

同時焼成により形成した異種セラミック接合部材の内部応力分布解析 Analysis on internal stress distribution for ceramic joint components formed by co-firing.

杉浦 啓^a, 菅沼 孝敏^a, 向井 寛克^a, 田中 啓介^b, 菖蒲 敬久^c,
Kei Sugiura^a, Takatoshi Suganuma^a, Hirokatsu Mukai^a, Keisuke Tanaka^b, Takahisa Shobu^c

^a(株)デンソー, ^b名城大学, ^c(独)日本原子力研究開発機構
^aDENSO CORP., ^bMeijo Univ. ^cJAEA

アルミナとイットリア安定化ジルコニア(YSZ)の異種セラミック接合部材は、自動車用センサとして用いられ、製品特性上、内部に空洞部を有した構造体である。本報告書では、高輝度 X 線を用いたひずみスキニング法により、このセンサ内部の YSZ 層の歪分布を計測した。その結果、異種セラミック接合端部で引張歪が発生することを確認し、空洞部形状による歪値の違いを把握できた。

キーワード： 異種セラミック接合部材、内部応力分布、ひずみスキニング法

背景と研究目的：

アルミナとイットリア安定化ジルコニア(YSZ)の異種セラミック接合部材は、自動車用センサとして用いられる。図 1 に示すように、このセンサは空洞部 1 と空洞部 2 を有し、YSZ 層がこれらの空洞部に挟まれた複雑な構造体である[1]。また、この空洞部形状は製品特性を決定する重要な設計因子である。

このセンサは、アルミナグリーンシートと YSZ グリーンシートの一体焼成により接合するため、焼成中の部材の収縮タイミングの違いにより内部応力が発生する。その結果、空洞部を有する構造体である本センサは、複雑な内部応力分布になると予測され、このセンサの内部応力分布と空洞部形状の関係を把握することは、空洞部形状を設計する上で重要である。これを解決するため、焼成挙動シミュレーションによる内部応力の解明を試みてきたが、セラミック部材の焼成過程における部材の力学的物理特性の把握が容易でないため、計算による内部応力見積もりは非常に困難な状況にある。このため、実験的手法による内部応力の実態の把握が急務となっている。

本報では、高輝度 X 線を用いたひずみスキニング法により、センサ内部の YSZ 層における歪分布の計測を試み、空洞部形状による歪値の違いを確認した。

実験：

図 1(1)のように、このセンサは YSZ 層をアルミナ層にて積層した 3 層セラミックス構造体であり、センサ内部に空洞部を有する。ゆえに、図 1(3)および(4)に示したアルミナ層と YSZ 層の接合端部に応力が集中すると予想されるため、今回の試験では、接合端部近傍における YSZ 層面内の歪(ϵ_x , ϵ_y)の計測を試みた。測定対象のセンサは、ゴニオメータ試料台の xyz ステージ上に装着し

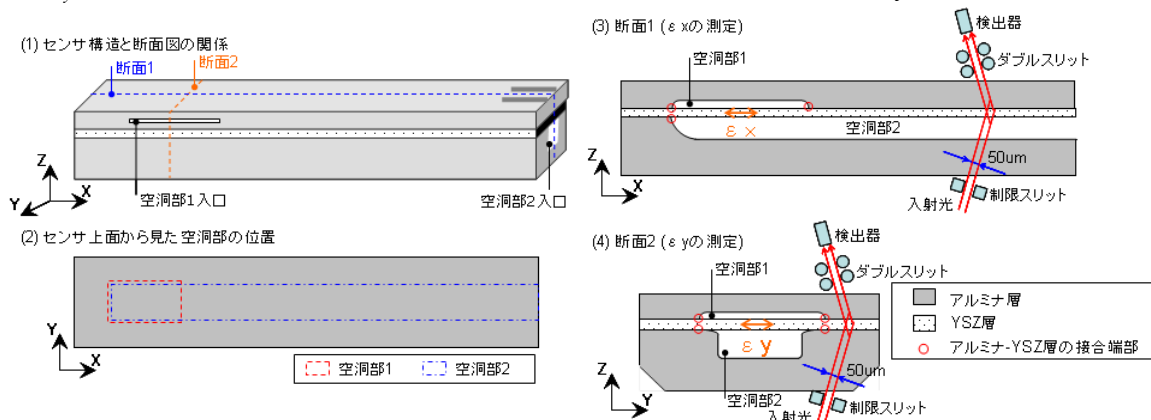


図 1. センサ構造と放射光入射方向

て、図 1(3)および(4)のように、30keV の単色放射光を 4 象限スリットで $0.05 \times 0.05 \text{ mm}^2$ に制限して入射した。CdTe 検出器を用いて、YSZ 立方晶(1,1,1)面の回折プロファイルを取得し、格子面間隔 (d 値)を導出した。また、歪値を計測した YSZ 層の観察箇所を図 2 に示した。評価水準として、図 1(4)に示した空洞部 2 の y 方向の幅が異なるセンサ構造 A (空洞幅大) と構造 B (空洞幅小) を準備し、空洞部形状による歪値の違いを比較した。また、YSZ の単一焼結体の回折プロファイルから YSZ 無歪状態に相当する d_0 値を仮定し、各測定点の d 値より、 $\varepsilon=(d-d_0)/d_0$ として歪値を導出した[2]。

結果および考察：

センサ構造 A および構造 B に対してひずみスキャンニング法より導出した測定結果を図 3 および図 4 に示した。アルミナと YSZ 層の接合端部である図 3 の箇所 I において、比較的大きな引張の歪が観察され、この箇所の歪を緩和することで、内部応力に対して安定な構造にすることが可能と考えられる。

次に、センサ空洞部形状による歪値の違いを比較した。図 3 箇所 I のように、センサ構造 A に比べてセンサ構造 B の歪値 ε_x は約 8.5 倍大きく、図 1(4)空洞部 2 の幅減少により、箇所 I の歪値 ε_x が増加する傾向にあると考えられる。また、図 4 箇所 II 近傍は、歪値 ε_y に大きな差は確認されなかった。

今後の課題：

このセンサの異種セラミック接合端部で引張歪が発生していることを確認し、空洞形状による歪値の違いを把握できた。今後は、空洞形状と内部応力分布の関係について理解を進め、内部応力の発生メカニズムを把握する。

参考文献：

- [1] Makoto Nakae, Tadashi Tsuruta, Rentaro Mori, Shinsuke Inagaki, "Development of Planar Air Fuel Ratio Sensor," SAE 2002-01-0474, 2002.
- [2] 田中啓介, 鈴木賢治, 秋庭義明, 菖蒲敬久, 放射光による応力とひずみの評価, 2009, 養賢堂

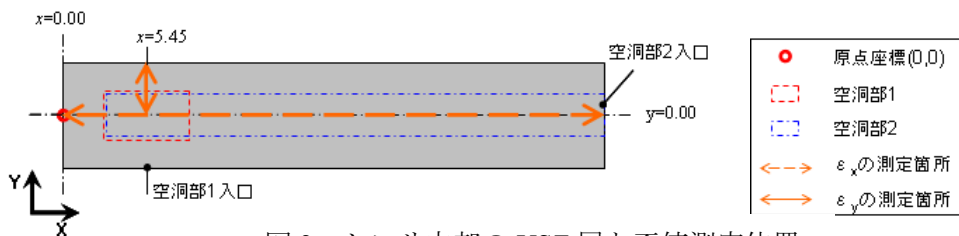


図 2. センサ内部の YSZ 層と歪値測定位置

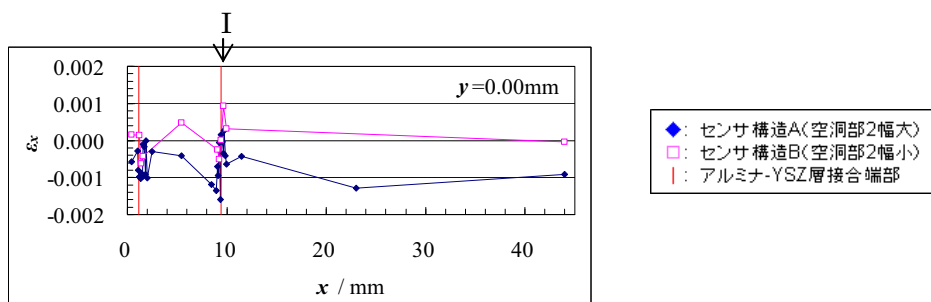


図 3. ε_x 測定結果

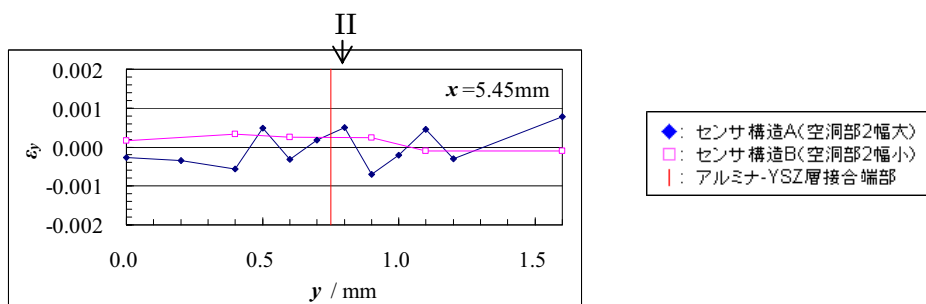


図 4. ε_y 測定結果