

問：310H所製造的耐熱管路，在使用被覆銲條E310-16時，常會遇到一些龜裂的問題。近來在較厚 1/2 及 5/8in的 310H 管路改用SAW 搭配 1/16in的ER 310 銲線用於銲接打底及填角焊用。

在SAW 銲接過程中發生了中間銲道龜裂情形。於是降低了送線速度及電壓。設法銲接出較凸形狀銲道，盼能解決龜裂的問題。並且於打底銲道上，再補銲上兩層銲道。取代之之前只銲一道之步驟。焊接後以染色探傷法判定銲道表面情形。

以前使用手銲條偶而發現線狀排列的小孔，但使用SAW時這些氣孔發生的頻率更高，通常發生在銲道中心線位置。起初認為這是由於潮濕的Flux所引起，於是將Flux烘烤 300°C並於 100°C左右時取出，開始進行銲接。但最終並無幫助。

請問這種線狀排列的氣孔如何生成？以及如何發生？

答：此處所發現的線狀氣孔，並非氣孔而是裂紋。這種裂紋甚為細小，通常起源於銲道熱裂，並沿著銲道金屬內部裂開。尤其是在銲道上方施焊時，產生再加(受)熱作用。

根據這些描述，這些氣孔出現在銲道的中心線位置，根據研判應是發生在補焊的第一道焊道上，垂直於第二道補焊的趾端附近。此處 310H 的銲接步驟是否正確？由於並未發現或述及收尾熔池的裂紋。主要的原因是出現在填料金屬上。ER 310 是全奧斯田鐵不鏽鋼組織，此金相對於銲道中心線及收尾熔池極易產生裂紋，且十分敏感。其敏感程度，大致上取決於填料金屬中磷及硫含量。這在AWS 5.9 規範中，特別規定ER 310 之P及S含量需低於 0.03% 以下，且磷加硫不可逾 0.06% 有關。

一般來說，硫的降低可經由軋鋼的過程中降低至 0.01% 以下，但此方法不見得可降低磷含量。因此商業使用上，磷大都處於上限，曾有研究者在研究GTAW 奧斯田鐵 308 不鏽鋼的報告中發現，磷較硫更易在融熔中增加熱裂傾向。但硫含量高時，當銲道金屬再度受熱時也就更容易發生龜裂。當然 308 不盡然與 310 相同。但在一般試驗中，一旦磷加硫達到 0.03% 時，在 310 不鏽鋼銲道上就會出現收尾熔池或熔融區晶界的裂紋。在SAW 中，填料金屬不單是造成磷及硫含量高的原因，還包含了Flux亦會帶進磷及硫含量。因此，建議應仔細檢查Flux及Wire中的磷及硫的含量。一般可以從供應商那裡得到材証報告，其中詳列磷及硫的含量。但大多數供應商都會提供合格數據，以符合銷售需求。所以當磷在報告中數據是 0.02% 時，其上下限有可能是 0.015% ~ 0.025%。而硫為 0.01% 時，其誤差值則可能為 0.06% ~ 0.014%。兩者上下限互加，其磷加硫值誤差可能達到 0.021% ~ 0.039%。這使得出現裂紋的機會大增。

測試 3 組磷及硫數據不同的銲線，以便比對Flux可能過渡到銲道中磷加硫含量。然後比較前述磷加硫小於 0.03% 的規定。所得數據可判定是來自Wire或Flux所帶入的磷及硫。建議與供應ER 310 的廠商取得較低磷、硫的ER 310 以及搭配適當的Flux，以產出磷加硫 < 0.03%。假如Flux是主要原因，那麼應該設法尋找不會帶入高磷及硫的新Flux。一般鹼度或鹽基度愈高的Flux是較佳的選擇。