

〔経常研究 A〕

チタン合金の簡便な表面硬化処理技術の開発

青木俊憲

1 目的

チタンは軽くて高い比強度、高耐食性、低ヤング率、生体適合性など様々な特徴をもっているために、航空宇宙材料、海洋材料、医療材料など様々な分野で使用されており、今後も用途の拡大が期待されている。しかし、チタンは活性な金属であり、さらに熱伝導率が低いため焼付き起こしやすく、耐摩耗性があまりよくない。耐摩耗性を改善するには表面硬化が有効であり、湿式めっきや PVD、CVD 等の乾式めっき、窒化、肉盛溶接および溶射等の表面処理が行われているが、これらの表面処理は大型設備が必要となり、処理コストも高くなる問題がある。これらの問題を改善するために、簡便でかつコストを抑えた表面処理技術が必要である。

チタン合金の中でもβ型チタン合金は、加工が容易で、時効を中心とした熱処理や加工熱処理による高強度化を行うことができることから、部品の高強度化や軽量化に有利である。この時効処理は、β相中にα相を析出させることで、強度や硬度を向上させている。このα相は加工などにより導入された転位を核として生成している。

我々はこれまでの研究で、ショットピーニング（SP）処理で表面近傍のみに加工して転位を導入した後に時効処理することで、表面硬化層が形成することを確認している。¹⁾ この SP 処理と時効処理を組み合わせた表面処理（表面時効硬化）は、大型設備を必要とせず、処理コストも比較的低いことから、簡便かつ低コストな表面硬化技術として期待される。本研究では、この表面時効硬化を応用し、チタン合金に対して簡便で実用的な表面硬化処理技術を開発することを目的とする。

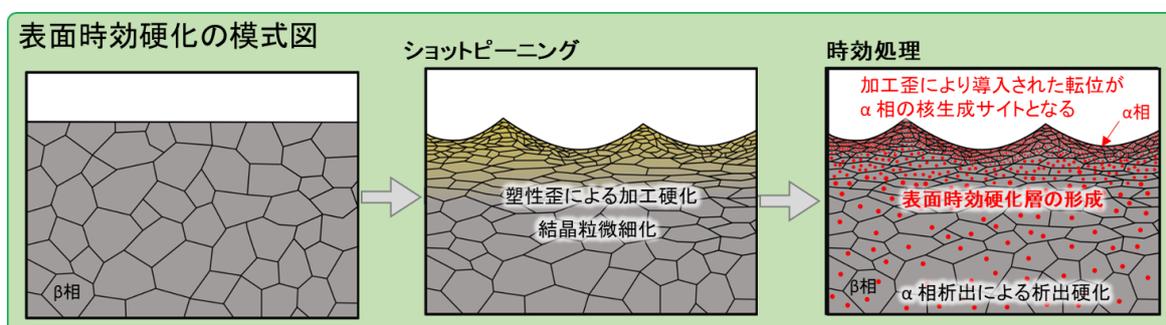


図1 表面時効処理の模式図

2 実験方法

試験片には、β型チタン合金（Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al）の板状試験片（25×25×3 mm）を用いた。SP 処理には、直径が 0.1 mm、硬さが 460HV の鋳鋼ショット（以下、CS0.1mm）および、直径が 0.2 mm、硬さが 750HV の鋳鋼ショット（以下、CS0.2 mm）の 2 種類の投射材を用いた。SP 処理条件を表 1 に示す。SP 処理を行い次の 4 種類の試料を作製した。

- ① CS0.1mm-20 s（CS0.1mm を 20 s 投射）
- ② CS0.1mm-40 s（CS0.1mm を 40 s 投射）
- ③ CS0.2mm-20 s（CS0.2mm を 20 s 投射）
- ④ CS0.2mm-40 s（CS0.2mm を 40 s 投射）

SP 処理した後の時効処理は、ガストーチを用いて試料表面を 0～20 s 加熱することにより行った。

表 1 SP 処理条件

Machine type	Air peening type machine
Air pressure	0.6 MPa
Peening distance	200 mm
Atmosphere	Air
peening time	20 s、40 s

SP 処理および時効処理した試料について硬さ試験および光学顕微鏡による組織観察を行った。

3 結果と考察

表面硬さは、SP 処理面を数 μm 程度研磨して得られた金属光沢面でのビッカース硬さ試験により評価した。硬さ試験は、デジタルマイクロハードネステスター（株マツザワ、MMT-X3）を用いて、荷重 50 gf、負荷時間 10 s として行った。図 2 にそれぞれの条件で SP 処理した後に 0~20 s 時効処理した試料の表面硬さを示す。どの SP 処理条件においても、時効処理時間の増加に伴い表面硬さが向上することがわかった。また、SP 処理では、より長時間の処理や、より大きな投射材を使用することで、その後の時効処理による硬さの向上がより顕著に現れた。これは、より大きな加工歪を与えることで、時効処理時の α 相の析出が促進されたためであると考えられる。

図 3 に、④ CS0.2mm-40 s を 0~20 s 時効処理した場合の金属組織写真を示す。いずれの試料においても、表層から約 80 μm の深さまで変形双晶が観察され、SP 処理による加工歪が確認された。時効処理時間の違いによる顕著な組織の変化は認められなかったが、時効処理時間の増加に伴って表面硬さが向上していることから、光学顕微鏡では確認できない程度の微細な α 相が、短時間の時効処理により析出していると考えられる。

図 4 に、④ CS0.2mm-40 s を 0~20 s 時効処理した試料の X 線回折結果を示す。時効処理時間の増加に伴って α 相のピークが大きくなっており、短時間の時効処理で α 相の析出が確認された。また、20 s の加熱で β 相のピークが高角側に大きくシフトしていた。これは、圧縮残留応力の緩和や α 相の析出による β 相の格子の収縮が原因と考えられる。

4 結論

SP 処理後に、ガスバーナーによる短時間加熱を行い表面時効硬化層の形成を試みた。SP 処理と 20 s 程度の時効処理により、表面硬さの向上や α 相の析出が認められ、簡便に表面の硬化処理ができることが確認できた。

参考文献

- 1) 青木俊憲, 兵庫県立工業技術センター研究報告書, 31 (2022)

(問合せ先 青木俊憲)
(校 閲 泉 宏和)

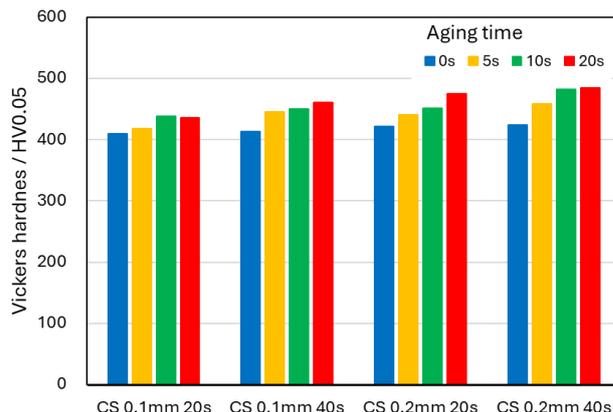


図 2 SP 処理した後に時効処理した試料の表面硬さ

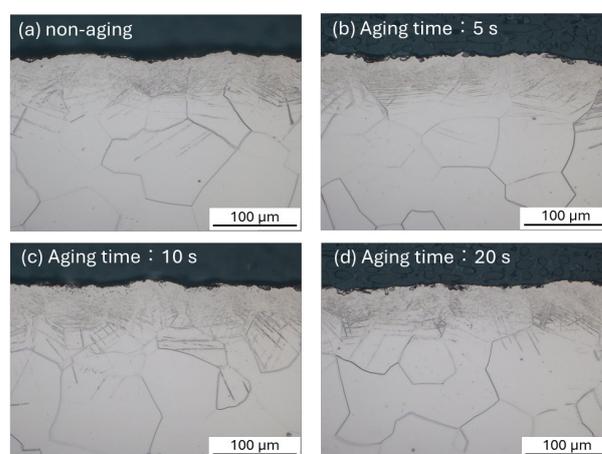


図 3 金属組織写真

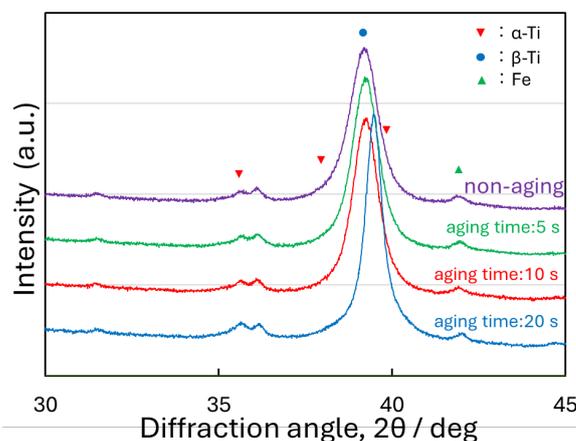


図 4 X 線回折結果