

チタン

TITANIUM JAPAN

July 2020

Vol.68 No.3

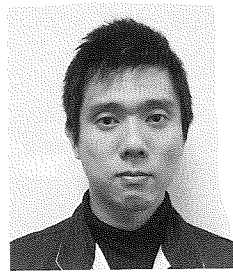
目次

〈挨拶〉〈紹介〉	
会長就任のご挨拶	柴田耕一朗 … 1
ラグジュアリーモダンブランドとしてのチタン製品の拡大	徳田万里江 … 2
二九精密機械工業が提供するチタン合金小径パイプ	大田 智之 … 4
ロシアのチタン産業の現状	渡邊光太郎 … 8
〈報告〉〈解説〉	
チタン製インプラントの冷間鍛造成型	岡室 養子 … 12
チタンの究極の脱酸手法～希土類オキシハライドを利用する新技術～	飯塚 昭博, 大内 隆成, 岡部 徹 … 16
チタン・チタン合金のアノード酸化による TiO ₂ ナノチューブ形成	土谷 博昭 … 22
〈研究報告〉	
粗大結晶粒から成る Ti ₃ Al 金属間化合物の高温変形	伊藤 勉, 福井 貴大, 御手洗容子 … 29
チタン合金の逐次プレス成形法の開発と肉厚制御	奥出 裕亮, 岩岡 拓, 中村 勲, 片桐 嵩 … 36
レーザー照射によるチタン合金表面への炭窒化及び硬化肉盛	山口 富子 … 42
チタン合金積層造形体の内部空孔形成に及ぼす TiC ヘテロ凝固核粒子の影響	渡辺 義見, 佐藤 尚, 佐藤 直子, 中野 禅, 鈴木 進補 … 46
〈展示会情報〉	
2020年賛助会員部会西日本支部新年交流会報告	西宗 直朗 … 54
〈事務局からの案内〉	
2019年度事業報告および2020年度事業計画	56
文献抄録	62
2020年3月～5月中の主なニュース	68
金属チタン統計	70
スポンジチタンの生産量と出荷量の2019年月別推移・展伸材の出荷量の2019年月別推移	72
委員会報告	73
チタンに関する催物紹介	74
〈編集後記〉	石丸 誠 … 75



二九精密機械工業が提供するチタン合金小径パイプ

大田 智之*



OTA, Tomoyuki* Titanium Alloy Pipes of FUTA-Q, Ltd.

FUTA-Q, Ltd. developed β -titanium alloy pipes in 2010 for the first time. β -titanium alloy pipes have higher yield strength and lower Young's modulus comparing with SUS316. Therefore, they are superior to other metals in elastic recovery quantity. By utilizing this characteristic, it is possible to diminish the risk of damage to the nozzles used for analytical instruments.

In recent years, FUTA-Q, Ltd. has also made efforts in developing Ti-6Al-4V ELI pipes and succeeded in producing the pipes having O.D. of 2.8 mm and I.D. of 1.6 mm.

1. はじめに

β チタン合金は、古くは1950年代にTi-13V-11Cr-3Al, Ti-1Al-8V-5Feなどが開発されたが、あまり工業的に使用されることはなく、ゴルフクラブ、眼鏡フレーム、生体材などに多用され始めたのはここ20年くらいである¹⁾。当社では2010年に世界で初めて β チタン合金(Ti-22V-4Al)の小径パイプ開発に成功し、以降10年近く β チタン小径パイプ(Fig. 1)を世に提供してきた。

β チタン合金は、その軽さや、硝酸や塩化物イオンに対する良好な耐食性²⁾、生体適合性などが注目されがちであるが、他にも優秀な特性を有している。筆者も当社へ入社以来、5年ほど β チタン小径パイプに関わって仕事をしてきたが、いまだに β チタン合金のもつ高いポテンシャルに驚かされることも多い。本報では、当社が提供する β チタン小径パイプの特性について紹介するとともに、当社で開発に力を入れているTi-6Al-4V合金パイプについても紹介する。

2. β チタン小径パイプの機械特性

β チタン合金は β 単相域から急冷する熱処理(溶体化処理)を行うことで、本来高温相である β 相を100%残留させることが可能な合金である。しかしながら、 β チタン合金の多くは、準安定 β チタン合金に分類され、室温での平衡相は $\alpha+\beta$ 相である。そのため、 β 変態点以下の $\alpha+\beta$ 域において一定時間保持されると α 相が発

生し、 $\alpha+\beta$ 相になる。この性質を利用して、 $\alpha+\beta$ 域にて時効処理を行うことで、サブミクロな α 相が析出し、高強度が得られる。

Fig. 2に引張試験で得られた当社 β チタン小径パイプの応力-ひずみ線図を示す。図には溶体化処理材および時効処理材の応力-ひずみ線図を示しているが、時効処理材の引張強さが約1400 MPaであり、非常に高い強度を有している。またTable 1に当社 β チタン小径パイプの機械特性を示す。表には、ヤング率、耐力、引張強さおよび伸びを示しており、また比較のために一般的によく使用されるオーステナイト系ステンレス鋼(SUS316、溶体化処理材)の機械特性も示している。表から、SUS316と比べて β チタンは耐力が高く、溶体化処理材ではおよそ2.8倍、時効処理材では4.5倍であり、非常に高強度であることがわかる。

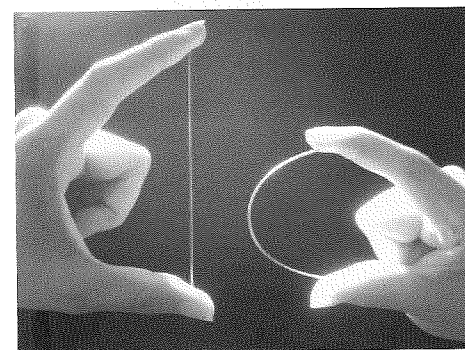


Fig. 1 β -Titanium Alloy Pipe of FUTA-Q, Ltd.

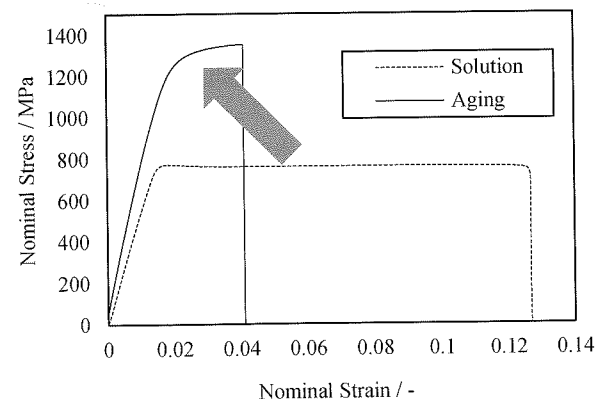


Fig. 2 Stress-Strain Curve of β -Titanium Pipe.

* 二九精密機械工業(株) 京都工場・R & Dセンター
開発課係長
〒601-8392 京都府京都市南区吉祥院内河原町20-1
Subsection chief, Development div., Kyoto Factory/R&D
Center, FUTAKU Precision Machinery Industry Corporation.
20-1, Kishoin-Uchigawara-cho, Minami-ku, Kyoto 601-
8392

また、ヤング率に注目すると β チタンは80 GPa以下であり、SUS316と比べて非常に低いことが特徴として挙げられる。 β チタン合金は低ヤング率かつ高耐力であり、これは弾性変形時の形状回復量に富むことを表している。

Fig. 3に耐力/ヤング率の比較を示す。耐力をヤング率で除することによって弾性限におけるひずみ量を簡易的に表現しており、この値が大きいほど弾性回復量に優れている。図をみると β チタン時効処理材が一番弾性回復に優れていることがわかる。Table 1をみると β チタン合金は時効処理によってヤング率が若干高くなるが、それ以上に耐力が増加するため、結果として弾性回復量が向上する。

3. β チタン小径パイプの利用例

先に述べたように β チタン小径パイプは弾性回復に優れるが、その特性を活かすことで、強制変位がかかってしまったときの破損リスク低減につなげることができる。その一例として、血球計測等の分析装置に取り付けられるノズルを紹介する。分析においては、小径パイプ

3. β チタン小径パイプの利用例

からなるノズルと呼ばれる部品を介して検体の吸引・試薬の吐出が行われる。このとき、部品の設置の不具合等が原因でノズル部品がFig. 4のように意図しない衝突を起こすことがありうる。分析装置の多くは小型電動機により駆動しており、不意の衝突時には設計荷重に関係なく強制的に変位を与えようとする。このような強制変位がかけられる場面では、弾性限界応力(耐力)だけではなく、弾性限界ひずみ(耐力/ヤング率)も考慮に入れて設計することが望ましい。Fig. 5にFig. 4の衝突を模擬した実験後の様子を示す。SUS316小径パイプでは曲がりが発生してしまう状況でも、 β チタン小径パイプは曲がりが発生していないことがわかる。

4. Ti-6Al-4V 合金パイプ

Ti-6Al-4Vはチタン合金のなかで最もポピュラーな材料である。しかしながら、Ti-6Al-4Vは室温では $\alpha+\beta$ 相であり、室温でも β 相である β チタン合金に比べてはるかに冷間加工性に劣る。Ti-6Al-4Vを用いた製品の多くは切削や熱間加工によってつくられる。チタンやステンレス鋼の小径パイプは分析や医療用途で使われることが多く、それらは内外径の厳密な寸法精度が求められる。熱間加工では高精度な小径パイプをつくることは難しく、これまでTi-6Al-4Vの小径パイプはつくることができないと言われていた。

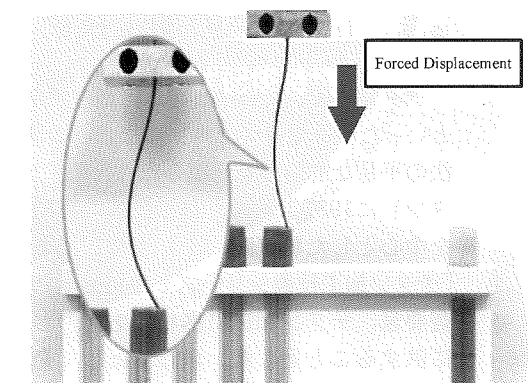


Fig. 4 Collision of Nozzle.

Table 1 Mechanical Property of β -Titanium Pipe.

	Young's Modulus [GPa]	Yield Strength [MPa]	Tensile Strength [MPa]	Elongation [%]
β -Titanium (Solution)	56.1	758	771	12.7
β -Titanium (Aging)	74.0	1188	1351	4.1
SUS316 (Solution)	192	266	635	57.8

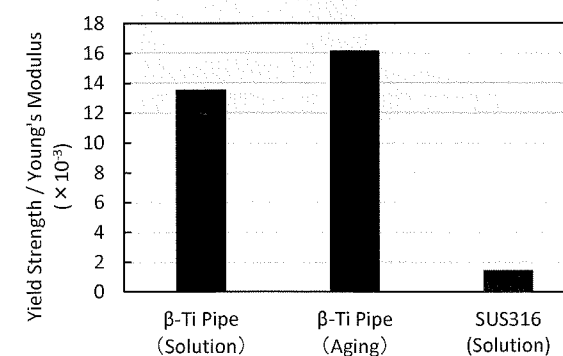


Fig. 3 Yield Strength/Young's Modulus.

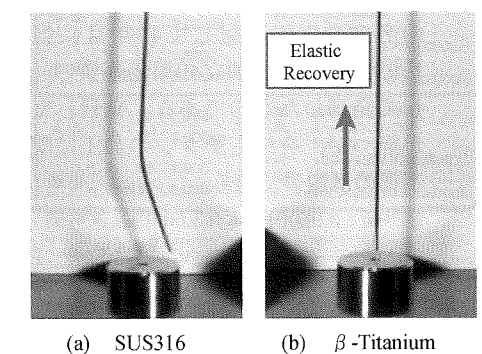


Fig. 5 Nozzles' Elastic Recovery After Collision.

当社でもこれまでに幾度か Ti-6Al-4V の小径パイプ化にチャレンジしてきたが、その低い冷間加工性が災いして失敗に終わってきた。しかしながら、当社では Ti-6Al-4V の小径パイプ化を諦めることなく、積極的に設備投資を行い、Ti-6Al-4V のパイプ製造に成功した。Fig. 6 に Ti-6Al-4V のパイプを示す。これは外径 $\phi 2.8$ mm であり、小径パイプと呼ぶにはまだまだサイズが大

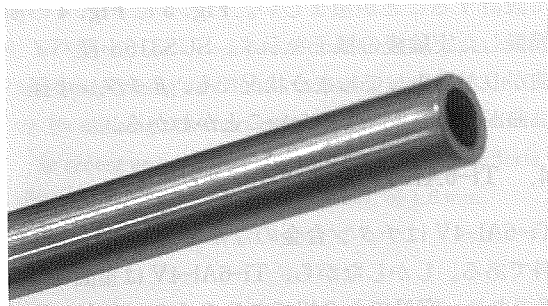


Fig. 6 Ti-6Al-4V ELI Pipe (OD $\phi 2.8 \times$ ID $\phi 1.6 \times$ L300).

きいが、今後も開発を進め、さらに小径化に取り組んでいく予定である。

5. おわりに

当社の β -Ti 小径パイプは準安定型 β チタン合金であるため、時効処理によってより高強度を得ることができる。それと同時に弾性回復にも優れており、不意に強制変位がかかりうる場面では、 β -Ti パイプを使用することで破損リスクを低減することが可能である。Ti-6Al-4V パイプはまだ開発途上であるが、さらなる小径化を目指す予定である。

参考文献

- 1) 日本塑性加工学会：チタンの基礎と加工，コロナ社，(2008) 45.
- 2) 日本チタン協会：チタンの加工技術，日刊工業新聞社，(1992) 19.

紹介

「チタンの加工技術」 編集委員 故西村 孝

チタンを使いたいけれど加工がむずかしい、どのように取り扱ったらよいかわからないといった悩みを持つチタンになじみの薄い需要家、加工業者の方々向けに、チタンの加工法の平易な解説書が切望されたため、当協会機関誌「チタニウム・ジルコニウム」(現チタン)に1987年以来、加工技術の専門家を中心とした執筆陣により連載してきた「チタン加工技術シリーズ」を再編集し、需要家、チタン加工に携わる方々の参考に供することとした。単行本として発刊するにあたっては、全編を改めて再編集した。

日本チタン協会が“チタニウム懇話会”の名のもとに発足して40年目に当たる1992年に、協会創立40周年事業の一つとして発刊したものである。発刊して27年が経つが、今でもチタンの加工に関する不朽の解説書である。

定 価：3,960円(本体3,600円)送料別 会員割引あり、A4版，244ページ

申込先：一般社団法人日本チタン協会 Fax：03-3293-6187 E-mail：info@titan-japan.com

