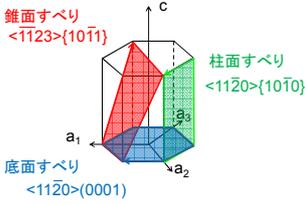


引張試験中性子その場回折による超微細粒HCPチタンの特異なすべり挙動の解析

京都大学大学院工学研究科 材料工学専攻 寺田大将、柴田航佑、辻伸泰

研究背景

純チタンのすべり系



1. 柱面すべりの臨界せん断応力(CRSS)が最も小さい(塑性変形は主に柱面すべりが担っている)
2. 柱面すべりのCRSSは、柱面すべりの約2倍と報告されている
3. 粒界近傍で柱面すべり転位の観察例が報告されている

粒界を多く含む超微細粒材料では、通常活動する柱面すべりに加えて、柱面すべりが活動することで、力学特性に大きな影響を及ぼす可能性。

1 μ m～数十 μ mにおよぶ範囲で、種々の平均粒径を有する純チタンを作製し、その力学特性と活動すべり系との関係について調べた。

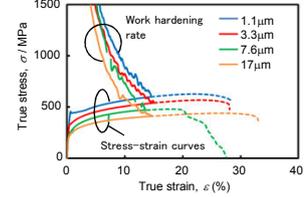
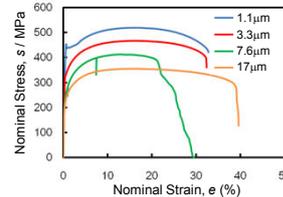
種々の平均粒径の純チタンの力学特性

試料: 工業用純チタン(JIS2種)

ARB加工と焼鈍により、種々の平均粒径を有する試料を作製

化学組成(mass%)

| | C | H | O | N | Fe | Ti |
|-------|-------|--------|------|-------|-------|------|
| cp-Ti | 0.007 | 0.0013 | 0.08 | 0.004 | 0.025 | Bal. |

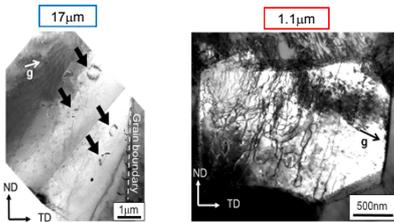


| Grain size, d / μ m | 1.1 | 3.3 | 7.6 | 17 |
|-------------------------|------|------|--------|------|
| Uniform elongation(%) | 15.5 | 15.5 | (12.8) | 16.1 |

一般に、強度と延性はトレードオフの関係。しかしながら、純チタンでは、結晶粒径の超微細化にともない加工硬化率が上昇し、均一伸びを損なうことなく強度が上昇した。
 ⇒なぜ?

変形挙動の詳細を調べるために、変形組織の観察や引張試験その場中性子回折を用いて、活動すべり系について検討を行った。

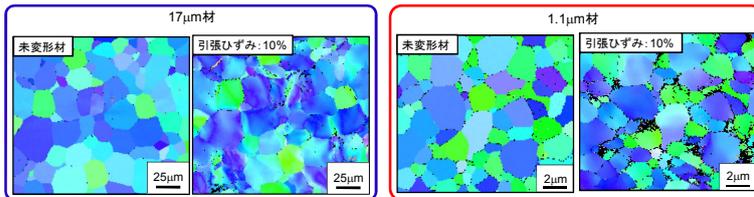
引張変形組織の観察



二波励起条件での転位のTEM観察($g = 0002$) (引張ひずみ: 5%) c軸方向にバーガスベクトル成分を持つ転位のみを観察できる ⇒ 柱面すべり転位

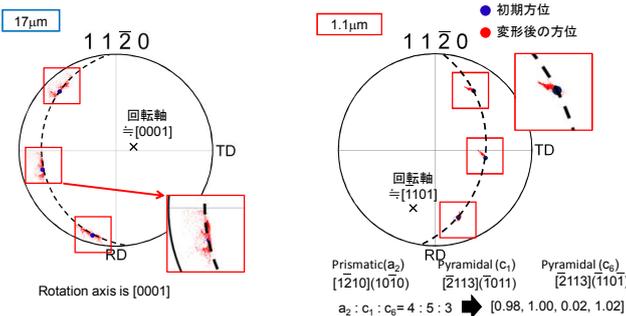
17 μ m材では粒界近傍で、柱面すべり転位が観察されたのに対し、1.1 μ m材では、粒内に多くの柱面すべり転位が観察された。
 ⇒ 結晶粒の超微細化により柱面すべりが活性化された可能性

引張変形組織の同一視野EBSD観察



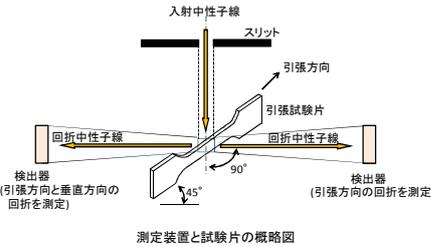
格子回転の回転軸から、どのすべり系が活動したのか推測

| すべり系 | すべり面 | すべり方向 | 回転軸 |
|-------|------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 柱面すべり | $\{10\bar{1}0\}$ | $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ | $\langle 0001 \rangle$ |
| 底面すべり | $\{0001\}$ | $\langle 11\bar{2}0 \rangle$ | $\langle 10\bar{1}0 \rangle$ |
| 錐面すべり | $\{10\bar{1}1\}$ | $\langle \bar{1}1\bar{2}3 \rangle$ | $\langle 18, 47, 29 \ 11 \rangle$ |



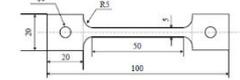
17 μ m材では、柱面すべりによって格子回転が説明できるのに対し、1.1 μ m材の場合には、柱面すべりに加えて、錐面すべりが活動しないと、格子回転を説明できない。
 ⇒ 結晶粒の超微細化により、柱面すべりが活性化されたことを示唆

引張試験中性子その場回折



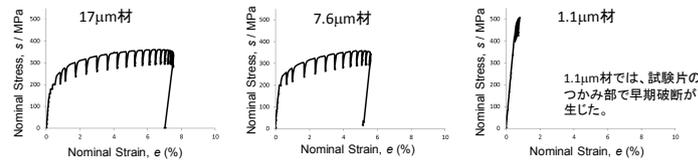
試料: 1.1 μ m, 7.6 μ m, 17 μ m材

平行部長さ50mm、幅5mm、厚さ1mmの平板試験片



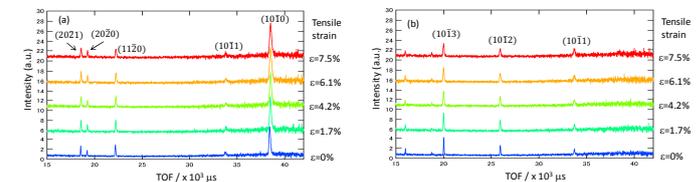
引張試験中に中性子回折を測定し、各結晶面での回折強度の変化から、引張変形中の格子回転について検討。

各試料の応力-ひずみ曲線



引張試験中に、所定のひずみで試験を停止し、中性子回折測定を行った。

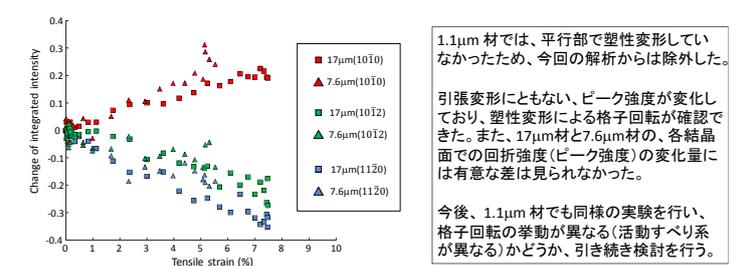
各引張ひずみでの回折プロファイル



引張試験中に測定した中性子回折プロファイルの例、17 μ m材の(a)引張方向と(b)板法線方向の回折プロファイル

変形にともなうピーク強度の変化をピーク面積の変化として解析

引張変形にともなう回折ピークの強度変化(ピーク面積の変化)



1.1 μ m材では、平行部で塑性変形していなかったため、今回の解析からは除外した。

引張変形にともない、ピーク強度が変化しており、塑性変形による格子回転が確認できた。また、17 μ m材と7.6 μ m材の、各結晶面での回折強度(ピーク強度)の変化量には有意な差は見られなかった。

今後、1.1 μ m材でも同様の実験を行い、格子回転の挙動が異なる(活動すべり系が異なる)かどうか、引き続き検討を行う。

まとめ

種々の粒径を有する純チタンの変形組織のTEM観察およびEBSD測定の結果より、結晶粒径が1 μ mまで微細化されると、通常は活動しない柱面すべりが活動していることを示唆する結果が得られた。引張試験その場中性子回折により、変形中の活動すべり系の検討を試みたが、1.1 μ m材では引張試験で早期破断してしまい結果を得ることができなかった。今後、試験片形状、取り付け治具の改良を行い1.1 μ m材における活動すべり系の特定、粗大粒材料との比較を行う。