

微量ボロン(B)添加による 塑性加工性に優れたチタン合金 の開発

九州工業大学

先端エコフィッティング技術研究開発センター

教授 萩原 益夫

新技術の概要

チタン合金及びチタン金属間化合物は延性、鍛造性などの塑性加工性が悪いのが最大の欠点である。

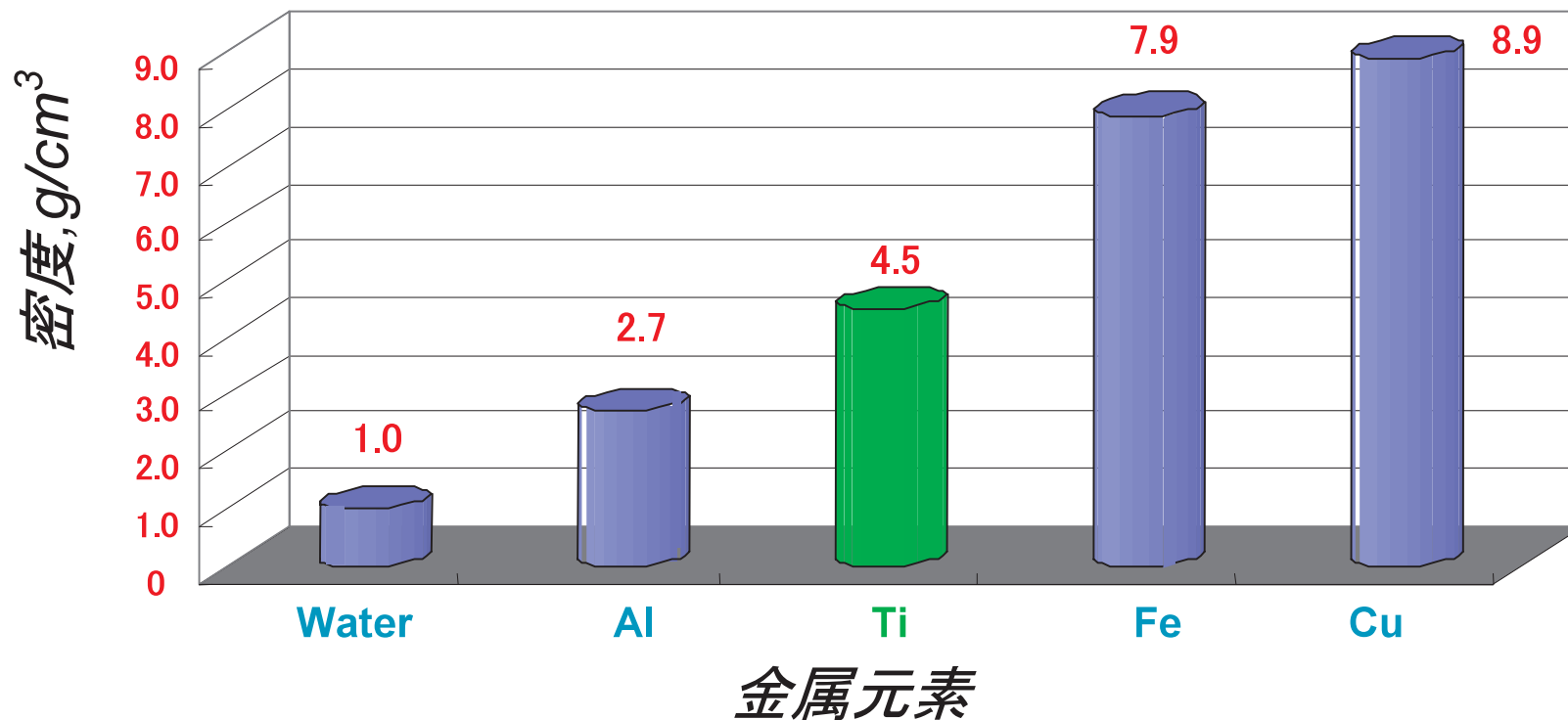
本技術は0.1重量%以下の微量のボロン(B)をチタン系合金に添加することにより結晶粒を微細化(100 μ m以下)し、これにより塑性加工性の改善を図る。

研究背景

チタンの特性、用途

- 軽量・高強度：チタンの比重は4.5で、鉄の約3/5。
鋼の2~3倍の強度。

航空機機体構造材、航空機・自動車のエンジン部材 → 機器の高性能化、軽量化により燃費の向上に結びつき、その結果、石油エネルギー資源の大量消費に歯止めが掛かり、また、大気の汚染も抑制される。



純チタンとチタン合金

★ 純チタン材：酸素(O)、炭素(C)、窒素(N)や鉄(Fe)が不可避免的に侵入するので、これらの元素の固溶強化によりAI合金程度の強さを持つ。(引張り強さ:270~750MPa)

用途:(耐食性を重視する)化学工業機器のパイプ、板など

★ 合金材：V、Nb、Moなどの元素を添加して、純チタン材の優れた性質を更に向上させたもの
(引張り強さ750MPa以上！)

用途:(軽量高強度を重視する)航空機・自動車部材、生体部材など

チタン合金は値段が高いのが欠点

● 理由

- ・チタンが活性金属であり、また加工性が悪いために**製錬、溶解、鍛造**などのプロセスが複雑となり多大な電力、労力を消費！
- ・純チタンにV、Nb、Moなどの高価な希少元素(レアメタル)を添加して(即ちチタン合金)所望の性能を達成！

★ チタン合金の大量使用は電力資源、希少資源の浪費に繋がり、**エコフィッティングとは相反する結果をもたらす！**

世界的にチタンの低コスト化を 目指した研究が活発化！

- ★ プロセス研究：新しい製錬法、新しい溶解法、部材製造法の研究（主として米国で活発）
- ★ 合金自身の低コスト化：Fe, Al、O、Nなどのユビキタス（ありふれた）元素を活用したチタン合金の開発！
- ★ 微量のボロン（硼素）添加による結晶粒の微細化とそれに伴う塑性加工性の改善（今回の新技術）

微量ボロン添加による加工性の改善

ベース合金

汎用のチタン合金

- ・Ti-6Al-4V

Ti₂AlNb相(α相)基耐熱チタン合金

- ・Ti-22Al-11Nb-1Fe-2Mo合金

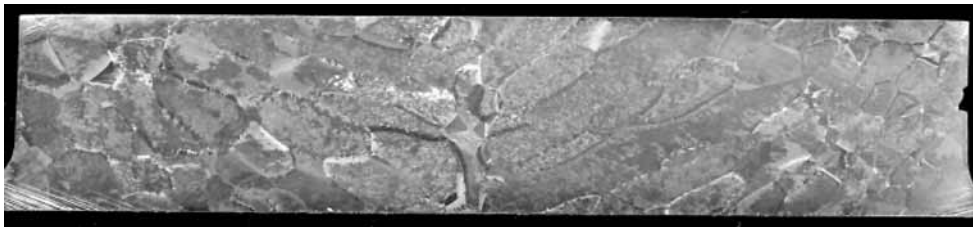
+ 微量のB
(0.1 wt.%)

加工性に及ぼす微量B添加の影響は？

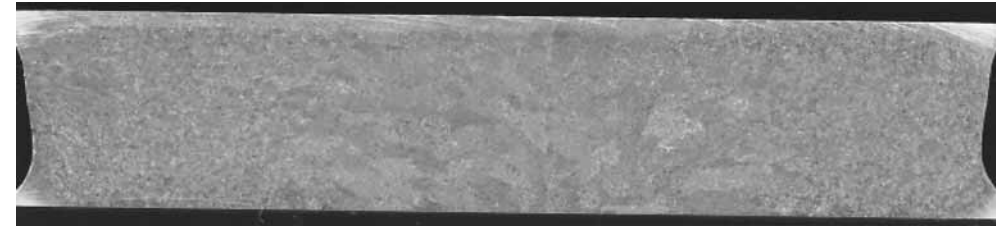
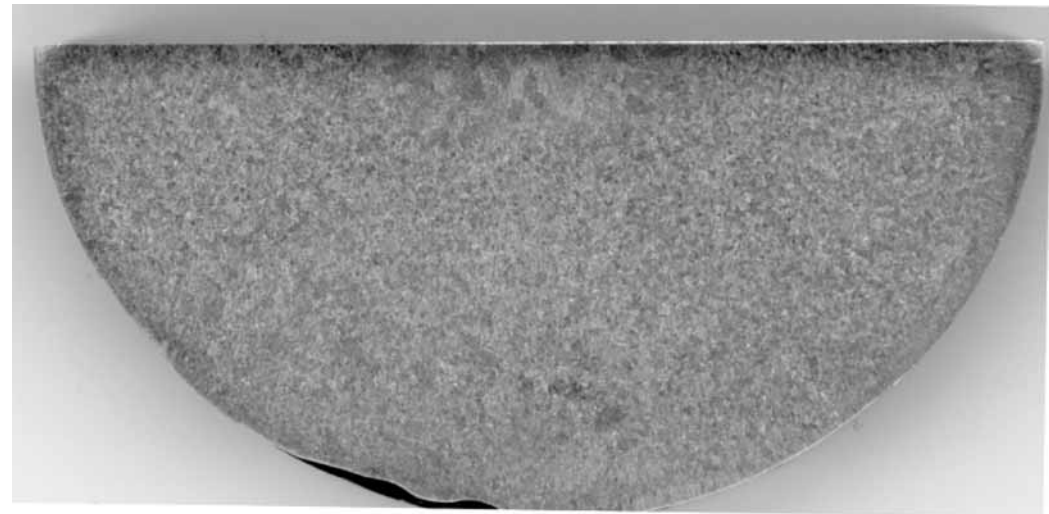
Ti-6Al-4V合金の鑄造組織に及ぼす 微量B添加の影響

溶製インゴットの内部組織

0B

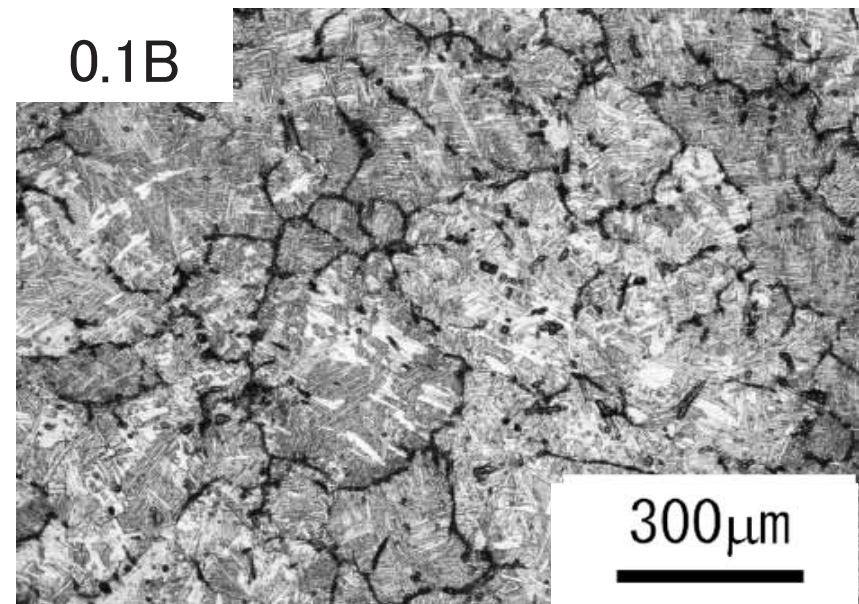
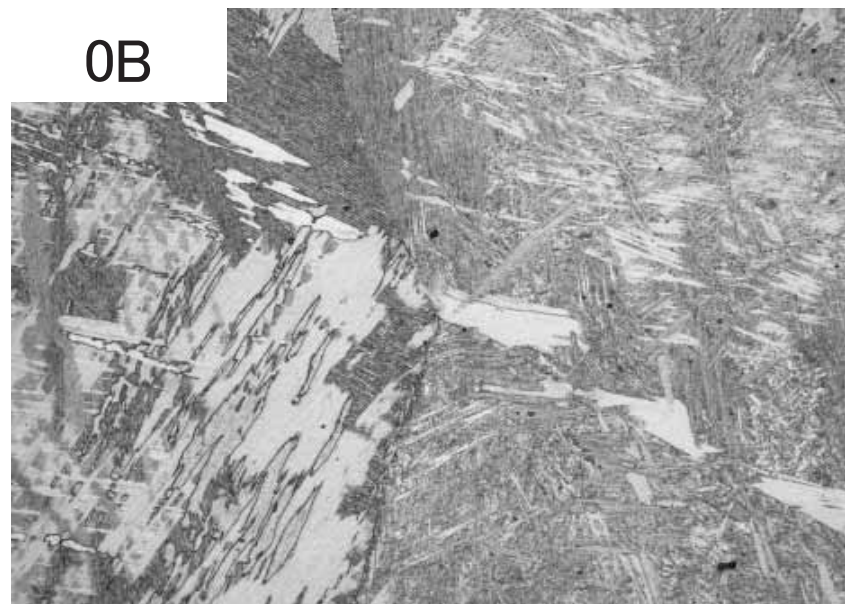


0.1B



Bの添加により鑄造組織が微細化！

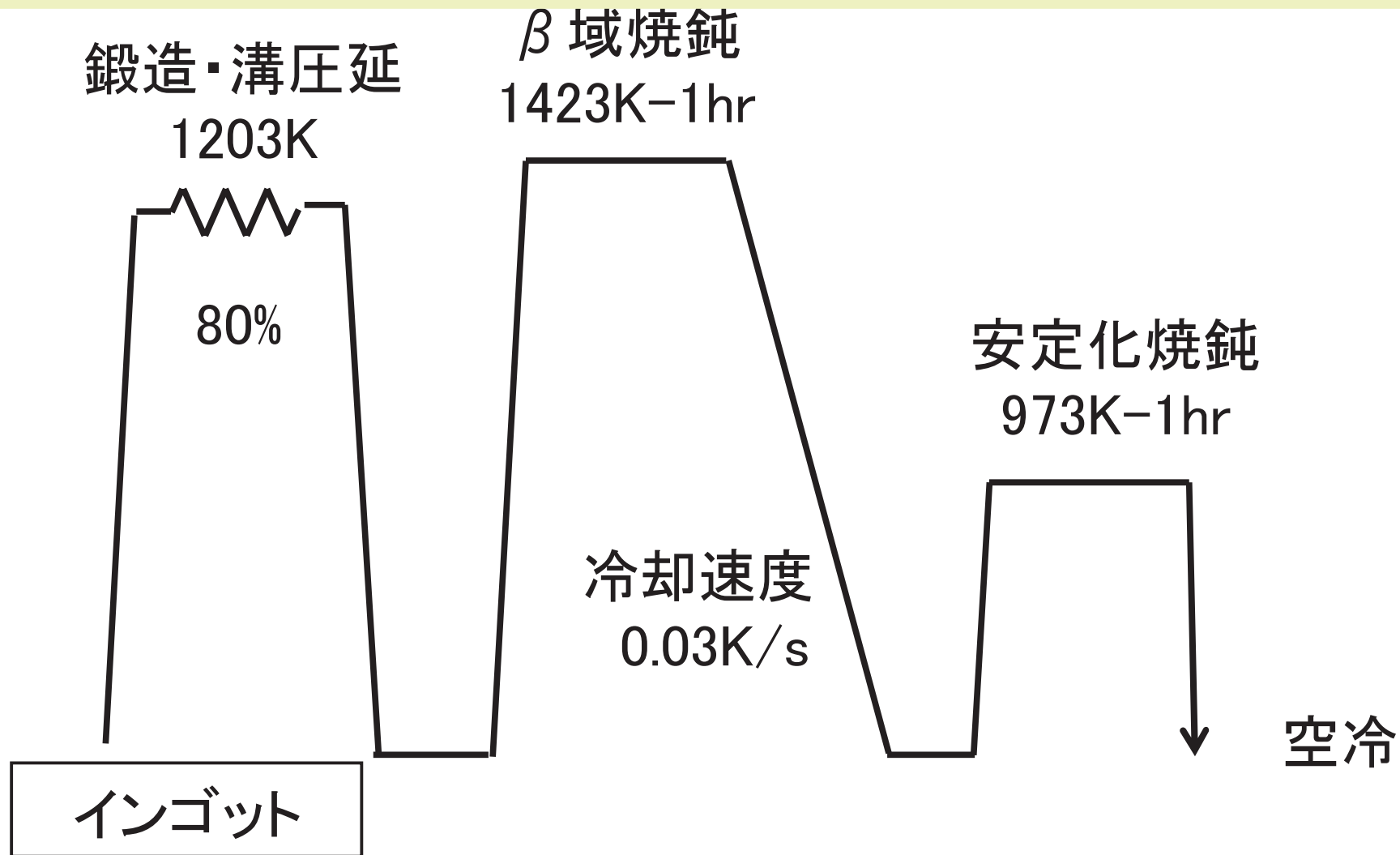
溶製インゴットの内部微視組織



TiBが粒界に分布

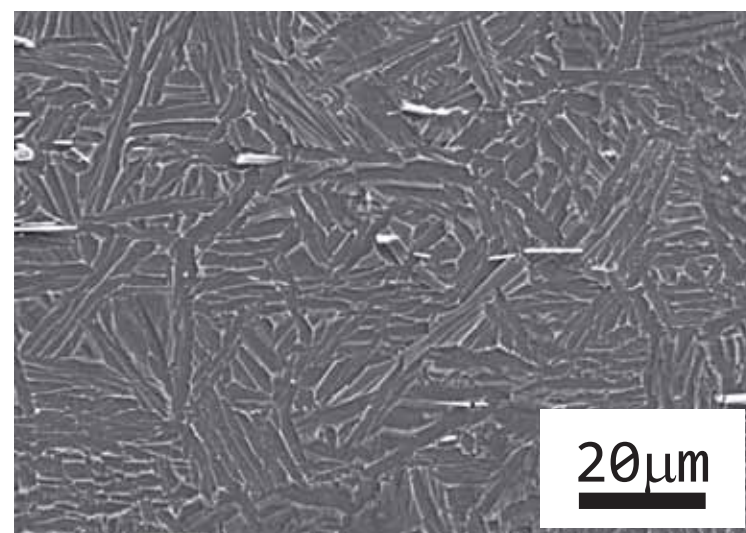
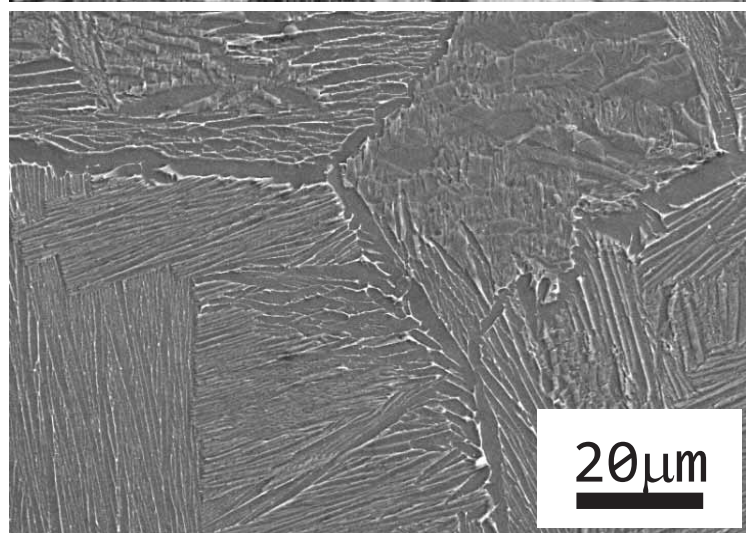
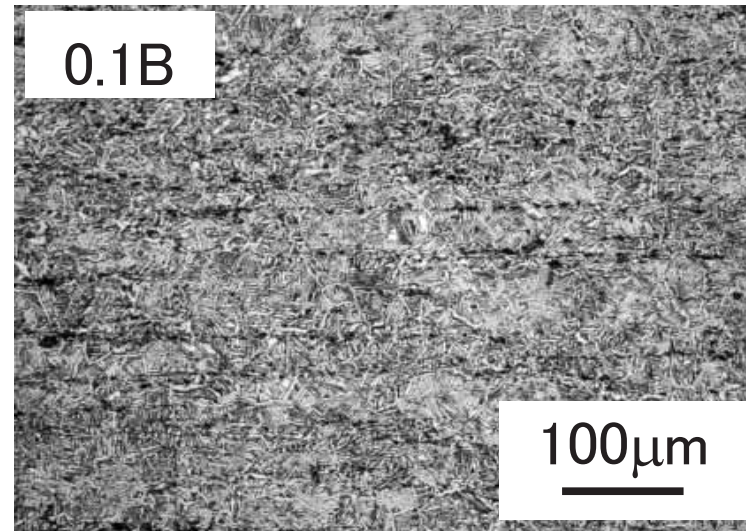
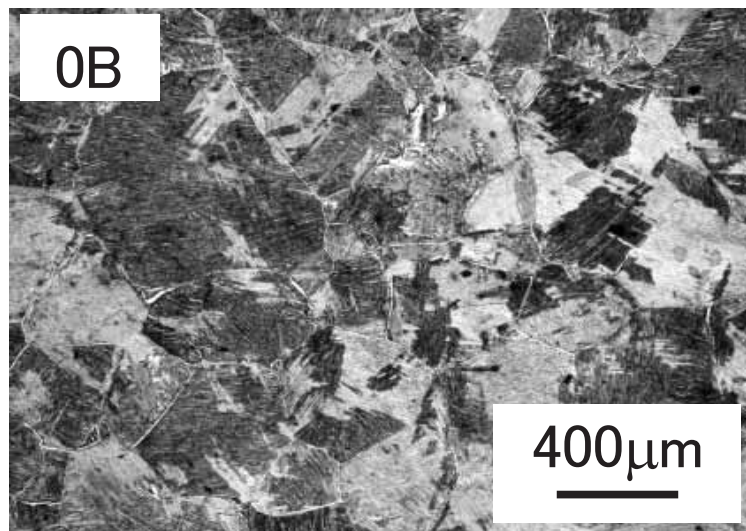
TiBの粒界ピン止め効果により
結晶粒が微細化

インゴットの鍛造及び熱処理



コロニー(ラメラ)組織の機械的特性を評価

熱処理後の微視組織



B添加により、高温での熱処理後も結晶粒が微細に維持される！

一定の温度での塑性加工性の評価

恒温圧縮試験

事前にある一定温度加熱して、その温度でサンプルを圧縮



$\phi 8\text{mm} \times 12\text{mm}$

60%圧縮
➔



低温側、高歪速度域で正常(均一)に変形するほど加工性に優れると判断！

恒温圧縮試験後のサンプル概観



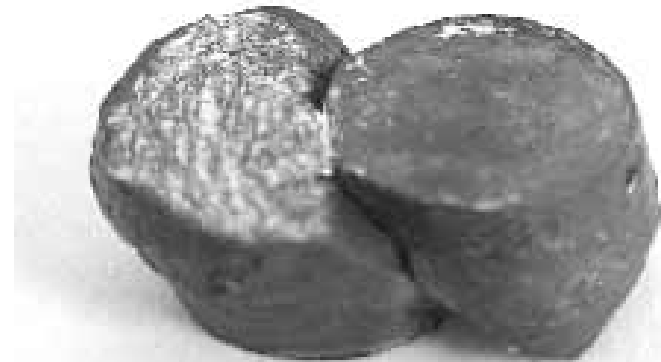
樽状 ◎



樽状 ○
(ひび割れ)

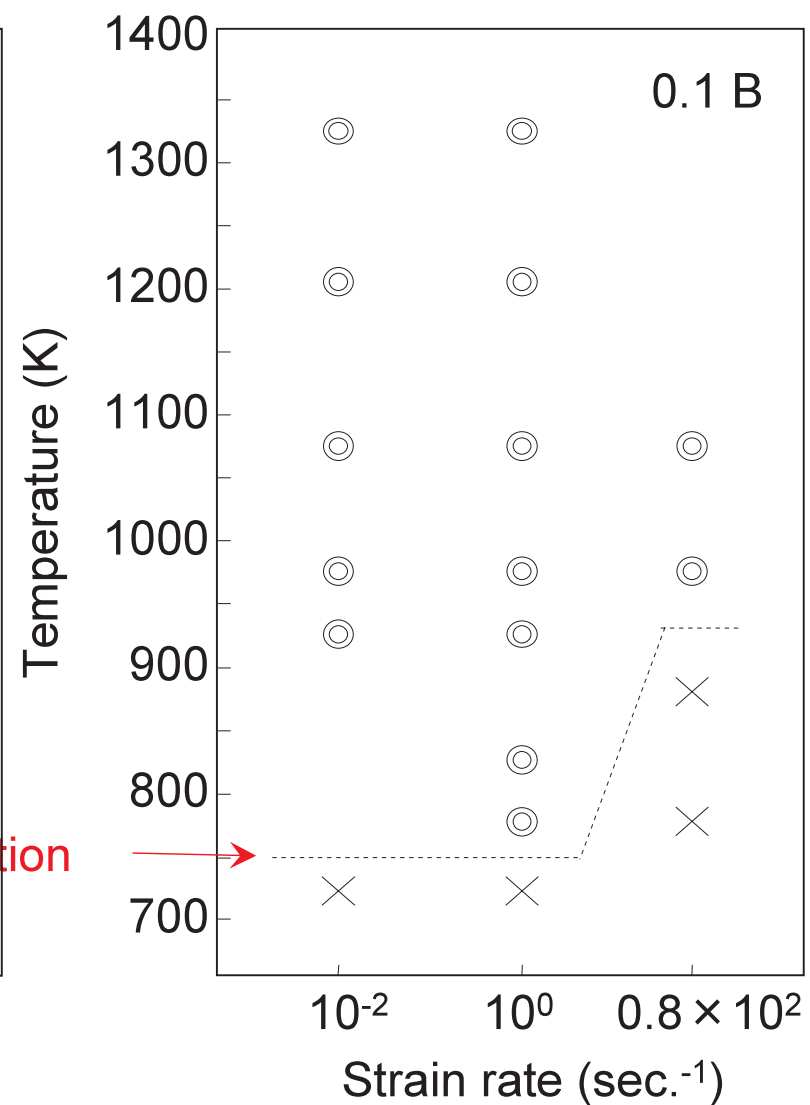
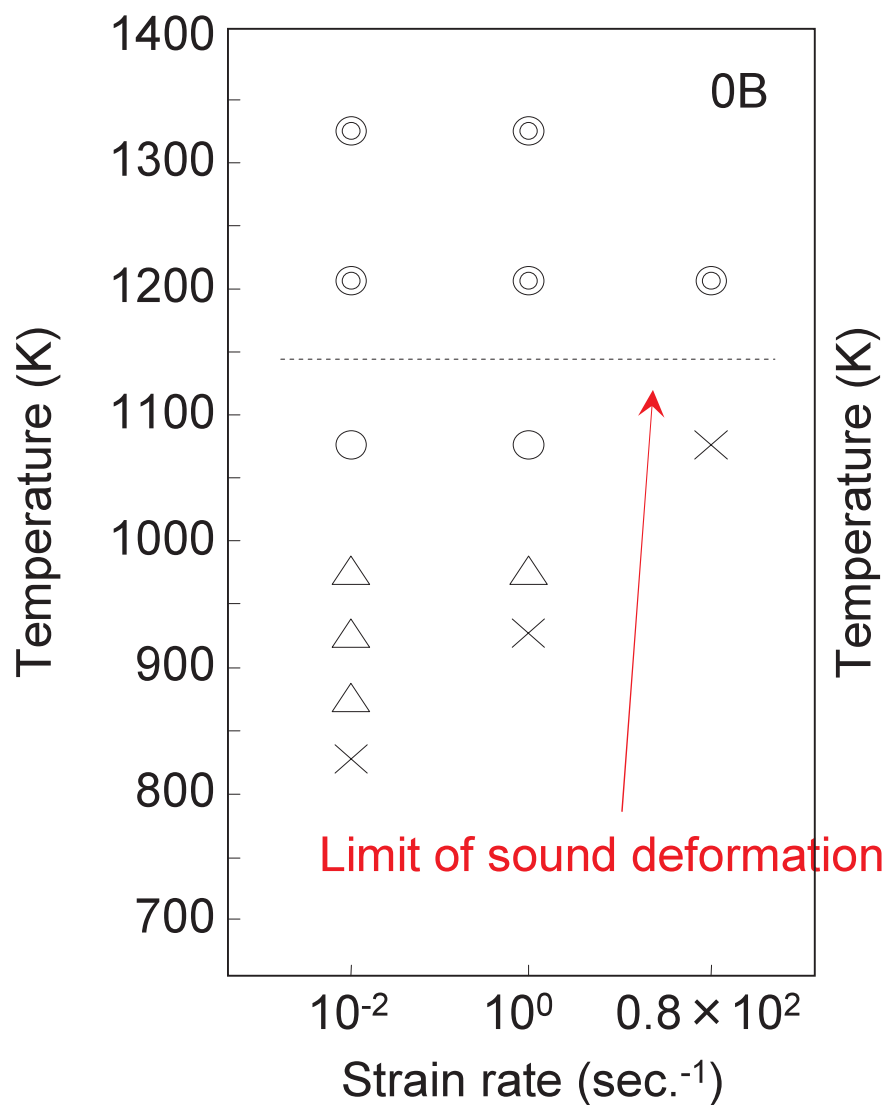


せん断変形 △



座屈 ×

微量B添加により加工性は向上！



他のチタン合金では！

★ 結晶粒は微細化

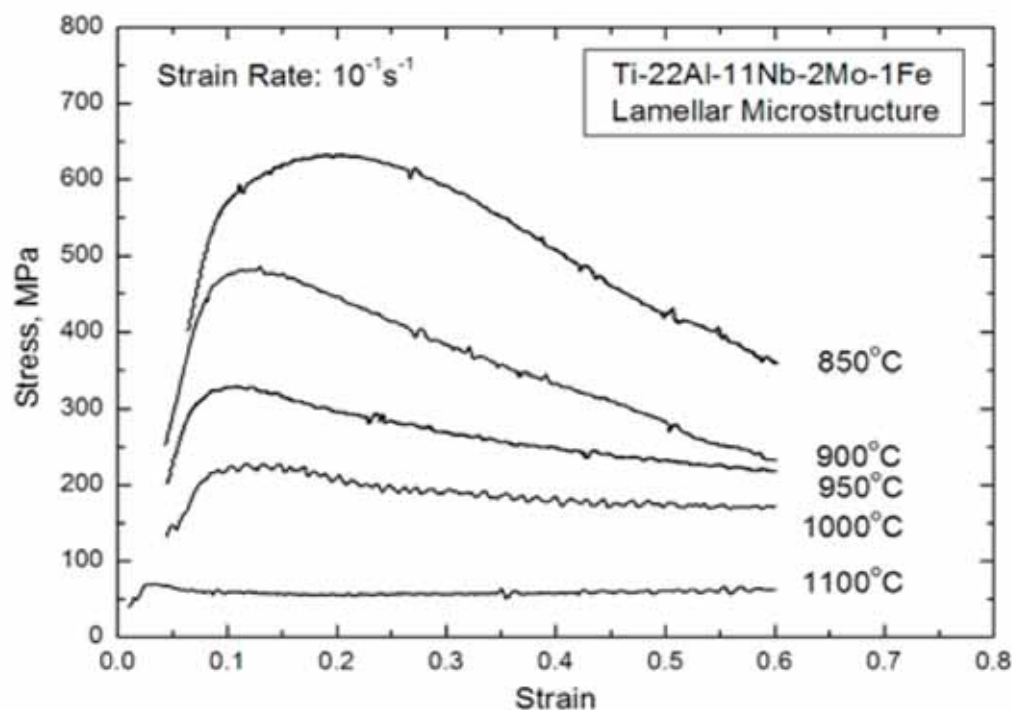
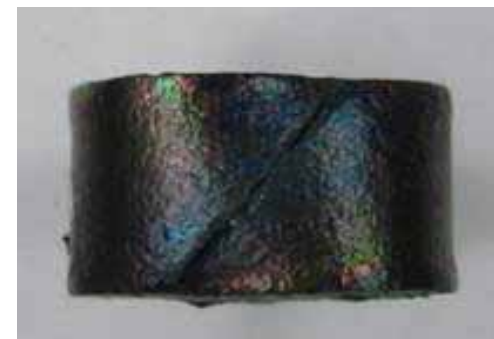


★ 延性も向上

合金	引張り性質			室温			650C		
	YS MPa	TS MPa	EL %	YS MPa	TS MPa	EL %	YS MPa	TS MPa	EL %
Ti-22Al-11Nb-2Mo-1Fe	670	694	0.3	412	493	8.2			
Ti-22Al-11Nb-2Mo-1Fe-0.1B	643	845	4.3	379	457	30.3			

新開発Ti-22Al-11Nb-1Fe-2Mo合金の 恒温加工性評価

タービンブレード部材の製造をシミュレートした恒温圧縮試験を行い、最適加工温度、歪速度を検討。



微量B添加により加工性は向上したことを確認！

チタン合金に微量Bを添加すると・・・

- まとめ -

- ① インゴット溶製時に結晶粒が微細化。
- ② 鍛造後及び熱処理後も微細な結晶粒を維持。
- ③ 本結晶粒微細化技術は全てのチタン合金に適用可能。

従来技術との比較

- 柱状晶組織を破壊し、また偏析を低減するための鍛造処理（インゴットブレイクダウン）が不要。
- より低温側で、またより高い歪速度での塑性加工が可能に！

 製造コストの低減

- 良好な室温延性が賦与される。

 材料信頼性の向上

想定される用途

自動車サスペンションスプリングコイル

チタン製



鋼製

想定される用途

ジェットエンジンタービンブレード



実用化に向けた課題

- チタン合金中のTiBが疲労の起点になるのではないかと危惧される。
- そこで、現在、B添加材の高サイクル疲労特性を評価中。

その結果は！

企業への期待

- バネの製造技術や恒温鍛造技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、自動車用途のサスペンションスプリングコイル、あるいは航空機エンジン部材を開発中の企業には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

- ・ 発明の名称:チタン合金材及びこれを用いた $\alpha+\beta$ 型チタン合金の製造方法
 - ・ 出願番号 :特願2009-107933
 - ・ 出願人 :九州工業大学、(株)東邦チタニウム
 - ・ 発明者 :萩原益夫、北浦知之(九工大)、叶野治(東チタ)
-
- ・ 発明の名称:O相基耐熱チタン合金及びその製造方法
 - ・ 出願番号 :特願2009-199407
 - ・ 出願人 :九州工業大学
 - ・ 発明者 :北浦知之、萩原益夫(九工大)

お問い合わせ先

**国立大学法人九州工業大学
産学連携推進センター 知的財産部門**

TEL 093-884-3499

FAX 093-884-3531

e-mail chizai@jimu.kyutech.ac.jp