



**TIÚ – PLAST a.s.**

areál SPOLANA a.s.  
ul. Práce 657  
CZ-27711 Neratovice



## FUNKČNÍ VZOREK

### VÍCEVRSTVÉ TRUBKY PRO SNÍŽENÍ VÝSKYTU STATICKÉHO NÁBOJE

(TA04011373-2015V003)

Autor: *Ing. Zdeňka Černá (TIÚ-PLAST a.s.)  
Ing. Jan Pouska (TIÚ-PLAST a.s.)  
Ing. Jiří Vrána (VŠCHT Praha)  
Ing. Petr Mazúr, Ph.D. (NTC ZČU Plzeň)*

Číslo projektu: *TA04011373*

Číslo výsledku: *LES-2015-02*

Odpovědný pracovník: *Ing. Zdeňka Černá*

Vedoucí pracoviště  
(ředitel a předseda  
představenstva): *Ing. Martin Šmat*

NERATOVICE, PRAHA - PROSINEC 2015



**TIÚ – PLAST a.s.**

areál SPOLANA a.s.  
ul. Práce 657  
CZ-27711 Neratovice



**Jazyk výsledku:** CZE

**Hlavní obor:** CI

**Uplatněn:** ANO

**Název výsledku česky:**

*Funkční vzorek – Vícevrstvé trubky pro snížení výskytu statického náboje*

**Název výsledku anglicky:**

*Functional specimen – Multilayer tubes for reducing the incidence of static charge*

Zadání z návrhu projektu TAČR ALFA TA04011373 :

Cíl 5: Vícevrstvé trubky pro snížení výskytu statického náboje - Funkční vzorek.

Předpokládaný termín dokončení prosinec 2015.

Vnitřní rezistivita 1 MOhm.m, maximálně 100 MOhm.m.

**Abstrakt k výsledku česky:**

Výsledkem je funkční vzorek dvojvrstvé trubky o snížené povrchové rezistivitě vnitřní vrstvy ( $10^6$  Ohm.m). Trubka o vnějším středním průměru 50,8 mm je vyrobena koextruzí z dvou typů granulátů na bázi PVC. Zvýšená vodivost granulátu vnitřní vrstvy je dosažena přidavkem uhlíkových aditiv. Trubka vykazuje dostatečnou soudržnost jednotlivých vrstev. V dalším období řešení projektu bude dále optimalizováno složení granulátu vnitřní vrstvy s cílem zvýšit její houževnatost.

**Abstrakt k výsledku anglicky:**

The result is a functional specimen of the bilayer tube of the reduced surface resistivity of the inner layer ( $10^6$  Ohm.m). The tube with an average outer diameter of 50.8 mm is made by co-extrusion of two types of granules based on PVC. The increased conductivity of the inner layer granulate is achieved by the addition of carbon-based additives. The pipe has sufficient cohesion of the individual layers. In the future, the inner layer granule composition will be further optimized in order to increase its toughness.

**Klíčová slova česky:**

*Vícevrstvá trubka, polyvinylchlorid, elektrostatický náboj*

**Klíčová slova anglicky:**

*Multilayer tube, polyvinylchloride, electrostatic charge*



**TIÚ – PLAST a.s.**

areál SPOLANA a.s.  
ul. Práce 657  
CZ-27711 Neratovice



- Vlastník výsledku:** *TIÚ-PLAST a.s. Neratovice*  
(jako hlavní vlastník, na tomto výsledku se podílely a spoluvlastníky tedy jsou VŠCHT Praha, TIÚ-PLAST a.s., a ZČU Plzeň)
- IČ vlastníka výsledku:** **45148384**
- Stát:** *Česká republika*
- Lokalizace:** *TIÚ-PLAST a.s. Neratovice*
- Licence:** *ne*
- Licenční poplatek:** *ne*
- Ekonomické parametry:** *Vícevrstvá trubka z PVC s permanentní, částečně vodivou vnitřní vrstvou, která snižuje výskyt elektrostatického náboje při pohybu částic uvnitř trubky. Barva trubky zůstane pro uživatele stejná, pouze vnitřní povrch je černý.  
Cena dvojitvrstvé trubky by byla orientačně o ca 50-60% vyšší než standardní PVC trubka za podmínky stejné výrobní rychlosti.*
- Technické parametry:** *Vícevrstvá trubka z PVC s částečně vodivou vnitřní vrstvou o povrchové rezistivitě  $10^6$  Ohm; vnitřní rezistivita černého materiálu  $10^6$  Ohm.m.  
Střední vnější průměr trubky 50,8 mm, tloušťka stěny 1,3 – 1,5 mm.*
- Kategorie nákladů:** *výše nákladů  $\leq 5$  mil.*

**ALFA 4 č.TA04011373 - Pokročilé vodivé kompozitní materiály a výrobky**  
(technicky realizované výsledky - prototyp, funkční vzorek v 12/2015)



**TIÚ – PLAST a.s.**

areál SPOLANA a.s.  
ul. Práce 657  
CZ-27711 Neratovice



## Vícevrstvé trubky pro snížení výskytu statického náboje

Cílem technického řešení je vytvoření plastové trubky s vnitřní částečně vodivou vrstvou pro využití v přepravě drobných prachových a jiných pevných částic, která nebude mít zhoršeny své mechanické vlastnosti a přitom sníží vznik elektrostatického náboje a riziko usazování přepravovaných částic na vnitřních stěnách trubky.

Vícevrstvé trubky jsou poptávány zákazníky z následujících důvodů:

- snížení vzniku elektrostatického náboje
- snížení usazování prachu na trubkovém vedení,
- usnadněn pohyb pevných částic v trubkovém vedení a sníženo ulpívání na stěnách,
- usnadněno proudění plynů v trubkovém vedení.

Díličím výsledkem vývoje je funkční vzorek vícevrstvé trubky, která dosahuje definované vnitřní elektrické rezistivity 1 MOhm.m až 100 MOhm.m a dobré adheze vodivé vrstvy k vnější nevodivé vrstvě trubky.

### Popis funkčního vzorku

Pro vývoj byly stanoveny následující parametry:

1. Vývoj částečně vodivého granulátu vhodného pro vytlačování tenké koextruzní vrstvy, která bude neoddělitelně spojena s vnější vrstvou trubky (PVC bílé barvy).
2. Vývoj nástroje pro výrobu 2-vrstvé PVC trubky. Vnější vrstva z bílého extruzního PVC, vnitřní vrstva z černého částečně vodivého PVC.
3. Povrchová rezistivita černého částečně vodivého PVC ...  $10^6 - 10^8$  Ohm
4. Rozměry trubky: střední vnější průměr ..... 50,8 mm  
tloušťka stěny ..... 1,3 až 1,5 mm

Trubka byla vyrobena ze 2 vrstev, které jsou pevně spojeny v nástroji tlakem za zpracovatelských teplot při výrobě.

Vnější vrstva je z materiálu používaného na standardní výrobu trubek. Zajišťuje zejména mechanické vlastnosti, které by měly splňovat požadavky standardního materiálu. Tuto vrstvu je možné vyrábět v různých barevných odstínech.

Vnitřní vrstva vykazuje zvýšenou vodivost proti vnější vrstvě, je vyrobena z částečně vodivého kompozitního materiálu. Zvýšená vodivost je docílena aditivou na bázi uhlíku. Ty se projevují jejím černým zbarvením. Mechanické vlastnosti vnitřní vrstvy byly a budou dále optimalizovány k vyšším hodnotám houževnatosti. Dalším důležitým parametrem je kvalita vnitřního povrchu trubky, který má být hladký.



### **Způsob přípravy vícevrstvé trubky pro snížení výskytu statického náboje**

Pro výrobu dvojrstvé trubky byly vypracovány konstrukční podklady a vyroben nový nástroj.

Vícevrstvá trubka byla vyrobena koextruzí, tj. extruzí se dvěma extrudery, které byly připojeny k jednomu nástroji. V jednom extruderu byl materiál pro vnější vrstvu a v druhém extruderu materiál pro vnitřní vrstvu.

### **Metody hodnocení vícevrstvé trubky pro snížení výskytu statického náboje**

Vybrané vlastnosti materiálů vyvíjených pro obě vrstvy byly měřeny na zkušebních tělesech připravených lisováním.

Byly zvoleny vlastnosti rozhodující pro konečný výrobek, dvovrstvou trubku – viz Tab.I a Tab.II.

V laboratořích firmy TIÚ-PLAST a.s. byly měřeny mechanické vlastnosti a pouze orientačně povrchová rezistivita.

#### **Popis měření povrchové rezistivity**

Pracovní postup měření je v souladu s normou ČSN IEC 93:1993.

K měření byl použit multimetr Keithley 196 v režimu automatického měřicího rozsahu a pásková elektroda. Ta je tvořena dvěma mosaznými pásky o síle 0,85 mm, které jsou připevněny na teflonové desce široké 10 mm. Měřená destička byla položena na nevodivou podložku a její povrchová rezistivita byla stanovena přiložením páskové elektrody na pěti různých místech. Odečet hodnoty z displeje multimetru byl proveden po 1 minutě od přiložení elektrody.

Vnitřní rezistivita byla u vybraných materiálů změřena na lisovaných destičkách v Elektrotechnickém zkušebním ústavu s.p. v Praze dle normy ČSN IEC 93:1993.

Ve spolupráci s tímto pracovištěm je rovněž vyhledávána vhodná metoda měření elektrické rezistivity přímo na trubce.

**Tab.I: Vlastnosti granulátů pro dvojrstvou trubku**

Vlastnost	granulát MCHCY 05/9 (Y5)	granulát MCY 03/92 (Y6)	granulát MCY 03 X9
Tavný index 190°C, 21,6 kg (g/10 min)	29,3	22,5	42,9
Tepelná stabilita, Kongo, 200 °C (min)	36	28	68
Tvrdość Sh	93 A	68 D	58 D
Povrchová rezistivita +23°C (Ohm)	$3,5 \cdot 10^4$	$5,0 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^6$
Vnitřní rezistivita +23°C, orient. (Ohm.m)	$5,0 \cdot 10^4$	$5,0 \cdot 10^4$	$4,0 \cdot 10^4$
Vnitřní rezistivita +23°C, v EZÚ (Ohm.m)	-	$2,3 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^4$
Rázová houž.Charpy, +23°C, 7,5J (kJ m <sup>-2</sup> )	-	-	59,3

**Tab.II: Vlastnosti dvojrstvých trubek**

Vlastnost	Trubka 50,8x1,4 bílá	Trubka Y5 50,8x1,4 mm	Trubka Y6 50,8x1,4 mm
Vnější průměr trubky (mm)	50,4-50,7	50,4-50,9	50,4-51,0
Tloušťka stěny (mm)	1,4-1,5	1,3-1,4	1,3-1,6
Hmotnost 1 m trubky (g)	339	312	353
Povrchová rezistivita*, +23°C, vnitřní povrch rozlis. trubky (Ohm)	10 <sup>15</sup>	7.10 <sup>3</sup>	9,7.10 <sup>6</sup>
Pádová zkouška (23°C, 9 kg, 10 ks)	60 cm	70 cm	praská
Rázová houž.Charpy*, (+23°C, 7,5J) (kJ.m <sup>-2</sup> )	bez lomu	-	36,1

\* na tělesech lisovaných z trubky

Ze získaných mechanických vlastností prvních vzorků dvojrstvé PVC trubky vyplynulo, že další vývoj je nutné zaměřit na zvýšení houževnatosti této dvojrstvé trubky, zejména PVC materiálu pro vnitřní, částečně vodivý povrch trubky.

