

# チタンの溶接

## 1. 特性

最近チタンは急速にその需要を伸ばしており、板( plate )、薄板( sheet )、鍛造品( forgings )、押出品( extrusion )、配管用管( pipe )、熱交換機用管( tube )など、すべての形で供給でき、化工機( chemical )、海洋( marine )、車両( vehicle )、航空機( aviation )宇宙航空( space )、防衛( defence armies )などに広く使用されるまでに至った。

いうまでもなく、軽く、強く( 対重量強度比が高い )、耐食性に優れるなど高品質特性によるためといえる。

## 2. 他元素の影響

チタンは機械加工された直後でも室温で薄い酸化皮膜ができ( Al、Mg と同じ ) そのために強酸化性酸( 硝酸 ) などの耐食性に優れるといわれている。

純チタンは柔らかく延性に富んでいるが、( 抗張力 約 200 N/mm<sup>2</sup> ) 高温で窒素や酸素と反応して、著しく強度をあげて脆くなりやすい。

炭素によっても強度は上がるが、その程度は少ない。

水素の影響は最も大きいと考えられている。

そのほか、意図的に添加する Al、V、Sn、Cr などにより対重量強度比はさらに上昇し、250℃ までの高温にも耐えるチタン合金も製造されるようになった。

## 3. 結晶構造

チタンには2つの結晶構造があり、常温から約 860℃ までは稠密六方晶( hexagonal close-packed HCP ) でそれ以上の温度では体心立方晶( body-centered cubic BCC )に変体する。

いわゆる $\alpha \rightarrow \beta$ 変体で、この $\beta$ の存在が熱間加工性を高めている。

純チタンは柔らかいので強度を上げるために、TP270 で0.15%までの酸素を許容しているが、特に高温では激しく酸化して脆くなりやすいチタンに TP270で1500 ppm、TP340で2000 ppm の酸素を許しても溶接ができるのは、ひとえにこの $\beta$ の存在によると言える。

## 4. 溶接材料

チタンは常温で密度の高い靱性を有している反面 HCP であるため引張り強さや Notch toughness などに方向性を生じる欠点がある。

これがために断面積の小さい線の冷間引抜き加工が非常に難しくなっている。

1つの方法として、大気鏡鈍をして表面に酸化皮膜（ $\text{TiO}_2$ は滑性がある）をつけて、仕上げ寸法まで鈍しながら冷間引抜き加工を繰り返す、最後に酸化皮膜を除去することが考えられるが、この場合酸化皮膜が厚いので長時間酸洗いしないと黒い皮膜が除去されず、たとえスケールが除去されても線中の水素量が多くなり（酸から入る）そのまま溶接に使用すると、Weld Metal の衝撃値が著しく低下する。

通常、酸洗いの代わりにセンターレス研磨が行われているが、砥石の粉が多量に研磨肌にめり込み、そのまま溶接すると Weld Metal の延性が損なわれる。

## 5. 溶接方法

清浄度の高いチタン溶接線ができたとしても、既に線には 1000 ppm 近い酸素が含まれており、そのまま溶接しても Weld Metal の引張り強さは 270 N/mm<sup>2</sup> 以上の規格に対して 400 N/mm<sup>2</sup> 以上となり Weld Metal 中の酸素量が線の酸素量以下にならない限りそれを下まわることではなく、その分延性が低くなる。( JIS 酸素%: YTB270 < 0.10 YTB340 < 0.15 )

少しでも Weld Metal 中の酸素量を低く抑えて、その延性や靱性を確保するために、AfterShield が必要になってくる。

ビード外観が銀色の金属光沢をもつように溶接ができれば、ほぼ完全な溶接といえる。