

β型Ti合金の強化と加工性振銅板の研究

勝田・エーリオ・俊 (ブラジル)

群馬大学工学部機械工学科

教授 乙黒靖男

(平成元年度外国人技術養成援助助成 AF-89034)

1. 研究の目的

本研究はβ型チタニウム合金の強度と加工性について検討することを目的としており、特に時効処理による強度、伸び、組織変化について調べた。

2. 試料および実験方法

1) 試料作成方法

本実験で用いた試料組成の目標値は、13wt% Mo-3wt% Al (13Moと称す) および19wt% Mo-3wt% Al (19Moと称す) の2種類とし、プラズマ電子ビーム溶解した後にインゴットとした。インゴットを表面切削し、1000℃、1h加熱後熱間圧延を行なった。その後さらに塩浴炉で850℃、1hの再熱処理を行なった。酸化被膜除去のため表面切削を行なった後に冷間圧延により1mmおよび1.7mm厚とした。13Moの分析値は12.2wt% Mo, 2.2wt% Al, 19Moでは18.8wt% Mo, 1.93wt% Alであった。

2) 溶体化条件の決定方法

β相から(α+β)相への変態温度(β transus)の決定は組織学的に行なった。

試料を石英管中にAr封入した後、900、850、825、800、750、および700℃の各温度で50h加熱後氷水中に焼入れた。試料に研磨、腐食を行なった後に光学顕微鏡観察によりα相の有無によってβ transusを決定した。この結果β transusは13Moでは800~825℃、19Moでは750~800℃の温度範囲に存在すると考えられた。β相粒径を同一にするため、溶体条件は13Moでは875℃、25min、19Moでは850℃、100minとした。

3) 時効処理および硬さ測定

時効処理は溶体化熱処理後に250、350、400および550℃の各温度で行なった。

時効に伴う硬さ変化の測定は、厚さ1.7mmの冷間圧延板より10×20mmの寸法の試験片を切断し、溶体加熱処理後、所定時間の時効処理を行なった後にマイクロビッカース硬度計にて行なった。時効時間は累積時間とした。

4) 機械試験

機械試験としては引張試験を採用した。試験片は平行部寸法、厚さ1mm、幅5mm、長さ20mmとした。溶体化処理後の時効温度は硬さ測定の場合と同一とし、時効温度は時効時間-硬さ曲線より数点を選んだ。試験温度は室温(約15℃)とし、初期ひずみ速度は $4.2 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ とした。

5) 破面観察

引張試験後の破断面観察には走査型電子顕微鏡を用いた。

3. 結果および考察

1. β相の結晶粒成長

溶体化処理によるβ相の結晶粒成長はFig.1に示すように平均結晶粒径と溶体化時間は両対数グラフ上で直線関係にあり、純金属の場合に類似している。

2. 時効硬化

13Moはどの時効温度でも時効時間と共に硬さが増加するが、19Moでは殆ど硬さが変化しなかった。19Moにおいて硬さが変化しない理由は、β安定化元素であるMo量が多いことと、α相が析出してもその量的割合が少ないためであると考えられる。以下では主に13Moについて述べる。

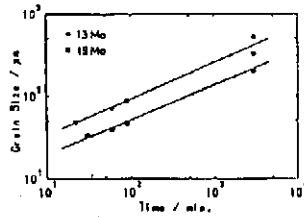


Fig. 1 β相粒径の溶体化時間依存性

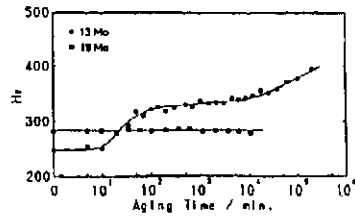


Fig. 2 時効硬化曲線、250°C

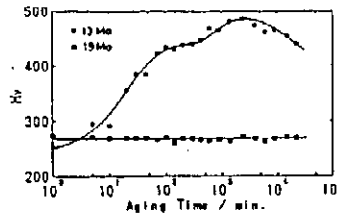


Fig. 3 時効硬化曲線、400°C

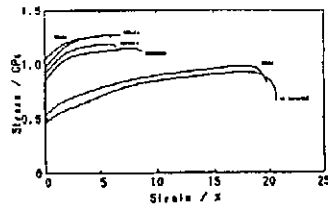


Fig. 4 応力-ひずみ曲線、550°C

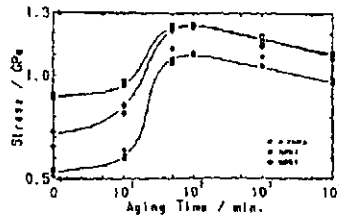


Fig. 5 変形応力と時効時間の関係、550°C

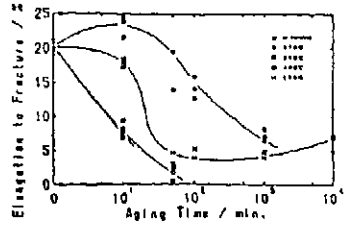


Fig. 6 破断伸びと時効時間の関係

13Moの250°Cでの時効硬化曲線をFig.2に示す。

曲線は二段時効の様子を示しており、これはα相の折出に加えてAlの添加によって生成温度が下げられたω相が折出したためと考えられる。

350°Cおよび400°C (Fig.3) では非常に短時間の時効で硬さの増加が認められた。

250°C以外の時効ではある時間を越えると硬さが低下する過時効現象が生じた。この時間は時効温度が高いほど短い。

3. 機械的性質

変形応力は時効時間の増加と共に増加するが破断ひずみは減少した。過時効が生じるような条件では、例えば時効温度550°Cにおける50min以上の時間では変形応力が減少し、破断ひずみが増加した (Fig.4)。応力-ひずみ曲線が溶体化処理材のそれとほぼ同一となるのは、硬さ試験の場合と同様にαあるいはω相の折出が未だ起らなかったためか、あるいはその量適割合が少ないために変化が少なかったものと考えられる。0.2%耐力、引

張強度、破断強度の時効時間に対する変化は Fig. 5に示すように硬さの場合と同様であった。時効時間に対する硬さの変化と破断伸びの変化は対応しており、Fig. 6に示すように硬さの増加は破断伸びの減少につながる。

4. 破断面観察

時効時間が増加すると延性破壊の特徴が少くなると同時に脆性破壊 (へき開破壊) の特徴が現われた。350°C、400°Cのように短時間の時効において脆性破壊を起す試料でも延性破壊の特徴であるディンプル (Fig.7) は認められるが、その大きさは小さく、且つ深さは浅い。

4. まとめ

β型チタニウム合金の加工性を調べる目的で時効硬化および機械的性質について調べた結果、

- (1) 19Moでは時効硬化が認められなかった。
- (2) 13Moでの550°C以外の時効温度では硬さの増加に伴ない破断伸びが減少し、ある時間で脆性

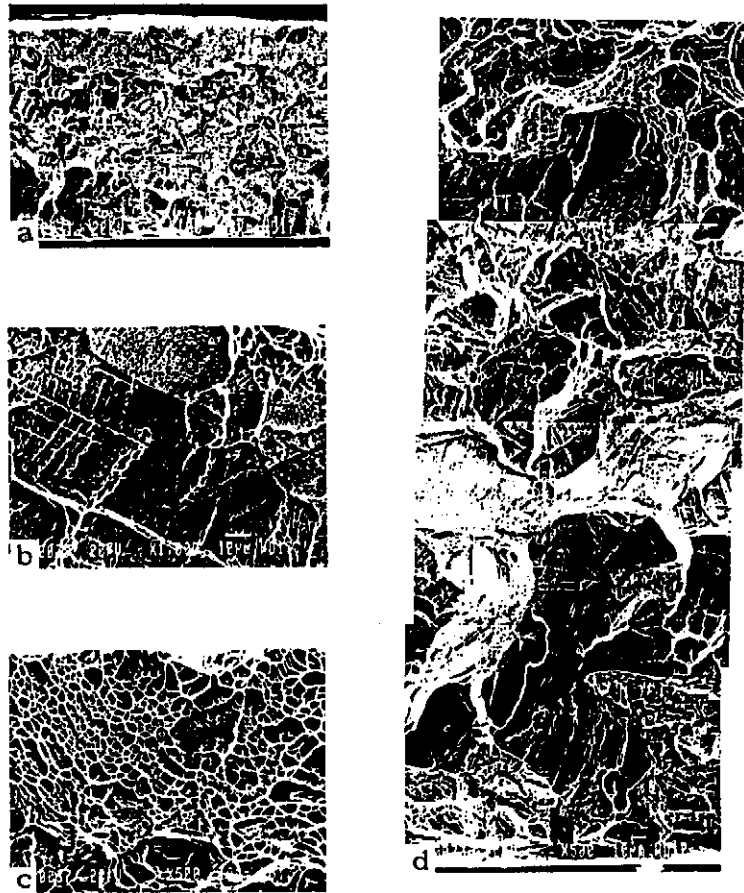


Fig.7 破断面組織、350℃、50min.

(a) 破断面状態 (×100)
 (c) ディンプル (×500、表面付近)

(b) 粒内脆性破壊 (×1000)
 (d) 破断面状態 (×500、連続)

破壊を起こし破断伸びが零となった。

(3) 13Moでの550℃の時効温度では過時効現象が生じ、250℃では二段時効が生じた。

時効処理を行なうことにより強度を溶体化材に比して約2倍に上げることは出来たが、加工性を考えた場合には延性が適度に存在しなければならないため、本研究の範囲内では強度と加工性の両方を満足させる結果は得られなかったが、Moの

濃度を13~19wt%の範囲内で変化させることにより強度と延性の双方を備えた合金が得られる可能性がある。さらに、本合金での溶体化処理は β 結晶粒の粗大化を生じさせる傾向にあるため、結晶粒の粗大化を抑制する別な添加元素を考慮することが重要である。