

チタンのパルスMIG溶接の研究、第2報  
—溶接部の機械的性質について—株式会社 ダイヘン  
大同特殊鋼株式会社  
株式会社 本田技術研究所  
大阪大学接合科学研究所西川 和一  
近藤 穆  
伊藤 龍太  
牛尾 誠夫上山 智之  
永田 雅  
横田 武平  
中田 一博

○大縄 登史男

Study of MIG Welding for Titanium (Report 2)  
—Mechanical Properties of Weld Joint—By Waichi Nishikawa, Tomoyuki Ueyama, Toshio Ohnawa, Atsushi Kondo, Masaru Nagata,  
Ryuuta Itoh, Buhei Yokota, Masao Ushio and Kazuhiro Nakata.

**1.緒言** 前報にて、MIG溶接法によるチタン薄板溶接のアーカ現象と溶滴移行について報告した。その結論は、シールドガスとして純アルゴンに微量の酸素等の酸化性ガスを加えた場合に、アーカが安定し、蛇行の無いビード形成が得られるということであった。しかし、チタンは高温で酸化性ガスと非常に反応し易い性質を持ち、それによって、溶接部の着色や延性低下といった問題を生じる。本報では、酸化性ガスをシールドガスに添加して MIG 溶接を行ったチタン溶接部の組織、機械的性質に検討を加え、薄板チタンの MIG 溶接法の可能性について考察する。

**2.実験方法** 厚さ 2mm の JIS1 種チタン板に突き合わせ溶接を行った。その際のシールドガスは、純アルゴンとそれに 1%から 5%まで酸素を添加したものである。これらのシールドガスによる溶接金属の化学成分を分析した。また、引張り試験を行い、溶接部の硬度分布を調べた。なお、引張り試験には、余盛りを削り取った溶接試片を用いた。

**3.実験結果と考察** Fig.1 に化学分析結果を示す。また、Table1 に実験に用いた母材とワイヤの化学成分と JIS H 4600 が定めるチタン板の化学成分を示す。Fig.1から、シールドガスの酸素濃度の増加に従い溶接金属中の酸素濃度が増加するが、窒素濃度はほとんど変化しない。従ってシールドは良好である。Fig.1と Table1より、シールドガス中の  $O_2$  濃度が 2%以下であれば、溶接金属はチタン 1 種のレベルに収まることが分かった。

Fig.2 に溶接部の引張り試験による引張り強さと、伸びを示す。引張り試験には 2 つの試片を用い、Fig.2 中にプロットした点はそれらの平均値である。WES 7102 によれば、溶接継手の引張り強さは母材と同等でなければならないとされている。JIS H 4600 が定める 1 種チタン板の引張り強さは 270~410Mpa であり、伸びは 27%以上である。引張り試験の結果より、シールドガスの酸素濃度が 2%以下であれば、Ti-MIG 溶接部は引張り試験における WES 7102 の要求を満たしていることが分かった。

Fig.3 に引張り試験後の破断面の SEM 写真を示す。溶接試片の破断箇所はいずれの場合においてもボンド部である。シールドガスが純 Ar の場合は、破断面上部(母材表面側)、下部ともに延性破面に通常見られるディンプル破面である。しかし、シールドガスが  $Ar+5\%O_2$  の場合は、破断面下部はディンプル破面であるが、酸化性ガスと接触する母材表面側の破断面上部はディンプル破面では無く、粗粒な脆性破面である。

Fig.4、Fig.5 に溶接部のビッカース硬度分布を示す。Fig.4 は板厚中央のボンド部を原点とし、溶接部横断面の横方向の硬度分布である。Fig.5 はボンド部から母材側 0.5mm のところを表面から深さ方向への硬度分布である。WES 7102 によれば、ビッカース硬さで溶接部の硬さが母材のそれよりも 40 を越えない範囲であれば健全な溶接部とみなすことができる。Fig.4 において溶接金属の硬さは、シールドガス中の  $O_2$  濃度が 1%でも約 160 Hv に増加しており、WES 7102 の基準を満たさない。さらに、Fig.5 において、熱影響部の表面近傍が非常に硬化していることが確認できる。これは、溶接中に高温に熱せられた母材に酸素が触れたため、酸素が侵入固溶し熱影響部が硬化したものと考えられる。

**4.結論** シールドガスに酸素を添加したチタン薄板の MIG 溶接部の機械的性質について以上の検討を行った。得られた知見を以下にまとめる。

- ① シールドガスの酸素濃度が増加すると溶接金属中の酸素濃度も増加するが、シールドガスの酸素濃度が 2%以内であれば溶接金属は JIS H 4600 のチタン 1 種レベルである。
- ② 引張り試験の結果、シールドガス中の酸素濃度が 2%以下であれば、伸びと引張り強度は WES 7102 の基準を満たすが、その破断面には、脆性破面がシールドガスと接触する母材表面側に現れる。
- ③ ビッカース硬度分布測定の結果、溶接金属と熱影響部表層に硬化が見られ WES 7102 の基準を満たさない。
- ④ シールドガスへの酸化性ガスの添加はビード形状を改善するが、溶接部が硬化する問題がある。

Table 1 Chemical composition of materials used and JIS

Elements	Base metal	Wire	JIS 1 <sup>st</sup> grade	JIS 2 <sup>nd</sup> grade	JIS 3 <sup>rd</sup> grade
Oxygen (%)	0.053	0.09	0.15 $\geq$	0.20 $\geq$	0.30 $\geq$
Nitrogen (%)	0.005	0.01	0.05 $\geq$	0.05 $\geq$	0.07 $\geq$

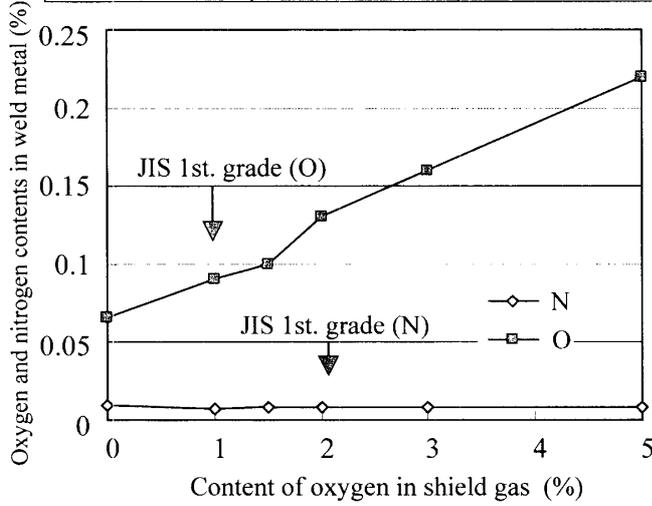


Fig.1 Chemical composition of weld metal

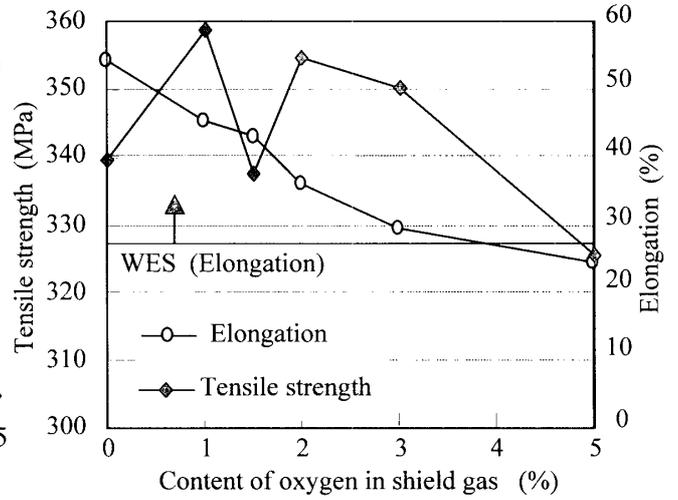


Fig.2 Results of tensile test

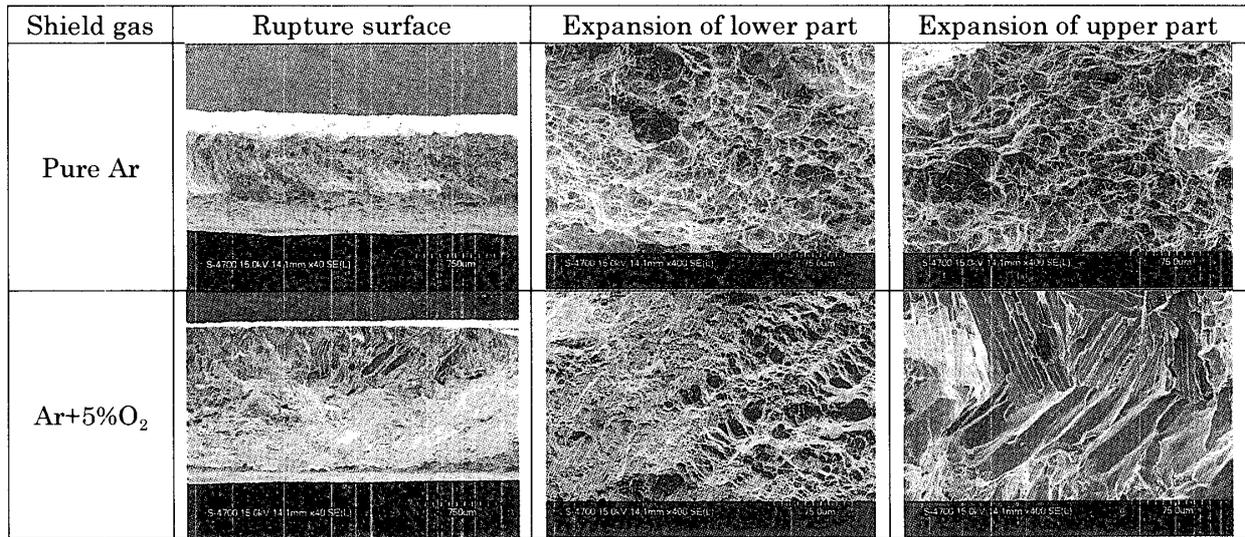


Fig.3 SEM images of rupture surface

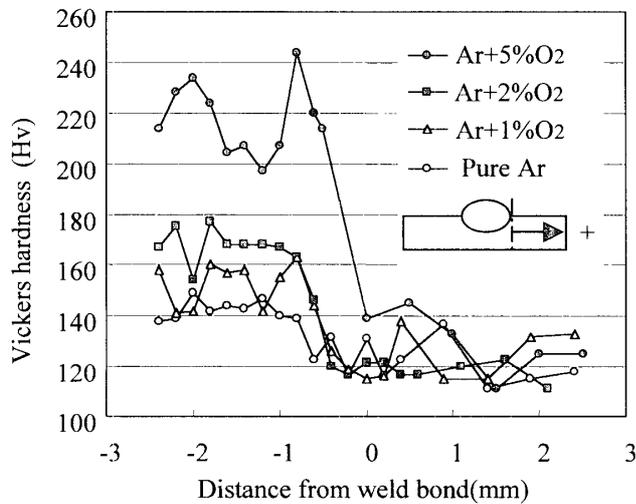


Fig.4 Hardness distribution (lateral)

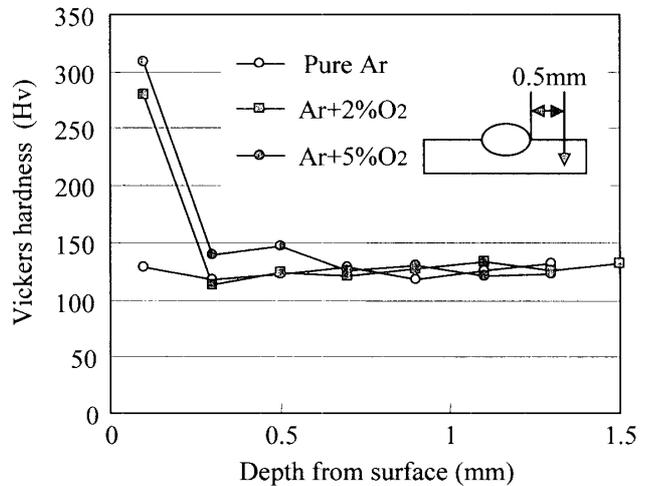


Fig.5 Hardness distribution (vertical)