

(3) 導電性セラミックス材料を強化材とした複合材料の開発

(平成31年度(令和元年)～令和3年度)

1. 研究のねらい

セラミックス材料は、高い強度や硬度を有することから、切削工具用途での応用が行われてきた。セラミックス材料の多くは、成形後の加工が極めて困難で、硬く脆いことからその利用は極めて限定的であったが、前年度までの研究で、通電加工が可能である導電性セラミックス材料の加工条件を明らかとした。近年、健康志向の高まりを受けて、日常動作(AOL)や生活の質(QOL)をより快適なものとして実現するために、人体の欠損部分を補完する医療用の代替組織の開発が盛んである。人工骨や人工関節は、主に、金属、セラミックス、ポリマーで構成された複合材料で製造されており、これらの代替組織は、使用者の状態に合わせたオーダーメイドが主流となりつつあるが、その機械的特性は不十分で、体内で毀損するなどの問題を抱えている。これを解消するために、生体適合性に優れた材料を基材とし、強度や靱性を向上させるためのセラミックス材料を強化材とした複合材料を開発することが喫緊の課題となっている。

2. 研究の方法

研究計画に基づき、前年度の研究で得られた結果より、母材に TiB₂,TiC を用いた 2 種類の導電性セラミックスを材料設計し、遊星ボールミルにて粉碎・メカニカルアロイング処理後、プラズマ焼結機にて人工関節骨頭部をモデルとしたボール状試験片および同システムをモデルとした放電加工用ディスク状試験片を作製した。これらの試験片について地域企業にてワイヤカット・放電加工を行うと共にその出力電圧の測定を行うことで加工性を評価した。

3. 研究成果の概要

本年度研究では、前年度の研究結果を基に、Ti 系導電性セラミックス (TiB₂、TiC) を母材とし、生体用β型チタン合金を添加材とした導電性セラミックスを用いた。試験片の試作にあたっては、人工股関節をモデルとした焼結体モデリングを行い、特に骨頭部をイメージした球状の傾斜組成試験片およびシステムをイメージした放電加工性評価用のディスク状の試験片を試作した。その組成は、(a)75%TiB₂ / 25%Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr および(b)70%TiC / 30%Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr である。試験片の作製は、プラネタリーミルを用いて原料粉末を作製し、その原料粉末の混合・粉碎・メカニカルアロイング(MA)についても検討後放電プラズマ焼結機にて焼結を行った。導電性セラミックス母材型のボール試験片については、(a)TiB₂、(b)TiC 共に割れ等が発生せずに焼結が可能となっており、良好な結果が得られた。(a)では 100 時間以上、(b)では 30 時間以上のミリングで MA による合金化が起こることで、割れを抑制したと考えている。

ステムモデル試験片では、放電加工時の電圧の変化より、(a)TiB₂ が比較的高い加工性を有しており、(b)TiC では、加工に必要な電圧は高圧が必要であるものの、前年度のようなき裂や割れが生じることがなく、今年度改良した焼結プロセスにより実用可能となった。

一方、製造環境面では、医用・生体材料を加工するためのクリーンルームや医用・生体用以外に使用しない専用の放電加工機の設置が必要など、現状の地域企業では十分な設備が整備されていない。全国的に AI/IoT 化に伴う、医用・生体材料のオーダーメイド化の拡大に合わせた地域企業の戦略が必要になると考えている。

担当者 高橋志郎、田谷嘉浩、小林孝紀、菅原智明