

## 材料特性簡介

通常鋼鐵是以碳的含量多寡來作分類，但何以要用碳來作分類的基準，而非矽、錳等其他元素？如果翻閱材料的規格，在許多碳鋼的規格中，矽、錳的含量還高於碳，何以我們要用碳來區分鋼的種類？

因為碳在鐵中主要是以 $\text{Fe}_3\text{C}$ 化合物的形態存在也就是雪明碳鐵（請注意，在這裡，強調的是主要而非全部以 $\text{Fe}_3\text{C}$ 的形態存在）。此化合物是決定碳鋼的機械特性的最主要因素。換句話說，此雪明碳鐵的含量幾乎就決定了碳鋼的硬度與抗拉強度。

在雪明碳鐵中，碳的原子量約是12，而鐵的原子量大約是55.8，三個鐵原子加上一個碳原子 $\approx 179.5$ ，因此碳的重量比約僅有6.68%。換句話說，以重量而言，1個單位重量的碳若全部以雪明碳鐵的形式存在鐵中，將可形成約有15個單位重量的雪明碳鐵。以含碳量0.3%的碳鋼為例，假設裡面的碳全部以雪明碳鐵的形態存在，則該碳鋼中的雪明碳鐵含量約為4.5%。稍微增減C的含量，雪明碳鐵的含量變化是將近十五倍之多。也就是因為這樣的原因，所以只要稍微改變碳的含量，其機械性質就會有很大變化，這是了解碳對鋼材的影響機制十分重要的觀念。

而一般碳鋼含碳量在0.3%以下稱為低碳鋼或軟鋼；0.3~0.5%稱中碳鋼；0.5%以上稱高碳鋼。

由於銲接熱影響區的硬化是銲接性劣化的要因，而鋼材的銲接性與含碳量有關，同時與錳、矽及其他元素之含量也有關，因此把合金元素對鋼的硬化影響度與碳做比較，換算成碳當量，因此我們可以根據碳當量來判斷銲接性之優劣及施行預熱與銲道間溫度之控制。

碳當量算式如下：

$$\text{碳當量 } C_{eq} = C + \text{Mn}/6 + \text{Si}/24 + \text{Ni}/40 + \text{Cr}/5 + \text{Mo}/4 + \text{V}/14 (\%)$$

C<sub>eq</sub>、C、Mn、Si、Ni、Cr、Mo、V 為重量百分比

如果碳當量在0.4%以下，HV<350時，不易發生銲裂；超過這個範圍，就必須進行預熱。（碳當量(C<sub>eq</sub>)越大越容易硬化，也越容易發生冷裂）。

若根據 IIW（國際銲接學會）規格，也可以採用下列算式：  
 $C_{eq} = C + \text{Mn}/6 + 1/5(\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}) + 1/15(\text{Ni} + \text{Cu}) (\%)$

碳當量與銲接熱影響區的最高硬度的關係如下：  
 最高硬度  $HV_{max} = 1200 \times C_{eq} - 200$

## 軟鋼及高張力鋼用

### 材料特性簡介

熱影響區最高硬度與預熱、後熱的關係

最高硬度 Hmax (HV)	預熱與後熱
200以下	不需要
200~250	如果可以，最好實施
250~325	150°C 以上的預熱，後熱650°C
325以上	250°C 以上的預熱及銲後650°C 的後熱或者完全退火熱處理

註：適度的預熱及後熱可有效防止因熱影響的硬化造成冷裂。

上述資料旨在說明碳當量對銲接的重要影響。實際施工時的預熱及後熱還需要考慮工件的大小板厚等予以調整。

#### 預熱與銲道間溫度控制：

- 一般常見結構用鋼為低碳鋼，在AWS D1.1（鋼結構銲接法規）之表 3.2說明預熱及銲道間溫度與銲接方法及板厚有關。
- 碳當量在0.4%以下時，銲接性優良，在0.4%至0.5%之間時較為困難，在0.5%以上相當困難。
- 中碳鋼碳當量約在 0.45%~0.60%間時，且母材的厚度過厚、形狀過於複雜時，銲後之銲道容易造成高應力，引起銲後龜裂。建議預熱溫度在250°C，銲後650°C 的後熱或者完全退火熱處理。
- 中、高碳鋼的銲接宜依銲件大小、熱處理規定及適用銲材選擇做個案處理。

母材很可能有含磷、硫成份偏高的變異情形，易發生銲接高溫龜裂，最好銲前先核對材質證明，再採行適當的銲接對策。

選擇適當開槽角度及根部間隙，可避免造成滲透不足、拘束力過大或龜裂等其他缺陷。