

# THE INFLUENCE OF A PRE-PRINT THICK LAYER PASTE VISCOSITY ON FORMING OF LAYER

**Michal Ondráček**

Master Degree Programme (1), FEEC BUT

E-mail: xondra28@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Martin Klíma

E-mail: xklima01@stud.feec.vutbr.cz

**Abstract:** The article deals with thick-film technology investigation of optimal thick-film paste viscosity in printing process, because of its influence on quality and resolution of printed motive. A testing motive, which was designed to show obtainable resolution and layers planarity, is described. The planarity was found to be better with decreasing thick-film paste viscosity. Further, different pastes behavior under shear-load was also studied. The results indicate that each of the pastes needs specific preparation.

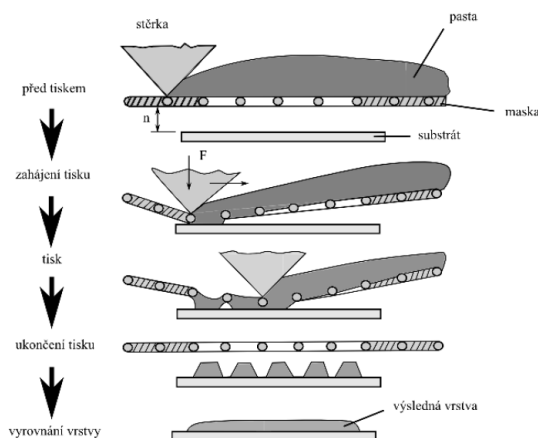
**Keywords:** thick film, screen printing, viscosity

## 1. ÚVOD

Jednou z možných cest, kterou lze realizovat elektrické obvody, je tlustovrstvá technologie (TLV). Její princip spočívá v tisku funkční vrstvy – vodivé, rezistivní, kapacitní aj., pomocí sítotisku. Tento proces a reologické chování použité pasty mají zásadní vliv na kvalitu a rozlišení vytvořené vrstvy. Zásadní vlastností tlustovrstvých past (TLV past) je tixotropnost. Jedná se o nelineární snižování viskozity vlivem působení smykového namáhání. Viskozita pasty se tedy v průběhu procesu tisku mění. V případě, že je viskozita pasty bezprostředně po natištění nízká, dochází k roztekání přeneseného motivu. Tvar natištěného obrazce v řezu se vzdaluje od obdélníka, což má za následek nehomogenní rozložení elektrických vlastností. Navíc dochází ke slévání sousedních obrazců, např. vodičů. Tento jev je nežádoucí a vede ke snížení dosažitelného rozlišení. Druhým extrémem je natištěná pasta s vysokou viskozitou. Ta se naopak neroztéká téměř vůbec a zůstává v ní otisk síta, což přináší opět nedefinovaný tvar v řezu, tedy nehomogenní a nedefinované rozložení el. vlastností. Pro dosažení vysokého rozlišení a opakovatelných el. vlastností natištěných vrstev je třeba znát optimální viskozitu pasty, tedy i optimální postup přípravy pasty před tiskem.

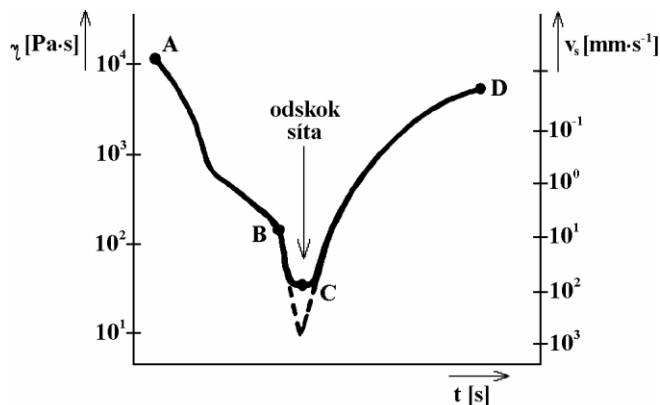
## 2. SÍTOTISK

Sítotisk je nejrozšířenější způsob vytváření tlustých vrstev. Princip sítotisku je schematicky znázorněn na obr. 1. Nad substrátem je ve vhodné vzdálenosti umístěna zamaskovaná síťka. Pasta se nanese na horní stranu síta a následně je protlačována otvory v síti těrku na substrát. Těrka před sebou při svém pohybu hrne pastu, síto je prohýbáno, dostává se do kontaktu se substrátem. Protlačením pasty přes síto je přenesen vodivý či jiný motiv [1].



Obr. 1: Postup tisku tlusté vrstvy pomocí sítotisku [2]

Viskozita tlustovrstvé pasty se mění v celém průběhu procesu tisku. Největší viskozity dosahuje surová pasta (bod A, obr. 2) řádově ve stovkách Pa·s. Ta je dále rámci přípravy před tiskem míchána a její viskozita klesá (bod B). Míchání má za úkol jednak rovnoměrně smísit všechny složky pasty, které se během skladování usazují v obalu, a také dosáhnout vhodné viskozity, aby došlo ke správnému protlačení pasty sítím. Právě v této fázi je důležité najít optimum, které povede ke kvalitnímu natištění a zformování vrstvy.

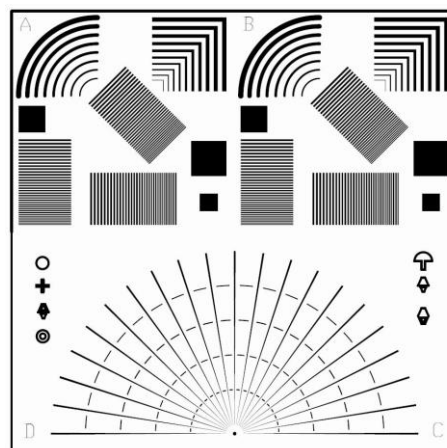


Obr. 2: Závislost viskozity TLV pasty na tlaku [3]

V okamžiku přenesení motivu na substrát se viskozita pasty pohybuje v rozsahu 50 až 80 Pa·s (bod C). Poté nastává fáze vyrovnání vrstvy, po dobu přibližně 10 minut. Pokud je dosažena optimální viskozita bezprostředně po tisku, povrch vrstvy se vyhlazuje, otisk síta mizí, ale zároveň nedochází k roztékání natištěného obrazce. Protože je po tisku obtížné odebrat vzorek pro měření viskozity, aby nedošlo k zavedení další chyby, je předpokládán opakovatelný proces tisku a zkoumání kvality rovinnosti a ostrosti motivu je vztaženo k viskozitě před tiskem. Po vyrovnání je motiv připraven k zasušení a dalším krokům (bod D).

### 3. NÁVRH TESTOVACÍHO MOTIVU

Testovací struktura má rozměry 50,8 x 50,8 mm. První část tvoří dva totožné motivy (A a B). Jsou umístěny vedle sebe tak, aby objekty byly u okraje i ve středu substrátu, kvůli posouzení vlivu průhybu síta tlakem těrky při tisku, který je ve středu největší. V struktuře je navrženo 36 různých širokých čar (0,09 do 0,2 mm), které jsou následně otočeny o 45° a o 90°. Tyto čáry jsou různě široké kvůli posouzení roztékavosti závislé právě na tloušťce čáry. Různý úhel natočení vychází z toho, že je síťovina pletená pod určitým úhlem, což se také projeví na kvalitě natištění. Čtvrtkružnice jsou navrženy s jinými rozměry čar, kvůli stejnému důvodu jako u obyčejných čar, kde bude ale vidět plynulejší přechod. Různé čtverce jsou zde kvůli měření rovinnosti a jejich hrany slouží k posouzení ostrosti. Lomené čáry slouží k pozorování ostrosti hran. Zužující se čáry v kvadrantu C a D se rozšiřují z nulové tloušťky ve středu na 0,2 mm. Na tomto testovacím obrazci můžeme pozorovat nejtenčí možnou tisknutelnou čáru v závislosti na úhlu vůči směru tisku.



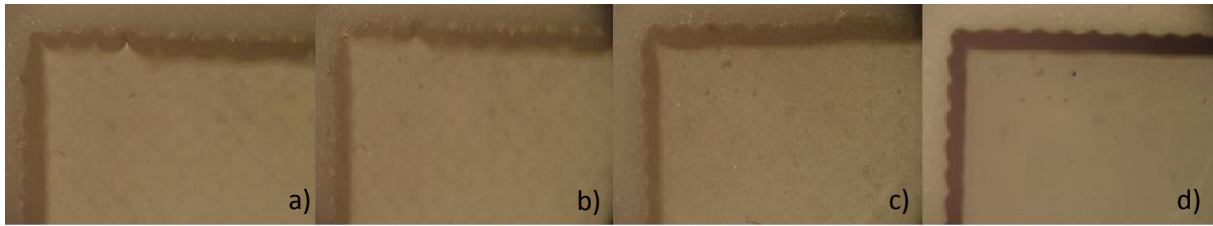
Obr. 3: Návrh testovací struktury

## 4. EXPERIMENTY

### 4.1. VLIV VISKOZITY TLV PASTY NA VYROVNÁNÍ NATIŠTĚNÝCH PLOCH

Při experimentu byla sledována rovinnost natištěné TLV pasty CSP-1381 (CSC) pod mikroskopem bezprostředně po tisku a dále po 5, 10 a 15 min. v průběhu vyrovnání. Byly porovnávány vrstvy tištěné na sítích se světlostí 47% a 35%, a to vždy při viskozitě  $\eta = 252 \text{ mPa}\cdot\text{s}$  a  $\eta = 1400 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ .

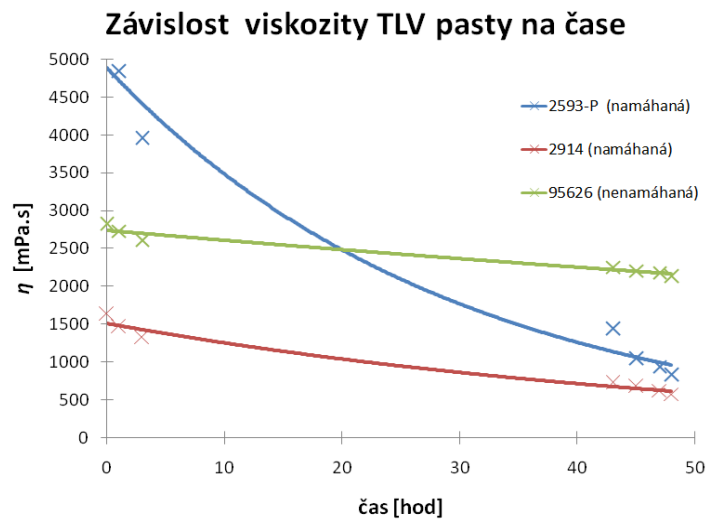
Bylo zjištěno, že na vyrovnání vrstev, resp. vytvoření vrstvy s dobrou rovinností, má vliv nejen viskozita, ale i světlost síta, a to na základě analýzy vzorků, ze které vyplynulo, že k dobrému vyrovnání vrstvy došlo pouze u tisku pasty s nízkou viskozitou ( $\eta = 252 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ) přes síto se světlostí 47 %.



Obr. 4: Samovolné vyrovnání vrstvy - počáteční viskozita  $\eta = 252 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ , ocelové síto: a) vrstva bezprostředně po tisku b) po 5 min. c) po 10 min. d) po 15 min

#### 4.2. ZÁVISLOST VISKOZITY TLUSTOVRSTVÉ PASTY NA ČASE MÍCHÁNÍ

Protože míchání patří mezi nejčastější způsoby přípravy pasty pro tisk, je důležité zjistit chování viskozity v jeho průběhu. Míchání byly podrobeny dvě pasty (2593-P a 2914 od výrobce ESL) na horizontální míchačce. U pasty 95626 (ESL) byla sledována změna viskozity pouze vlivem teploty okolí, která je o  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  vyšší, než teplota skladovací pro porovnání výsledků nebyla míchána, očekávala se pouze změna viskozity vlivem tepla. Z naměřených výsledků je patrné, že viskozita míchané pasty se snižuje rychleji, oproti pastě temperované na pokojovou teplotu.



Obr. 6: Závislost viskozity TLV pasty na čase

Zároveň lze říci, že změna je tím rychlejší, čím vyšší je viskozita počáteční. Nelineární průběh viskozity TLV past, resp. jejich tixotropnost, byla experimentem potvrzena.

#### 5. ZÁVĚR

Úkolem experimentů bylo nalezení optimální viskozity TLV pasty na začátku procesu sítotisku. Za tímto účelem byl navržen testovací motiv, jehož funkcí bylo ukázat rozlišení tisku a rovinnost natištěných vrstev. Z provedených experimentů vyplývá, že vhodná viskozita TLV pasty se pohybuje kolem  $250 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ , přičemž vliv na kvalitu tisku má i světlost použitého síta. Dále bylo potvrzeno, že změna viskozity pasty závisí na době a síle namáhání a na teplotě okolí. Velikost změny není lineární a je nevýraznější u vysokých počátečních viskozit. Práce s tixotropními kapalinami je velmi komplikovaná, protože na jejich viskozitu má vliv řada faktorů, které je obtížné definovat.

#### REFERENCE

- [1] *Tlusté vrstvy - tisk, vytvrzení, měření* [online]. 2011 [cit. 2013-2-20]. Dostupné z: <http://martin.feld.cvut.cz/~pelikano/vyuka/EMT/tlustvrsvy.pdf>
- [2] *Mikrosenzory a mikroelektromechanické systémy* [online]. 2009 [cit. 2013-02-24]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/priloha.php?dpid=20209](https://www.vutbr.cz/www_base/priloha.php?dpid=20209)
- [3] SZENDIUCH, Ivan, et al. *Mikroelektronika a technologie součástek*. Brno: NOVAPRESS, 2009. 190 s.