

基調講演 2 しなやかで強いチタン合金・ゴムメタル

○西野和彰
(株豊田中央研究所)

Elastic and high strength titanium alloy 'Gum Metal'

低弾性率と高強度を同時に実現し、超弾性的性質、超塑性的性質、およびインパー、エリパー特性など多機能を有する新しいチタン合金「ゴムメタル」について、合金設計と材料特性、および応用展開状況を紹介します。

Nishino Kazuaki
(TOYOTA CENTRAL R&D LABS., Inc)

Keywords : チタン合金、ゴムメタル、低弾性、高強度、超弾性、超塑性

1. はじめに

近年、人工骨、歯科用材料あるいはボルト、スプリングなどの機械要素部品をはじめとした幅広い分野において、低ヤング率高強度材料の開発が求められている。しかし、金属材料のヤング率は、原子間の結合力や電子状態と直接関与する物性値であり、塑性加工や熱処理によってその値を制御することは本質的に困難である。また、ヤング率の低い材料ほど強度も低くなるのが一般的であり、低ヤング率化と高強度化との両立は極めて難しい課題であった。このような常識を覆して開発した新しい合金がゴムメタルである(1, 2) (図1)。

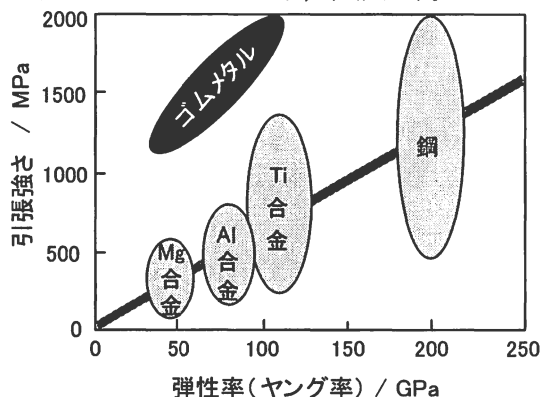


図1 ゴムメタルの強度と弾性率

ゴムメタルは、基本的には $Ti_3(Nb, Ta, V) + (Zr, Hf) + O$ と表される組成のβ型チタン合金であり、組成平均の価電子数 e/a が約 4.24、 $Dv-X\alpha$ クラスタ法による結合次数 B_0 が約 2.87、 d 電子軌道のエネルギーレベル Md 値が約 2.45eV の三つの

マジックナンバーを満たす合金群である。具体的には、Ti-12Ta-9Nb-3V-6Zr-0、Ti-23Nb-0.7Ta-2Zr-0(mol%)などの組成を見出している。これらの合金に冷間で強加工を施すことにより、低ヤング率化(40Gpa)と高強度化(>1000Mpa)とを同時に達成できると共に、他にも数々の特異な特性が発現する。

ゴムメタルの特徴としては、①一般の金属材料よりも約一桁大きな弾性変形能(2.5%)を有する、②加工硬化しないため、断面減少率99.9%以上の冷間加工が可能、③77K から550K 程度の幅広い温度範囲で、弾性率が変化しないエリパー特性および熱膨張係数が極めて小さいインパー特性を有する、④時効処理によって超強力材料(2000MPa)が得られる、などが挙げられる。本報では、ゴムメタルの諸特性および組織、実用化状況について紹介する。

2. ゴムメタルの特性

(1) 弾性特性と機械的性質

図2に、Ti-23Nb-0.7Ta-2Zr-1.20合金の冷間加工による応力-ひずみ線図の変化を示す。断面減少率で90%の冷間加工を施すことにより、引張強度が上昇すると共に、ヤング率が大幅に低下する。しかも弾性変形領域において、応力の上昇と共にその線図の傾きが連続的に低下する非線形な弾性変形挙動を示す。すなわち、変形初期のヤング率は約55GPaであるが、ひずみ量が約2.5%では約