

プログラム名：イノベーティブな可視化技術による

新成長産業の創出

PM名：八木 隆行

プロジェクト名：可視化計測技術の開発

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成28年度

研究開発課題名：

セラミック内部構造評価のための光音響イメージング技術の開発

研究開発機関名：

国立大学法人佐賀大学

研究開発責任者：

山岡 禎久

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

セラミックス内部非破壊検査へ向けた光音響イメージング技術の開発のためには、様々なセラミックス材料や欠陥に対して、光音響イメージングを実施し、その有効性の検証し、その結果から装置の改良を行うことが重要である。今年度、以下に示される開発項目①～③に関する実験を行う。

開発項目① セラミックスの光物性と熱物性の評価、及び、様々な欠陥の画像化

平成 27 年度に構築した光音響イメージング装置の改良を行い、様々なセラミックス材料の画像化を行う。結果をもとに、最適な材料、ターゲット構造を評価、選定する。

開発項目② 多変量解析を用いた成分、構造の抽出

対象材料に対して得られた励起スペクトル、光音響時間波形、スペクトルの情報をもとに多変量解析を行い、より選択的に欠陥を捉える方法を探索する。

開発項目③ 検証システム装置の試作、最適化

必要な空間分解能、観察深さを得るために、光音響イメージングシステムにおける励起光のパラメータ（パルス幅、波長、パルスエネルギーなど）や検出のパラメータを抽出する。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

開発項目① セラミックスの光物性の評価、及び、様々な欠陥の画像化

本年度は、昨年度構築した光音響イメージングシステムを用いて、様々なセラミックス材料の非破壊検査への有効性を検証する事を優先し、研究を進めた。対象材料は、1) アルミナピンホール、2) 球形欠陥を導入したアルミナ、窒化ケイ素、サイアロン、3) 表面クラックを導入した窒化ケイ素、4) セラミックス基複合材料（CMC）からなり、各材料の光音響像測定を行った。

1) アルミナピンホールの光音響像測定：

径の異なるアルミナ製ピンホールを使用し、測定した光音響像より円形の空隙欠陥に対して空間分解能の評価を完了した。また、厚さの違うアルミナプレートをアルミナ製ピンホールに重ねて試料を作成し、アルミナプレート側から光音響イメージングできる深達距離を確認した。

2) 球形欠陥を導入したアルミナ、窒化ケイ素、サイアロンの光音響像測定：

横浜国立大学および東京工業大学の協力を得て、深さ（0 mm～1 mm）の違う球形欠陥（直径：約 100 μm）を導入したアルミナ、窒化ケイ素、サイアロンを作製した。各試料を光音響像測定し、光音響像よりイメージングできる深達距離を評価した。光音響測定された欠陥像は 3 次元マイクロ CT 画像と比較し、概ね一致している事を確認した。

3) 表面クラックを導入した窒化ケイ素光音響像測定：

横浜国立大学の協力を得て窒化ケイ素表面に傷（クラック）のみ有する試料を作製した。同試料を用いて深度方向の空間解像度の評価を実施した。光音響像測定より、表面欠陥検出の可能性を見出したが、光音響イメージングシステムでは深度方向の空間解像度が得られず、クラック深さを評価できなかった。開発項目③にて、深さ方向の分解能の改善を図った。

4) セラミックス基複合材料 (CMC) の超音響像測定 :

実用に供されているセラミックス基複合材料 (CMC) に対して、疲労試験前後の超音響像を測定し、線維状構造の中に亀裂を観察する事ができた。

開発項目② 多変量解析を用いた成分、構造の抽出

開発項目①への研究を優先した為、本課題への研究は実施していない。

開発項目③ 検証システム装置の試作、最適化

開発項目①の3)の結果より、必要な空間分解能を得る為、探触子の高周波数化を行った。10MHz 探触子を 50MHz 探触子および 75MHz 探触子に変更し、表面クラックを導入した窒化ケイ素の超音響像計測を行ったがクラック深さを計測できなかった。必要周波数の決定には至っていない。探触子のさらなる高周波数化など光超音波イメージングシステムの開発が必要となる。

2-2 成果

開発項目① セラミックスの光物性の評価、及び、様々な欠陥の画像化

(番号は進捗状況と対応)

- 1) アルミナ製ピンホール (直径 : 1 mm, 500 μ m, 200 μ m, 100 μ m, 50 μ m, 10 μ m) を使用し、測定した超音響像より円形の空隙欠陥に対して空間分解能を評価した結果、表面に形成された 10 μ m のアルミナピンホールの超音響像を観察することが可能であった。
また、アルミナプレート (厚さ : 200 μ m, 400 μ m, 600 μ m, 800 μ m, 1 mm) を接着しアルミナ製ピンホールを被覆した試料を作製し、アルミナプレート側から超音響像計測して深達距離を評価した。400 μ m の深さ位置に存在する 200 μ m 径のピンホールの観察が可能であった。超音響像が均一ではなく、表面の汚れ、接着剤、ピンホール以外の空気層によるものが影響していると考えられる。
- 2) 球形欠陥を導入したアルミナ、窒化ケイ素、サイアロンの超音響像測定を行った。窒化シリコン及びアルミナは 200 μ m の深さまで、サイアロンは 800 μ m の深さまで、マイクロ CT 像と一致する PA 画像が得られた。
サイアロンにて欠陥検出能を評価し、深さが変化すると欠陥検出能が変化し、深さ 0.3 mm、0.6 mm、0.8 mm に対してそれぞれ 79%、75%、66%であった。内部欠陥評価の際に欠陥の検出能は、深部になるに従い、低くなる事が判明した。
- 3) 窒化ケイ素表面へのクラックは、ビッカース硬度計を用いて傷 (クラック) を作り、表面の圧痕を研磨し、クラックのみを残すことで導入した。同試料の超音響像計測を行った結果、クラック部分において超音響信号の発生タイミングのずれを確認でき、超音響イメージングの可能性を示す事ができたが、クラック深さの定量化はできていない。
- 4) 引張試験有り無しの CMC を作製し、超音響像計測を行った。引張試験有りの CMC では、線維状構造の中に亀裂を観察する事ができた。

2-3 新たな課題など

表面クラックの評価に関して、超音響イメージングにより得られた表面欠陥形状、特に深さ情報は他の計測手法による検証が必要である。超音響イメージングによる信号が正確に欠陥特性を反映したものであるかどうかを、他の評価手法での検証が必要である。

また、内部欠陥評価の際に欠陥の検出能が深部になるに従い低くなるため、超音響波発生メカニズムを明らかにし、欠陥検出能を向上させることが課題となる。

3. アウトリーチ活動報告

なし。