

TMS 2019 148th Annual meeting

大阪大学 接合科学研究所

教授 近藤 勝義

(平成 30 年度 国際会議等参加助成 AF-2018052-X1)

キーワード：カーボンナノチューブ，アルミニウム，熱間押出加工

1. 開催日時

2019年3月10日～3月14日

2. 開催場所

米国サンアントニオ Henry B. González 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148回目の開催となるが、同期間にて6th REWAS conference (廃棄物処理技術に関する国際会議)を同会場にて開催したこともあり、例年よりも2割程度多い参加者数となった。

3.2 発表概要

今回は“Powder Processing of Bulk Nanostructured Materials”の企画セッションにおいて“Nano-carbon reinforced metal matrix composites fabricated by powder metallurgy process”と題して招待講演を行った。当該セッションでは、活性軽金属粉末を用いた成形圧縮加工プロセスや焼結体の緻密化加工(熱間鍛造や押出加工)に関する基礎研究や数値解析、さらには実用化に向けたスケールアップ製法などに関する講演が2日間の行程で行われた。その中で当方の講演内容は以下の通りである。

粉末冶金プロセスを活用し、炭素系ナノ材料(グラフェンやカーボンナノチューブ)を分散強化相としたチタン/アルミニウム基複合材料の焼結・押出加工過程での組織形成挙動と、複合材料における強化機構の解明に関する研究成果を発表した。従来の純チタン/純アルミ材料に対して、僅か0.5~2wt%程度の多層カーボンナノチューブCNTを添加し、その単分散化によって純アルミニウムに対して引張強さを2.5~3倍に飛躍的に向上することに成功したという独創的な結果であり、特に炭素系ナノ材料の均質分散化を実現するために不可欠な熱間押出加工プロセス条件の適正化についても議論した。具体的な内容として、CNTが分散する水溶液内で電気化学的にナノチューブの最表面を中性化し、凝集なく単分散した状態で金属粉末と混合することで粉末表面にCNTのネットワーク皮膜を均一に形成した後、低エネルギー混合法の適用によって、CNTの折損や欠陥導入を抑制し、CNTの単分散化(凝集解消)と同時にCNTとAl粉末素地間の結合力の向上を図ることに成

功した。この状態で固相焼結することでCNT/Al界面での整合性を改善し、局所的なナノ炭化物形成により界面での応力伝達を向上した結果、CNTの優れた力学特性をAl粉末焼結材に転写でき、著しい高強度化と延性の両立を実現した。他方、多層CNT原料に由来する“bridge wall”が誘発する引張応力下でのCNTのpeeling剥離・破壊現象を抑制すべく、AlとCNTの完全反応に基づく Al_4C_3 ナノロッドの合成・分散による新たな強化手法を確立した。さらに、純Al粉末焼結体の引張強さ(~140MPa)に対して、いずれの複合材料もCNT添加量の調整により320~450MPaの引張強さと約5~10%の破断伸びといった高強度・高延性を同時に満足する特異な力学特性を発現した。その際の強化機構に関して、Orowan-Ashby, Hall-Petch, Load-Transferを対象に組織構造解析および理論解析に基づいて定量的に解明し、実験結果と計算結果の良い一致を示した。以上のことから炭素系ナノ材料の均質分散化プロセスは、金属材料の高強度・高延性同時発現に対して有効であると結論付けられた。またCNTの実用化を考えた際の「CNT凝集体の解消と均一分散」という課題を解決すべく、表面電位制御によるCNT最表面での電荷状態の中性化と、CNTの損傷を抑制した低エネルギー混合法との組合せによってCNTとAl粉末のナノスケールでの複合化を可能とした。

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30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) B. Chen, J. Shen, X. Ye, L. Jia, S. Li, J. Umeda, K. Kondoh: Length effect of carbon nanotubes on the strengthening mechanisms in metal matrix composites, *Acta Materialia*, 140 (2017) 317-325.
- 2) B. Chen, J. Umeda, K. Kondoh: Effect of Spark Plasma Sintering Conditions on Tensile Properties of Aluminum Matrix Composites Reinforced with Multiwalled Carbon Nanotubes, *JOM*, 69 (2017) 669-675.
- 3) B. Chen, J. Shen, X. Ye, J. Umeda, K. Kondoh: Solid-state interfacial reaction and load transfer efficiency in carbon nanotubes-reinforced aluminum matrix composites, *Carbon*, 114 (2017) 198-208.