

氏 名 成瀬 文雄

授与した学位 博士

専攻分野の名称 工学

学位授与番号 博甲第4635号

学位授与の日付 平成24年 9月27日

学位授与の要件 自然科学研究科 産業創成工学専攻

(学位規則第5条第1項該当)

学位論文の題目 積層セラミックコンデンサブロックの圧縮プロセスにおける変形挙動の研究

論文審査委員 教授 多田 直哉 教授 藤井 正浩 教授 岸本 昭

学位論文内容の要旨

日本において電子機器や電子部品、電子部材などのエレクトロニクス産業は、自動車産業と並んで裾野が広く、多くの雇用を支える我が国の基幹産業である。しかし、近年においては、AV機器、PCなどの電子機器や半導体など、以前には日本経済の根幹をなしていた産業も世界シェアが落ち込んでいる。電子部品産業においては、現在でも依然、高い競争力を有しているものの、世界経済状況や中国や韓国などの新興企業の台頭が、価格競争の激化を招き利益の確保を難しくさせており、今後も激しいシェア獲得競争が続くと予想されている。一方で、この電子部品産業は、今後もIT化やクラウドコンピューティングの活用によるスマートフォンやタブレット端末等の世界的な広がりにより、更なる需要増が見込まれており、節電対応、省エネ対応、小型化といった技術的な特徴をもった製品を低価格で市場に投入できる技術革新が期待されている分野でもある。

本研究では、今後も益々発展すると予想される電子部品産業において、数量的にも金額的にも大きな割合を占める積層セラミックコンデンサ（以下 MLCC）について、小型・高容量・低価格化を実現するための大きな課題であった、プレス工程における MLCC ブロックの不均一変形の発生メカニズムを明らかとすることを目的とした。

本研究では、まず、MLCC ブロックの基本的な圧縮特性を把握することを目的に、一軸圧縮試験機を製作し、これを用いて内部電極の有無や摩擦状態、圧縮温度を変化させた場合の、応力-ひずみ関係を評価した。さらに、一軸圧縮試験において、MLCC ブロックの圧縮断面観察を行うことにより、不均一変形の原因となるブロック横方向への変位の発生プロセスを評価した。そして、その測定結果から、一軸圧縮における MLCC ブロックの変形プロセスは、内層空隙の消滅状態により3段階に分類でき、MLCC ブロック内の内層空隙が完全に消滅する第3圧縮段階において、ブロック横方向への変位が発生することを解明した。そして、この変形プロセスをモデル化することで、実際の製造工程において、横方向への変位が発生するタイミングを予測することを可能とした。

さらに、枠無しプレスについて、MLCC ブロックの変形プロセスの検討を行い、MLCC ブロックの中央部では、一軸圧縮時の変形プロセスと同様のメカニズムにより内層空隙が消滅していくのに対して、MLCC ブロック端部においては、縦圧縮応力に加え横圧縮応力を受けるため、縦圧縮ひずみとそれに起因する内部電極部の拡大および横圧縮応力による内部電極部の中心方向への移動による横圧縮ひずみが、Side-Gap の層間空隙を充填することを明らかとした。さらに、この縦圧縮ひずみと横圧縮ひずみの割合は、ブロック端部程、横圧縮ひずみの割合が大きく、ブロックの内側に向かうにつれて、横圧縮ひずみの割合は減少していき、ブロック中央部においては縦圧縮ひずみのみが層間空隙の充填に寄与することが明らかとなった。従って、枠無しプレスにおいては、ブロックの位置によりその変形プロセスが異なり、不均一変形を発生させる原因となることを明らかとした。本研究の成果は、寸法や積層構造の異なる MLCC やその他積層電子部品においても、適用可能であると考えられ、予め、電子部品の設計段階において、不均一変形の発生タイミングを予測することを可能とした。

論文審査結果の要旨

我が国の基幹産業であり今後の発展も期待される電子部品産業において、積層セラミックコンデンサ（MLCC）は、主要な製品の一つである。本研究では、特別に製作した一軸圧縮試験機を用いてMLCCのプレス成形中に生じる圧縮変形を詳細に観察・測定・解析し、ブロックの不均一変形が発生するメカニズムを明らかにしている。さらに、その解明したメカニズムに基づき、不均一変形が発生する時期を予測する式を提案し、その検証も行っている。

本研究で得られた結果は、査読付の英語論文に2編、査読付の国際会議講演論文に2編の他、国内の講演会においても多数報告しており、学術的価値が高いと考えられる。また、MLCCブロックの不均一変形を抑制する技術は、製品の小型化、高容量化、低価格化を実現するために必要不可欠であり、一刻も早くその実現が望まれている最重要課題である。本研究の成果は、その技術に直結する多数の有益な知見を含んでおり、工学的価値も極めて高いと考えられる。

以上より、本論文は工学分野の学位に値すると判断した。