驗 (Spark Test)



~ 0.6 - 0.8 % C 碳鋼	C	Si	Mn
	0.74	0.24	0.33

1. 分枝細而複雜且數目多。
2. 流綫短呈紅色。



~ 0.9 - 1.2 % C 碳鋼	C	Si	Mn
	1.03	0.21	0.34

1. 分枝很小，但數目非常多。
2. 流綫短且更紅。



未淨鋼(1)	C	Si	Mn
	0.08	< 0.01	0.37

1. 每一流綫有多處穗狀分枝，且分枝末端可能有 2 段花。
2. 流綫亮度均勻。

各種成分碳鋼之火花描圖及特徵

火花試驗 (Spark Test)

- 實驗原理：

(二) 合金鋼火花的特徵

通常合金鋼除了受含碳量之影響外，尚還有合金元素之影響，其合金元素大列可分為下列兩種：

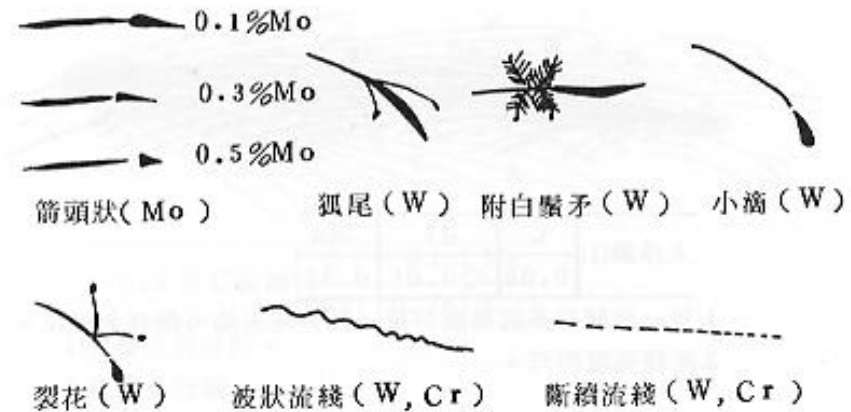
1. 可助長碳破裂之元素：如 *Mn, Cr, V* 等合金元素。
2. 可阻止碳破裂之元素：如 *Si, Mo, W, Al* 等合金元素。

此外氧化性之元素如 *Al, Mn, Si, Ti* 可增加火花之光輝，使火花呈白色或金色，而非氧化性元素如 *Ni, Cr, W* 則減少火花光輝，使火花呈橙色或暗紅色。合金元素對合金鋼火花特徵之影響，如下頁表所示。下頁圖為合金鋼所含合金元素的火花特徵，除此之外，各種成分之合金鋼火花描圖及特徵如下下頁圖所示。

火花試驗 (Spark Test)



合金元素對合金鋼火花 特徵之影響



影響區別	添加元素	流線				分枝				手中感覺	特徵	
		色	亮度	長度	粗度	色	形狀	花粉	數量		形狀	位置
助長碳分枝	Mn	淡黃色	明	短	粗	白色	複雜細樹枝狀	有	多	軟	花粉	中央
	Cr	橙黃色	暗	短	細	橙紅色	菊花狀	有	不變	硬	花	花端
	V	無變色					細		多			
阻止碳分枝	W	暗赤色	暗	短	細波狀斷續	紅紅色	小滴 狐狸尾	無	少	硬	尾	花端
	Si	黃色	暗	短	粗	白色	白玉	無	少		白玉	中央
	Ni	黃色	暗	短	細	黃色	膨脹閃光	無	少	硬	膨脹閃光	中央
	Mo	橙紅色	暗	短	細	橙紅色	箭頭	無	少	硬	箭頭	花端



合金鋼所含合金元素 的火花特徵

火花試驗 (Spark Test)



SCr420	C	Si	Mn	Cr
	0.21	0.28	0.74	1.02

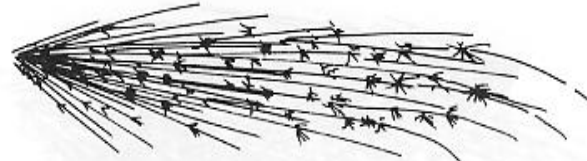
1. 根部分枝看不太清楚。
2. 與 0.2 % 碳鋼比較其火花根部分枝為

~ 0.2 % C 碳鋼 SCr420



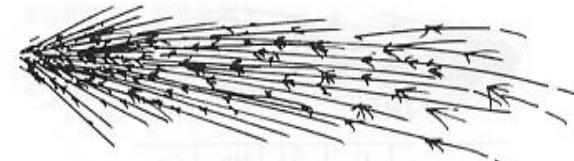
SCr440	C	Si	Mn	Cr
	0.39	0.22	0.70	1.01

1. 根部分枝不太清楚。



SNC631	C	Si	Mn	Ni	Cr
	0.32	0.29	0.49	2.68	0.66

1. 整個火花呈紅色，流綫不太伸長。
2. 鎳之膨脹閃光不容易識別。



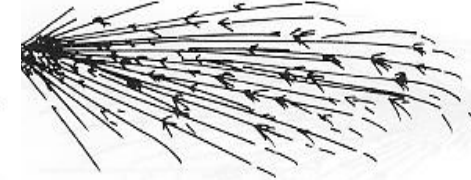
SNCM420	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
	0.18	0.30	0.53	1.70	0.52	0.20

1. 花根及中央有鎳之膨脹閃光。
2. 鎳之膨脹閃光之特性：SNCM420
其它含鎳鋼
3. 流綫根部稍暗而鉬之箭頭狀火花醒目。



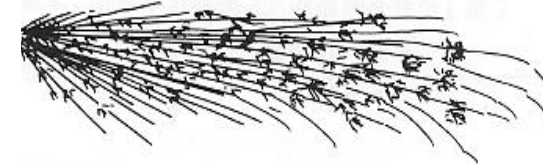
SNCM447	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
	0.48	0.33	0.90	1.85	0.71	0.16

1. 分枝小而流綫紅。
2. 鎳之膨脹閃光可見，而鉬之箭頭難見。



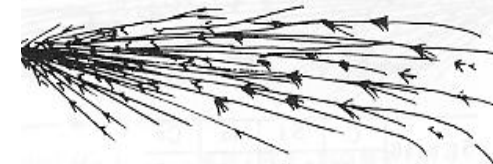
SCM420	C	Si	Mn	Cr	Mo
	0.20	0.26	0.74	1.06	0.17

1. 除有 0.2 % C 碳鋼之火花特性外，有鉬之箭頭狀火花。



SCM440	C	Si	Mn	Cr	Mo
	0.40	0.25	0.77	1.04	0.15

1. 除有 0.4 % C 碳鋼之火花特性外，尚有鉬之箭頭狀火花，但受到碳火花之雲蔽影響。



SNC415	C	Si	Mn	Ni	Cr
	0.16	0.26	0.56	2.04	0.37

1. 花根及中央有鎳之膨脹閃光。
2. 流綫相當紅。

各種成份之合金鋼火花描述及特徵圖

火花試驗 (Spark Test)

火花試驗有下列六種功能：

1. 判定不明鋼種中之材質，確認有無雜質混入。
2. 判定鋼料有無淬火，一般淬火過的鋼料，火花量較多，可環繞砂輪，火花流線發射角較大。
3. 檢定鋼料在高溫時之耐氧化性。在火花試驗中，易發生火花之鋼材耐氧化性較弱。反之，不易發生火花之鋼料耐氧化性較強。
4. 鋼料經砂輪高速旋轉研磨時，所發生之火花可由火花的流線顏色、數量、長短與火花形態而判定鋼料之化學組成。
5. 鑑定有無脫碳、滲碳與氮化等，因脫碳層會發生火花破裂極少，表示其含碳量低，滲碳層則發生之火花破裂極多，表含碳量高，而氮化層則發生之火花極少。
6. 判定展性鑄鐵時墨化的程度，隨石墨化程度增加，火花形態越接近碳鋼形態。

• 實驗設備：火花試驗 (Spark Test)

1. 火花試驗櫃：櫃子本身具有格風及遮光裝置，內部背景黑暗，以使火花明顯清晰，如下圖所示。內部設備包含：砂輪機和砂輪。砂輪機，須有能力產生充分火花為原則，且具備易於磨削、觀察及使用的安全性。砂輪應使用CNS991規格之磨輪，粒度介於36~46，結合度為P或Q，圓周速度大於20m/sec。
2. 標準試棒：為已知化學成份的各種鋼棒，直徑約12mm，長約120mm，如下圖所示。
3. 安全眼鏡、防塵口罩和照相器材。



火花試驗櫃



火花標準試棒

火花試驗 (Spark Test)

實驗材料：

火花標準試驗棒，內有15根標準試驗棒，分別為SUY、S10C、S20C、S45C、SK3、SKS2、SKD11、SKD61、SKH55、SUJ2、SCM440、SCM415、SUS420J2、SUS304、SUP6。

實驗步驟：

1. 利用火花試驗測試櫃進行試驗或置砂輪機於無風影響之室內暗處，必要時可加用黑色屏幕或在暗箱內操作，不能有光線直射，以使火花更清晰明顯。
2. 戴上安全眼鏡，並穿著長袖衣服，以避免火花濺射造成傷害。
3. 先用含碳且0.2%的軟鋼標準試棒，壓在火花試驗用砂輪上，所加壓力以能產生500公厘長左右的火花流線為標準。
4. 調整角度，火花之方向應水平或微向上傾斜為宜，以利橫向目視觀察。

火花試驗 (Spark Test)

實驗步驟:

5. 觀察時，分別從火花的花根、中央、花端三部分加以觀察，特別要注意到(1)流線之顏色、數目、角度、長度、粗細及亮度。(2)火花分枝之顏色、數目、花粉、形狀及大小。(3)研磨時手中的軟硬感覺。
6. 操作熟練後，取含碳量為0.2%及0.5%的碳鋼標準試棒交互在砂輪的同一位置，並用相同壓力繼續進行試驗，比較其不同。
7. 熟悉碳鋼的火花特性後，進一步觀察其他合金鋼標準試棒的火花特性。
8. 分別拍照及繪出已知成分的碳鋼及合金鋼標準試棒之火花圖形，並和前述規範圖例比較。
9. 以未知成分試棒進行試驗。先以有否碳破裂(分枝)分成兩類，即碳鋼、低合金鋼群或是高合金鋼群，(1)若為碳鋼、低合金鋼，(一)再以碳破裂多少之火花特性分為低碳($<0.25\%$)、中碳($0.25\sim0.5\%C$)、高碳($>0.5\%C$)三種鋼。(二)若碳含量少於0.5%，為構造用鋼，則可能有Ni、Cr、Mo、Si、Mn等合金元素；若碳含量多於0.5%，為工具用鋼，則可能另外還含有W、V等合金元素，使合金元素之火花特性，將鋼分成碳鋼或低合金鋼。(三)再推定鋼種之成分。

火花試驗 (Spark Test)

實驗過程：



火花實驗各個曲線紀錄



火花實驗拍攝照相圖

火花試驗 (Spark Test)

注意事項:

1. 火花試驗時需穿著長袖上衣、長褲，並戴手套與護目鏡，以防火花灼傷。
2. 儘量背光測試，或在暗室進行，以觀察較完整之火花。
3. 磨擦壓力要保持一定以免影響火花之產生數量。
4. 火花應避免受風吹影響。
5. 試驗品之磨耗，應磨到能代表母材之化學成分的部分，若鋼料之表面有脫碳層、滲碳層、氮化層、氧化層等，所發出之火花與母材有異，故該部分應除之。