

強歪み加工によるチタン箔の抗張力の強化

渡辺健次*, 阿部二郎†, 綾 武光‡

Strengthening of tensile strength of titanium foil by processing of strong warp

Kenji WATANABE*, Jiro ABE†, and Takemistu AYA‡

abstract

The crystal grain of titanium foil was made minute by the ECAP (Equal-Channel Angular Pressing) method, and the mechanical properties were measured.

The grain size of sample has decreased from $50 \times 10^{-6} \sim 100 \times 10^{-6}$ m to 5×10^{-6} m $\sim 10 \times 10^{-6}$ m by processing it three times. The Young's modulus increased from 2.3×10^5 MPa to 2.5×10^5 MPa by making the crystal grain minute. The yield stress increases from 1.1×10^3 MPa to 1.7×10^3 MPa and tensile strength from 1.1×10^3 MPa to 1.8×10^3 MPa by the same processing.

1 まえがき

金属材料に強い歪み加工を加え、その金属の結晶粒を微細化することにより機械的強度を高める手段として ECAP (Equal-Channel Angular Pressing) 法がある [1].

最近、ECAP 装置は改良され、特に軽金属合金結晶粒の微細粒化による機械的性質に関する研究が精力的に進められている [2]-[7].

我々は、薄い金属板材の加工に適した材料固定式 ECAP 装置により、チタン箔に結晶粒微細化加工を加え加工回数に対する結晶粒径及び機械的性質の変化を測定した。

2 装置と試料

Fig. 1 は試料固定式の ECAP 装置 (軟鋼製) の模式図を示す。切削角は 85° (すくい角 = 5°) である。P 部を矢印方向に引くことにより、試料は強歪み加工をうけて S 方向に押し出される。試料はチタン (JIS 1 種) の箔 ($90 \text{ mm} \times 16 \text{ mm} \times 0.1 \text{ mm}$) で、冷間圧延されたもの (日本鋳業・倉見工場製) である。降伏応力、抗張力、弾性係数等の測定には、万能型引張試験機 (UTM-4-100: 東洋ボールドウイン製) を用いた。引張試験片の形状・寸法は Fig. 2 に示した。

*中央大学理工学部物理学科

†元・中央大学理工学部応用化学科

‡中央大学理工学部精密機械工学科

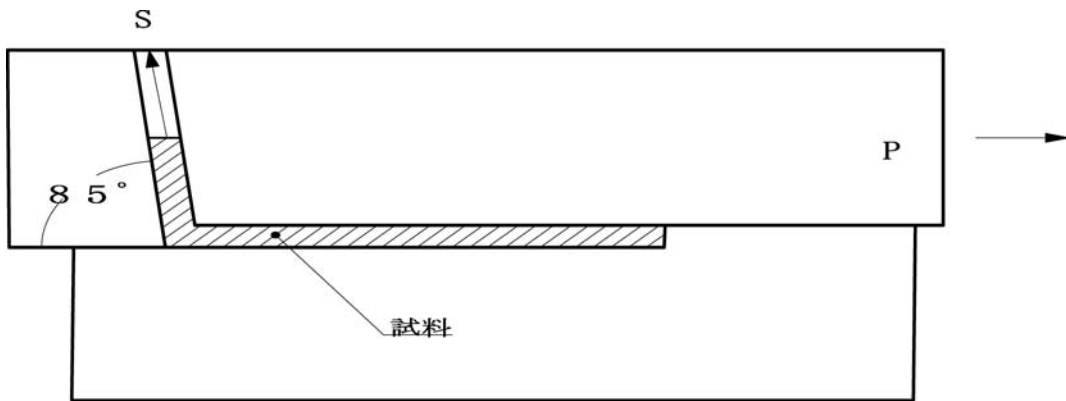


Fig. 1 試料固定式 ECAP 装置の模式図

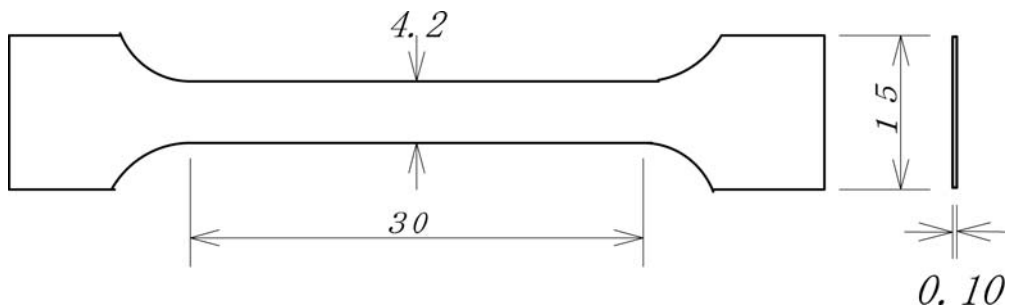


Fig. 2 試験片の形状・寸法 (mm)

3 実験

3-1 強歪み加工は、室温で加工速度約 3 cm/sec の条件で行った。結晶粒の大きさは金属顕微鏡を使って概算した。

3-2 降伏応力、抗張力、ヤング率の測定は、引張り速度 (CROSSHEAD SPEED) を 0.2 mm/min とし、室温において行った。

4 結果

測定結果を Table 1 に示す。表中に示す降伏応力は、永久伸び 0.2% に対する引張力 (耐力) である。

Table 1 強歪み加工したチタン箔の機械的強度 (室温)

試料	加工回数	ヤング率 10 ⁵ MPa	降伏応力 10 ³ MPa	抗張力 10 ³ MPa	結晶粒径 10 ⁻⁶ m
純チタン (JIS1 種)	0	2.3	1.1	1.1	50 ~ 100
純チタン (JIS1 種)	1	2.5	1.5	1.6	10 ~ 30
純チタン (JIS1 種)	2	2.5	1.6	1.7	5 ~ 10
純チタン (JIS1 種)	3	2.5	1.7	1.8	5 ~ 10
純チタン (JIS1 種)	4	2.5	1.7	1.8	5 ~ 10

5 考察

多結晶金属の降伏応力はその結晶粒径に依存し、その依存性は Hall-Petch 則として知られている [8][9]。本測定においては、材料の結晶粒径のばらつきが大きく Hall-Petch 則の適合性を確かめることはできなかった。加工回数の増加に対する結晶粒の微細化傾向は明かであり、降伏応力と抗張力は結晶粒径の減少に対して増加している。しかし加工回数 3 回、4 回における結晶粒微細化の効果は認められなかった。生体用金属材料として、チタン・チタン合金が使われているが、特に、歯科インプラントの素材として、結晶粒微細化による機械的強度の強化が求められている [10]。今後は、「切削角」を大きくし、材料の厚さを増して同様の実験を行う必要がある。

6 結論

材料固定式 ECAP 法によりチタン箔 (0.1 mm 厚) の結晶粒径を約 1/10 に微細化することができた。しかし、加工回数 3 回、4 回では結晶粒径は減少しなかった。結晶粒径が約 1/10 に減少することにより、ヤング率は 8.7%、降伏応力は 45%、抗張力は 54% 増加した。

加工回数を多くしても結晶粒径が減少しなければチタン箔の機械的強度は増加しない。

参考文献

- [1] Segal V. M. , Reznikov V. I., Drobysheskiy A. E. and Kopylov V. I., *Metally*, **1**, 115–123 (1981), English Translation: *Russ Matall.*, **1**, 99–105 (1981)
- [2] Y. Iwahasi, J. Wang, Z. Horita, M. Nemoto and T. G. Langdon: *Scr. Mater.*, Vol.35, No.2, 143–146 (1996)
- [3] K. Nakashima, Z. Horita, M. Nemoto and T. G. Langdon: *Acta mater.* Vol.46, No.5, 1589–1599 (1998)
- [4] Y. Iwahasi, Horita, M. Nemoto and T. G. Langdon: *Metall. Mater. Trans.*, **29A**, 2503 (1998)
- [5] S. Komura, Z. Horita, M. Nemoto and T. G. Langdon: *J. Mater. Res.*, **14**, No.10, 4044 (1999)
- [6] 大石敬一郎, 金子賢治, 堀田善治: *まてりあ*, **41**, 422–426 (2002)
- [7] Y. Iwahashi, Z. Horita, M. Nemoto and T. G. Langdon: *METALLURGICAL AND MATERIALS TRANSACTIONS A*, **29A**, 2503 (1998)
- [8] E. O. Hall: *Proc. Phys. Soc.*, **64B**, 747 (1951)
- [9] N. J. Petch: *J. Iron Steel Inst.*, **173**, 25 (1953)
- [10] 遠藤一彦, 安彦善裕: *まてりあ*, **34**, 1166–1172 (1995)