

## ショットピーニングおよび熱処理による表面硬化チタン合金の作製

青木俊憲

### 1 目的

チタン合金は、軽量、高強度、低弾性率および高耐食性などの優れた特性を示すが、活性な金属であるので凝着しやすく耐摩耗性に劣るという欠点がある。そこで、耐摩耗性を向上させる方法としてショットピーニング（以下、SP）がある。この技術はショットと呼ばれる無数の鉄あるいは非鉄金属等の投射材を高速度で金属表面に衝突させる冷間加工の一種である。ショットを高速で金属表面に衝突させることで、塑性変形による加工硬化、圧縮残留応力の付与等の向上が期待できる。また、 $\beta$ 型チタン合金は、時効処理により硬化することが可能である。この SP 処理と時効処理により、材料表面に硬化層を形成することが可能であると考えられる。そこで、本研究では SP 処理および時効処理による表面硬化層の形成を目的として、チタン合金の金属組織や硬さに及ぼす SP 処理および時効処理の影響について調査した。

### 2 実験方法

試験材料は市販の $\beta$ 型チタン合金(Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al)の圧延板で、板状試験片(25 mm×25 mm、高さ 3 mm)に切り出して用いた。SP 処理には、平均直径 1 mm、硬さ 460 HV の鋳鋼製 (CS) と平均直径 0.1 mm、硬さ 1200 HV の Fe-Cr-B 系合金製 (FCB) の 2 種類の投射材を用いた。CS での SP 処理加工条件は、インペラ式機械を用いて、投射速度 60 m/s、投射距離 200 mm、投射時間は 60 s である。また、FCB での SP 処理加工条件は、空気式機械を用いて投射圧力 0.6 MPa、投射距離 200 mm、投射時間は 60 s である。SP 処理した後に熱処理による時効を行った。時効条件は時効温度 400 °C、時効時間 3.6~72 ks である。硬さ試験や組織試験等の評価を行った。

### 3 結果と考察

#### 3.1 金属組織観察

図 1 に、SP 処理後に時効処理した試料の金属組織写真 ((a) : FCB での SP 処理)、(b) : CS での SP 処理)を示す。内部では、時効時間が 28.8 ks 以降で $\alpha$ 相が析出しているのに対し、表層ではごく短時間の時効処理で $\alpha$ 相が析出しており、SP 処理で導入された加工層内では $\alpha$ 相の析出が促進されていることがわかった。また、直径 0.1 mm の FCB では約 40  $\mu$ m、直径 1 mm の CS では約 400  $\mu$ m の硬化層が確認された。以上より、直径サイズの大きな投射材を用いることでより内部まで硬化層を形成することができることがわかった。

#### 3.2 表面硬さ測定

図 2 に、400°Cで時効処理した時の時効時間と表面硬さの関係を示す。時効処理により、SP 処理なしの場合は緩やかに硬さが増加したが、SP 処理をすることにより、短時間で硬さの急激な増加が認められた。14.4 ks

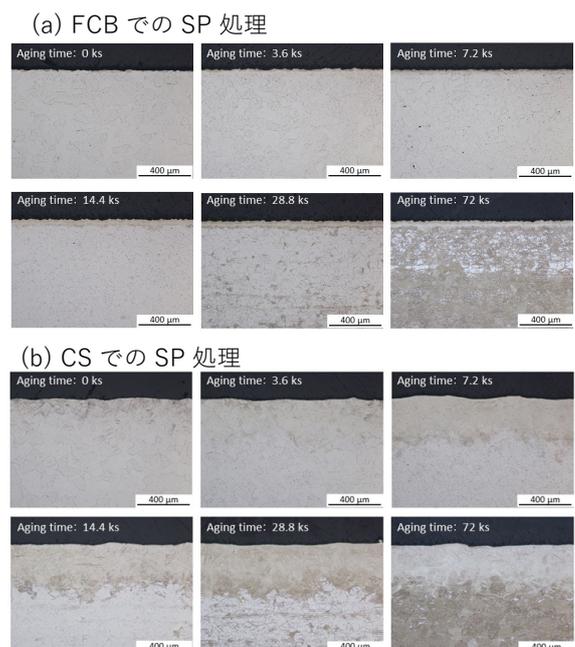


図 1 SP 処理後に時効処理した試料の金属組織写真

以上ではほぼ一定となった。FCB では約 700 HV、CS では 550 HV まで硬さが上昇しており、SP 処理と時効処理を行うことにより、表面硬さが FCB では約 2.5 倍、CS では約 2 倍向上した。

### 3.3 硬さ分布

図 3 に、SP 処理後に時効処理した試料の深さ方向の硬さ分布を示す。時効処理の経過により硬化深さが内部へ推移していることが確認でき、SP による深さ方向への加工度の変化により、時効による  $\alpha$  相の析出速度が変化していることがわかった。また、時効処理することにより、投射材サイズが直径 0.1 mm の FCB では約 50  $\mu\text{m}$ 、直径 1 mm の CS では約 450  $\mu\text{m}$  の深さまで硬さの向上が見られ、投射材サイズの 1/2 程度の深さまで表面硬化層を形成していることが確認できた。

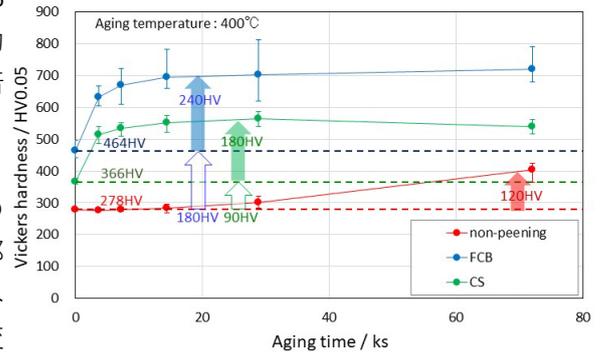


図 2 時効時間と表面硬さの関係

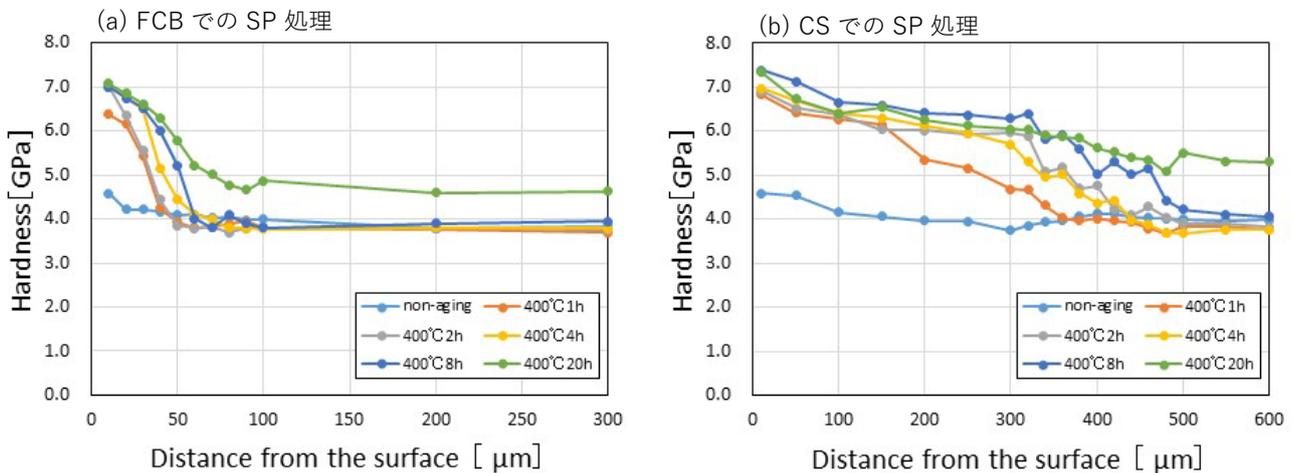


図 3 深さ方向の硬さ分布

## 4 結論

$\beta$  型チタン合金に対して SP 処理後に時効処理を行うことで、表層ではごく短時間の時効処理で  $\alpha$  相が析出し、FCB では約 700 HV、CS では 550 HV まで表面硬さが上昇していることから、表面硬化層の形成が確認できた。また、FCB 0.1 mm では約 50  $\mu\text{m}$ 、CS 1 mm では約 450  $\mu\text{m}$  の深さまで硬さの向上していることから、SP 加工条件により、表面硬さや硬化層深さの調整が可能であると考えられる。

(問合せ先 青木俊憲)