

〔経常研究 A〕

β型チタン合金の表面時効硬化に関する研究

青木俊憲

1 目的

純チタンとその合金は、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有しており、その中でも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。

β型チタン合金は時効により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。これまでの研究で、ショットピーニング（SP）処理で表面のみに加工して転位を導入した後に時効することで、表面硬化層の形成が可能であることを確認している。また、転位が導入された加工層は短時間の時効処理で硬化されていることがわかっている。このことから、SP処理された加工層にレーザー照射等による短時間加熱を行うことで、表面硬化層の形成が可能であると考えられる。そこで本研究では、SPとレーザー照射を行いβ型チタン合金の表面時効硬化の可能性について調査した。



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処理の投射材には、硬さが460 HVの鋳鋼ショットで直径が1 mm（以下、CS1 mm）および0.1 mm、（以下、CS0.1 mm）を用いた。SP加工条件を表1に示す。また、レーザー照射により加熱処理を行った。レーザー加工装置は、発振器 TRUMPF TruDisk6002（波長 1,030 nm、連続波）を用いた。焦点距離 200 mm レンズのデフォーカスでスポット径を 3 mm に調整し、レーザー出力は 200～800 W で行った。レーザヘッド（ロボットアーム）を固定し XY ステージを移動させ直線状にレーザーを照射した。加工速度は 1200～6000 mm/min で行った。SP処理およびレーザー照射した試料のX線回折および断面組織観察、ビッカース硬さ試験を行った。

表1 SP加工条件

Machine type	Air peening type machine	Impeller type machine
Shot material	Cast steel shot (CS-0.1 mm) Diameter : 0.1 mm Density : 7.4 g/cm ³ Hardness : 460 HV	Cast steel shot (CS-1 mm) Diameter : 1 mm Density : 7.4 g/cm ³ Hardness : 460 HV
Air pressure / Peening speed	0.6 MPa	60 m/s
Peening distance	200 mm	270mm
Atmosphere	Air	
peening time	20 s	

3 結果と考察

3.1 レーザー出力の検討

適切なレーザー出力を検討するために、加工速度を 1200 mm/min に固定し、レーザー出力を 200 ~800 W と変化させて表面時効硬化を試みた。X 線回折により SP 処理後にレーザー照射した試料の相同定を行った。SP 処理により β 相の回折ピークがブロードになっていたが、レーザー照射することでシャープな回折ピークとなり、レーザー照射の加熱により β 相の回復・再結晶が起こったと考えられる。また、わずかであるが α 相のピークもみられ、 α 相の析出が確認できた。

図 2 に CS1 mm 投射材で SP 処理後にレーザー照射した試料の断面金属組織写真を示す。出力が 200 W でのレーザー照射では、照射の中心部 1 mm 程度で、結晶粒中に見られた SP による加工歪が消失して回復・再結晶が観察された。また、出力が 400 W 以上でのレーザー照射では、回復・再結晶と溶融が確認され、500 °C 程度の時効温度を超えてしまっており、レーザーの出力が高く不適切であることがわかった。

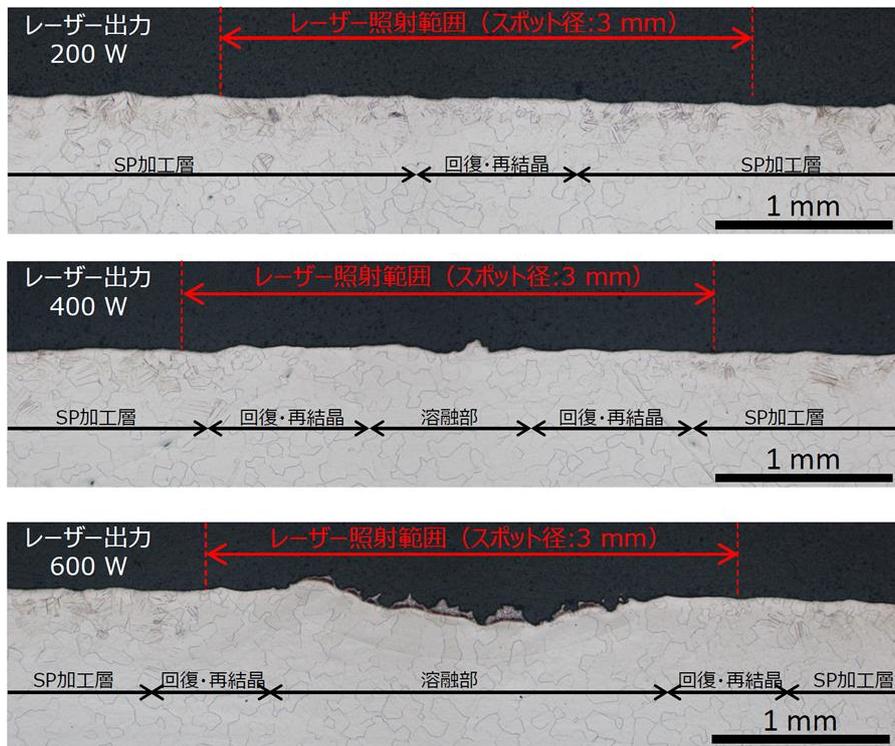


図 2 SP 処理後にレーザー照射した試料の金属組織写真

3.2 加工速度の検討

レーザー出力を 200 W に一定にして、加工速度を 1200~6000 mm/min に変化させて、加工速度の影響を調べた。SP 処理は、サイズが小さい投射材の方がごく表層で加工層を付与できる。ごく表層でのレーザー加工速度の影響を調査するために、SP 処理は、投射材の小さい CS0.1 mm を用いて行った。CS0.1 mm で SP 処理した試料の X 線回折の結果を図 3 に示す。明確な α 相のピークは確認できなかった。また、加工速度が遅くなるにつれて、ブロードだったピークがシャープになっており、レーザー

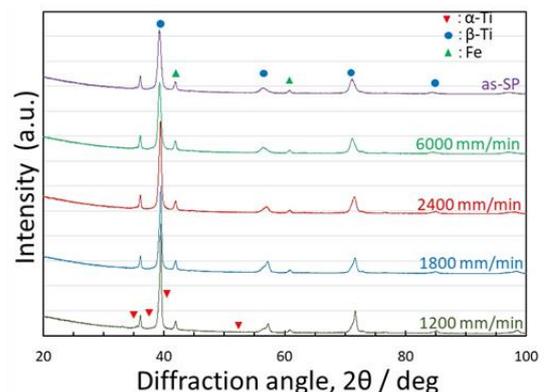


図 3 X 線回折結果

照射による加熱時間が長くなることにより、SP 処理で導入された加工歪の緩和が進んでいることが確認できた。時効処理により α 相を析出させるには、加工速度を遅くして加熱時間を長くする必要があると考えられる。図 4 に CS0.1 mm で SP 処理した試料の表面硬さ分布を示す。表面硬さは、SP 処理面をわずかに金属光沢が出る程度に研磨して、得られた金属光沢面でビッカース硬さ試験機を用いて測定を行った。レーザー照射範囲において硬さの低下が見られた。これは、SP 処理で導入された加工歪の緩和によるものと考えられ、時効による硬化が得られていないことがわかった。これらの結果より、今回行ったレーザー照射条件では、時効硬化がされていないことが確認でき、レーザー照射条件のさらなる検討が必要である。

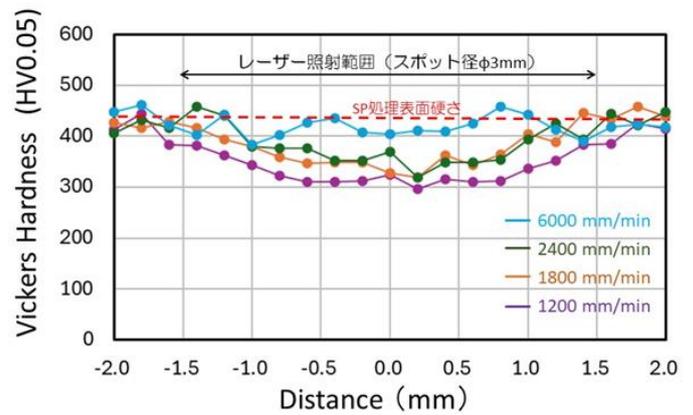


図 4 表面硬さ分布

4 結論

SP 処理後に、レーザー照射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が、溶融層や結晶粒の回復・再結晶が確認され、硬化層は得られなかった。レーザー照射の出力を低くして、加工速度を下げることにより、表面硬化層が得られると考えられる。

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)