

# 自転車技術ニュース

自転車産業振興協会 技術研究所

1992.3

No. 126

## チタン合金鋳物の試作

森 正 博

### 1. まえがき

自転車の製作におけるチタンの利用については、「チタニウム・ジルコニウム」誌上で、昭和60年に自転車産業振興協会技術研究所の濱崎所長の「チタン製自転車部品について」と題する解説があり、チタンの自転車への利用について詳しく述べられている。さらに、昭和62年には、「チタンと自転車」という特集が生まれ、5社から各社の技術開発の経過と商品化の現状が報告されている。

一方、チタンの鋳造に関しては、「チタニウム・ジルコニウム」誌が、平成2年に「チタン精密鋳造」という特集を組み、5社から各社固有の技術研究の成果を紹介している。現在、約10社で受注品あるいは内製品を製造している模様である。

このように、わが国で、チタン合金の精密鋳造の技術開発が盛んになったのは、

- (1) チタンは、比強度（機械的強度／密度比）、靱性、耐腐食性、耐候性が優れている。
- (2) チタンは難削材料であるので、near-net-shape 加工法としてのニーズが大きい。
- (3) 航空・宇宙産業における需要への対応。
- (4) チタンなど新素材金属の鋳造に適合するモールド材料が探索されるとともに材料の入手が容易になった。といった理由によるものと考えられる。

自転車用鋳造部品としては、高級車で、ホーク肩、前ホーク爪、ヘッドラッグ、ハンガラッグ、シートラッグなどのロストワックス鋳造品が賞用されている。なお、精密鋳造品の「精密」の意味は、他の鋳造法に比べ鋳肌および寸法交差はるかに優れているということである（鋳肌粗さ：6S～25S、寸法交差：1.0%以内）

本研究ノートでは、チタン鋳造品の潜在的なユーザーである自転車産業にとって有益なチタン鋳物の試作を行って比較的良品を得たので報告する。

### 2. チタン合金鋳物の試作

図にロストワックス鋳造のセラミック・シェル・モールド法にしたがって、ジルコニア系モールドを製作し、チタン合金鋳物を試作した際の手順を示す。生産工程では、この後、ケミカル・ミーリング、熱処理、非破壊検査などの最終検査が行われる。用途によっては、HIP 処

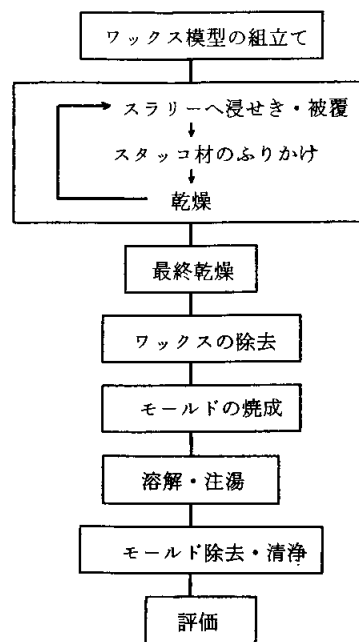


図 チタン鋳物の試作手順

理も行われる。

## 2. 1 ジルコニア系セラミック・シェル・モールドの製作

チタンの鑄造では、熔融チタンの反応性が高いので、モールド材はチタン (Ti) の酸化物の  $TiO_2$  よりも熱力学的に安定なカルシア (CaO)、ジルコニア ( $ZrO_2$ )、イットリア ( $Y_2O_3$ ) といった限られた耐火材料しか利用できない。さらに、また、スラリのバインダ (ビヒクル) も通常のシリカゾルは不適合で、最近国内で上市されたジルコニアゾルが適合する。

本研究では、E. D. Calvert (米国, Bureau of Mines, 1981) の詳細な報告書を参考にして、ジルコニアゾルとジルコニア粉末でスラリーを作製し、スタッコ材をジルコニア粒としてオールジルコニアのセラミック・シェル・モールドを製作した。なお、熔融チタンと反応する初層ないし第二層をジルコニア系とし、第三層以降を汎用のジルコニ-シリカゾル-シャモット系モールドで積層してもよい。

ワックス模型には、比較的形状の複雑なバルブボディ (体積、約25cc) を採り上げた。

次に重要な工程として成形したモールドから、ワックスを除去する工程がある。本研究では、900~1100℃の炉中に装入する、ヒート・ショック法によった。製造現場ではオートクレーブ法が普及しているが、ジルコニアゾルの硬化体は耐水性に劣り、オートクレーブ法が使用しにくいことが判明した。そこで、マイクロ波加熱によるワックス除去において、オートクレーブ法のワックス除去機構を作動させることによってうまくワックス除去できることを実験により見出した。

このモールドは、さらに400℃×2 hr-1200℃×4 hrの条件で焼成した。

## 2. 2 鑄造品の材質および溶解・注湯

鑄造品の材質は、NiTi (融点1240℃)、TiAl (同1500℃)、Ti-13%Cu (同1466℃)、および純 Ti (同1720℃) で合金は予め溶製したもの (委託品) を再溶解した。

ここで、NiTi はニチノール合金と呼ばれ、形状記憶合金として有名である。形状記憶合金には、他に、Cu-Zn-Al 合金、Fe-Mn-Si 合金、ステンレス系合金 (Fe-Cr-Ni-Mn-Si 合金) があるが、自転車製造の分野においては、締結部のメカドメへの利用が考えられる。

TiAl も特異な高温強度特性を有する新材料として注目されている。Ti-13% Cu合金は、鑄造用合金として有望な開発途上の材料である。

チタン合金の溶解には、真空アーク スカル溶解法が

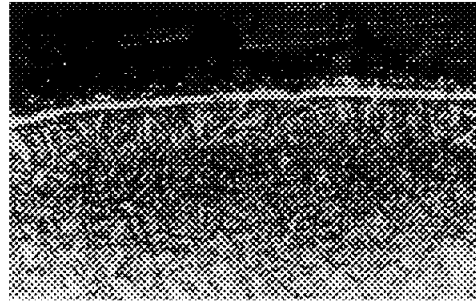


写真 鑄造したチタン鑄物 (Ti-13合金) の表面の光学顕微鏡組織 (×50)

多用されているが、本実験では、ここ数年進歩の著しいカルシアルツボの利用による高周波誘導溶解によった。

チタンの鑄造では、常温のモールドに遠心鑄造することが不可欠であるが、本研究では単に常温のモールドに注湯した。

中空部に相当する中子領域はウォーター・ジェットで除去した。

NiTi, TiAl, Ti-13%Cu の場合、比較的うまくバルブボディ鑄造品を得ることができた。純Tiについては、遠心鑄造-真空アーク溶解を採用している。S社に鑄造を依頼し、その結果、表面の比較的良好な鑄造品を得た。

Ti-13%Cu合金鑄造品の表面近傍の顕微鏡写真を写真に示す。表面に約10μmのαケース層その下部に(α+β)相が観察される。いずれもモールドとの反応により現出したものである。前者は、フッ硝酸で除去され(ケミカルミーリング)、後者は熱処理により改善される。

Ti-13%Cu合金は、比較的融点も低く、溶解・注湯の難しさも少し楽になる。また、耐腐食性も優れているようである。チタン鑄物が宇宙・航空機産業以外で利用が進むためには、このような合金の開発が望まれる。

## 3. むすび

ジルコニア系セラミック・シェル・モールドによって比較的良好なチタン合金鑄物の製作ができることがわかった。

周期的なCT処理(β溶体化+水素化+脱水素化)による機械的性質の大幅な改善、モールド材料へのイットリアの利用といった最近のチタン鑄造技術の進歩はめざましい。

自転車業界からのチタン鑄物の引合いは、現状では皆無のようであるが、チタン合金鑄物は「魅力ある自転車」作りに適合する。ロストワックス鑄造では、ロット数をまとめる必要があるが、近い将来、この方面の技術の進歩によりチタン鑄物の利用が拡大するものと期待される。

(筆者は大阪府立産業技術総合研究所主任研究員)