

# 大客車車身結構 銲接品質管理與檢驗

講師：童培鈞

Email：tpc2016@mail.mirdc.org.tw

金屬工業研究發展中心銲接組工程師

日本熔接協會(JWES)銲接工程師



# 大綱

- 銲接製程與設備
- 披覆被覆銲條電弧銲接(SMAW)
- 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW、GTAW)
- 銲接檢定與銲接程序介紹
- 銲接缺陷及防治
  - 銲接缺陷
  - 銲道外觀
  - 母材缺陷



# 銲接製程與設備(銲接設備的介紹)

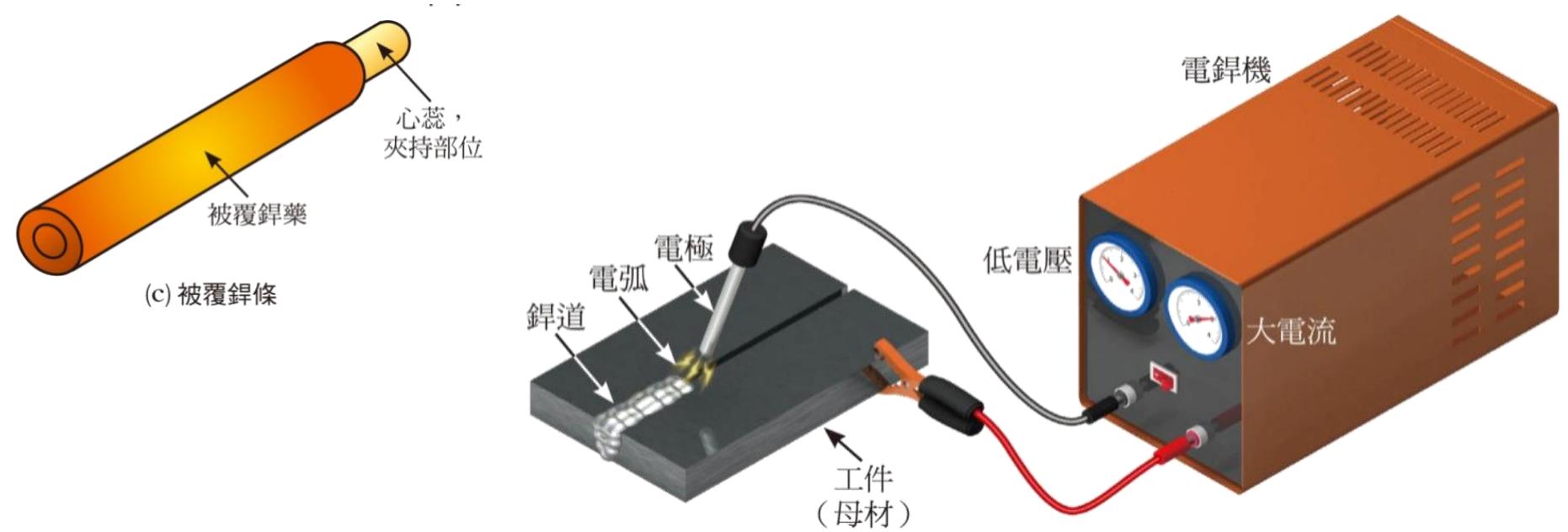


## 一、銲接製程與設備

- 披覆銲條電弧銲接(SMAW)
- 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)
- 惰氣遮護鎢極電弧銲接(GTAW)



# 披覆鋁條電弧鋁接(SMAW)



標準名稱：披覆鋁條電弧鋁接 Shielding Metal Arc Welding

俗稱：手工電鋁

縮寫：SMAW



# 披覆鋁條電弧鋁接(SMAW)

## 鋁接原理

- (1) SMAW-Shielded Metal Arc Welding，俗稱：手鋁（閩南語：電龜）。
- (2) 藉由被覆鋁條與母材間產生的電弧為熱源，將鋁條與母材熔融，以達到接合目的。
- (3) 手鋁條，使用低碳鋼為芯線，外圍包覆鋁藥

### 鋁材識別

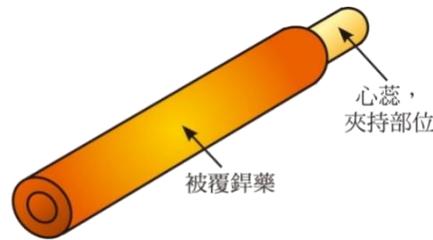
**E 70 1 6**

電極

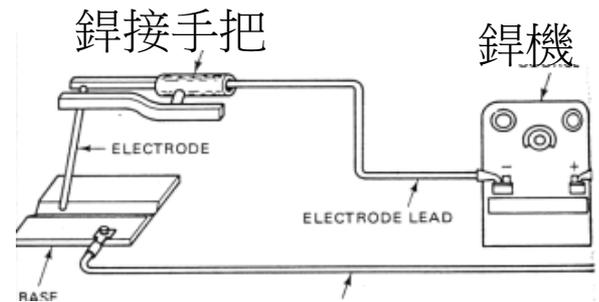
鋁接金屬最低抗拉強度

鋁接姿勢

鋁藥種類、適用性及機械性



(c) 被覆鋁條



# 披覆鋁條電弧鋁接(SMAW)

## 電鋁機的種類

可分為交流電鋁機與直流電鋁機。

	交流電鋁機	直流電鋁機
優點	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1)構造簡單、故障少、價格較低。</li> <li>(2)少發生偏弧現象。</li> <li>(3)鋁接速率快。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1)電弧穩定。</li> <li>(2)可依工作需要變換電流極性，達到良好的鋁接品質。</li> <li>(3)適用於各種金屬的鋁接。</li> </ul>
缺點	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1)電弧較不穩定。</li> <li>(2)且易有觸電的危險。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1)構造複雜。</li> <li>(2)價格較貴。</li> <li>(3)容易產生偏弧現象</li> </ul>



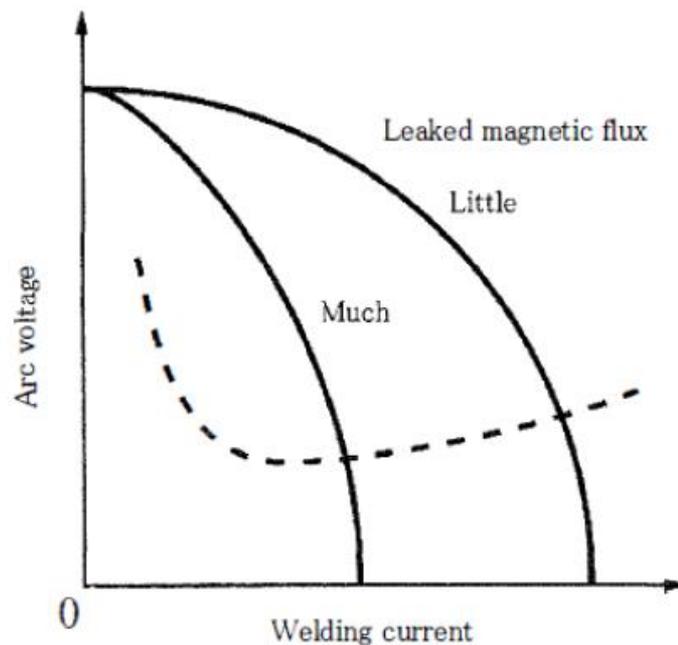
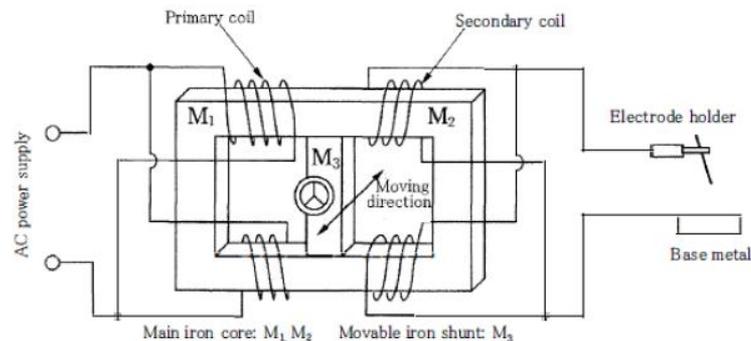
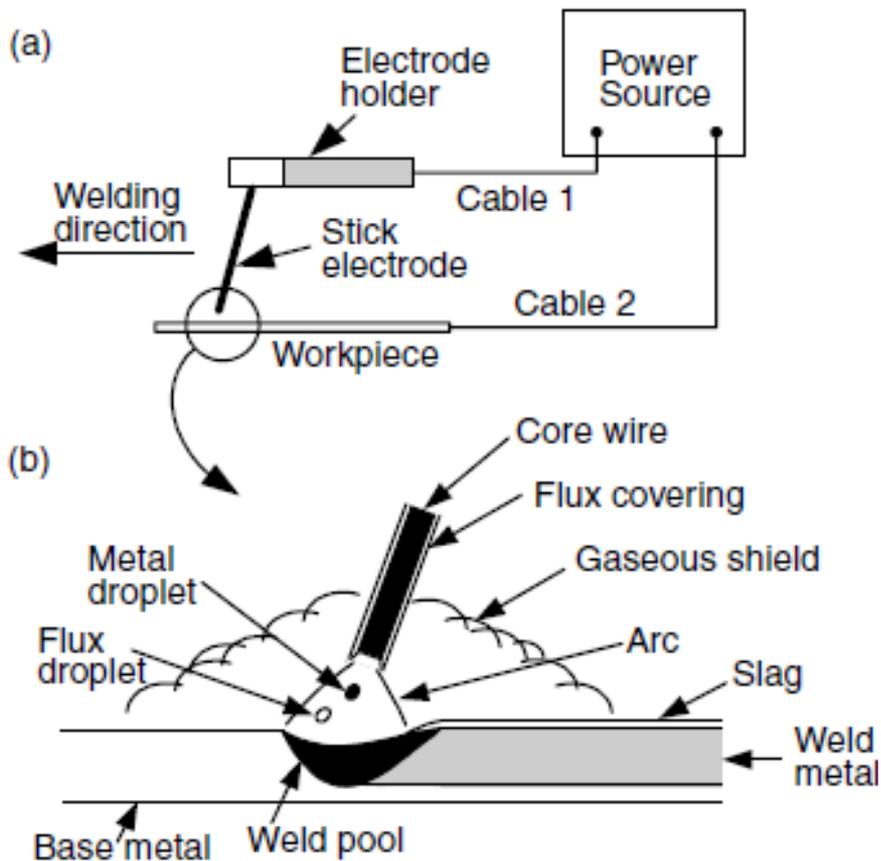
# 披覆鋁條電弧鋁接(SMAW)

## 鋁接原理

- (1) 鋁接的過程中，電極本身會被熔化當成鋁料，稱之為消耗性電極。
- (2) 選用鋁條時鋁條的成分要與被鋁的工件相近
- (3) 鋁藥的功能
  - ① 去除鋁道氧化物及雜質形成熔渣、防止金屬液飛濺、隔絕空氣、避免鋁道冷卻過快。
  - ② 可摻入合金元素及精煉鋁道。
  - ③ 穩定電弧並能影響電弧的作用深度。



# 披覆鋁條電弧鋁接 (SMAW)



## 一、銲接製程與設備

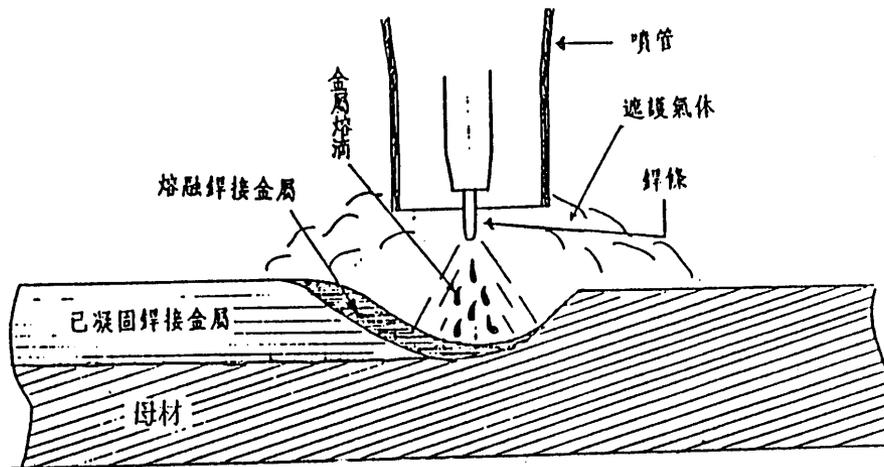
- 披覆銲條電弧銲接(SMAW)
- 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)
- 惰氣遮護鎢極電弧銲接(GTAW)



# 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)

## 銲接原理

- (1)AWS的英文名詞為Gas Metal Arc Welding，簡稱GMAW，為早期MIG (Metal Inert Gas) 及MAG (Metal Active Gas)銲接法的總稱。
- (2)使用實心銲線為電極，由送線馬達連續輸送，自銲槍前端的銲嘴送出並與母材接觸產生電弧，經由電弧熱熔融母材及銲線達接合目的。





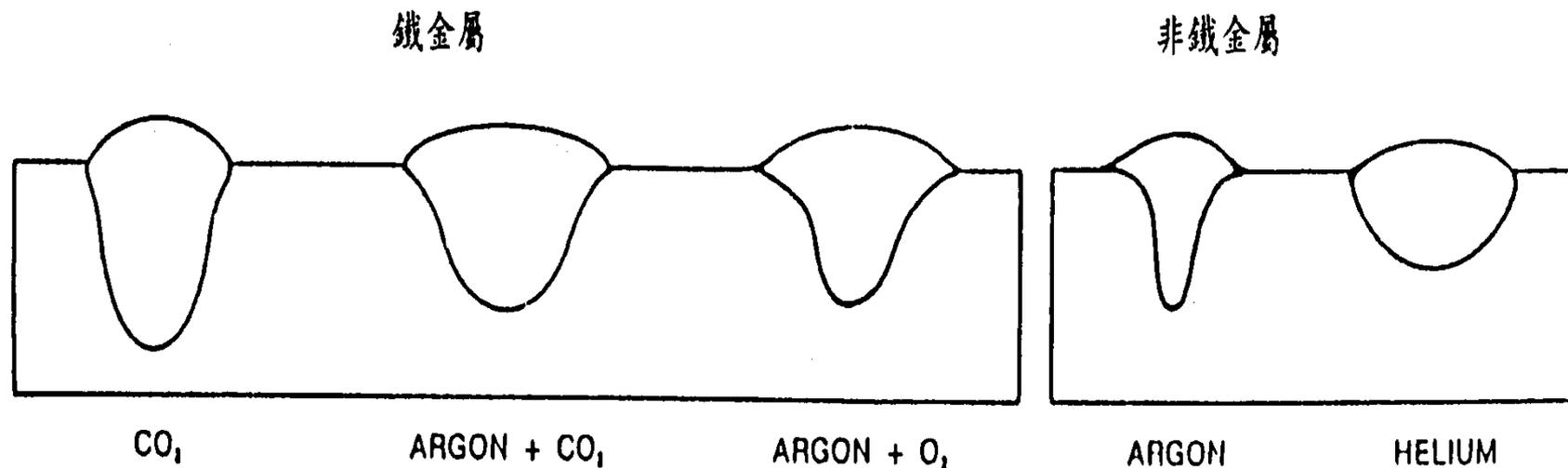
# 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)

## 遮護氣體

- (1) 遮護氣體有惰性與活性兩種。惰性氣體多使用 Ar(氬)，He(氦)或Ar+He的混合氣 以及惰氣中混有少量的 $O_2$ 或 $CO_2$ 等活性氣體。(在歐洲，使用100%惰性氣體者為MIG，遮護氣體中只要添有少量的活性氣體時，便稱為MAG)
- (2) 遮護氣體的選用隨金屬材料種類的不同而異，例如 鋁及鋁合金只能使用 Ar，He或Ar+He混合氣。
- (3) Ar及He等惰性氣體雖然可在任何高溫下保護金屬熔池，但對鋼鐵材料的銲接作業並不完全適用。
- (4) He可轉換較高的電弧熱，適用於厚重型工件或導熱率較高的銅或鋁合金。



# 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)



各種不同種類的遮護氣體所形成的銲道剖面



# 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)

## 金屬熔滴的移行方式

熔滴的移行方式是指熔滴自銲線前端熔融後穿越電弧掉落熔池的方式。

(1) 影響熔滴移行方式的因素有：

1. 遮護氣體種類
2. 電流與電壓(銲接條件)
3. 銲線伸出長度
4. 電源機的特性

(2) GMAW作業時，熔滴有四種基本的移行型態：

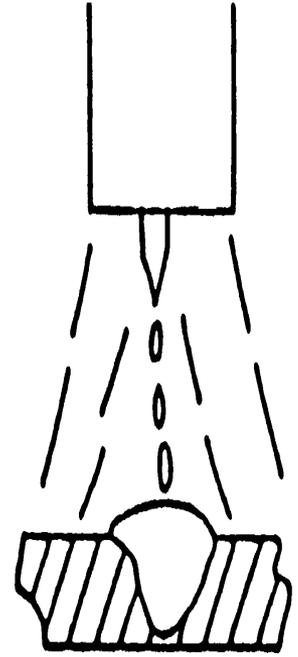
1. 噴弧移行
2. 球滴移行
3. 短電路移行
4. 脈衝噴弧移行



# 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)

## (1) 噴弧移行

1. 當銲接電流超出某特定的臨界值後，熔滴以小於銲線線徑且類似霧狀顆粒噴濺在熔池上，噴濺的方向與出線方向平行。
2. 對於碳鋼或低合金鋼的銲接，噴弧移行的先決條件為遮護氣體中Ar含量必須在80%以上。噴弧移行熱量最高，但只適用於平銲，橫銲及水平角銲。



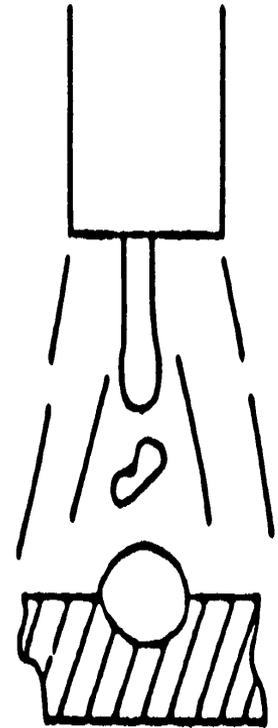
噴弧移行



# 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)

## (2) 球滴移行

球滴移行多發生在噴弧移行的臨界電流以下，熔滴成球形且直徑大於銲線線徑，以不規則又不具方向性的方式掉落熔池，能適用的銲接姿勢與噴弧移行相同。



球滴移行



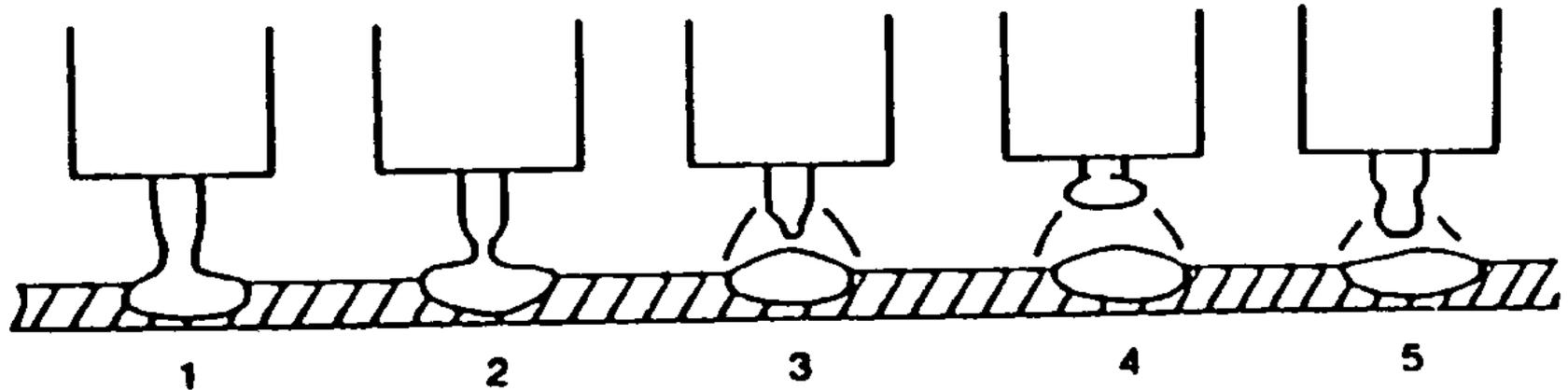
# 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)

## (3)短電路移行

1. 短電路移行發生在球滴移行臨界電流以下的電流範圍內。低電流，低電壓及使用小線徑(1.2mm以下)為短電路電弧的基本條件。
2. 短電路移行熱量最低，適於薄板、全姿勢及組裝精度不良工件的銲接。
3. 若要進行短電路銲接時，電源機必須具備垂下特性以有效抑制高電流現象。



# 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)



## 短電路移行：

第1階段—銲線與熔池接觸，產生短路，電弧消失。

第2階段—短路瞬間，銲線尖端產生緊縮效應。

第3階段—緊縮力使熔滴脫離表面張力，掉入熔池。

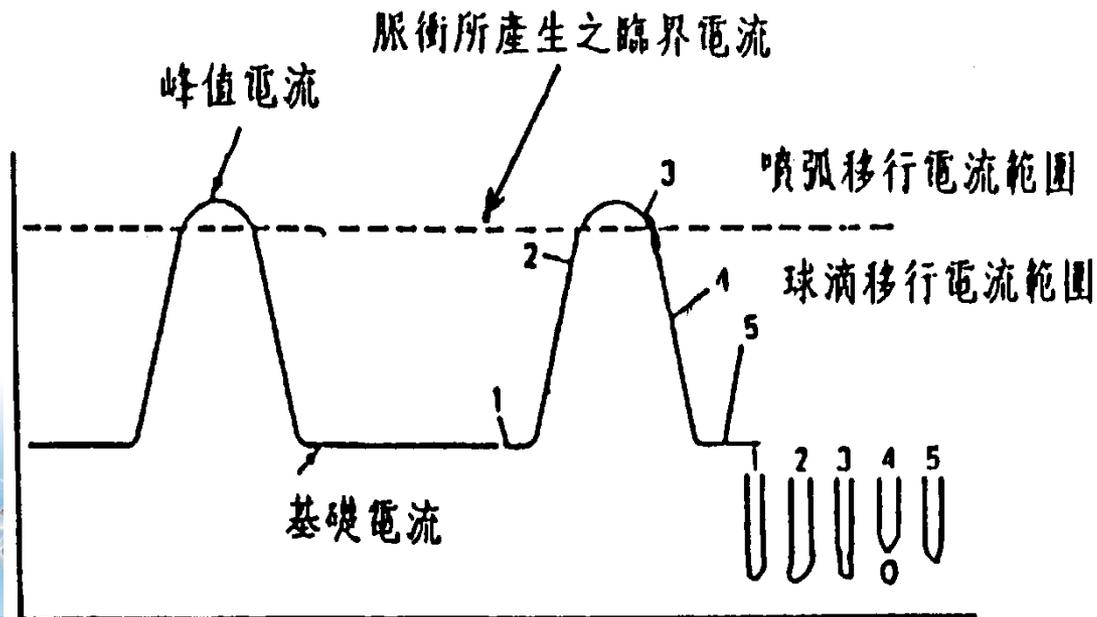
第4階段—熔滴脫離銲線尖端的瞬間，電弧恢復。

第5階段—電弧熱使銲線尖端開始熔融，恢復至第1階段的循環。

# 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)

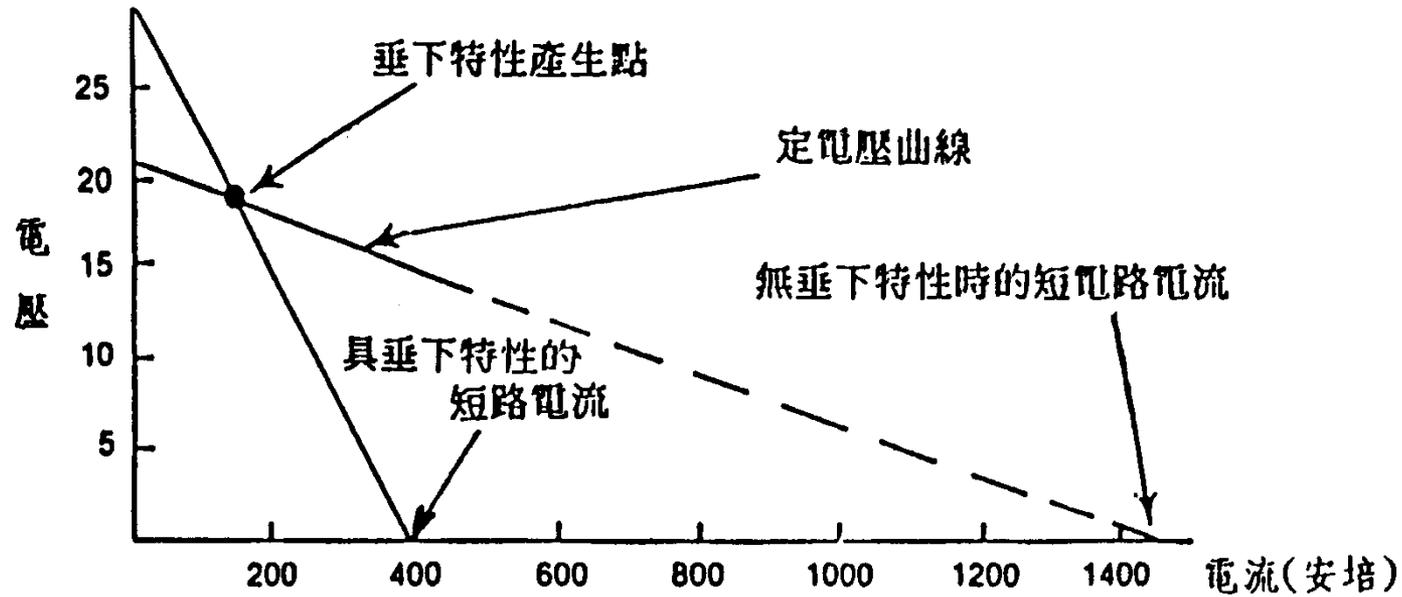
## (4)脈衝式噴弧移行

1. 於銲接設備中加裝一組脈衝產生器，銲接作業人員可設定電流的高低以及脈衝週期，使銲接過程中熱量的改善較具彈性。
2. 脈衝式噴弧移行能量介於球滴移行與短路移行之間，可做全姿勢銲接。



脈衝式噴弧電流圖解

# 補充說明



GMAW定電壓電源機短電路移行的垂下特性圖解

假定銲接條件為 $150\text{A} \times 18\text{V}$ ，若銲機不具垂下特性，銲線碰觸到工件或電弧短路時，電流很可能高達 $1400\text{A}$ ，此高電流會使很長的一段銲線類似爆裂的方式自銲線尖端噴離而造成過多的銲濺物以及電弧極不穩定。

# 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)

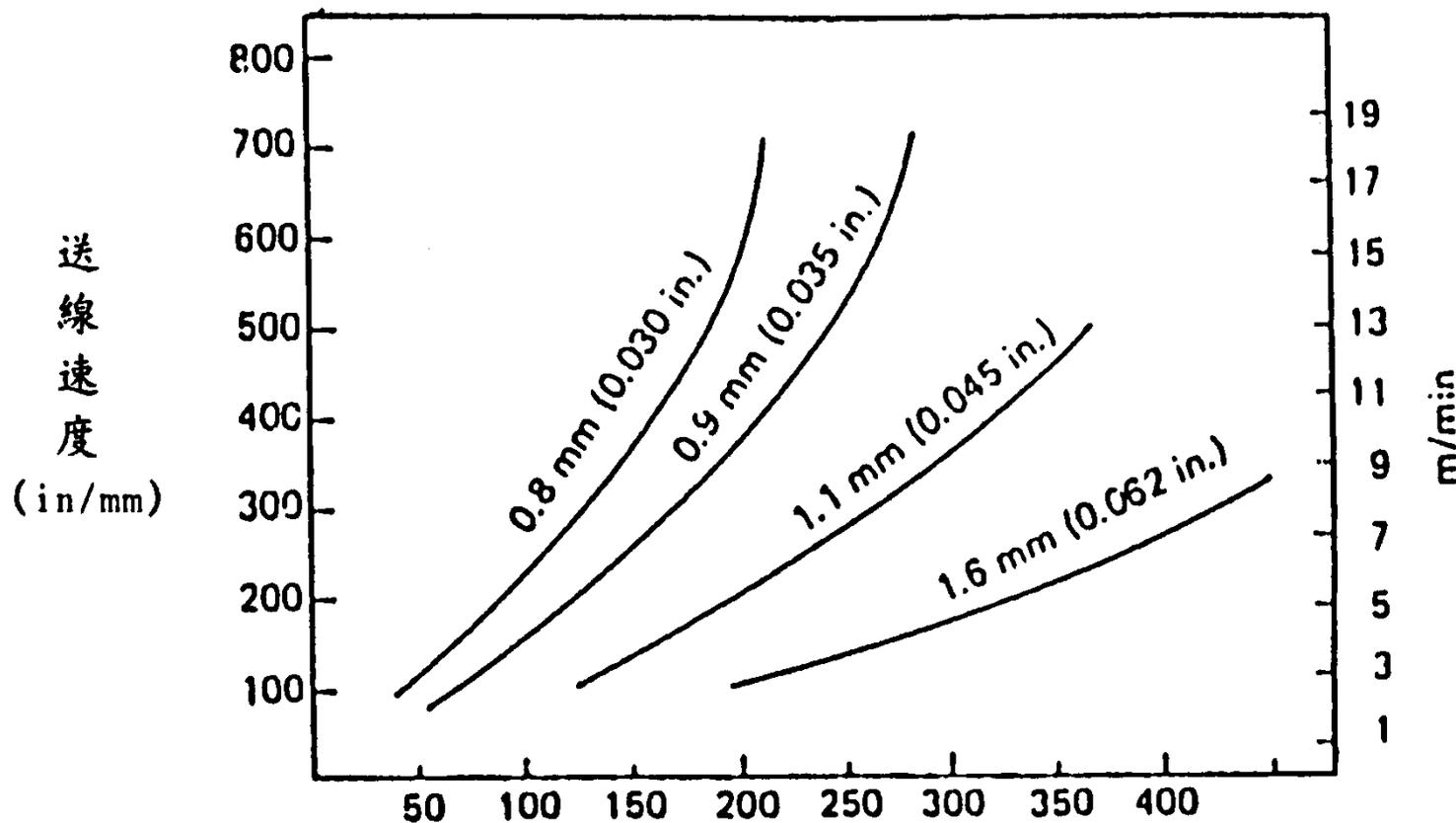
## 銲接參數

### (1) 銲接電流

若固定其他參數時，銲接電流不與送線速度及熔融速率成正比。下圖中所示為四種不同線徑的碳鋼銲線之熔融速率與電流的關係曲線，由圖中可知在低電流範圍時，熔融速率與電流大致成直線，但在高電流範圍時，熔融速率的增加要較電流的增加更大而使曲線斜率加大，尤其線徑越細越明顯。



# 氣體遮護金屬電弧銲接 (GMAW)



銲接電流

碳鋼銲線的熔融速率曲線



# 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)

## 銲接參數

### (2) 電弧電壓

1. 依銲件厚度、接頭形狀、銲接姿勢、銲線線徑、遮護氣體成份以及材料種類等因素改變設定。
2. 銲前選定熔滴移行方式後，施銲前電壓及電流需經測試方能選定正確的銲接條件。
3. 電壓增加可使銲道外觀變寬、平。但若增加太大，將導致多孔性銲道，銲濺物增加及嚴重的銲蝕等問題。

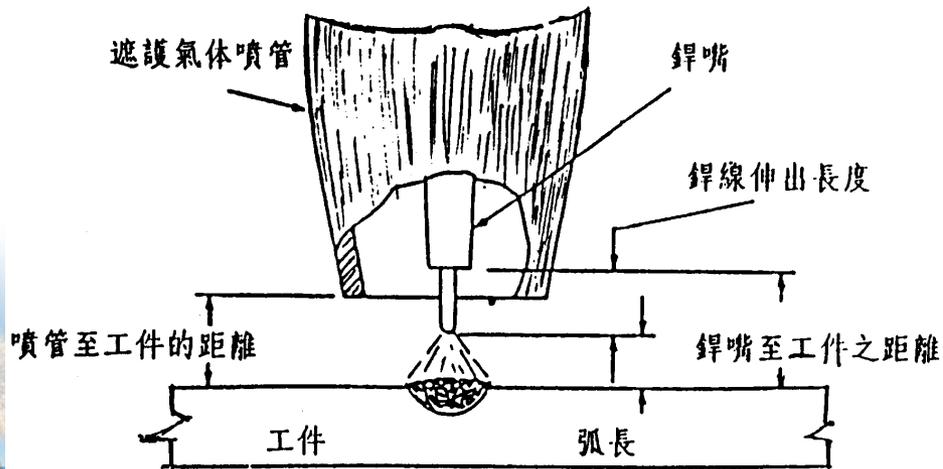


# 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)

## (3) 銲線伸出長度

銲線伸出長度是指自銲嘴末端至銲線尖端的距離。

1. 增加伸出長度，因電阻增加使電阻熱提高造成銲線尖端受熱而提高熔填速率。
2. 伸出長度太長，則電弧熱太低但銲接金屬熔填過量，結果是電弧不穩、滲透太淺且銲道外觀不良。
3. 短電路電弧時，適當的伸出長度約在6~13 mm左右，其他移行方式則約在13~25 mm左右。



# 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)

## 氣體遮護金屬電弧銲接的特點

1. 遮護氣體取代被覆銲藥可降低銲接區的氫含量，非常適合對氫敏感材料的銲接。
2. 因無銲後除渣的問題且銲線成捲由送線機連續輸送，可適於自動，機器人及其他高效率的銲接。
3. 煙塵量少，工作區易於保持清潔，對於有通風顧慮的作業環境最為適用。
4. 使用範圍廣，大多數的金屬材料均可適用。

## 缺點

1. 施工中缺乏銲藥保護，工件較不耐污染。
2. 對風敏感，不適合室外工地的銲接施工。
3. 設備較一般手工電銲機昂貴且消耗性零配單價亦較高，需有較完善的維修及零配件控管作業。

## 一、銲接製程與設備

- 披覆銲條電弧銲接(SMAW)
- 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)
- 惰氣遮護鎢極電弧銲接(GTAW)



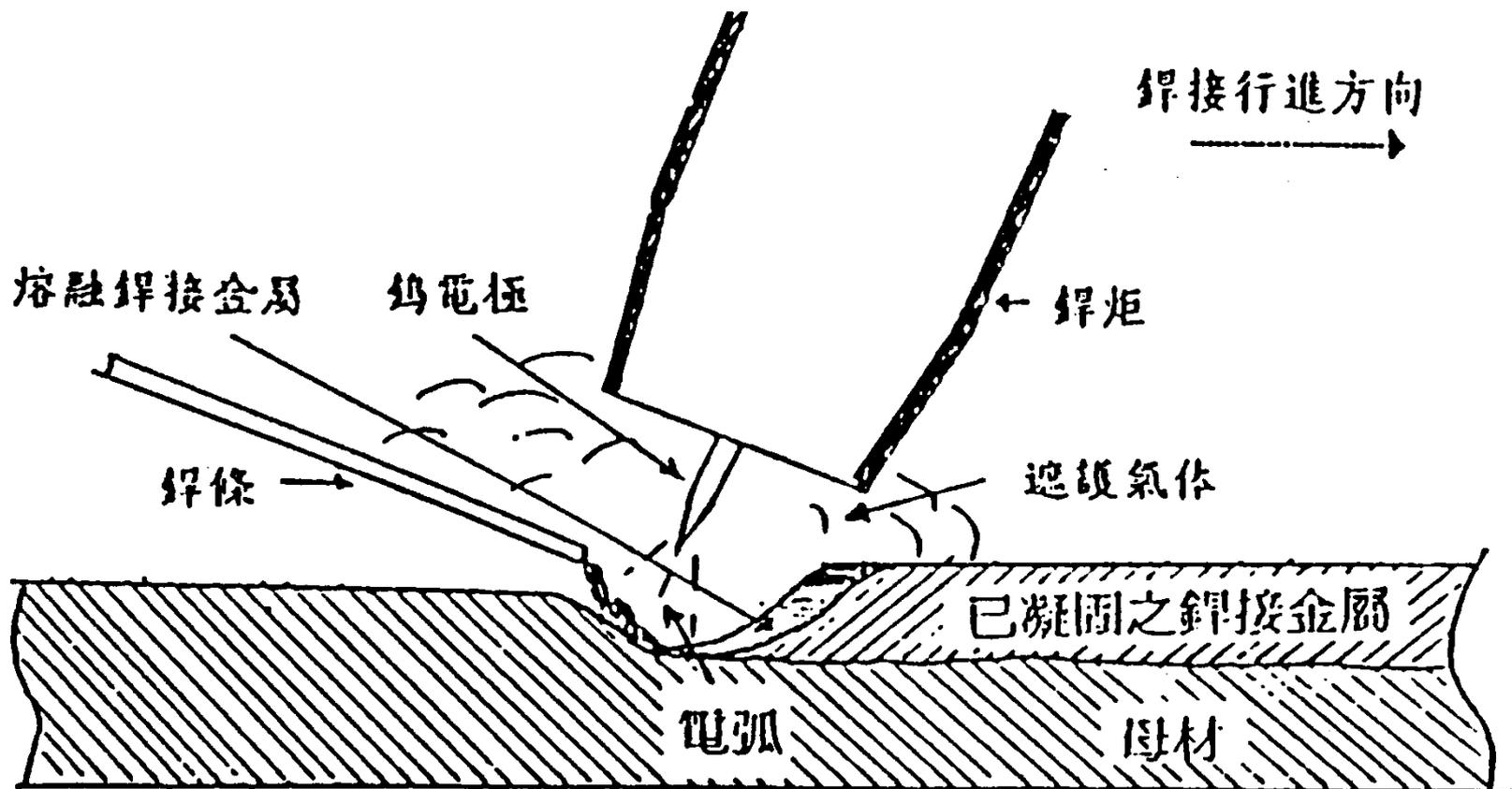
# 惰氣遮護鎢極電弧銲接(GTAW)

## 銲接原理

- (1) AWS之英文名詞為 Gas Tungsten Arc Welding，簡稱為GTAW。
- (2) 以非消耗性鎢棒為電極，電弧產生於鎢棒尖端與母材間，經由電弧熱熔融母材及外加之填料金屬來達成接合的效果。
- (3) 銲接過程中對鎢棒尖端、電弧、熔池以及金屬熔滴等需使用氬，氬等惰性氣體或其混合氣加以保護。(在氬中添加微量的氫氣偶爾用在不銹鋼的自動銲接)。



# 惰氣遮護鎢極電弧銲接(GTAW)



惰氣遮護鎢極電弧銲接原理圖解



# 惰氣遮護鎢極電弧銲接(GTAW)

## 鎢棒電極

鎢棒電極為非消耗性，依使用特性可分為純鎢及合金鎢棒兩種，兩者均能承受高溫，其分類如下：

AWS分類(A5.12)	合金種類	辨識顏色
EWP	純鎢	綠色
EWTH-1	0.8-1.2%(鈦)	黃色
EWTH-2	1.7-2.2%(鈦)	紅色
EWTH-3	0.35-0.55%(鈦)	藍色
EWZr	0.15-0.40%(鋯)	棕色

補充說明：

1. “E” 表電極(Electrode)， “W” 表鎢元素。
2. 鎢棒中所添加的鈦或鋯元素，目的在改善電流特性，使鎢棒更具放射性-可較純鎢更易引發電弧。
3. 純鎢尖端受熱易形成球狀，多用於需高電流容量但低電流密度的鋁合金銲接以減少鎢棒的消耗。
4. EWTH-2最常用於鐵金屬的銲接。

# 惰氣遮護鎢極電弧銲接(GTAW)

## 電流與極性

- (1) GTAW銲接使用DCEP，DCEN及AC三種。
- (2) DCEP鎢電極受熱較高，多只適於薄板的銲接。
- (3) DCEN母材受到2/3的銲接熱，大多用於鋼鐵材料的銲接。
- (4) AC主要用在鋁及鋁合金的銲接，對熔池有清潔的效果，可提高銲道品質。



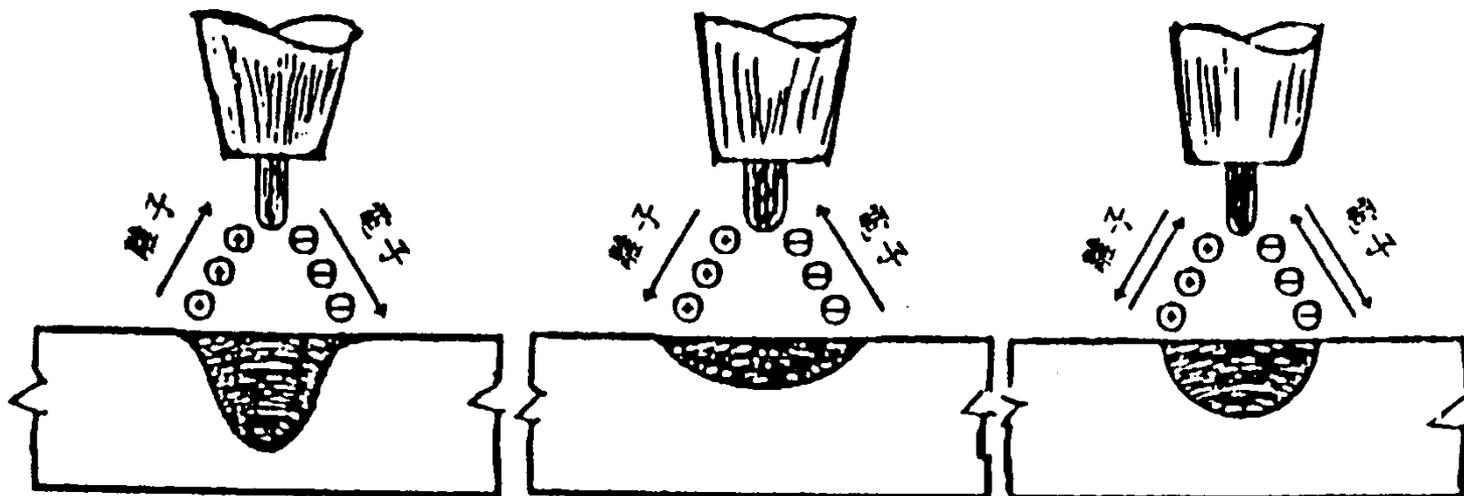
# 惰氣遮護鎢極電弧銲接(GTAW)

電流種類與極性  
 電子與離子的流向

DCEN

DCEP

AC



滲透深度

氧化物清潔功能  
 熱量分佈(大約)  
 電流容量

無

有

有

70%在工作

30%在工作

工件與電極各 50%

最佳

差

佳

1/8" - 400A

1/4" - 120A

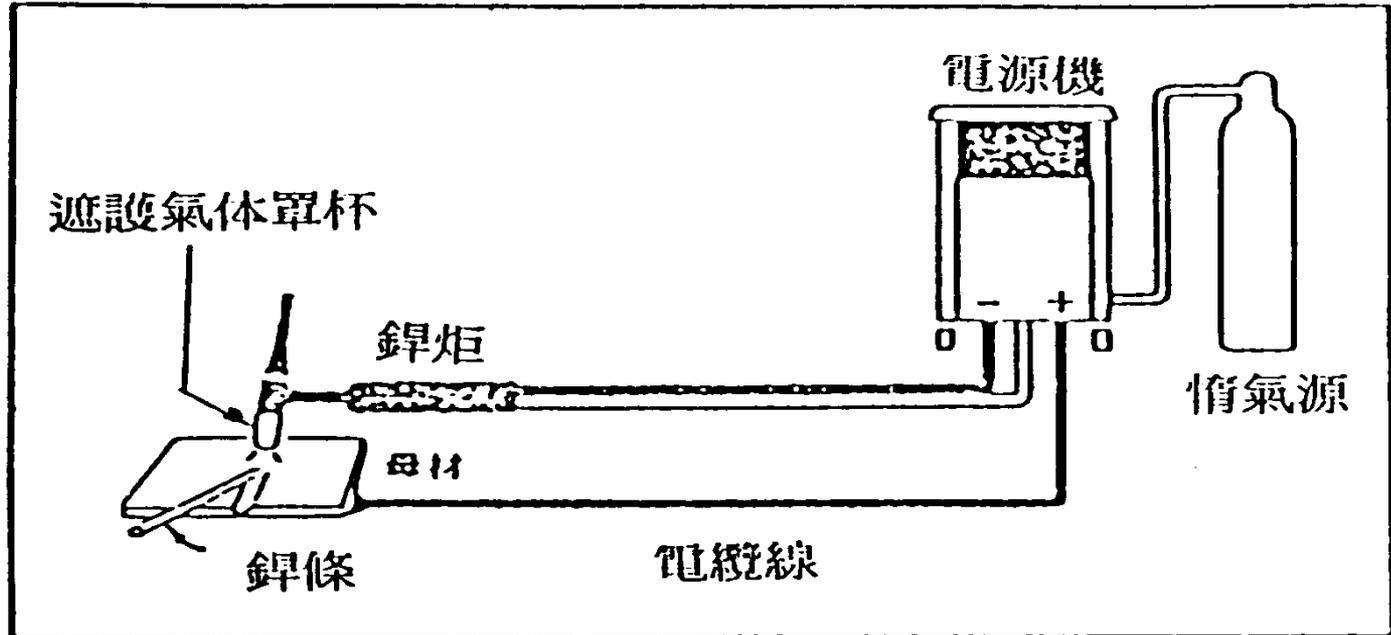
1/8" - 225A

GTAW銲接三種電流極性之關係圖解



# 惰氣遮護鎢極電弧銲接(GTAW)

電源機與SMAW類似，為定電流型式。  
遮護氣體之供應方式有管線式及鋼瓶式兩種。



GTAW銲接之迴路圖解

# 惰氣遮護鎢極電弧銲接(GTAW)

## 惰氣遮護鎢極電弧銲接的特點

1. 適銲金屬材料範圍廣，幾乎所有可銲金屬都可適用，尤其是不易使用其他銲接方法施銲的金屬，例如容易產生頑劣氧化物的鋁、鎂及其合金與氧化性非常敏感的鈦、鋯及其合金等。
2. 入熱量低，薄板銲接最為適用。
3. 屬於高銲接品質層次，對於要求作業環境非常清潔的食品加工、製藥廠、太空及動力管線等均為GTAW的最佳發揮行業。
4. 銲接過程中沒有銲藥及銲渣問題，作業環境非常清潔。



# 惰氣遮護鎢極電弧銲接(GTAW)

## 惰氣遮護鎢極電弧銲接的缺點

1. 銲接速度慢，效率低，成本高。
2. 操作不良時，鎢棒金屬很容易污染銲道，使銲接金屬變硬變脆。
3. 工件表面不耐污染，銲前清潔要求較徹底。
4. 施工技術層次高，人員訓練需時較長。



## 二、非破壞試驗方式介紹

- 非破壞試驗 (Nondestructive Testing)



# 非破壞檢測

## 一、檢測人員資格

- (1) 雇主或其指定人員可參考我國或美國非破壞檢測協會人員訓練及授證標準內有關各類非破壞檢測的內容規定，依公司工程業務之需要，編定教材，自行訓練經授權機關檢定及授證各類非破壞檢測人員資格，得從事檢測工作。
- (2) 雇主可委託外界單位，依該公司工程業務的需要，經訓練並經檢定取得非破壞檢測人員資格者，或承認受委託機構的授證。持有非破壞檢測協會頒發之“非破壞檢測人員資格證書”者，雇主可經審查程序或以實作等方式測試其能力後，承認其檢測資格。



# 非破壞檢測-目視檢查

在銲接檢驗過程中，執行目視檢查之人員約可分成三類：

- (1)製造、銲接及主辦等工程人員：
- (2)目視檢驗人員：雇主可參考美國或我國非破壞檢測協
- (3)銲接檢驗師

## 目視檢查的重點

### (1) 銲接前的檢查重點

- ①材料規格的确認
- ②銲材規格的确認
- ③核對銲接程序書及檢定報告。
- ④核對銲接人員資格檢定記錄。
- ⑤檢查銲機規格及性能。
- ⑥檢查銲道開槽幾何尺寸。
- ⑦特殊之規定作業。

### (3) 銲接後的檢查重點

- ①後熱或銲後熱處理的規定。
- ③非破壞檢測。
- ⑤剷修與再檢查。

### (2) 銲接進行中的檢查重點

- ①預熱與層溫控制等。
- ②銲條類別、直徑以及施銲方法等。
- ③各道銲道清潔及外觀檢查。
- ④銲接電流、電壓的确認。
- ⑤特殊規定作業，如背剷是否徹底。

- ②外觀尺寸、瑕疵以及變形量檢查。
- ④破壞檢查。
- ⑥檢查結果的標識。

# 非破壞檢測-液滲檢查

## 液滲檢測的原理

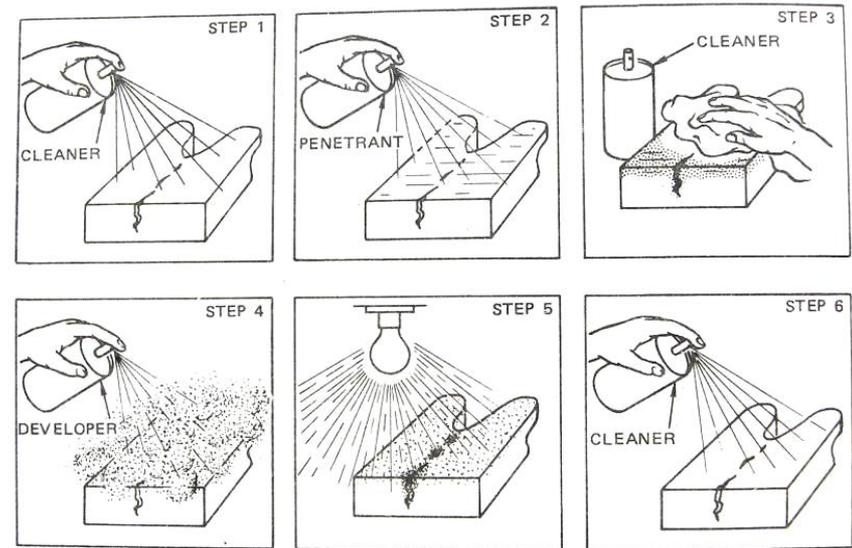
利用虹吸現象，讓滲透液滲入材料表面開口缺陷，將表面多餘的滲透液去除後，再施加顯像劑，將缺陷內之滲透液吸附出來而形成缺陷顯示。

## 液滲檢測的類別

液滲檢測依顯像類別可概分為色比式及螢光式兩種。

## 液滲檢測之特性

- ①可做表面開口瑕疵之顯示。
- ②適用於螺栓螺牙等形狀複雜的被檢物。
- ③操作簡單而且容易學習。
- ④不銹鋼材要用低鹵素檢測劑。
- ⑤內部或表面開口堵塞無法檢測。
- ⑥多孔性材料因不易清洗故效果不佳。
- ⑦被檢物表面要光滑清潔。
- ⑧被檢物溫度太高或太低均不適用檢測。



液滲檢測之步驟



# 非破壞檢測-磁粒檢測

## 磁粒檢測原理

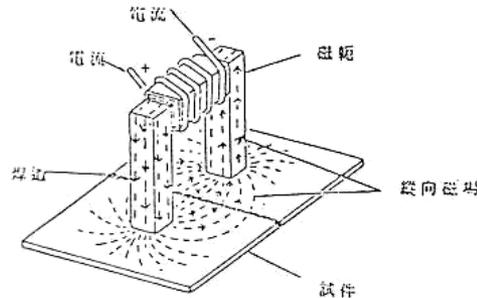
在鐵磁性材料(如：鐵、鋼、鈷、鎳等)上**施加磁場**，則於材料內會有**連續性的磁力線**，而且是在N極及S級間以最短的途徑連接，若**磁力線經過之處有導磁性的不連續**，則**磁力線將產生繞道現象**，或者在磁力線間斷處形成一個小磁場，使得噴佈於材料表面的磁粒聚集在這小磁場上。則檢驗人員能夠容易發現間斷之所在。故而磁粒檢測係利用磁場的**磁漏(Leakage field)原理**。

## 磁粒檢測之類別

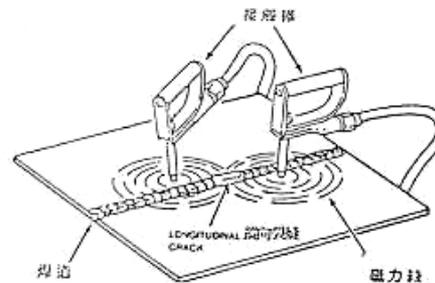
依磁性介質可分為**乾式磁粉**及**濕式磁浴**。

## 磁粒檢測使用上之限制

- ① 非鐵磁性材料無法檢測，如鋁、鎂、銅或奧斯田鐵不銹鋼等。
- ② 只能檢測距離表面1/4吋深度以內的次表面瑕疵。
- ③ 物件表面的油漆或鍍膜厚度不得超過0.004吋。
- ④ 物件表面不得有髒物、油污、纖維或鬆脫之銹皮。



磁軛法 (磁場迴路)



電極法 (電流迴路)



# 非破壞檢測-射線檢測

## 檢測人員資格

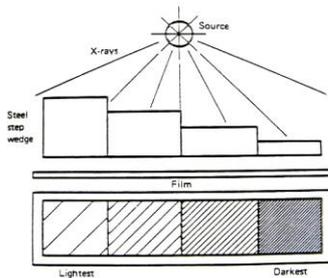
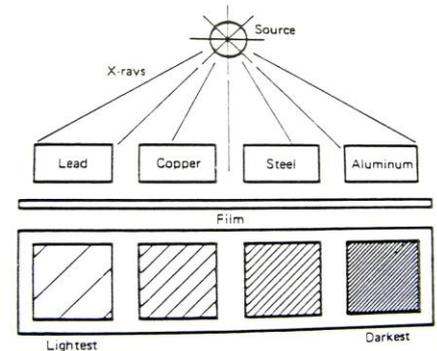
射線檢測人員資格除依檢測人員資格之規定外，根據原子能委員會的規定，游離輻射設備操作人員必須具有操作執照。

## 射線檢測原理

利用X射線或 $\gamma$ 射線穿透檢測材料，由於被檢測材料的厚度差異或材質差異，會對射線作差異性的吸收，使底片或螢光幕等顯像介質顯示不同灰階的影像，藉以研判被檢測材料表面及內部狀況。

## 射線檢測的特性

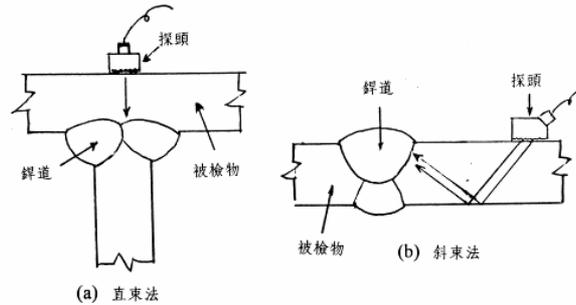
- ① 直接觀查底片，缺陷種類較易研判。
- ② 缺陷大小及位置均直接顯示在底片上。
- ③ 較厚的物品射線無法穿透，物件形狀也會有所限制。
- ④ 缺陷深度不易確知。
- ⑤ 內部缺陷的探測感度較超音波低。
- ⑥ 缺陷長方向與射線平行有最佳效果，反之，與射線方向垂直效果很差。



# 非破壞檢測-超音波檢測

## 超音波檢測原理

超音波檢測是利用非常高頻的音波傳送至材料內，用以檢查材料內部或表面缺陷。一般人耳可聽到的音波頻率範圍大致在20Hz~20KHz間，所以頻率超過20KHz的音波即稱為超音波。超音波檢測常用頻率範圍約在0.1~25MHz之間。超音波檢測的基本原理為利用探頭發射出超音波，經由藕合劑進入被檢物中，若被檢物為均質材料則音波以等速直線方向前進，當音波碰到不同材料的介面時，部份能量被反射回來，為探頭所接收後，轉換成電能產生信號並藉以研判試件品質。

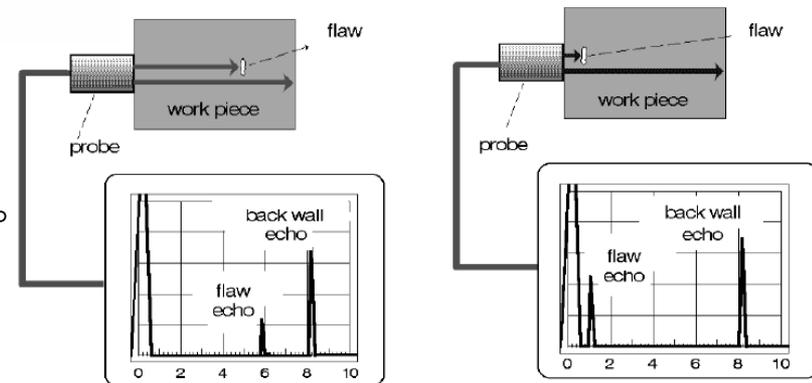


## 超音波檢測之類別

- ① 直束檢測
- ② 斜束探測

## 超音波檢測的特性

- ① 內部缺陷的探測感度高。
- ② 可判斷缺陷的位置、深度、大小及種類。
- ③ 缺陷種類的判斷需有高度熟練的技巧。
- ④ 可探測較大的物件



超音波檢測示意圖

# 三、銲接檢定與銲接程序介紹



# 銲接程序與銲接人員資格檢定

## 銲接程序規範書(Welding Procedure Specification)

銲接施工所依據的書面文件，內容涵蓋所有銲接參數及施工應注意事項。銲接作業人員據以施工可確保銲接品質之一致性。

銲接程序書分常用型和專用型兩種，一般是範圍較廣的常用型，多用於既定種類的碳鋼鋼材。

專用型則多用於使用範圍較小的某些特定金屬材料，接合時在尺寸、冶金、化學及機械性質的特殊規定上。但兩者有時也相互混用而將某特殊型式的接頭加註說明，指明該處需使用專用型銲接程序。



# 銲接程序與銲接人員資格檢定

## 銲接程序與銲接人員資格

銲接**施工前**最重要的先期作業，施工所依據的規範均明確規定，**兩者資格未確認前**，**不准進行正規的銲接施工**。凡未做好銲接程序及銲接人員的資格檢定作業便逕行銲接施工，往往因**技術上、材料上以及人員技能上**的一些不確定因素而增加了**複驗率或剔退率**。

## 銲接程序

工程開工前，依據施工合約規範及圖面上有關銲接接頭形式、母材、銲接材料等之規定，**選擇適當的條件模擬試驗**，**以得最佳的銲接條件做為施工之依據**。



# 銲接程序與銲接人員資格檢定

銲接程序書的有關參數項目如下：

1. 母材規格
2. 銲材規格分類
3. 銲接方法
4. 電流型式
5. 電流、電壓及運行速度範圍
6. 接頭型狀設計、容許誤差
7. 接頭製作及銲接面的清潔方式
8. 假銲
9. 銲接姿勢
10. 預熱與層溫的控管
11. 後熱處理
12. 施工技藝



# 銲接程序與銲接人員資格檢定

## 銲接程序書的使用

- ① 合格銲接程序書最終的**目的是要應用在現場**，使銲接人員有所依據。
- ② 銲接程序書的資格檢定**並不是只在滿足客戶需求**，例如將銲接程序書折疊整齊或裝訂精美並長期存放在檔案架或檔案室中，使得銲接程序書的存在徒具形式，並無助於銲接人員的需求。
- ③ 銲接程序書的**影本應放在銲接人員隨手可取得到的地方**，且為了在作業環境中能延長紙張的壽命，可用塑膠紙或塑膠套包封。
- ④ 銲接程序書**放在工作場所**不只可使銲接作業人員於有疑問時容易得到有關資訊，也可有助於銲接檢驗師隨時核對銲接施工時的實際參數是否與銲接程序書相符。



# 銲接程序與銲接人員資格檢定

## 銲接作業人員的資格

1. 銲接作業人員指**銲工**、**銲接設備操作員**、**假銲人員**的總稱。
2. 一份合格的銲接程序書在銲接人員**尚未根據該程序書透過實作考試**來檢定施銲人員的技能資格前，該份銲接程序書尚不能發揮功能，原因是銲接作業人員的資格檢定及銲接程序書的資格檢定在目的上**完全不同**。
3. 銲接程序的資格檢定在強調相關材料與作業技藝間的關係，銲接作業人員的資格則在**證明工作人員能在規定的製程、材料以及銲接程序書的參數下銲出完整銲道的能力**。所以兩者間檢定的方式並不相同，惟一相似之處在於兩者均有主要參數的規定。
4. 雖然技能檢定的目的在使銲接作業人員具備施銲的資格，但對銲件品質並非絕對，銲件品質的合格與否取決於後續的**檢驗**。



# 銲接程序與銲接人員資格檢定

與銲接程序書主要參數的意義相同，銲接作業人員技能資格的主要參數一旦超出合格範圍，資格不是被取消便是需重新檢定。若以鋼結構銲接法規為例，銲接作業人員的技能資格參數如下：

(1) 銲接方法

(2) 填料金屬

(3) 銲接姿勢

(4) 接頭型式

(5) 適銲板厚

(6) 施銲技藝





## 鐸道外觀缺陷

1. 鐸件歪曲
2. 不正確之鐸道外形
3. 不正確之鐸道尺寸
4. 不正確之最終尺寸



## 銲件歪曲

發生原因：

銲件受熱之膨脹收縮作用與熔填金屬凝固產生之應力造成。

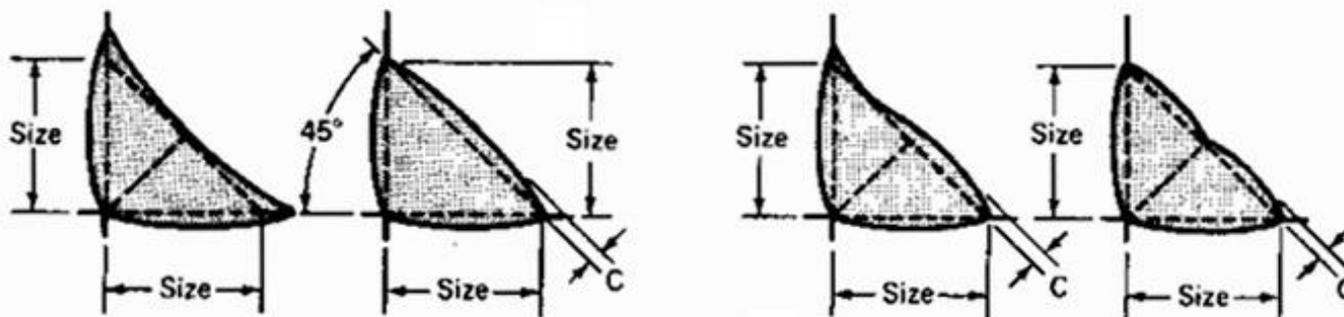


## 不正確的鐸道外形

1. 搭疊：熔填金屬滲出超過鐸道趾 部的接合線，易於產生缺口導致應力集中。
2. 過度突出：若在中間鐸道發生易導致不完全熔合或夾渣現象，在鐸道上引發缺口效應。
3. 過度的鐸道補強：會使斷面變硬以及形成缺口引發應力集中。



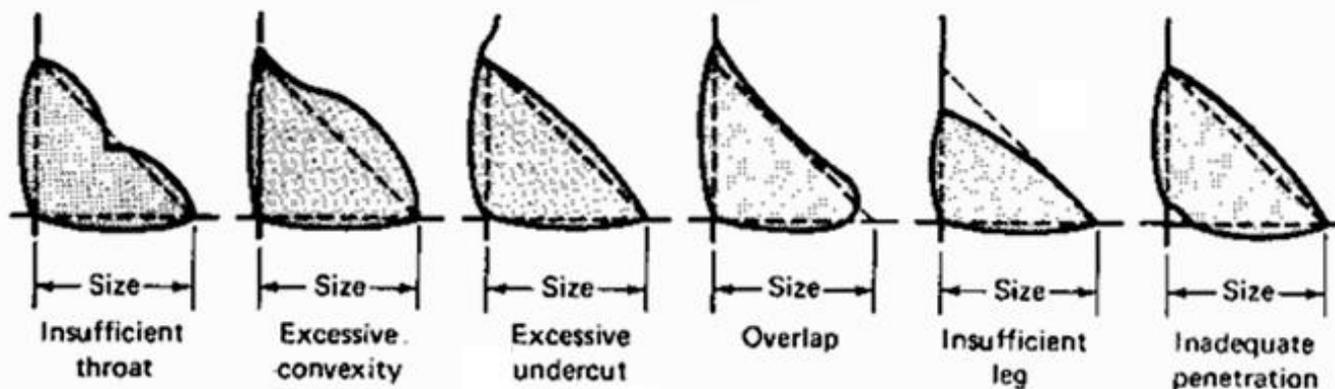
# 不正確的銲道外形



Note: Convexity C shall not exceed 0.1 actual size + 0.03 in.

(A) Desirable fillet weld profiles

(B) Acceptable fillet weld profiles

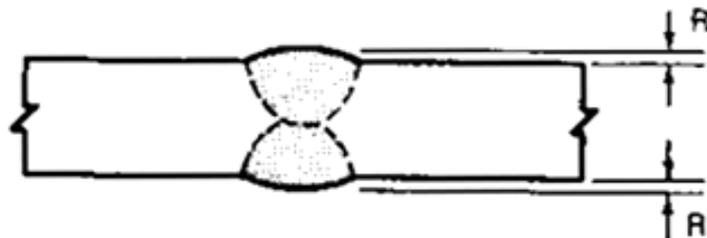


(C) Unacceptable fillet weld profiles

## 可接受與不可接受之銲道形狀

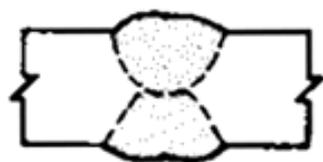


# 不正確的銲道外形



Note: Reinforcement R shall not exceed 1/8 in.

(D) Acceptable butt weld profile



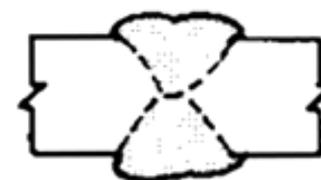
Excessive convexity



Insufficient throat



Excessive undercut



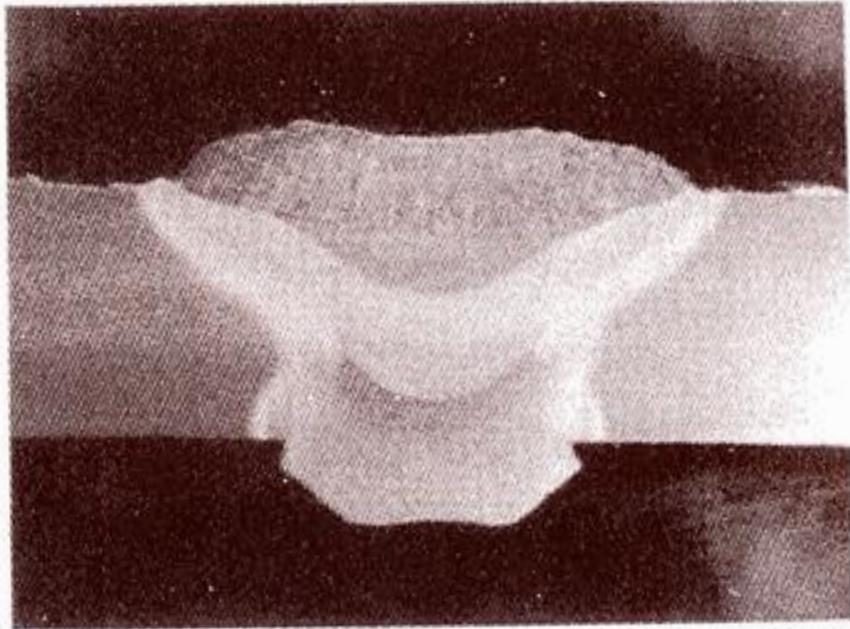
Overlap

(E) Unacceptable butt weld profiles

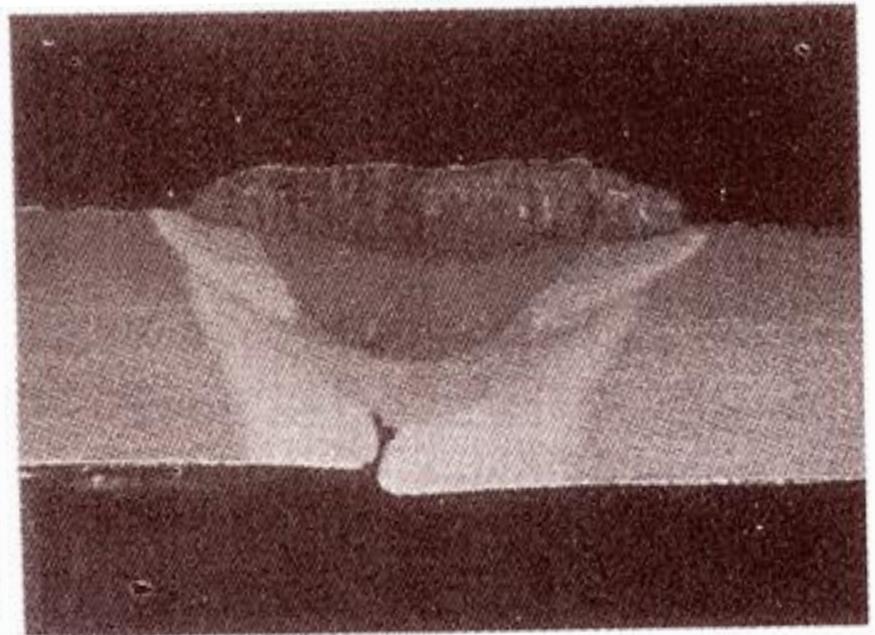
# 可接受與不可接受之銲道形狀



## 不正確的鐸道外形



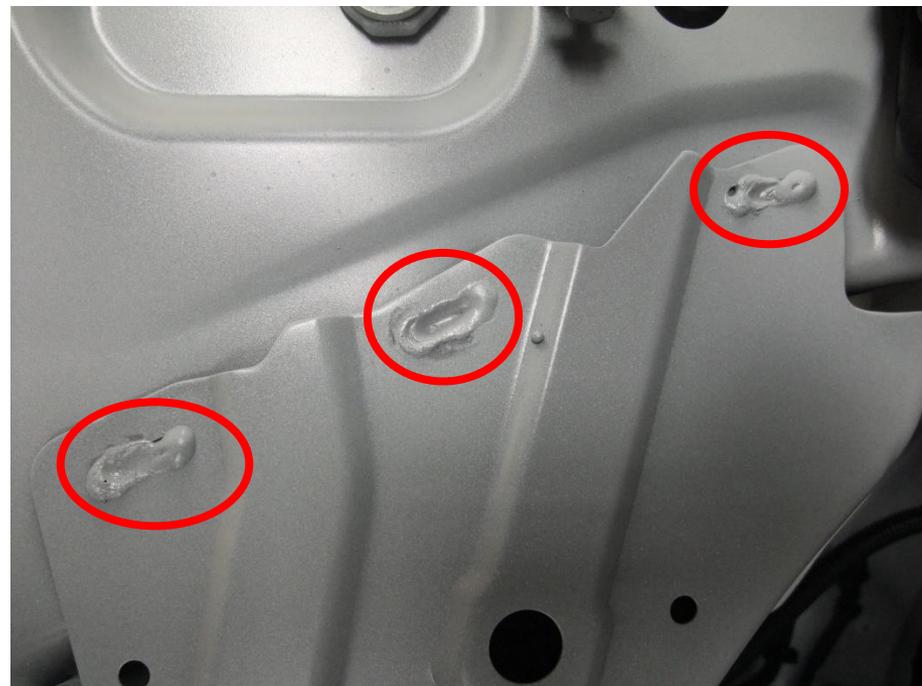
鐸道不良



工件對位不良



# 不正確的鐸道外形



# 不正確的鐸道尺寸

1. 填角鐸之腳長
2. 喉深不足
3. 鐸冠過高



# 銲接缺陷

由於銲接作業是一種**急熱急冷**之過程，因此很容易衍生一些銲接缺陷。銲接缺陷之發生將大幅降低構件之使用性能。一般而言，**瑕疵**是指在某一**均勻的事物中的任一間斷**。對銲接而言，所必須關心的瑕疵種類有：**裂紋、氣孔、銲蝕(Undercut)、不完全滲透**等，因此必須明瞭這些瑕疵的基本知識，以利於發現瑕疵時，具備診斷瑕疵特性、位置和程度的能力，進而決定此瑕疵於應用的環境中是否需要進行修補的作業。

材料經過鑄造、壓延、抽製、鍛造、銲接等製造加工後或多或少都會留下一些製程瑕疵(Process discontinuity)。由於完全無瑕之製品需要相當高的成本，所以當瑕疵無礙於使用或美觀時，稱之為**可接受瑕疵**(Acceptable discontinuity)，超過允許程度之瑕疵，則稱為**不可接受之瑕疵**(Rejectable discontinuity)或稱為缺陷(Defect)。



# 銲接缺陷

瑕疵型態可區分為兩組：線型和非線型，線型瑕疵的長度遠大於寬度，非線型瑕疵則是長度和寬度約略相同。另一瑕疵形狀對健全結構的影響是其尾端狀況，通常越尖銳的瑕疵尾端形狀越嚴重，主要是越尖銳的瑕疵越容易產生運動成長，當然須視其受應力的狀況而定。假使線型瑕疵在有尖銳的瑕疵尾端及垂直應力的狀況下，這對構件而言，是非常嚴重危險的情形。瑕疵的尾端尖銳程度的等級為裂紋、不完全滲透、夾渣和氣孔，此等級的許可與否須依其數目及規範來決定，通常僅有極少數例子允許有裂紋，不完全滲透也有被禁止或限制其數量，但是大部分的規範允許小量的夾渣和某些氣孔的存在。全部取決於工程和使用的區域而定，但總而言之，越尖銳的瑕疵，所受的限制越嚴格。



# 銲接缺陷

關於銲道瑕疵之接受標準常因銲件用途不同，通常多根據其使用安全、使用年限、故障率、經濟成本等諸多因素來決定。台灣國家標準(CNS)、日本工業規格(JIS)、美國國家標準(ANSI)及美國銲接協會(AWS)、國際標準(ISO)等都訂有不同的銲道品質接受標準以供參考使用。另外，國際銲接研究所(IIW)將瑕疵分成下列六種：

- (1) 100系－裂紋(Crack)，包括縱向裂紋、銲疤裂紋、橫向裂紋、銲道底部裂紋等。
- (2) 200系－孔洞(Cavities)，包括氣孔、表面氣孔、內部氣孔、收縮空隙。
- (3) 300系－固體夾渣(Solid inclusions)，包括銲渣、金屬氧化物、外來物。
- (4) 400系－熔融不良及滲透不足(Incomplete fusion或Penetration)。
- (5) 500系－外觀不良(Imperfect shape)，包括銲蝕(Undercut)、重疊(Overlap)、表面過凸或過凹等。
- (6) 600系－其他缺陷(Miscellaneous defects)，包括弧擊(Arc strike)、銲濺物過多(Excessive spatter)等。

在以上之銲接瑕疵分類中，號碼越低者，代表嚴重之程度越高。此外，關於銲接缺陷之成因方面，基本上可分為技術性或操作性二種，前者包含裂紋，如冷裂、熱裂等，後者則包括氣孔、夾渣及滲透不足等。

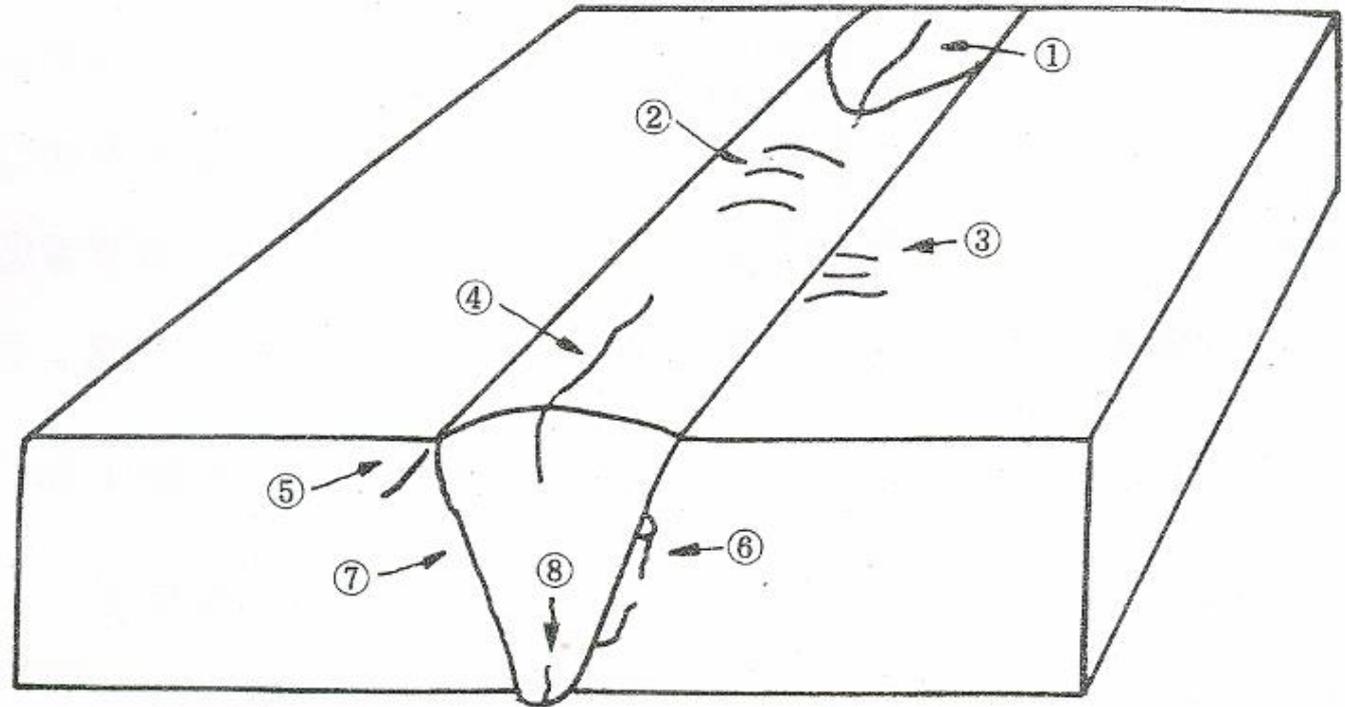
# 銲接缺陷

裂紋是最嚴重的銲接缺陷，一旦存在，除了將減低結構物承受負載之能力外，更因裂紋的出現所造成之缺口效應，也將成為脆性破壞之起始源。所以在銲接過程中應儘量避免裂紋之發生。最少也要檢測出它的存在，以便進行修補。

銲接產生之應力造成熔填金屬在銲接進行中或銲接後發生之龜裂，龜裂之發生主要與其成份和組織有關，在多層銲道中最易發生在銲道之第一層。

根據裂紋生成時之溫度，可將其分成冷裂(Cold crack)、熱裂(Hot crack)、再熱裂紋(Reheat crack)及層狀撕裂(Lamellar tearing)

# 補充說明



- (1) 銲接金屬銲疤裂縫(weld metal crater cracking)
- (2) 銲接金屬橫向裂縫(weld metal transverse cracking)
- (3) 母材熱影響區橫向裂縫(base metal HAZ transverse cracking)
- (4) 銲接金屬縱向裂縫(weld metal longitudinal cracking)
- (5) 銲趾裂縫(toe cracking)
- (6) 銲道底部裂縫(underbead cracking)
- (7) 銲融界線(fusion line)
- (8) 銲接金屬根部裂縫(weld metal root cracking)

# 銲接缺陷

## 銲道冷裂

所謂冷裂係指鋼材在低入熱量之手工或CO<sub>2</sub>銲接時，於工件冷卻至室溫或是於應用的場所而發生在銲道或熱影響區(Heat-affected zone, HAZ)之裂紋而言。裂紋發生的期間可以在銲後24小時內或延遲到數天後才發生，所以冷裂也稱為延遲裂紋。又因冷裂之發生與氫氣有關，所以也稱為氫裂。冷裂之起始位置不外乎是在銲道趾部或根部之處。冷裂破斷面具有沿晶與穿晶之特徵。此說明了裂紋之傳播是沿著晶界或晶內來進行。



# 銲接缺陷

## 銲道再熱裂

所謂再熱裂紋是指銲件於銲後之應力消除熱處理或於高溫使用時發生在粗晶區之沿晶裂紋而言。對低合金鋼而言，其發生之溫度在 $500^{\circ}\text{C}$ ~ $700^{\circ}\text{C}$ 之間；通常，拘束度越大和殘留應力越高之銲件越容易發生。再熱裂紋之產生是由晶界優先滑動導致微裂紋之生成及傳播。也就是說在銲後熱處理時之殘留應力釋放(Relief)過程中，粗晶區應力集中處(如趾部)之某些晶界當實際塑性變形量超過該部位之塑性變形能力時，就會產生再熱裂紋。

## 雜質元素之效應

雜質元素在晶界之偏析所造成之脆化，對再熱裂紋之生成有顯著的關聯。鋼材中之P、S、Sb、Sn及As等雜質元素在 $500^{\circ}\text{C}$ ~ $600^{\circ}\text{C}$ 之銲後熱處理過程中在晶界偏析，大幅降低了晶界之塑性變形能力，導致再熱裂紋之生成。

# 銲接缺陷

其他的裂紋尚包括：喉深、根部、腳趾、弧坑、次銲道(underbead)、熱影響區及母材等位置的裂紋。

**喉深裂紋**是屬於**縱向裂紋**，通常是**熱裂**，且可於銲道中心線表面目視察出，一般於根部打底銲道和表面層凹陷的填角銲道最容易出現此喉深裂紋。

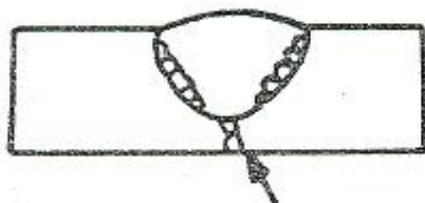
**根部裂紋**亦屬於**縱向裂紋**，可能成長自銲道或母材，跟喉深裂紋一樣也是**熱裂**，通常是由於**組配不適當**，如**間隙過大**致使應力集中而產生裂紋。

**腳趾裂紋**是從**銲道趾部**成長到母材的裂紋，存在於銲冠或銲道凸出位置的應力集中之趾部並結合熱影響區的韌性低之微觀組織所致，其屬於**冷裂**，其**應力來自銲接的橫向收縮應力**或是應用場合的施加應力，於應用場合產生的腳趾裂紋，**大多來自銲件的疲勞負荷**所致。

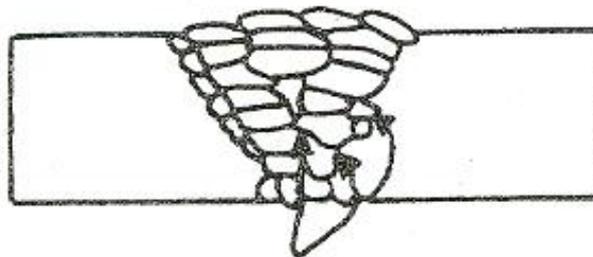


# 銲接缺陷

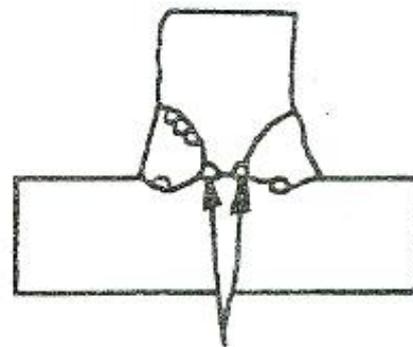
## 不完全熔融



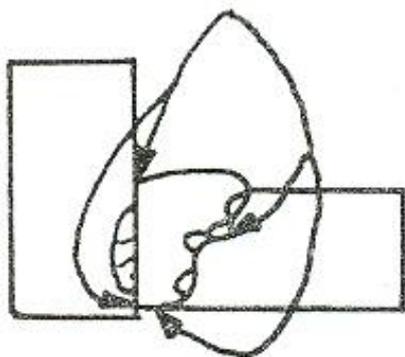
不完全熔融



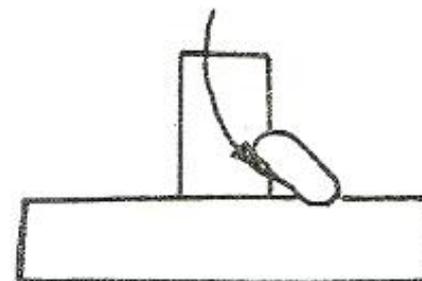
不完全熔融



不完全熔融

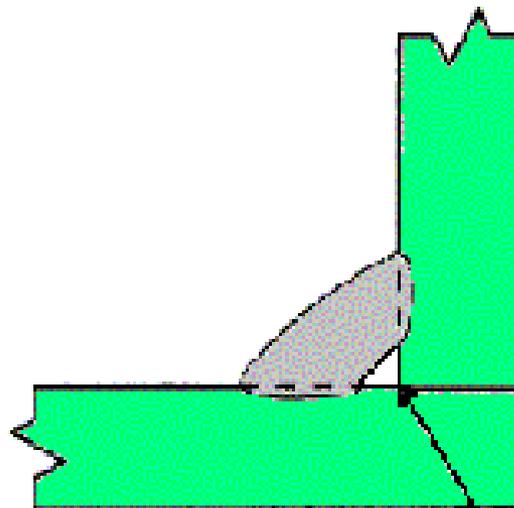
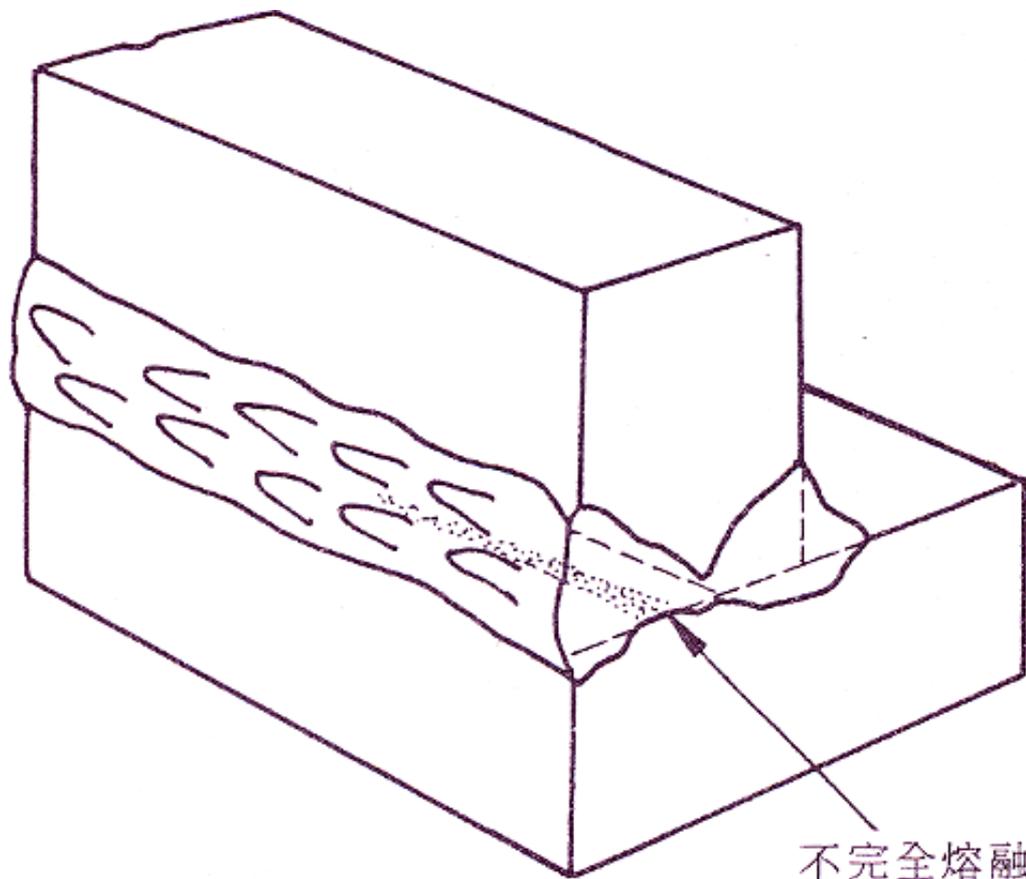


所有原始接點  
的不完全熔融



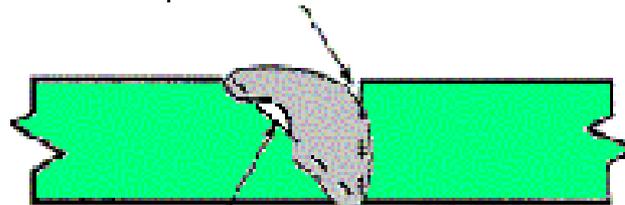
# 銲接缺陷

## 不完全熔融



Incomplete Fusion

Incomplete Fusion



Incomplete Fusion



# 銲接缺陷

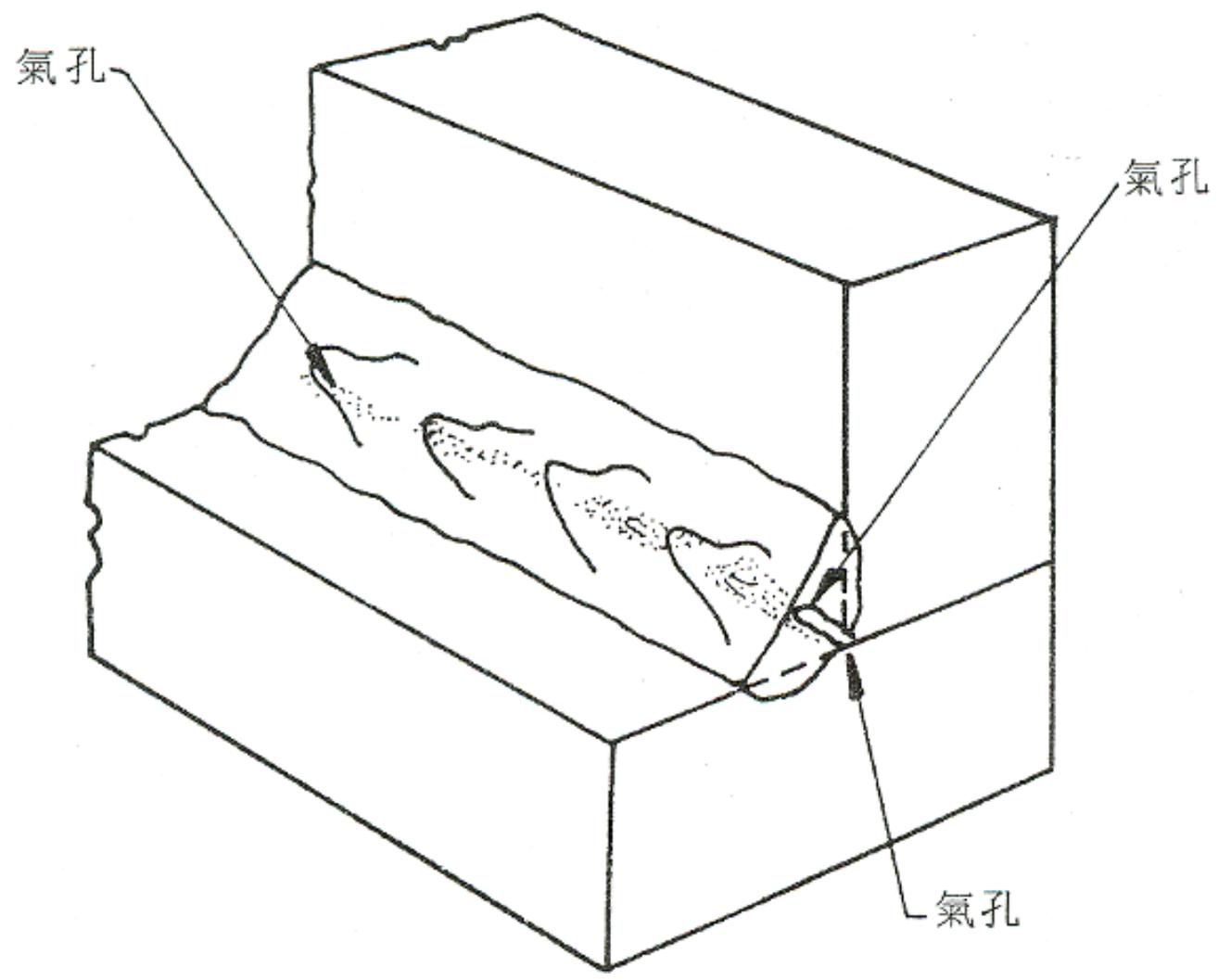
## 氣孔

氣孔定義是凝固過程中氣體被包夾所形成的孔洞瑕疵，其形狀大多為圓球體，因此，此種瑕疵通常認為其危險程度較低。氣孔種類及形成成分成多種。

1. 氣孔起因為氣體被凝固的金屬所包圍無法逸出而形成。這種不連續，一般是球形的，但也可能是圓柱形。
2. 氣孔形成的因素是由於污物及水氣存在以下各處，例如消耗性電極及氣體。氣孔和夾渣不同，其形成氣體而不是固體。



# 銲接缺陷



# 銲接缺陷

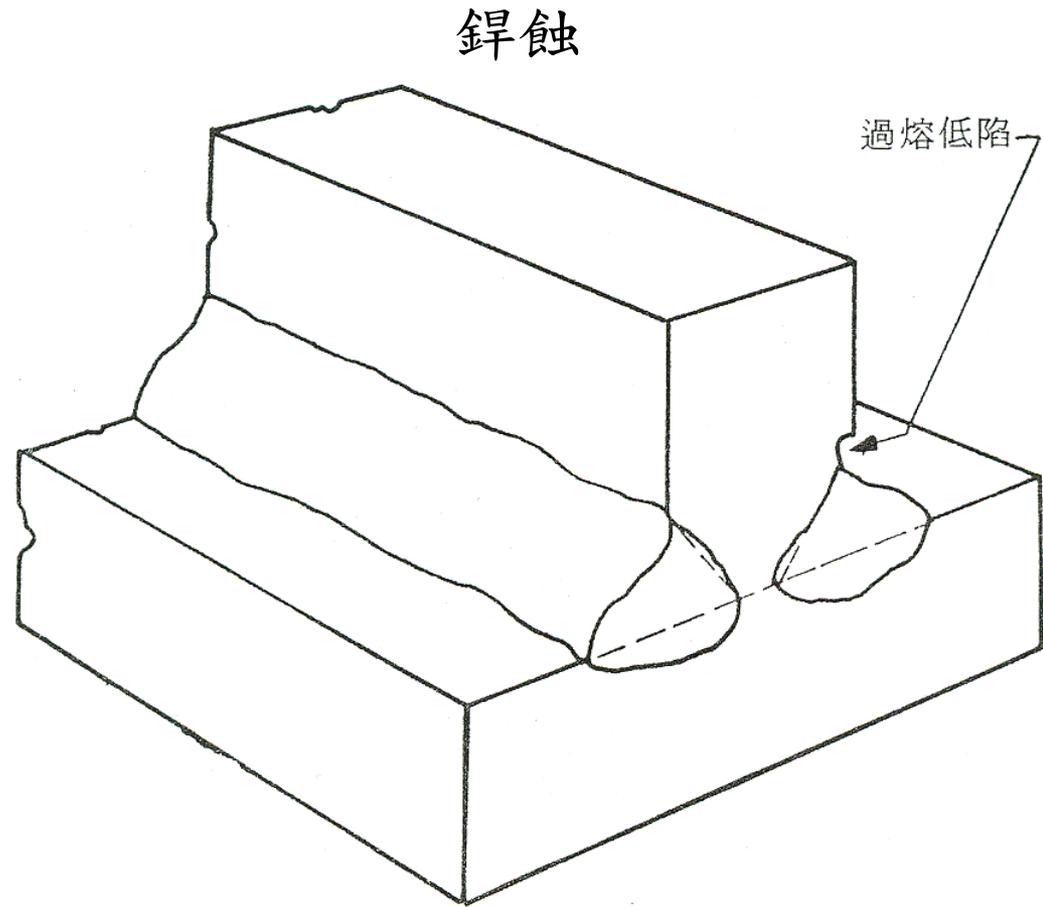
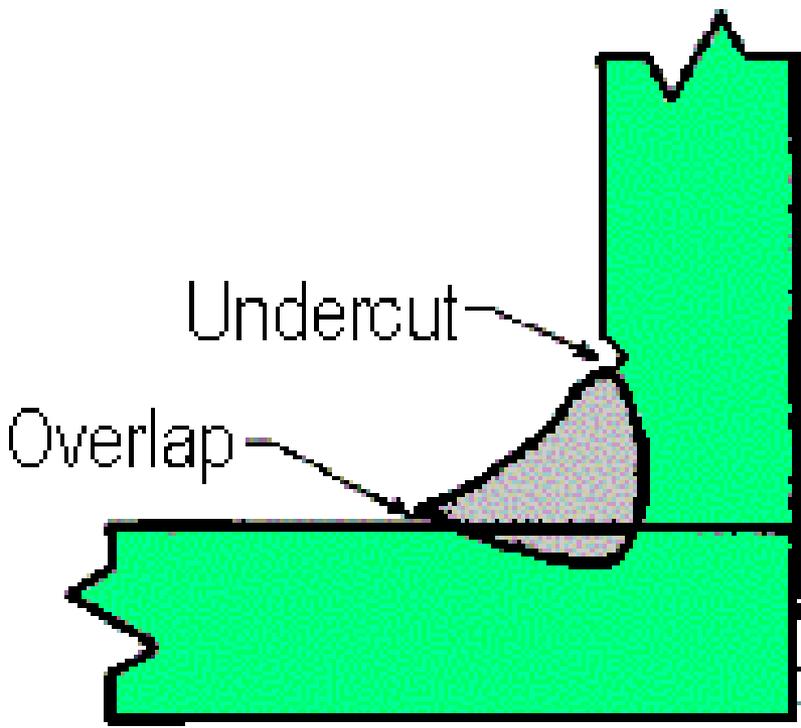
## 銲蝕

銲蝕(Undercut)之形成是由於電弧之力量，造成熔池前端或其邊緣之母材，產生朝下挖掘之鑿削現象。於銲道形成時，由於冷卻條件或金屬熔液流動之不順暢，使得熔融金屬於銲趾部無法順利填滿，而留下溝槽之現象。

1. 導致原因是不當的銲接技術及過量的銲接電流或銲接速度。
2. 使用特定的電極，過量的電流，過度的電弧長度或者很高的銲接速度都可能造成銲蝕或堆疊。
3. 部分電極在特殊情況下即使熟練的銲接技術人員亦無法避免銲蝕或堆疊發生。
4. 雖然弧吹現象也是造成銲蝕或堆疊的因素，但主要是與熔點的位置有關。



# 銲接缺陷－銲蝕(3/6)



# 銲接缺陷

## 氣孔避免及改善

1. 使用潔淨的材料及保養良好的設備，可以很容易地避免氣孔形成。
2. 避免電流過高與電弧過長，因會造成遮蔽金屬電弧銲的還原劑量不足以與熔融金屬內的氣體作用。
3. 當鋼鐵中含有大量硫時，必須使用低氫電極銲接以減少孔隙率。
4. 熱輸入量對於銲接金屬的氣孔產生有很明顯影響，多半與使用的電流及電壓有關，而且經常是在電極製造者所推薦範圍以外產生的。



## 母材金屬的缺陷

- 並非所有的缺陷均出自於銲接條件的不當，有時**母材也會引起許多的問題**。
- 母材的必需條件是由所用之**規格或規範來定義**，母材性質可能無法符合預定必需條件的包括化學成份、清潔性、夾層、條形物、表面狀況(銹皮、油漆、油等)、機械性質、以及尺寸。
- 通常發生在銲接金屬的熱影響區內，銲接熱循環產生的冶金變化，包含**銲接熱影響區的硬度和脆性**亦是引起裂縫的主要因素。

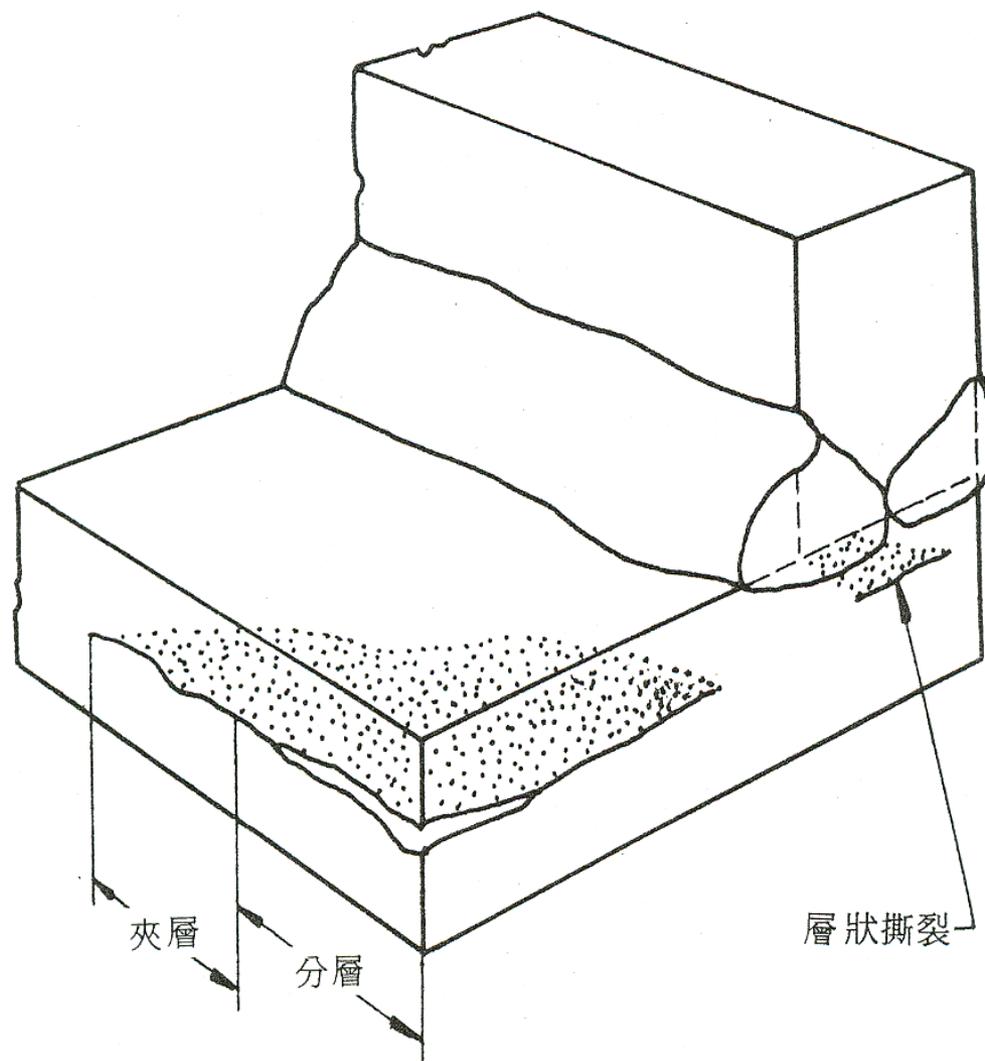


## 母材夾層及分層

1. 通常為**母材不連續的延伸**，出現在**滾壓製品**之厚度中央區域，鑄錠、收縮孔中的氣孔和氣泡，經過壓軋平後由於其壓力不足讓其**鐸和**，將會形成夾層。
2. **夾層在應力作用下分隔開來就產生分層**，而這些應力可能來自於**火焰切割的變形**，**鐸接殘留應力**或是**外加應力**，當夾層延伸至鐸道時，即有強烈的分開趨勢而變成分層
3. 因加工而延伸及產生方向性的**夾渣和細縫**均有可能造成夾層，它們**平行於壓製品表面**，而最常在結構型鋼和板中被發現，因此**金屬若含有夾層**，則**無法可靠地承受通過板厚方向的應力測試**。



# 母材夾層及分層



# 鋼材瑕疵

## 表面缺陷

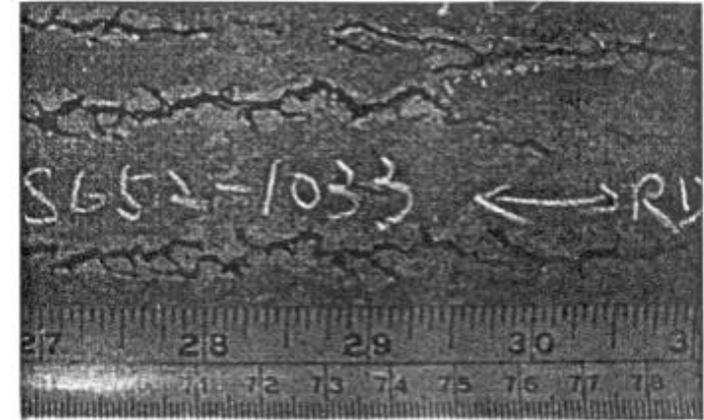
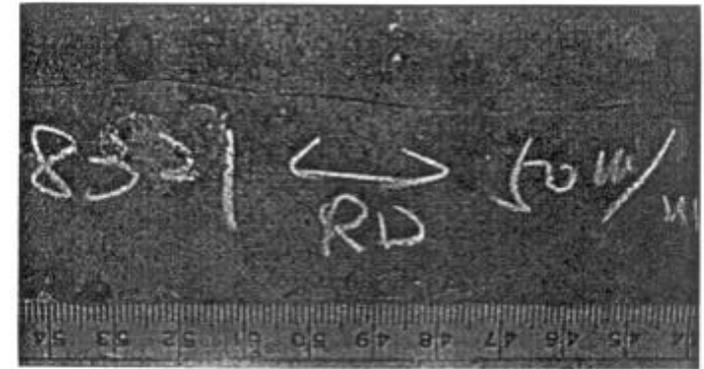
1. 軋入銹皮
2. 表面裂紋
3. 邊緣裂紋

## 內部缺陷

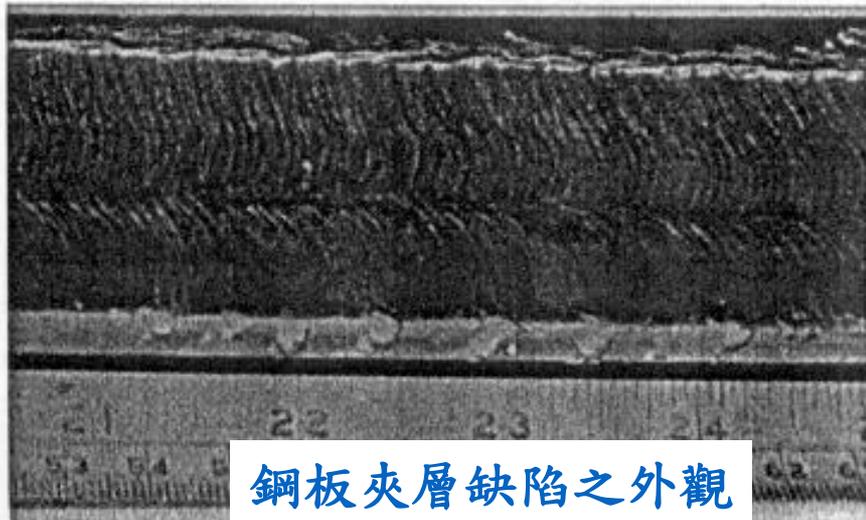
1. 中心線裂
2. 夾層
3. 偏析



鋼板表面軋入銹皮之外觀相片



鋼板表面裂紋之外觀相片



鋼板夾層缺陷之外觀



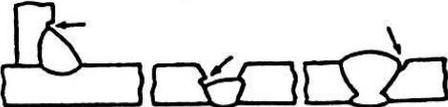
# 銲接缺陷及防治\_降低UT不良率（指銲道內部）

缺陷名稱	發生原因	改善對策
夾渣	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 前層銲渣未完全清除</li> <li>2. 電流太低</li> <li>3. 銲速太慢</li> <li>4. 接頭設計不當</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 徹底清除前層銲渣</li> <li>2. 採用較大電流</li> <li>3. 提高銲接速度</li> <li>4. 選擇適當之電弧長度和操作方法</li> </ol>
氣孔	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 銲接部潮濕</li> <li>2. 銲藥潮濕</li> <li>3. 銲接部不潔</li> <li>4. 風速太大</li> <li>5. 母材含硫量過高</li> <li>6. 織動太快</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 銲接部烘乾（瓦斯）</li> <li>2. 銲藥烘乾保溫</li> <li>3. 清潔銲接部</li> <li>4. 遮護穩定電弧</li> <li>5. 銲前驗板確認含硫量過高做預熱處理</li> <li>6. 銲接織動調適</li> </ol>

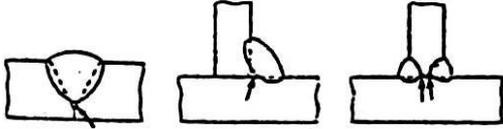
# 附錄



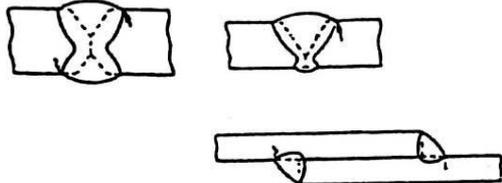
# 銲接缺陷名稱對照表

編號	詞彙	說明	英文(供參考)	日文(供參考)
3724	封銲	以防止洩漏為主要目的所作之銲接，常應用於熱交換器之管對管板之銲接。	Seal Welding	漏れ止め溶接
3725	銲補	為修補工件之缺陷而進行的銲接。	Repair Welding, Welding Repair	補修溶接
3726	多層銲接	將銲珠重疊二層以上之銲接。	Multilayer Welding	多層溶接
<b>3.3.8 銲接瑕疵</b>				
3801	銲蝕	在銲道趾端或根部附近，施銲時被電弧熔融但沒有填入銲接金屬所造成的凹槽。如圖所示。 	Under Cut	アンダカット
3802	搭疊	越過銲道趾端或根部，沒有和母材熔合在一起的多餘銲接金屬。	Overlap	オーバラップ
3803	銀點	類似魚眼狀銀白色瑕疵，主要出現在銲接金屬破壞時的破斷面。	Fish Eye	銀点
3804	夾渣	銲渣殘留在銲接金屬或與母材相溶的熔合區內。	Slag Inclusion	スラグ卷込み
3805	氣孔	在銲接金屬內或表面由氣孔所形成圓形或近乎圓形的中空孔洞。	Blow Hole, Gas Pocket, Porosity, Wormhole	ブローホール

# 銲接缺陷名稱對照表

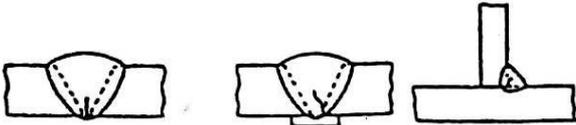
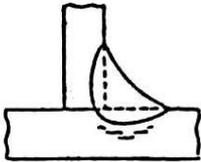
編號	詞彙	說明	英文(供參考)	日文(供參考)
3806	針孔	細長針狀之氣孔。	Pin Hole	ピンホール
3807	麻點	在銲道表面很淺的小坑洞。	Pit, Surface Pore	ピット
3808	夾鎢	銲道起銲處混入熔融的鎢電極，或遮護金屬鎢極銲接時電流過大，使鎢電極過熱熔落且夾雜在銲接金屬內。	Tungsten Inclusion	タングステンの卷込み
3809	燒穿	主要指銲道背面之銲接金屬熔融過量或根部銲道被熔穿之孔洞。	Burn Through	溶落ち
3810	滲透不足	未達預定滲透深度之銲道。如圖所示。 	Lack of Penetration, Incomplete Penetration	溶込み不良
3811	融合不良	銲道與銲道或銲道與母材的界面在銲接完成後融合不完全。	Lack of Fusion, Incomplete Fusion	融合不良
3812	銲接龜裂	發生在銲接金屬或熱影響區的裂紋。	Weld Crack	溶接割れ
3813	縱向裂紋	發生在銲接金屬或熱影響區的裂紋，其延伸方向與銲道軸向接近平行。	Longitudinal Crack	縦割れ
3814	橫向裂紋	發生在銲接金屬或熱影響區的裂紋，其延伸方向與銲道軸向近乎垂直。	Transverse Crack	横割れ

# 銲接缺陷名稱對照表

編號	詞彙	說明	英文(供參考)	日文(供參考)
3815	銲道下龜裂	龜裂發生在熱影響區，通常不延伸至銲件表面。如圖所示。 	Underbead Crack	ビード下割れ
3816	趾裂	發生在銲道趾端的裂紋。如圖所示。 	Toe Crack	止端割れ
3817	熱裂	銲道在凝固溫度範圍或是在此溫度附近的高溫時所產生的龜裂。	Hot Crack	高温割れ
3818	凝固熱裂	銲接後，當銲道溫度下降至常溫附近時所發生的龜裂之總稱。如銲道下龜裂，趾裂等。	Solidification Crack	凝固割れ
3819	冷裂	銲道完全凝固以後所發生的裂紋。	Cold Crack, Delay Crack	低温割れ
3820	再加熱龜裂	熱影響區或銲接金屬因殘留應力及銲後曝露在高溫環境下所產生的沿晶破裂。	Reheat Crack, Stress Relieve Crack	再熱割れ



# 銲接缺陷名稱對照表

編號	詞彙	說明	英文(供參考)	日文(供參考)
3821	根裂	<p>銲道根部因槽縫的存在所發生的應力集中裂紋。如圖所示。</p> 	Root Crack	ルート割れ
3822	銲疤裂	<p>在銲道收尾熔坑處的裂紋。</p>	Crater Crack	クレータ割れ
3823	層狀撕裂	<p>母材內部因銲接所形成的階梯狀裂紋，方向約與軋延面平行，肇因於母材內含有片狀、分散且平行於表面的非金屬夾雜物，母材受到沿厚度方向的銲接收縮拉應力所造成。如圖所示。</p> 	Lamellar Tear	ラメラテア
3824	弧擊	<p>因不當起弧而於母材或銲道表面造成之瑕疵。</p>	Arc Strike, Stray Flash	アークストライク
<h3>3.4 電阻銲接</h3> <h4>3.4.1 銲接方法</h4>				
4101	搭接式電阻銲接	<p>電阻銲接合方式之一種，將欲銲材料之兩側重疊，並加壓通電，如點銲、浮凸銲、縫銲等。</p>	Lap Resistance Welding	重ね抵抗溶接





報告完畢 敬請指導

