

COLD CHEMICAL LAMINATION OF LOW TEMPERATURE CO-FIRED CERAMICS

Matěj Jurásek

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xjuras00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Michal Štekovič

E-mail: xsteko00@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: This paper deals with production of the structures fabricated using low temperature co-fired ceramics. Focus is on the lamination of raw ceramic tapes. There are presented classical thermo-compressive methods and a new method using chemical solutions for tape bonding. Lamination with thermo-compression method frequently causes deformations of the structure and defects (e.g. delamination). Due to this facts, new chemical bonding method were developed. This method reduces using of higher temperatures and high pressure during lamination. On the other hand, chemical process of tape bonding is not flawless. There are many problems including solvent deposition, leveling time and other processing parameters. In the end there is presented method with recommended processing parameters for production of multilayer structure.

Keywords: Low Temperature Co-fired Ceramic, Cold Chemical Lamination, Deformation, Low pressure

1. ÚVOD

Nízkoteplotně vypalovaná keramika byla vyvinuta v 50. letech minulého století, ale spadala pod patent, který nedovoloval její komerční využití až do 80. let. Vývoj tohoto druhu keramiky byl iniciován snahou o zvýšení kapacity u kondenzátorů, nicméně se pozdějšími výzkumy ukázala jako vhodný substrát pro tvorbu vícevrstevných struktur [3]. Vyrábí se ve formě keramických pásků o tloušťce v řádech stovek μm , jejichž následným zpracováním dochází k postupnému vytvoření kompaktní struktury. Forma, v jaké je nízkoteplotně vypalovaná keramika vyráběna, udává perspektivu jejího využití v různých oblastech elektrotechniky, jako je např. sensorika nebo pouzdřicí techniky. Nabízí velkou variabilitu parametrů výsledné struktury zahrnující rozměry, počet vrstev nebo složitosti vytvářených dutin či mikrokanálek.

2. LAMINACE LTCC

Laminací vrstev rozumíme proces, při němž dochází k navrstvení pásků LTCC s následným spojením v jednolitou strukturu ať už termokompresními metodami nebo chemickou cestou.

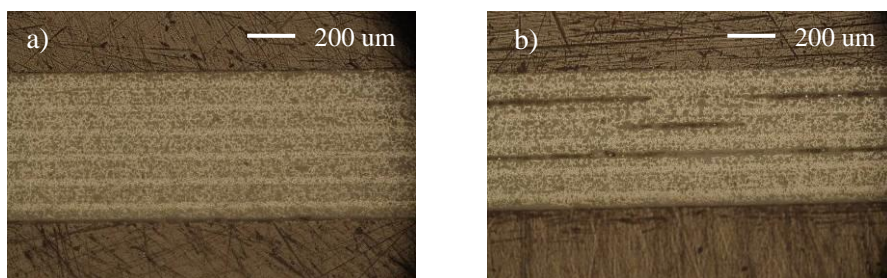
Termokompresní metody lze rozdělit do dvou skupin podle směru působení tlaku na uniaxiální (tlak působí na spodní a vrchní část laminované struktury) a isostatické (tlak působí na laminovanou strukturu ve všech směrech). Nejrozšířenější je metoda uniaxiální, jelikož jsou zde nižší nároky na vybavení, nicméně kvalita výsledných struktur nedosahuje kvality isostatické laminace. U termokompresní metody je struktura laminována za působení zvýšené teploty (do 80 °C) a vysokého tlaku (do 30 MPa), což má často za následek vznik deformací během procesu výroby [2], [1].

Laminace pomocí ředidel se rozděluje na dvě techniky: Cold Chemical Lamination (CCL) využívající rozpouštědla k naleptání nízkoteplotně vypalované keramiky a Cold Low Pressure Lamination (CLPL), u které je využita ke spojení keramik adhezivní vrstva. Tato práce je zaměřena na laminaci keramiky LTCC metodou CCL.

Metoda CCL je založena na depozici rozpouštědla na povrch keramického pásku. Působením rozpouštědla dojde ke změknutí povrchu pásku (narušení organického pojiva), na který se následně "položí" další vrstva laminované struktury. Po dosažení požadovaného počtu vrstev nastane proces laminace, který probíhá za pokojové teploty a nízkého tlaku (0,5 – 5 MPa) [2]. Tento proces poskytuje výhody, například možnost vytvářet dutiny velkých rozměrů bez deformací vzniklých velkým tlakem a zvýšenou teplotou (prohnutí dna dutin, zhoršení ostroty jemných motivů, atd.). Ovšem pro dosažení takto kvalitních struktur je nutné správné nastavení parametrů procesu jako jsou interval mezi nanesením ředidla a položením vrstvy, způsob depozice a množství použitého ředidla. Tyto parametry se mění v závislosti na typu ředidla (jeho chemickém složení) a rozměrech struktury. Nanesení velkého množství může způsobit nadměrné změknutí jednotlivých pásků, nebo podleptání spodních vrstev a tím dojde ke ztrátě výsledné ostroty struktury [3]. Naopak při malém množství dochází ke vzniku defektů v podobě delaminace jednotlivých vrstev.

3. REALIZACE A VYHODNOCENÍ VZORKŮ

První testy byly provedeny pouze na sítotiskovém poloautomatu Aurel C880 za použití ředidel pro CCL metodu Heraeus HVS100, DuPont 4553 a keramiky Heratape HL2000 s nízkou smrštivostí. První test pro určení parametrů tisku při nanášení ředidel byly provedeny na vzorcích o rozměrech 1 x 1 palec, o tloušťce čtyř až devíti vrstev pásků. Metodou mikrovýbrusu byla sledována kvalita laminace jednotlivých struktur. Analýzou získaných dat byla potvrzena vhodnost metody nanášení a vybraných ředidel pro CCL, dále byl odhalen důležitý faktor pro kvalitní laminování vrstev: interval mezi nanesením rozpouštědla a položením další vrstvy viz. obrázek 1.

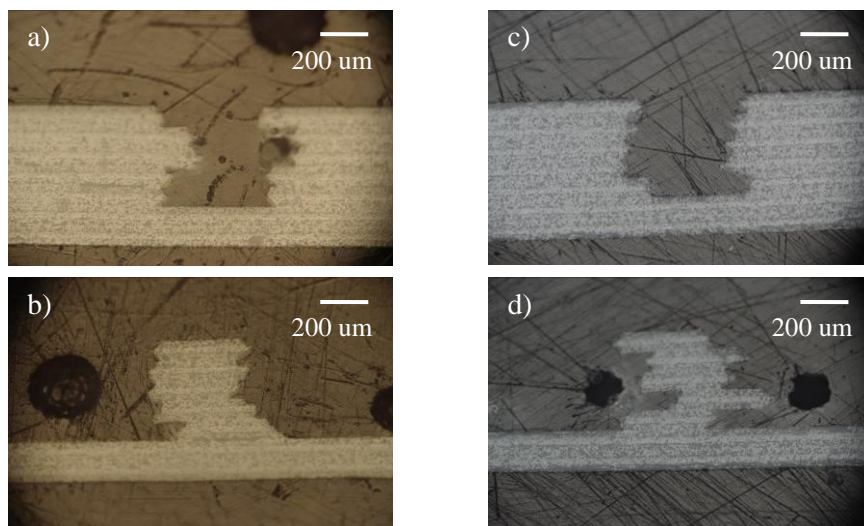


Obrázek 1: Řez struktury laminované s intervalem a) 10 s b) 120 s (DuPont 4553)

Další testy probíhaly na testovací struktuře o rozměrech 40 x 40 mm, která obsahuje mikrokanálky (o šířkách 200, 500 a 1000 μm) využívané většinou pro chlazení nebo v mikrofluidních systémech. Dále obsahuje kruhovou dutinu zastupující vnitřní dutinu pro kondenzátor a obdélníkové dutiny používané např. pro implementaci součástek. Pro testování bylo zhotoveno síto s motivem struktury s přesahem 200 μm , aby nedocházelo k naleptání stěn dutin. Metoda depozice pomocí sítotiskového automatu neumožňuje použití masky pro sesouhšení, proto nedošlo k vytvoření rovných stěn u dutin. Nicméně i tento defekt se ukázal jako užitečný, jelikož prokázal schopnost techniky CCL zachovat malé detaily (100 - 200 μm) 3D struktury zcela nedeformované, jak je vidět na obrázku 2.

Další testovaná metoda depozice, byla založena na nanesení ředidla pomocí válečku. Tento váleček byl opatřen povrchem z bezvlákné tkaniny, která sloužila k absorpci definovaného množství ředidla. Pro dosažení optimálního smočení bylo nutno každou vrstvu nanést válečkem minimálně 3 x. Pokud byly po následné optické kontrole objeveny oblasti s nedostatečným smočením, nebylo nutno nanášet vrstvu na celý povrch, ale pouze na suché místo.

Po nanesení ředidla byly jednotlivé vrstvy vkládány do masky pro sesouhšení a po dosažení požadovaného počtu vrstev byla celá struktura vložena na porézni kámen s přívodem vakua. Přiložením měkké folie na laminovanou strukturu a spuštěním vakuové vývěvy byl vytvořen rovnoměrný tlak po celém povrchu struktury, který zajistil spojení keramiky.



Obrázek 2: Řez strukturami obsahujícími kanálek 200 µm a můstek 200 µm
a, b - DuPont 4553 c, d – Heraeus HVS100

4. ZÁVĚR

Metoda CCL je poměrně nová perspektivní metoda laminace LTCC, jejíž velkou výhodou je nenáročnost na vybavení. Testy, které proběhly na sitotiskovém automatu ukázaly spíše náročnost optimálního nastavení jednotlivých parametrů (přítlak, odtrh, úhel těrky) pro různá ředidla, a nutnost nalezení vhodné metody sesouhlesání. Metoda depozice válečkem se ukázala o mnoho snazší. Pro optimální nanesení stačilo rovnoměrně nanést ředidlo na povrch válečku. Navíc mohla být využita maska pro sesouhlesání, takže struktura je přesnější. Spotřeba rozpouštědel se je u obou metod srovnatelná a to kolem 0,25 ml na 9 vrstvý vzorek 40 x 40 mm. Ovšem je nutné si uvědomit že při větším počtu vzorků by nedocházelo k vícenásobnému „oživení“ síta nebo válečku na které je potřeba cca 0,18 ml ředidla v závislosti na velikosti plochy. Dostatečné množství je 0,07 ml vždy po depozici 4 vrstev. Výsledné struktury byly zcela bez deformací, oblastí delaminace a jejich přesnost byla v přímé závislosti na přesnosti sesouhlesání.

Jako další metoda, která podrobena testům je nanášení pomocí airbrush pistole a za pomoci štětce. Metoda laminace za použití porézního kamene a membrány, která byla vymyšlena během testů na přelomu roku, byla úspěšně použita během výroby struktur LTCC. Ukázala se jako vhodná i pro laminaci LTCC s korundovou keramikou metodou CCL.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu práce Ing. Michalovi Štekovičovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování této práce.

REFERENCE

- [1] FOURNIER, Y., 3D Structuration techniques of LTCC for microsystems applications. Lausanne: Univerzita polytechniky v Lausanne. 2010. 268 s.
- [2] IMANAKA, Y., Multilayered Low Temperature Cofired Ceramics (LTCC)Technology, Japan: Fujitsu laboratories, 2005. 261 s. eBook ISBN: 0-387-23314-8
- [3] JURKOW, D., GOLONKA, L., Cold Chemical Lamination—New Bonding Technique of LTCC Green Tapes. Vratislav: Vratislavská univerzita technologií, Fakulta elektroniky a fotoniky. 2009