

民生用商品部材へのチタン材料の適用と課題

Application of Titanium to Consumer Goods, such as Glasses Frames and Vacuum Bottles

地 野 茂^{*(1)} 今 林 格^{*(2)} 塚 原 靖 夫^{*(3)} 水 永 正 雄^{*(4)}
Shigeru CHINO Itaru IMABAYASHI Yasuo TSUKAHARA Masao MIZUNAGA
 西 田 祚 章^{*(5)} 入 江 暢 泰^{*(6)}
Toshiaki NISHIDA Nobuyasu IRIE

抄 録

民生品のマーケットは着々と拡大しつつあり、その対象商品も多岐にわたっているが、個々の商品を見るとそれぞれのロットは小さく且つ多品種に分化している。しかし、プロジェクト性の強いチタン需要の中において民生品へのチタン適用はリピート需要が期待でき、又、チタンに身近に触れられることからPRになるという点でその意義は大きいと言える。又、個々の商品では素材に要求される特性はそれぞれに異なるが、中で共通の技術的な課題としてあげられるのは、接合技術、研磨等の表面処理技術などを中心とした利用加工技術面の課題が多く要求されている。ここではこれまでの民生品マーケットへのチタンの適用状況と、幾つかの開発経緯及びそれに伴い解決してきた技術課題について概略を報告する。

Abstract

With the rapid expansion of the market for consumer goods, a wide variety of goods have been put on the market. However, the production lots of consumer goods are generally small in size and individual goods must be produced in various size and shapes. Though the demand for titanium products is mostly of transitory nature, repeated demand can be expected for the consumer goods made of titanium. Moreover, the application of titanium to consumer goods has a great advertising effect as consumers can directly see and touch titanium. Though the characteristics required for materials for individual consumer goods vary with the type of goods, the development of utilization and processing technologies, particularly technologies for joining and surface treatment, such as grinding, is required for all types of goods. This paper describes the application of titanium to consumer goods, several examples of the development of such goods, and the technical problems which have been solved so far.

1. はじめに

チタンの民生品への適用は新規マーケット開発の中で建材、土木、自動車、海洋などの大規模需要分野と比較すると、個々の商品では多品種、小ロットであるが、プロジェクト需要が大部分を占めるチタンの中でリピート需要が期待できることに加え、チタンと言う素材を身近に提供することによる普及啓もう効果が得られることなどの面から意義が大きい。

最近では、民生品マーケットは全国で年間300tを超える規模に成長しており、対象となる商品も、従来の眼鏡フレーム等の装飾品を初めとして、スポーツ・家庭用品などへと、様々な分野で商品化が進展している(図1, 表1参照)。

個別商品について見ると、装身具類の中で眼鏡フレームが民生品分野での草分け的な存在であり、10年以上前に商品化されて以来チタン化は着々と進行し、現在のチタン化率は約3割に達するものと推定され、年間約100t規模のマーケットに成長し安定した需要を形成している。又、最近問題視されてきた金属アレルギー問題を見ても、チタンへの依存度はますます強まるものと考えられている。そして、この金属アレルギー問題は腕時計ケース及びバンドのチタン化にも寄与しており、軽量、ノンアレルギーメタルをPRポイントにした直近の腕時計のチタンブームの要因の一つになっている。それ以外では、陽極酸化により発色されたチタンがアイリング、ネクタイピン等の装飾品に使用されたり、又、高級カメラのボディもチタンの薄板が使用されている。これら眼鏡フレームからカメラボ

*⁽¹⁾ 大阪支店 部長代理

*⁽²⁾ 元 チタン部 担当部長

*⁽³⁾ 元 技術開発本部 鉄鋼研究所 ステンレス・チタン研究部
主幹研究員

*⁽⁴⁾ 元 チタン部 部長代理

*⁽⁵⁾ 光製鐵所 生産技術部 室長

*⁽⁶⁾ 元 光製鐵所 生産技術部 室長

表 1 民生品マーケット商品別規模推定

分 類	商 品	材 質	素 材	数量 t	備 考
装身具	眼鏡フレーム	CP, 合金	線 材	80~90	
	時計バンド	CP	薄 板	40~50	
	時計ケース	CP, 合金	中 板	30~40	
	装飾品等	CP		8~15	アクセサリ, カメラ等
スポーツ用品	ゴルフクラブ	合金, CP	丸 棒	50~60	
	自転車	CP, 合金	チューブ	5~10	マウンテンバイク
	その他	CP, 合金		5~10	スパイク, 剣道面金等
家庭用品等	容器類	CP	薄 板	3~5	中華なべ, 魔法瓶等
	工具類	合金	線 材	3~5	
	その他	CP	線 材	8~15	養殖用金網等
合 計				300	

CP: 純チタン

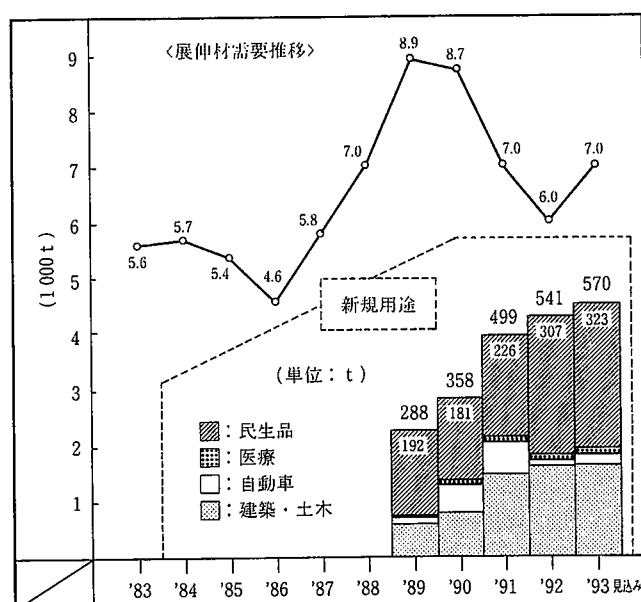


図 1 新規マーケット需要推移

ディーなど身の回りで使用されているチタンは、全体で年間約200t程度と推定される。

次にスポーツ用品へのチタン適用状況を見ると、ゴルフクラブへのチタン適用が最近のヒット商品となっているが、これはチタンの高比強度（強度／比重）及び低いヤング率を利用した例といえる。その他に今後の需要拡大に大きな期待が寄せられているものにマウンテンバイク（特殊スポーツ用自転車）のフレーム、ボルト等部品のチタン化があげられる。その他のスポーツ用品としては、量的には少ないが剣道面金、野球スパイク、釣り道具などにもチタンが使用されており、スポーツ用品に使用されているチタンは年間約80t程度と推定される。

家庭用品へのチタンの適用状況を見ると、中華なべ、フライパン等の調理用具、魔法瓶、日本酒の保存用ボトル、ウイスキーセット、マグカップ等の容器類があるが、業務用あるいは一部の高級限定用途が中心となっている。

又、工具類へのチタンの適用も着々と進展しつつある。チタン合金を使用した安全フック、あるいは大型スパナ、レンチ等は、従来の鋼製に比較して、大幅な軽量化の達成と非磁性により高所作業時

等での危険性の軽減に貢献している。

上記以外の分野の中で現在注目を集めており、今後の量拡大が期待されている用途として養殖漁業用の漁網があげられる。現在使用されている漁網は金属製では鋼線に亜鉛の厚めつき処理を施した物、あるいは化学繊維の網が主流となっているが、これらは耐久性、耐食性、海洋投棄等の問題点をいくつか内蔵しており2年ごとの取替が必要で、最近では新しい素材への期待が強まってきている。チタン製の魚網は数箇所の養殖漁場で試験的に使用されており、その実績は18年以上を経過して信頼性をあげつつあり、今後の適用拡大に期待をもたれている。これらの家庭用品を中心とした民生品は、まだ年間約20t~30t程度と量は小さいが、養殖漁業用漁網等、今後の量拡大には十分期待できる分野といえる。

又、民生品とは分野は異なるが、医療機器の分野でもチタン化は徐々に進展しつつある。中でも車いすは従来の鋼製に比較して大幅な軽量化が可能となり、利用者の負担軽減に役立つものと考えられる。

以上が民生品分野でのチタンの適用状況の概要であるが、その中で新日本製鐵は、

- 1)チタンの特性が活かされ手に触れるものであること
- 2)高級限定品ではなく一般的に使用されるものであること
- 3)身体及び環境にやさしいものであること
- 4)量のまとまりのあるものであること

という点に注目して対象商品を選択し、関係メーカーと共同開発を行ってきた。その中から代表として眼鏡フレーム、自転車及び魔法瓶の開発について紹介する。

2. チタン製眼鏡フレームの状況

2.1 眼鏡フレーム市場の概要

1905年に、福井で初めて眼鏡が作られてから67年経過した1972年に、(株)ニコンが世界で初めて、チタンを眼鏡フレームに使用することを発想した。更に10年経過した1982年10月に福井県福井市で開催された“日本めがね展”で初登場したチタン製の眼鏡フレームは、国内の眼鏡市場に画期的な変化をもたらし、デビュー以来4年でチタンは金属眼鏡フレームの王座についた。眼鏡フレームは年間約3500~4000万枚生産されており、この内チタンフレームは約30%で、年間約1000~1200万枚が製造されている。チタンフレームは8~13g/枚であるから約100t程度の国内需要を形成している。又、最近では輸出にも力を注いでおり、特に欧州におけるニッケルアレルギー

問題から今後チタン化の進展は加速され则认为られる¹⁻³⁾。

2.2 眼鏡フレーム用チタンの適用状況と課題

眼鏡フレームに使用される素材の必要条件としては軽量、強靱、耐食性、加工性、ろう付け性、容易な表面処理等数多くあるが、これまで主に使用されてきた金属素材を歴史的にみると“鉄⇒銅⇒ニッケル⇒チタン”の順となっている。又、チタンの中でも当初は純チタンでスタートしたが、疲労破断（応力集中部の破断）の問題から高強度化のニーズが高まり、純チタン系の高強度チタン（TIX）や合金系のハーフアロイに移り、更に直近ではデザインの自由性から、より高強度で且つ冷間加工性が良好なβ合金へと素材対象が広がりがつつある。これらの各種チタンについて、加工性、疲労特性、めっき性、ろう付け強度等を比較検討した結果を表2に示す⁴⁾。

眼鏡フレームは、テンプル、ブリッジ、リム、トモ、ヒンジ、足の6部品（図2参照）で構成されており、少なくとも14箇所のろう付けがある。従って、異種金属接合問題も含めて“信頼性のあるろう付け方法の開発”が求められている。チタンのろう付けは金属表面の酸化膜を除去し、活性面を露出し、そこにろう材を入れなければ接合強度が向上しない。このため他の金属の場合は通常フラックスを使用するが、チタンでは実用的なフラックスがないためろう付けはアルゴンガス層流中で行い、ろう材としてはTi-Cr-Ni系、Ag-Cu系が主に使用されている。しかし、これらのろう材はいずれも融点がTi-Cr-Ni系は950～1 000℃、Ag-Cu系は890℃と高いので、変態点の低い純チタン（880℃）ではろう付けの熱影響部（HAZ）の結晶が粗大化してしまい強度の低下を招き、そこから破壊されてしまう場合があり、特に溝を付けたリム部の割れが問題にされている。例えば、リムとパッド足について見ると、足の材質によって以下のように異なっている。足の材質がNi-Brassのときは、チタン表面を荒らした後に無光沢Niめっきを30μm施して、Ag-Cu系ろうを使用しチタンリムにろう付けを行う。足の材質もTiのときはTiろうでろう付けを行うか、又は最近ではアルゴンシール中でスポット溶接

表2 リム線用素材の特性評価

素 材	状態	TS kgf/mm ²	加工性	強 度		めっき性	ろう付 強 度
				評価	破断回数		
CP-Ti	Ann	35～52	○	×	300回	◎	○
10Zr	Ann	55	○	△	903回	△	◎
TIX-80	Ann	80	×	△	1 144回	○	◎
3Al-2.5V	Ann	88～	○	○	1 581回	△	◎
22V-4Al			○	◎	5 000回	◎	◎
15V-3Cr-3Sn-3Al	ST	72～92	○	◎	5 862回	◎	◎

Ann：焼鈍 ST：溶体化処理

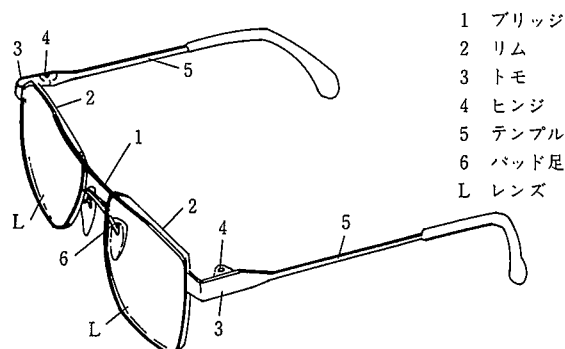


図2 眼鏡フレーム部品の名称

を行っている。それ以外にもろう付け温度測定（赤外線放射温度計）により電流制御を行ったり、低温ろう材を検討したり種々の対応をとっている。

3. チタン製自転車の開発状況

3.1 自転車マーケットの概要

自転車の全国需要はここ数年800万台を越しており、その内の90%以上を占める745万台（1992年実績）が国内生産となっている。車種別生産を見ると、軽快車が約半分を占めており、次にミニサイクル、マウンテンバイク、スポーツ車の順序となっているが、中でマウンテンバイクは100万台の需要規模に拡大してきている。従来はフレームの素材としてCrMo鋼、超ジュラルミン等が使用されているが、最近ではマウンテンバイクを中心にチタンの比強度を活用して軽量化を図っている。このチタンフレームは当初は大部分がハンドメイドで、高級限定車としてマーケットに紹介されてきたが、最近では大手メーカーが接合方法等に工夫をこらし、コストダウンを実現しマーケットを拡大しつつあるため、今後の伸びが期待できる商品となっている。

3.2 自転車フレーム用チタンに要求される特性

自転車フレームの素材は主にCrMo鋼（TS>85kgf/mm², t=1.0～1.2mm）を使用しているが、チタンによる試作でもほぼ同様の材質特性、サイズのパイプを使用しJIS規格を上回る結果を得ることができた。このような高強度厚肉管はシームレスでは製造可能であるが、製造コスト面から競争力がなく加えて表面粗さの点からもフレームの研磨が大変になる等の問題があり、コスト競争力のある溶接管で製造することが必須と考え、製造部門の協力を得て高強度厚肉細径溶接管の供給を可能にできた。

3.3 自転車用高強度ボルトの状況

ボルトを製造方法から分類すると、切削ボルトと転造ボルトになる。ボルト性能及びコストから転造ボルトが優れていることは周知の事実である。純チタンでは転造ボルトの製造が可能であったが、6Al-4V合金では熱間鍛造後切削法しか製造できず、製造コストが高くなる欠点があった。このような背景の中で、比較的廉価な高強度チタンボルトが、軽量化ニーズに支えられて、高級自転車部品として求められており、Ti-3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr（Beta-C）合金直棒を使用した転造法による化粧ボルトを製造し、高級自転車の純正部品の供給を行ってきた⁵⁾。

Beta-C合金直棒は、“VAR溶解⇒熱間鍛造⇒線材圧延⇒ピーリング⇒矯正⇒切断⇒研磨⇒検査”の工程で9.1mmφ（+0, -0.04mm）×2 000mmLの製造をしている。

又、自転車ペダルをクランクに取付ける化粧ボルト（六角穴付フランジボルト）の客先での製造工程の主要部分はボルトの頭部をまず“圧造一切削”にて成形した後に、ねじ部を“転造”にて加工し熱処理（Aging処理）を行う。この製法による冷間転造ボルトの性能は500℃でAging処理を行った後に、摩擦係数を0.15～0.20になるようにし、締付けトルクを測定すると、規格値600kgf・cmを十分にクリアした800kgf・cmが実測された。

4. チタン製魔法瓶の開発状況

4.1 いきさつ

魔法瓶の国内市場規模は、ここ数年間のアウトドアブームにより全体数量が増加しており、しかもその中で特に金属製（SUS製）の

比率が急増している。このような背景の中で、新日本製鐵はSUS製魔法瓶を開発した日本酸素㈱と共同開発を実施してきた。はじめは大型の2 000ml 型の成形に取り組んだが、外径が比較的大きいので、純チタン1種を使用し、苦勞せずに成形できた。次に、チタンらしい高級品イメージのデザインとしてアタッシュケースに入る容量450 ml のスリムなタイプ“シャトルチタン”の開発に取りかかることとなった。シャトルチタンは5部位からなっており、それぞれの部位の素材寸法を表3に記した。

魔法瓶の性能は保温性、耐衝撃性でJIS規格がある。保温性能は熱湯95℃を入れて24時間後の湯温を測温するが、その温度は内筒厚み0.4mmを使用して43～45℃、0.3mmを使用すると47℃となり、いずれの場合もJIS規格(>42℃)を満足することが判明した。又、耐衝撃性をチェックする落下テストは、小型ということもあり規格はクリアし、全く問題はなかった。表面はヘアライン仕上げにして指紋を目立たないようにし、文献6)で紹介されている研磨剤を使用し湿式研磨を行った。さらに皮製袋、ケースにより高級感を強調し一般商品との差別化を図った。

4.2 魔法瓶の製法

内筒胴、内筒底、外筒底の各部位は曲げ加工、TIG溶接及び絞り加工であり、新潟県燕地区の洋食器で栄えた地場産業にて比較的容易に製作できたが、外筒胴、コップ部位は特に量産時点に次のような問題が発生し、これを解決するのに大変な精力を費やした。

又、真空封じに使用するろう材の開発は新日本製鐵 鉄鋼研究所における実験の繰返しから生まれたものであり特許申請中である。

4.2.1 外筒胴部位

外筒胴部位の成形加工は0.5mmのチタン薄板を扇形に切断し、円錐台形にTIG溶接したものをプレス加工により拡管成形加工(拡管率8～16%)を行うが、

(a)耐力が小さい: $Ti = 21 \text{ kgf/mm}^2 < SUS304 = 24 \text{ kgf/mm}^2$

(b)スプリングバックが大きく3ロールによるカール加工が円になりにくい: ヤング率 $Ti = 10\,850 \text{ kgf/mm}^2 < SUS304 = 20\,400 \text{ kgf/mm}^2$

(c)TIG溶接時のアルゴンガスシールが不完全であること等による拡管成形加工時点での溶接部割れが発生した。

(a), (c)については、素材の横方向耐力 $> 22 \text{ kgf/mm}^2$ (JIS規格 ≥ 17

kgf/mm^2)に規制し、カール成形時の断面形状の真円度、開き量を測定管理して溶接時の開先形状を改善することにより解決することができた。(c)については、溶接速度を下げることに加え、シールの改良により溶接ビード形状を改善し接合強度を向上させた。更に溶接後の拡管成形加工でバルジ金型数を増加(SUS3個→Ti5個)し、金型当たりの加工度を軽減することにより解決した。又、試験的には温間プレスや溶接後焼鈍(700℃)を実施すれば拡管率38%までの成形加工が可能とも判明している。

4.2.2 コップ部位の成形加工

コップ部位は円形切断ブランクを冷間クランクプレスで深絞り成形して製造するが、

(a)素材の表面粗度、板厚精度について改善し、

(b)プレス加工を2段階(ブランク125mmφ⇒70mmφ×45mm^b⇒60mm～55mmφ×55mm^b)に分け、

(c)潤滑剤として60μm厚みのテフロンシートを使用することにより完成した。

4.2.3 内筒へのめっきと低温ろう材の開発

内筒は輻射伝熱による温度低下を減少するために銅めっきを施していたが、ろう付け時の温度影響によりチタンが拡散し銅色が消滅してしまう。又、銅めっき厚みを厚くするために、Niめっきを1μmにした上にCuめっきを20μmにすれば、ろう付け温度を730℃にしても銅色が残存させられる。この方法に使用するろう材は、鉄鋼研究所でAg-Cu系を改良してろう付け温度が700℃以下のリング形状のものを開発した。このろう材の効果は文献7)で紹介されている。

5. ま と め

民生品の新用途開発は純チタンの時代からチタン合金の時代へと変わりつつある。高強度チタンは一般的に在庫がほとんどなく試作品を作るにも素材調達が難しい。今後はタimetツ材の活用も考えていかなければならない。試作品ができても、その製品を量産化するには、新日本製鐵と需要家との両方の創意工夫が必要であり、安定した需要のある製品に育て上げることが重要である。従来の体験をベースにして、社内外の関係者のたゆまぬ努力と熱い情熱により、チタンの新たな民生品が開拓できるものと考えている。

参 照 文 献

- 岡田 府敬: 日本機械学会誌, 90(828), 1440(1987)
- 坂井 豊: チタニウム・ジルコニウム, 34(3), 164(1986)
- 斎藤 昇一: チタニウム・ジルコニウム, 39(1), 9(1991)
- 進藤 卓嗣, 渡辺 孝, 近藤 正義: 製鉄研究, (336), 46(1990)
- 藤井 雄二: チタニウム・ジルコニウム, 35(3), 151(1987)
- 今林 格: パウンダリー, 6(7), 54(1990)
- 樋田 章司: チタニウム・ジルコニウム, 37(2), 105(1989)

表 3 魔法瓶の素材寸法

部 位	規 格	素材寸法 (mm)	重量
内筒胴	TP28C	0.3×270×270	98g
内筒底	TP28C	0.4×105×105	20g
コップ	TP28C	0.4×140×140	35g
外筒胴	TP28C	0.5×300×420	284g
外筒底	TP28C	0.5×70×70	11g
合 計			448g