

(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にした。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粉末冶金法を用いた傾斜機能材料の製造条件と医療用代替部材製造に要する特性である電気特性(導電性、ワイヤカットおよび放電加工性)ならびに溶接性について評価した。さらに、人工股関節をモデルとした焼結体モデリングを行い、試作および加工性試験を行った。

3. 研究成果の概要

一般的な人工関節には、構造材(ステム)に金属、摺動・摩擦材(ボール・ソケット)にはセラミックスが用いられている。金属は、強く、しなやかな反面、摩耗に弱く、セラミックス材料は、脆く、靱性が低い上に、その硬さ故に機械加工が極めて困難である。金属ステムとセラミックスボールとの接続には、従来、骨セメントが用いられてきたが、生体適合性の問題から、現在はあまり用いられない。本研究では、生体用の β 型チタン合金を母材とし、Ti系導電セラミックス(TiB、TiC、TiN)を強化材とした複合材料および強化材(TiB₂、TiC、TiN)を母材とし、チタンを添加材とした傾斜組成材料の設計・試作を行った。これらについて放電プラズマ焼結機を用いた試作を行い、導電性の確認とその発熱量(温度)から各加工性について推察、検討を行った。

上述の検討を基に、人工股関節をモデルとした焼結体モデリングを行い、第一段階として、金属母材型のステムモデルおよび導電セラミックス母材型のボールモデルを作成し、加工試験を行った。ステムモデルにおいては、TiB₂が比較的高い加工性を有しており、TiCおよびTiNは、その硬さ故にき裂や割れが生じる場合があるなど焼結プロセスへの検討が必要な結果となった。ボールモデルについては、添加材として加える純チタン量が多いほど導電性は高い。にもかかわらず、各加工性が低く、いずれの導電性セラミックスを用いた場合でも、割れ、ワイヤ断線などが発生する結果となり、原料段階を含めた製造プロセスへの検討を要する。今のところ、原料粉末について、メカノフュージョンやメカニカルアロイング技術を適用し、焼結プロセスを調整することを検討している。

担当者：高橋志郎、田谷嘉浩、小林孝紀、菅原智明