Ti-15V-3Cr-3Al-3Sn 合金の β 相から析出した $\{10\bar{1}1\}_\alpha$ 双晶の形態*

稲葉輝彦** 飴山 恵*** 時実正治***

J. Japan Inst. Metals, Vol. 53, No. 11 (1989), pp. 1188-1189

Morphology of $\{10\bar{1}1\}_\alpha$ Twin in a Ti-15V-3Cr-3Al-3Sn Alloy*

Teruhiko Inaba**, Kei Ameyama*** and Masaharu Tokizane***

Keywords: metastable β phase titanium alloy, low temperature aging, twin, morphology

I. 緒 言

準安定 β 型チタン(Ti)合金において β 相から析出する α 相は、結晶学的特徴の違いから Type 1 α 相と Type 2 α 相の2つの型に分類されている⁽¹⁾。Type 1 α 相は、母相である β 相と Burgers の方位関係⁽²⁾ $\{110\}_\beta // (0001)_\alpha$, $\langle 111 \rangle_\beta // \langle 11\bar{2}0 \rangle_\alpha$ を満たすが、Type 2 α 相は β 相とは Burgers の方位関係を満たさない。また、Type 1 α 相と Type 2 α 相の間には、 $\{10\bar{1}2\} \langle 10\bar{1}1 \rangle$ 双晶の関係⁽¹⁾ があるとされている。Type 1 α 相の双晶に関しては、さらに $\{10\bar{1}1\}_\alpha$ 双晶が知られており⁽³⁾、これは、 $(\alpha + \beta)$ 型 Ti 合金である Ti-6Al-2Nb-1Ta-1Mo 合金の連続冷却過程においてマルテンサイト変態により生成する α 相で認められている。しかしながら、これら以外には β 相から析出した α 相の形態や結晶学的特徴に関しては、不明点が多い。

著者らは、準安定 β 型チタン合金である Ti-15V-3Cr-3Al-3Sn 合金を時効したときに母相 β 相から $\{10\bar{1}1\}$ 双晶関係を有する Type 1 α 相が析出することを見い出したので報告する。

II. 供試材と実験方法

本研究に用いた材料は、V : 15.27 mass%, Cr : 3.05 mass%, Sn : 3.03 mass%, Al : 3.06 mass%, Fe : 0.165 mass%, O : 0.112 mass%, N : 0.0055 mass%, H : <0.0010 mass% の化学組成の Ti-15V-3Cr-3Al-3Sn 合金である。試料は、真空中において β 変態点以上の 1073 K で 1.8 ks 保持後水冷して溶体化処理を行い、続いてアルゴンガス雰囲気中で、種々の温度で種々の時間時効を行い水冷した。なお、溶体化処理後の β 粒径はおよそ 80 μm であった。また、時効後の試料の組成分析において O および H 濃度の増加は認められなかった。

透過型電子顕微鏡(TEM)観察用の薄膜は、試料を 100 μm の厚みまで機械研磨した後、イオンシンニング装置を

用いて作製した。TEM 観察は、JEM-2000 FX を用いて加速電圧 200 kV で行った。

III. 結果と考察

本合金では、573 K での時効により、同一のヴァリエントからなる微細な α 相が β 粒内に集合体を形成して析出することが知られている⁽⁴⁾。この α 集合体は、573 K あるいは 623 K で時効した場合に特に多く観察され、 α 集合体を形成している α 相は、低温での時効ほど微細である。

Fig. 1 は、623 K で 172.8 ks 時効したときに生成した α 集合体の TEM 像である。 α 集合体が生成した領域で、 $\langle 111 \rangle_\beta$ 方向から電子線を入射し制限視野電子線回折を行うと、3つの異なる結晶方位の α 相による回折斑点が認められ、それらが母相 β 相と Burgers の方位関係を満たす3つのヴァリエントの α 相($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$)であることが確認された。したがって、 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ は、Type 1 α 相であると考えられる。Fig. 1(b), (c) および (d) は、それぞれ各ヴァリエントの α 相の $(01\bar{1}0)$ 回折斑点による暗視野像である。これまでに、Type 1 α 相は、針状(Ti-Mo 合金)あるいは板状(Ti-Mo-Al 合金)の形態を呈し、その長軸($\langle 0001 \rangle_\alpha$)が $\langle 110 \rangle_\beta$ 方向に平行であることが報告されている⁽¹⁾。しかしながら、Fig. 1(b), (c) および (d) の暗視野像からわかるように、個々のヴァリエントの α 相の多くは、いずれも $\langle 0001 \rangle_\alpha$ 、すなわち $\langle 110 \rangle_\beta$ 方向に平行な長軸を有しておらず、これまでに報告されている Type 1 α 相とは異なった形態を呈している。Fig. 1(b), (c) および (d) の暗視野像の重ね合わせから、この α 集合体を模式図で表わすと、Fig. 1(f) のようになる。これから、この α 相の集合体が3つのヴァリエントの α 相($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$)の集団から構成されていることがわかる。また、これらの $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ の α 相は、それぞれ互いに接しており、その接合面は、いずれも Fig. 1(f) 中に示したように母相 β 相の3つの $\{110\}$ 面のトレースおよび各ヴァリエントの α 相の $\{10\bar{1}1\}$ 面のトレース

* 1989年4月日本金属学会横浜大会に一部発表

** 兵庫県立機械金属工業指導所(Mechanical and Metal Research Institute of Hyogo Prefecture, Miki)

*** 立命館大学理工学部機械工学科(Department of Mechanical Engineering, Ritsumeikan University, Kyoto)

Fig. 1 Transmission electron micrographs showing the $\{10\bar{1}1\}_\alpha$ twins in the Ti-15V-3Cr-3Al-3Sn alloy aged at 623 K for 172.8 ks.

- (a) Bright field image and selected area diffraction pattern.
- (b) Dark field image using $01\bar{1}0_{\alpha_1}$ reflection.
- (c) Dark field image using $01\bar{1}0_{\alpha_2}$ reflection.
- (d) Dark field image using $01\bar{1}0_{\alpha_3}$ reflection.
- (e) Schematic illustration of the diffraction pattern shown in (a).
- (f) Schematic illustration of the $\{10\bar{1}1\}_\alpha$ twins.

スと一致した。以上のことから、Burgers の方位関係を満たす $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ の 3 つの α 相は、相互に $\{10\bar{1}1\}$ 双晶の関係にあることがわかる。

なお、時効温度が高くなるほど $\{10\bar{1}1\}_\alpha$ 双晶の観察される頻度は低くなり、これまでに報告⁽¹⁾されているような形態の Type 1 α 相が多く観察された。

以上のよう、Ti-15V-3Cr-3Al-3Sn 合金では、573 K, 623 K での時効により $\{10\bar{1}1\}_\alpha$ 双晶が生成することが明らかとなった。

最後に、本研究に供した試料は(株)神戸製鋼所のご好意によるもので、ここに付記し厚く感謝します。

文 献

- (1) C. G. Rhodes and J. C. Williams: Metall. Trans., **6**(1975), 2103.
- (2) W. G. Burgers: Physica, **1**(1934), 561.
- (3) R. E. Lewis, W. C. Coons, J. C. Williams and G. K. Scarr: *Proceedings of an International Conference on SOLID→SOLID PHASE TRANSFORMATIONS*, Ed. by H. I. Aaronson et al., A Publication of The Metallurgical Society of AIME, (1981), 1499.
- (4) M. Okada, D. Banerjee and J. C. Williams: *Titanium Science and Technology*, Ed. by G. Lutjering, U. Zwicker and W. Bunk, D. G. M., Oberusel, FRG, (1985), 1835.

(1989年 8 月 14 日受理)