

強歪み加工によるチタン板の抗張力の強化

渡辺健次*, 阿部二郎**, 綾 武光***

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

Kenji Watanabe*, Jiro Abe**, and Takemistu Aya***

abstract

The titanium sheet was processed by the ECAP(Equal- Channel Angular Pressing) method, and the mechanical properties were measured.

By processing sample five times, the yield stress increases from 1.1×10^3 MPa to 1.9×10^3 MPa and the tensile strength has increased from 1.3×10^3 MPa to 2.3×10^3 MPa.

The Young's modulus decreased slightly from 1.7×10^5 MPa to 1.6×10^5 MPa by the same processing.

1 まえがき

金属材料の機械的強度を高めるためにその金属を合金化することが一般的であるが、金属合金を生体用材料として用いる場合、その合金成分元素が生体の拒否反応を引き起こすことがある。合金化をせずに金属の生体用材料の開発をするには、標記の強歪み加工による機械的強度の強化が特に有利である。

最近、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 ECAP(Equal-Channel Angular Pressing) 装置が改良され、特に軽金属材料の結晶粒微細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[1]-[6]。我々は、薄い金属板材の加工に適した材料固定式 ECAP 装置を作り、チタン板に結晶粒微細化加工を施し、加工回数に対するチタン板の機械的性質を測定した。

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。装置の切削角は 直角より 4° 小さくしてある。摺動板の P 部(Fig.1)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(J1S 1 種)の板($90\text{ mm} \times 14\text{ mm} \times 0.3\text{ mm}$)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。

* 元・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

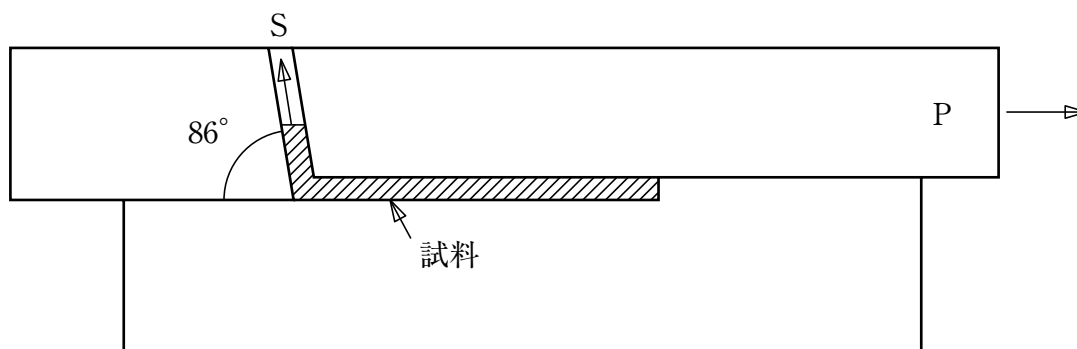


Fig.1 試料固定式 ECAP 装置の模式図

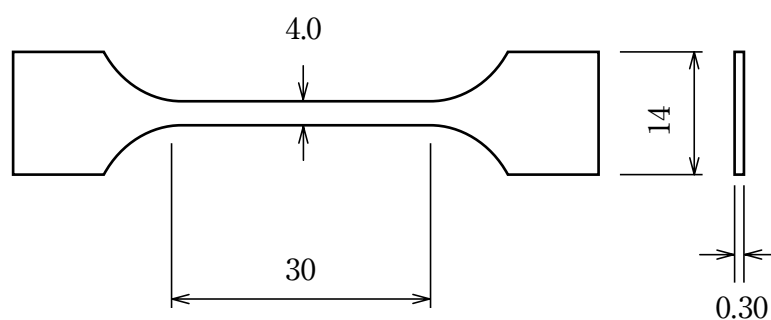


Fig.2 試験片の形状・寸法 (mm)

3 実験

3-1 Fig.1 の摺動板の牽引は手動の巻き取り機を用いた。加工は、室温で、加工速度は約 3cm/sec の条件で行った。

3-2 引張試験機による、ヤング率、降伏応力、抗張力の測定は、引張り速度 (CROSSHEAD SPEED) を 0.2mm/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、公称引張歪 0.2 % に対する値である。

Table 1 強歪み加工した純チタン (JIS 1 種) 板の機械的強度 (室温)

加工回数	ヤング率 10 ³ MPa	降伏応力 10 ³ MPa	抗張力 10 ³ MPa
0	1.7	1.1	1.3
1	1.6	1.5	1.8
2	1.6	1.7	2.1
3	1.6	1.8	2.1
4	1.6	1.8	2.3
5	1.6	1.9	2.3

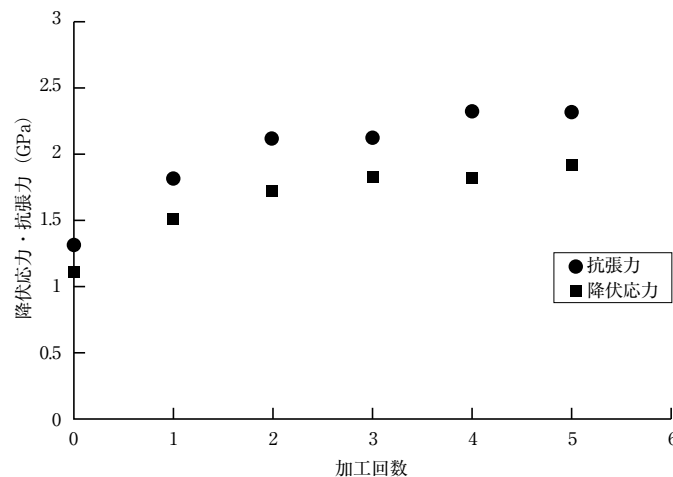


Fig.3 加工回数に対する降伏応力及び抗張力

ヤング率は加工回数の増加に対し僅かに減少している。降伏応力及び抗張力は加工回数の増加に伴って増加し、加工回数 5 回における降伏応力及び抗張力の増分はそれぞれ 73 %, 77 %である。加工回数と、降伏応力及び抗張力の関係は Fig.3 に示す。

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[7][8]。本実験においては、試料の結晶粒径を測定しなかったが、本装置による歪み加工によって試料の結晶粒が微細化されることは既に示されている[9]。したがって Fig.3 で明らかなように、加工回数の増加に伴って抗張力の増加率が徐々に減少していることは、本装置による結晶粒の微細化に限界があることを示している。しかし、本装置の切削角を 86° より大きくする事によって、本装置の結晶粒微細化能をさらに高めることが出来ると考えられる[3]。

最近、生体用金属材料として、合金化によって機械的強度を強化したチタン合金が使用されているが、生体にはなるべく合金化は避けた方が良い。そのために特に歯科インプラントの素材として細胞との接着性がよい純チタン及びチタン-酸素合金を ECAP 法によって効率良く機械的強度を高めることが望まれる[10]。

6 結論

試料固定式 ECAP 法により、チタン板 (0.3 mm 厚) に 5 回の強歪み加工を加えることにより、その降伏応力は 1.1×10^3 MPa から 1.7×10^3 MPa、抗張力は 1.3×10^3 MPa から 2.3×10^3 MPa の限界値に達した。ヤング率は加工回数によって殆ど変化しなかった。

参考文献

- [1] Segal V.M., Reznikov V.I., Drobyshevskiy 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. , **35**, 143-146 (1996)
- [3] K. Nakashima, Z. Horita, M. Nemoto and T. G. Langdon: Acta mater. , **46**, 1589-1599 (1998)
- [4] S. Komura, Z. Horita, M. Nemoto and T. G. Langdon: J. Mater. Res. , **14**, 4044-4055 (1999)

- [5] 大石敬一郎, 金子賢治, 堀田善治: まてりあ, **41**, 422-426 (2002)
- [6] Y. Iwahashi, Z. Horita, M. Nemoto and T.G. Langdon: Metall. and Trans. A, **29A**, 2503-2510 (1998)
- [7] E. O. Hall: Proc. Phys. Soc. , **64B**, 747-753 (1951)
- [8] N. J. Petch: J. Iron Steel Inst. , **173**, 25 (1953)
- [9] 渡辺健次、阿部次郎、綾武光: 中央大学理工学研究所論文集, **12**, 19-21 (2006)
- [10] 遠藤一彦, 安彦善裕: まてりあ, **34**, 1166-1172 (1995)