

チタン溶接部の DUCTILITY について

Four Nine の純度のチタンは引張強さは、200～250 N/mm²で伸び率は40%以上ありますが、対重量強度比を炭素鋼並みにあるいはそれ以上に するために、実際には酸素を添加しております。

必然的に市販チタン材は延性低下を起こしております。

一般に純チタン材と呼ばれるものには1～4種まで作られており、化学成分と機械的特性は次のとおりです。

(1) チタン板材の機械的特性と化学成分 (JIS H4600-93 チタン板及び条)

種類	記号	引張強さ N/mm ²	耐力 N/mm ²	伸び (%)	化学成分 (%) max.				
					H	O	N	Fe	Ti
1種	TP27 0	270～410	165min.	27min.	0.0 13	0.1 5	0.0 5	0.2 0	Re m.
2種	TP34 0	340～510	215min.	23min.	0.0 13	0.2 0	0.0 5	0.2 5	Re m.
3種	TP48 0	480～620	345min.	18min.	0.0 13	0.3 0	0.0 7	0.3 0	Re m.
4種	TP55 0	550～750	485min.	15min.	0.0 13	0.4 0	0.0 7	0.5 0	Re m.

(2) チタン溶接棒の化学成分(JIS Z3331-88 チタン及びチタン合金イナートガスアーク溶接棒及びワイヤ) (純チタンのみ)

種類	記号		化学成分 (%) max.				
	溶接棒	ワイヤ	H	O	N	Fe	Ti
1種	YTB28	YTW28	0.008	0.10	0.02	0.20	Rem.
2種	YTB35	YTW35	0.008	0.15	0.02	0.20	Rem.
3種	YTB49	YTW49	0.008	0.25	0.02	0.30	Rem.

上記の表に示すように一般の金属の圧延材では考えられない量の酸素の添加が許容されています。
(溶接棒で2,500ppm max., 圧延材で3,000ppm 3種)

チタンは常温から約800℃までは、稠密六方晶 (HCP)、800～880℃では HCP+BCC 約880℃以上では体心立方晶 (BCC) を形成しておりますが、この BCC の存在がこのように多量の酸素が含まれるにもかかわらず溶接を可能にしています。

BCC は、高温で延性に富みチタンの凝固から冷却過程において収縮応力を緩和してくれるためと考えられております。

しかし酸素量が多くなるにつれて、延性が失われることも事実で、さらに微量でも水素が混入した場合は著しく脆くなります。

従ってシールドガスのアルゴンの Due Point は、 -60°C 以下であることが絶対必要といわれております。Due Point がそれ以上の温度の時は、Moisture に含まれる水素が溶接中チタンと反応して、Titan Hydride (TiH) を Matrix に析出して Matrix の 硬度を高めたり、また Weld Metal 中に含まれる酸素と反応して H_2O のバブルを発生させ微細な気泡を形成して、Weld Metal は著しく脆くなり、継手部の 2TR の曲げ試験で破断してしまいます。

化学成分の同じチタンで、水素だけ 20ppm と 60ppm の違いがある Deposited Metal の衝撃試験を行った場合 20ppm の試験片に比べ、60ppm の試験片の衝撃値は約1/4となります。

従って、水素には十分な注意を払わなければならないはずですが、市販のチタンの溶接棒は、酸洗品が主流となっております。

これはチタンの溶接棒の製造過程に問題があります。

チタンを伸線する時 Atmospheric Annealing を施して酸化チタンの皮膜をつくりますが、この皮膜に滑性があり容易に伸線することができ、最終サイズ近くなったとき、その酸化皮膜の除去方法が問題となります。

フッ酸と硝酸の混合液で処理しますと酸化皮膜は除去できますが、混酸より溶接棒に水素が混入する危険があります。

実際、酸洗品と非酸洗品でそれぞれチタンの板に Overlay して機械仕上げして、曲げ試験をすると酸洗した溶接棒で溶接した方の曲げ 試験片の曲げ面に PT をした場合に無数の Indication が見られます。

非酸洗品では、Indication は全く見られません。

弊社では、チタンの溶接線を製造するとき酸化皮膜をつけませんし、酸洗いも行わずに完成させております。