

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | セラミックグリーンシートの高精度塑性加工に関する研究  |
| Author(s)    | 岩村, 亮二  |
| Citation     | 大阪大学, 2000, 博士論文  |
| Version Type |   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/42961">https://hdl.handle.net/11094/42961</a>   |
| rights       |   |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。 |

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

|               |  |
|---------------|--|
| 氏 名           | 岩 村 亮 二<br><small>いわむらりょうじ</small>                   |
| 博士の専攻分野の名称    | 博 士 (工 学)  |
| 学 位 記 番 号     | 第 1 5 0 4 1 号  |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平 成 1 2 年 1 月 3 1 日                                  |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当                              |
| 学 位 論 文 名     | セラミックグリーンシートの高精度塑性加工に関する研究                           |
| 論 文 審 査 委 員   | (主査)<br>教 授 古 城 紀 雄<br>(副査)<br>教 授 齋 藤 好 弘 教 授 永 井 宏 |

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、40層以上で形成されるセラミック多層配線基板の高密度配線に必須の技術であるセラミックグリーンシート（以下、グリーンシート）の微細穴の打抜き加工および焼結前の熱圧着の高精度塑性加工に関する研究成果をまとめたものであり、以下の9章で構成されている。

第1章は緒論であり、大型電子計算機用セラミック多層配線基板を対象に、製造工程を述べると同時に課題をまとめ、従来の研究結果を調査して、本研究の目的を明らかにしている。

第2章では、複合材料であるグリーンシートの機械的特性と穴抜き特性を調べ、せん断強さの方が引張強さより大きく、また、板厚に対するポンチ直径の比が小さくなると見掛けのせん断強さが大きくなり、金属とは異なる特性を示すことを明らかにしている。また、グリーンシート特有の課題として粘着性があり、そのため生じる抜きかす詰り及びその対策法などを述べている。

第3章では、高密度微細穴打抜きで、穴ピッチが小さくなると、不整形変形が多くなりグリーンシートが波打つように変形することを明らかにしている。グリーンシート中の有機結合剤の重合度を大きくするか、可塑剤量を少なくすることでその強度比（引張強さ/せん断強さ）を大きくでき、不整形変形の低減が可能である。

第4章では、拡大モデルの高アスペクト比穴（極微細穴）打抜きで、打抜き初期に押込み過程があり、面内方向の変形が生じることを明らかにしている。この拡大モデルで実際の極微細穴打抜きにおける、型クリアランス、グリーンシート厚さ等の適正化が図れる。

第5章では、高密度微細穴の位置精度への穴抜き速度の影響を調べている。速度が速くなるとグリーンシートの引張強さの方がせん断強さより大きく増加し、穴抜きの変形量が小さくなった。穴位置精度は速度を1桁速くすると約2割向上する。

第6章では、多数個穴抜きで超硬ポンチの先端が球頭になり打抜き時の押込み量が増加して、穴位置精度が劣化しやすく、かす詰まりが増加することを明らかにした。この対策として、超硬材料の結合材であるCo含有量の低減が効果的である。

第7章では、種々の配線パターンが形成された数十枚のグリーンシートを熱圧着する際、積層体端面の型拘束と、無配線部に適正厚さの額縁状シムシートの載置により圧力分布を均一化し、高精度の圧着体が得られる熱圧着技術を開発している。

第8章では、開発技術の適用について述べている。本穴抜き技術及び熱圧着技術は最近の大型電子計算機用のセラミック多層配線基板製造の必須技術として製品化及び量産に寄与している。さらに、高性能複合型酸素センサを開発している。

第9章は第2章から第8章までの結果をまとめて結論としている。

## 論文審査の結果の要旨

新材料であるグリーンシートは硬いセラミック粒子、有機結合剤および空孔で構成される複合材料でその材料特性、塑性加工特性は金属とは異なることが予測される。大型電子計算機に用いるセラミック多層配線基板用グリーンシートには、上下の配線を接続する導体を充填するための直径60~200  $\mu\text{m}$ の穴を一枚当たり数万から数十万あける必要がある。また、厚さ約20  $\mu\text{m}$ の配線が印刷された約40枚のグリーンシートを焼結前に熱圧着してグリーンシート同士を完全に密着させる必要がある。しかしながら、今までこのグリーンシートの穴抜き、熱圧着に関する基礎的研究はほとんどなされていない。そこで、本論文では大型電子計算機用セラミック多層配線基板を主対象に、グリーンシートの微細穴打抜き、熱圧着に関して材料、加工方法等の総合的な見地から研究している。本研究で得られた主な成果は次の通りである。

- (1) まず、代表的なアルミナグリーンシートの機械的特性、穴抜き特性を調べ、金属材料との差異を明らかにしている。グリーンシートの強さは金属に比べて引張強さが約2桁小さく、しかも、そのせん断強さは引張強さより大きく金属とは異なる機械的特性を示す。このような材料の穴抜きでは、板厚に対するポンチ直径の比が小さくなると見掛けのせん断強さが大きくなるなど金属とは異なる傾向を示すことなどを見出している。
- (2) セラミック多層配線基板用グリーンシートには1  $\text{cm}^2$ 当たり約1000穴を打抜く必要があり、この高密度微細穴打抜きにおいて穴ピッチが小さくなるとグリーンシート全体が波打つように変形するという問題に対し、この原因が穴抜き時穴周囲に発生する微小な不整形の累積に起因することを明らかにしている。同時に対策として、グリーンシートの強度比(引張強さ/せん断強さ)に着目し、グリーンシート中の有機結合剤の重合度を大きくするか可塑剤の量を少なくすることによりこの強度比を大きくすることが有効であることを明らかにしている。
- (3) 高アスペクト比穴(極微細穴)打抜きで穴位置精度を低下させている微小変形発生メカニズムを解明するため拡大モデル法を用いて検討し、その有効性を検証している。この拡大モデルで、グリーンシートの高アスペクト比穴打抜きは、打抜き初期のポンチ押し込み過程と、それに続くせん断過程からなっていること、また、ポンチの押し込み過程で穴位置精度を低下させる面内変形が発生し、その量は純銅O材の約2倍になることを明らかにしている。
- (4) この拡大モデルを用いることにより、穴位置精度への型クリアランス、穴抜き速度等の適正化が図られている。特に、穴抜き速度が速くなることにより変形量が小さくなる理由は、引張強さの方がせん断強さより速度依存が大きいことに起因することを見出している。
- (5) 硬いセラミック粒子を含むグリーンシートへポンチで多数個の穴を打抜くと超硬ポンチと言えどもその摩耗は避けられない。そこで、ポンチの摩耗による穴抜きへの悪影響、および、磨耗メカニズムを明らかにしている。また、この摩耗を低減するには超硬材料中のCo含有量を少なくするのが有効であることを見出している。
- (6) 種々の配線パターンのグリーンシートは数十枚重ねられ焼結前に平行平板を用いて熱圧着されるが、その際の圧着体に密度分布が発生し、最終的な焼結体の寸法精度が悪化することがある。そこで、熱圧着時の圧力分布評価法を確立しこの寸法精度悪化の原因を調べ、面内の圧力を均一化する方法を提案している。すなわち、熱圧着

時にグリーンシート積層体の外周を型で拘束し同時に外周部の無配線部に適正厚さのシムシートを載置することにより、均一密度の圧着体を得る技術を開発し、セラミック多層配線基板の寸法精度を向上させることに成功している。

(7) 本研究で開発された高精度微細穴打抜き技術、高精度熱圧着技術は最近の大型電子計算機用セラミック多層配線基板等の製造に必須の技術としてその製品化、量産に寄与している。

以上のように、本論文は新しい複合材料であるセラミックグリーンシートについての高精度加工に関する開発・研究を系統的に行って、その結果をまとめている。これらの研究成果は、新製品の開発・量産に貢献するとともに材料工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。