

研究テーマ：変形と破壊の素過程に立ち戻った構造材料の基盤研究

第2期 (H27~29年度) の研究目標

- バルクナノ化による金属構造材料の延性向上と、そのメカニズム解明
- ◎鉄鋼材料における変形機構の解明と制御指針の獲得
 - ◎チタン、マグネシウム材料における変形機構の解明と制御指針の獲得
- 「変形と破壊の上位概念」として、共通の発現原理、設計指針を提示し
共通指導原理を構築する



H27~29年度の代表的な研究成果

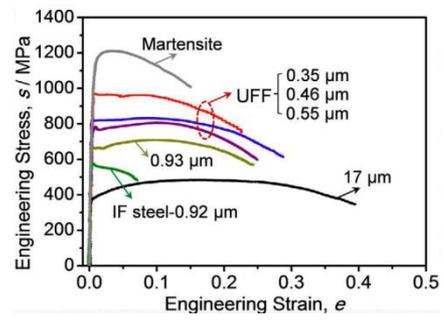
◆鉄鋼材料の簡便なプロセスによる結晶粒超微細化原理の発見

- ✓既存のバルク金属材料の製造プロセスにも適用可能な簡便な加工熱処理プロセスを用い、0.1%C低炭素鋼において最小平均粒径0.35 μm の等軸超微細粒フェライト組織を得ることに成功
- ✓得られた超微細粒フェライトは引張り強さ973MPaの高強度と全伸び23%の大きな引張延性

動的相変態と動的再結晶による
高強度・高延性バルクナノ鉄鋼

(辻GL、柴田准教授、Tian特定助教)

L. Zhao, N. Park, Y. Tian, A. Shibata, N. Tsuji, Scientific Reports 6, Article number: 39127 (2016)



本研究で得られた超微細粒鋼の
応力-ひずみ曲線(力学特性)

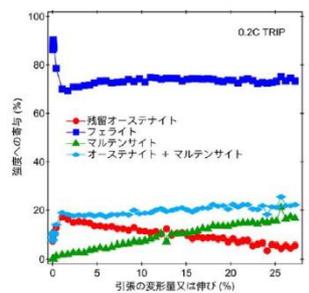
◆TRIP鋼の引張力に対するふるまいを中性子を用いてその場解析

- ✓TRIP鋼の引っ張り力に対する結晶構造の変化及びそれがもたらす影響を中性子回折実験で詳しく解明することに世界で初めて成功
- ✓外力の引っ張りによってTRIP鋼に含まれる「残留オーステナイト」の結晶構造が変化(相変態)して生じる「マルテンサイト」が鉄鋼の強度を高めていることを中性子を用いたその場解析で解明

TRIP鋼引張変形中の
中性子その場解析

(辻GL、ハルヨ拠点准教授、Gong特定研究員)

S. Harjo, N. Tsuchida, J. Abe, W. Gong, Scientific Reports 7, Article number: 15149 (2017)



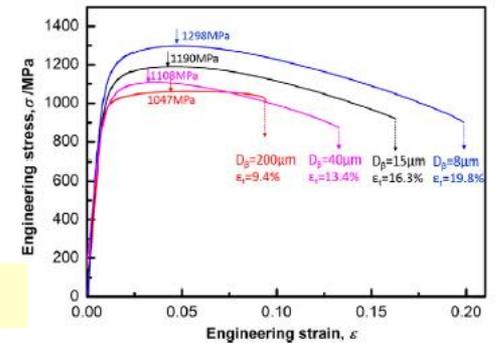
引張試験中のその場中性子回折実験
から得られた各構成相の強度への寄与

◆ 実用チタン合金における結晶粒微細化と高強度・高延性の両立

- ✓ Ti-6Al-4V合金において、熱処理プロセスの検討により微細マルテンサイト組織を得ることに成功
- ✓ 微細マルテンサイト組織材料は、焼入れ前β相の結晶粒が小さいほど微細化
- ✓ β相の粒径が小さいほど、すなわちマルテンサイト組織が微細であるほど強度および延性が両者ともに向上

(辻GL、柴田准教授、Tilak特定研究員) **実用Ti合金における高強度・高延性の両立**

Y. Chong, T. Bhattacharjee, J. Yi, A. Shibata, N. Tsuji, Scripta Mater. 138, 66-70 (2017)



焼入れ前β相の結晶粒径Dが小さいほど強度および延性が向上

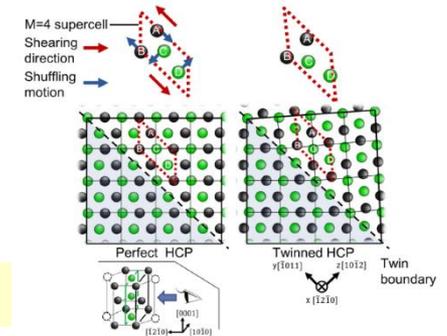
◆ 六方晶金属Mgにおける双晶変形素過程の微視的描像

- ✓ 双晶変形において従来考慮されなかった熱的要因を考慮することにより、 $\{10\bar{1}2\}$ 双晶変形を駆動するためには原子のシャフリングが必須であることを第一原理計算を用いた系統的研究で解明
- ✓ 双晶面と垂直なひずみを与えることで、活性化エネルギーを低下させることが可能

双晶変形素過程における原子のシャフリング

(田中GL、尾方PI)

A. Ishii, J. Li, S. Ogata, Int. J. Plasticity 82, 32-43 (2016)



双晶変形において、セルのひずみとは異なる方向に個別の原子は動く

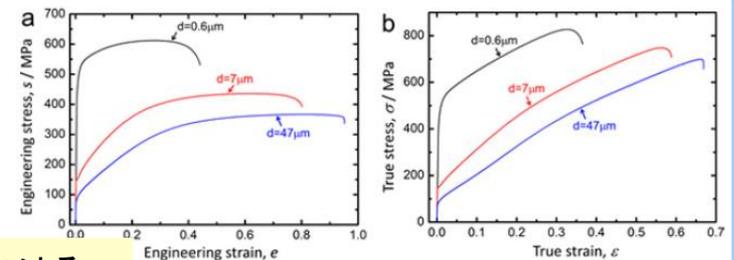
◆ 強さとねばさを兼備した材料開発に新たな視点

- ✓ Cu-Al合金において高い強度(通常粒径材に比較して5.6倍の降伏応力)と延性(引張伸び40%)を両立できることを発見
- ✓ 通常の転位の他に積層欠陥や変形双晶が塑性変形の担い手として活発に活動することで、高い加工硬化率が維持され大きな延性が実現
- ✓ 粒径によって転位、積層欠陥、変形双晶の活動時期が変化し、それに伴って加工硬化挙動が大きく変化

Cu-Al超微細粒合金における塑性変形過程の解明

(辻GL、Tian特定研究員、柴田准教授)

Y. Z. Tian, L. J. Zhao, S. Chen, A. Shibata, Z. F. Zhang, N. Tsuji, Scientific Reports 5, Article number: 16707 (2015)



3種類の平均粒径を有するCu-15Al合金の (a)公称応力-公称ひずみ曲線および (b)真応力-真ひずみ曲線