

積層セラミックコンデンサの製造支援

マテリアル事業部 岡林 真義

1 はじめに

5Gの本格的なサービス開始に伴い、5G対応の端末には現行の周波数帯に加え、ミリ波などの新しい周波数帯にも対応する電子部品が必要となるため、これまで以上に搭載される点数が増えます。一方、端末のサイズを維持するためには電子部品の小型化や高密度実装が必要です。その中でも特に積層セラミックコンデンサ（以降MLCC）は、電子機器に欠かせない電子部品であり搭載点数が多いことから小型化のニーズが高くなっています。当社では、工程ごとに評価できる分析技術を有しており、MLCCの製造に幅広く対応できます。本報では、MLCC製造に関わる各工程の課題ならびに分析技術について報告します。

2 MLCCの製造工程

MLCCは、主原料であるチタン酸バリウムに溶媒・分散剤・バインダー・可塑剤などの成形助剤を混合・スラリー化し、成形・乾燥したのち、作製した成形体の脱脂、そして焼成を経て製造されます（図1）。

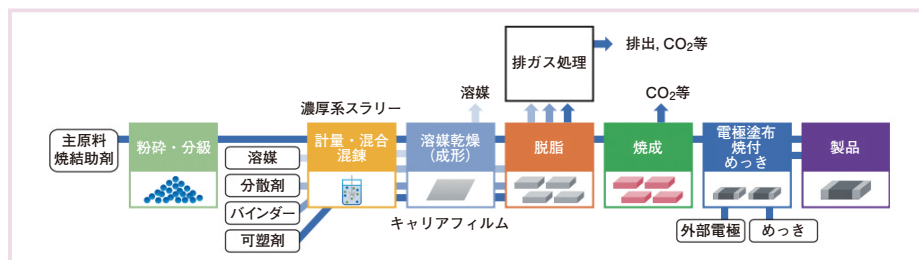


図1 MLCCの製造工程

表1 MLCCの製造工程における課題ならびに分析手法

| 製造工程 | 原材料・中間体・製品 | 課題 | 分析手法 | |
|----------------|---|--|---|---|
| 粉砕・分級 計量・混合 | 主原料 焼結助剤 | 一次粒子径、粒度分布 | SEM, TEM, レーザ回折法, 光散乱法, 画像式粒度分布 | |
| | | 不純物(金属, ハロゲン, 炭素・硫黄) | ICP-AES, ICP-MS, 燃焼IC, 燃焼法 | |
| | バインダー(PVAなど) 可塑剤(PEGなど) 溶媒(水系・非水系) 分散剤 | 粉体物性 | 表面積・細孔解析 粉体流動性 | ガス吸着法(N ₂ , Krなど), 水銀圧入法 安息角, かさ比重 |
| | | 粒子表面状態 | 表面・構造解析 表面官能基 親水性/疎水性 | TOF-SIMS, XPS, XRD, ラマン分光法 滴定法, 昇温脱離ガス分析 酸価・塩基価 |
| 混練 | 主原料, 焼結助剤, バインダー, 可塑剤, 分散剤 溶媒(水系・非水系) | 原料同士の混ざりやすさ | ハンセン溶解度パラメーター(HSP) | |
| | | セラミック原料との親和性, 濡れ性 | 超音波式ゼータ電位 パルスNMR | |
| | 濃厚系スラリー | 分散性 | 超音波式粒度分布, パルスNMR | |
| | | 分散安定性 粘度・粘弾性 | 超音波式ゼータ電位, 遠心沈降法 粘度計, レオメーター | |
| 溶媒乾燥 | 成形体 | 乾燥温度 | TG-DTA | |
| | キャリアフィルム | 混合材料の組成・分布均一性 表面形状・粗さ 膜質(機械特性) | 断面SEM-EDX, 断面EPMA AFM, SEM, 共焦点顕微鏡 ナノインデンテーション | |
| 脱脂 | 脱脂体 | 低撥水性, 剥離しやすさ | ハンセン溶解度パラメーター(HSP), 接触角 | |
| | | 有機バインダー残渣 分解ガス | CS計, CHN計, TG-DTA, TG-MS, GC-MS TG-DTA, TG-MS, GC-MS, 燃焼ガス分析 | |
| 焼成 | 焼結体 | 焼結助剤の状態 密度/空隙 | 元素分析, 断面SEM-EDX, 断面TEM-EDX, XRD | |
| | | 熱特性 | SEM, X線CT, 超音波探傷 | |
| 電極塗布・焼付 めっき | 製品 | 不純物(金属, ハロゲン, 炭素・硫黄) | 熱膨張率, 熱伝導・熱拡散率, 全放射率 ICP-AES, ICP-MS, 燃焼IC, 燃焼法 | |
| | | 不純物(金属, ハロゲン, 炭素・硫黄) 積層確認 膜質(機械特性) | ICP-AES, ICP-MS, 燃焼IC, 燃焼法 SEM-EDX, TEM-EDX ナノインデンテーション | |
| 排ガス処理 | 有機バインダー残渣等 | 火災危険性 | HP-DSC, SC-DSC, RADEX, SIT, 機械的感度試験, 着火・燃焼性試験, 粉じん爆発試験 | |

成形助剤は製品中に残留すると性能に悪影響を及ぼすため、製造途中で除去する必要があります。通常の脱脂（除去）工程においては、成形助剤の急激な熱分解とその後の酸化発泡に伴う割れを防止するために、非常に緩やかに昇温する必要があります。極めて長時間を要します。その結果、脱脂工程がMLCCの製造コストや熱エネルギー消費の増大をもたらす大きな要因になっています。したがって、酸化発泡に伴う割れを抑制しつつ、短時間で成形助剤を除去できる方法が望まれており、最近では過熱水蒸気を用いた高速脱脂が注目されています^{1) 2)}。

3 MLCCの製造課題ならびに分析技術

MLCCの製造工程における課題ならびに分析技術について表1に示します。特に、チタン酸バリウムの粒子表面状態の評価、濃厚系スラリー内での粒子の分散性、水蒸気を添加した雰囲気下における成形体の分解ガス分析、および脱脂後の成形助剤の残渣分析などは当社の特徴的な分析技術です。

4 おわりに

5G向けMLCCは小型化や製造工程の短縮化以外にも、高充填密度化や焼成工程の解明など多くの課題があります。当社では、これらの課題にも分析・評価技術で貢献できるよう取り組んでまいります。

文献

- 1) T. NAKAMURA, M. WADA, K. HAYASHI, S. KITAOKA, T. NAGAI, J. YANO, N. MUTO, A. NAKAHIRA: *Japan Society of Powder and Powder Metallurgy*, **66** (6), 275 (2019).
- 2) 和田匡史, 中村寿樹, 鈴木基晴, 永井敬大, 矢野仁, 高嶋伸悦, 北岡諭: *セラミックス*, **53** (1), 30 (2018).



岡林 真義
(おかばやし まさのり)
マテリアル事業部