

TMS 2017 146th Annual meeting

大阪大学接合科学研究所

教授 近藤 勝義

(平成 28 年度国際会議等参加助成 AF-2016046)

キーワード：粉末冶金，チタン，水素化物

1. 開催日時

2017 年 2 月 26 日～3 月 3 日

2. 開催場所

米国・サンディエゴ San Diego Convention Center

3. 国際会議報告

3.1 会議概要

本国際会議は、国際金属学会、国際資源学会、国際材料学会が合同で毎年、北米で開催する材料科学分野では世界最大規模の国際会議である。今回は第 146 回目の開催となるが、同期間にて 3rd Pan American Materials Congress と Energy Materials 2017 の会議を同会場にて開催したこともあり、例年よりも 3 割程度多い参加者数となった。

3.2 発表概要

今回は“Metals and Materials Processing”の企画セッションにおける一つのテーマである“Fundamental Aspects and Modeling Powder Metal Synthesis and Processing”において、“Titanium hydrides enhancing improvement of ductility of PM α -Ti material”と題して招待講演を行った。その内容は以下の通りである。

チタン合金は軽量、高比強度に加えて耐食性にも優れることから航空機をはじめとした輸送機器や海水淡水化プラントなど幅広い産業分野でその利用が拡大しつつある。しかし、製錬工程における膨大なエネルギー消費や難加工性に起因した製造コスト高は依然として大きな課題である。そこで、粉末冶金法を基調とした固相製法によって安価な水素化チタン (TiH_2) 粉末の直接原料化を試み、特異な集合組織形成により高剛性の発現に成功した。具体的には微量の水素を含んだ純 Ti 焼結体を β 相温度域まで加熱後、熱間押出加工を施し、その冷却過程にて Burger's の結晶方位関係から $\langle 0001 \rangle \alpha$ 集合組織を形成することで 104~107GPa の高剛性と引張強さ 959 MPa、破断伸び 27.6% を有する高強靱性・廉価純チタン材を創製した。他方、 $\langle 0001 \rangle \alpha$ 集合組織は引張応力場において $\{10\text{-}12\} \alpha$ 変形双晶を生じ易いことから、これに伴う局所的な不均一変形や延性低下といった問題が生じる。

そこで、本研究は、従来、脆化を誘発するネガティブ材料因子とされてきた針状水素化物相 δ - TiH_x を有効活用し、障害物として組織中に均一微細分散させることで変形双晶の進展抑制を通じて、 α -Ti 焼結押出材の延性向上を試みた。また、その際に α -Ti 相に対して固溶強化能に優れ

た窒素 (N) を純チタン内に導入し、Ti 結晶内に歪み場を形成することで固溶強化をより効果的に発現できることを実証した。その結果、希少金属を含む汎用チタン合金の強度および延性 (破断伸び) を凌駕する窒素原子固溶型高強度チタン材の創製に成功した。水素の影響に関して、数百 nm の針状水素化物が α -Ti 素地中に均一分散することで、引張応力が付与された際に局所的に発生する変形双晶がこの水素化物相でブロックされ、進展できなくなることで局所的な発生ではなく、材料全体に変形双晶が生じた。その結果、材料の一樣伸びが増大するといった新奇な結果を明らかにした。他方、窒素固溶原子の役割に関して、Ti-N 材料における高強度と高延性の両立を目的に、材料組織内の窒素偏析を解消すべく SPS 焼結体に均質化熱処理を施し、その有効性を組織構造解析および力学特性評価を通じて実証した。均質化熱処理によって SPS 焼結体内の窒素偏析領域は消失し、その押出加工後には窒素原子の完全均質固溶状態を概ね達成するような組織が得られた。これによって、均質化熱処理ありの押出材は、同処理なしの押出材と同等の引張強さを有しながら破断伸びの向上を達成した。以上のことから、均質化熱処理は Ti-N 材料の高強度・高延性化に有効であると結論付けられた。

謝 辞

今回の国際会議への参加に際して、公益財団法人天田財団より平成 28 年度国際会議等参加助成を賜りました。ここに深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) J. Shen, B. Chen, X. Ye, H. Imai, J. Umeda, K. Kondoh: The formation of bimodal multilayered grain structure and its effect on the mechanical properties of powder metallurgy pure titanium, *Materials and Design*, 116 (2017) 99-108
- 2) T. Mimoto, J. Umeda, K. Kondoh: Strengthening behaviour and mechanisms of extruded powder metallurgy pure Ti materials reinforced with ubiquitous light elements, *Powder Metallurgy*, 59, 3 (2016) 223-228.
- 2) T. Mimoto, J. Umeda, K. Kondoh: Titanium Powders via Gas-Solid Direct Reaction Process and Mechanical Properties of Their Extruded Materials, *Materials Transactions*, 56, 8 (2015) 1153-1158.