

RESISTIVITY MEASURING WORKPLACE FOR BULK MATERIALS

Jan Kucharčík

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT
E-mail: xkucha19@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Vognar
E-mail: xvogna00@stud.feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This thesis is focused on construction resistivity measuring workspace for bulk materials. Resistivity will be measured according to the pressure. Sample resistance was measured by four-wire method. It was also necessary to measure the volume (height) of the sample and applied pressure. Measured material was ground and unground form of carbon black.

1. ÚVOD

Cílem práce bylo sestavení funkčního pracoviště pro měření rezistivity sypkých a kompozitních materiálů v závislosti na aplikovaném tlaku. Pro měření odporu bylo využito čtyřbodové metody. Dále bylo nutné změřit objem (výšku) vzorku a aplikovaný tlak. Měřeny byly uhlíkové saze v mleté a nemleté formě.

2. ROZBOR

Rezistivita resp. vodivost je vlastnost materiálu určující možnost jeho použití jako vodiče. Pro její výpočet je použit vzorec:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l} = [\Omega \cdot m] \quad (1)$$

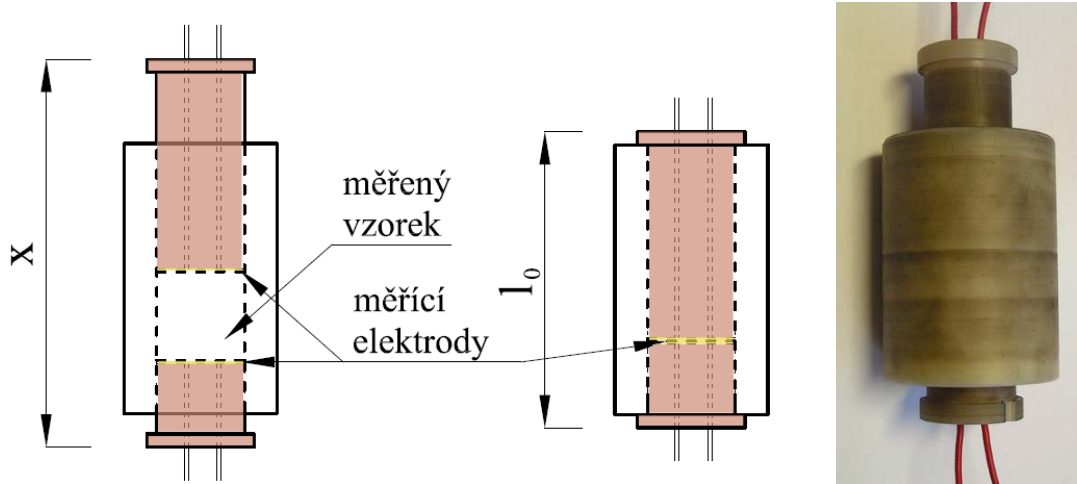
kde R je měřený odpor, S je velikost plochy průřezu a l výška vzorku.

2.1. MĚŘÍCÍ SOUSTAVA

Základní požadavky pro co nejpřesnější výsledky měření jsou tyto:

- velký odpor materiálu, ze kterého je soustava zhotovena (aby nebyl neovlivněn měřený odpor vzorku),
- pevnost (tvrdost) materiálu, aby se nedeformoval při velkých tlacích v lisu,
- přesné umístění v lisu, tlak potom bude rozložen na celý průřez vzorku a bude působit rovnoměrně,
- minimální odpor vodičů a kontaktních plošek pro měření odporu čtyřbodovou metodou.

Měřicí aparatura je vyrobena z alkalického polyamidu PA-6. Jeho tvrdost podle stupnice D shore je 84, pevnost v tlaku 95-120 MPa a rezistivita $5 \cdot 10^{15} \Omega \cdot \text{cm}$. Pomocí soustruhu byl vyřezán válec a dvě západky. Průměr konců západek, které budou stlačovat vzorek ve válci, stejně jako vnitřní průměr válce je 26,8 mm.



Obrázek 1: a) Měřicí píst (pohled zepředu) s obsahem měřeného vzorku
b) Měřicí píst bez vzorku c) Fyzický píst, který je vložen do lisu

Na obr. 1 je vidět princip činnosti měřicího pístu. Pro výpočet rezistivity je potřeba změřit výšku vzorku a jeho odpor (průměr elektrod je konstantní). Vzorový výpočet:

$$\rho = \frac{R \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}}{x - l_0} = \frac{10 \cdot 10^{-3} \Omega \cdot \frac{\pi \cdot (2,68 \cdot 10^{-2})^2 m^2}{4}}{(1,305 \cdot 10^{-1} - 1,237 \cdot 10^{-1}) m} = 8,296 \cdot 10^{-4} \Omega \cdot m \quad (2)$$

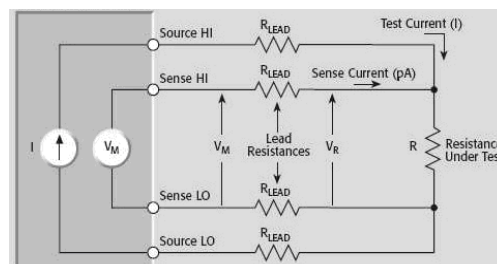
kde R je změřený odpor, d průměr elektrody, x výška pístu se vzorkem a l_0 výška pístu.

Lis, ve kterém je umístěn měřicí píst, je vybaven tlakoměrem měřícím v jednotkách metrických tun $p_{MT} [t]$. Pro převod na jednotky Pa použijeme vzorec:

$$p = \frac{F[N]}{S[m^2]} = \frac{p_{MT}[t] \cdot 10^{-3} \cdot g[m \cdot s^{-2}]}{S[m^2]} [Pa] \quad (3)$$

kde S je plocha na níž působí tlak, F síla působící v lisu vypočítaná z p_{MT} a gravitačního zrychlení g .

2.2. POPIS ČTYŘBODOVÉ MĚŘÍCÍ METODY



Obrázek 2: Schéma zapojení pro čtyřbodové měření odporu [2].

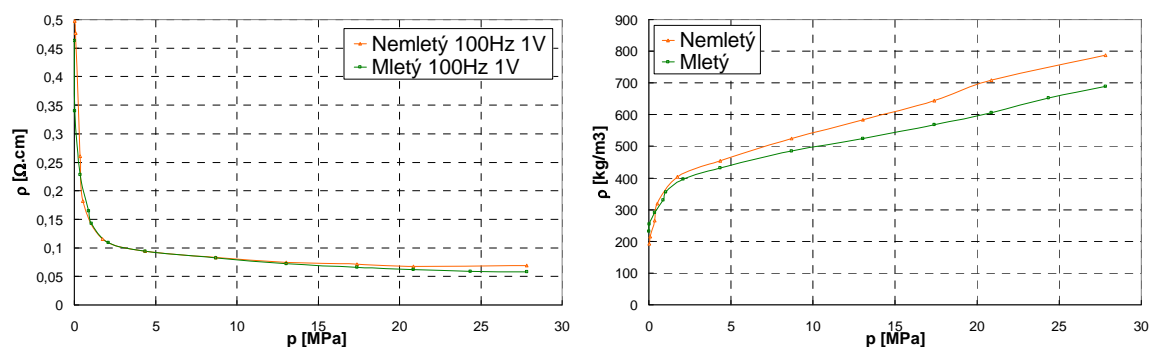
Testovací proud (I) je prochází skrz měřený vzorek (R) první sadou vodičů, zároveň voltmetrem měříme napětí (V_M) na druhé sadě vodičů. Zvolil jsem vícedrátové vodiče, zejména kvůli snadnějšímu a kvalitnějšímu pájení. Vzhledem k tomu, že jsou vodiče spojeny až na měřící měděné, chemicky pozlacené plošce, je pokles napětí na vodičích zanedbatelný. Měřené napětí V_M by se nemělo příliš lišit od napětí na vzorku V_R . Důsledkem je mnohem vyšší přesnost změřeného odporu, než je u dvoubodové metody [2].

2.3. CHYBY MĚŘENÍ

Měření byla ovlivněna chybou, nejvíce výška vzorku měřená digitálním posuvným měřidlem s rozlišením 0,01mm. Výrazná chyba nastala také při měření tlaku, neboť analogový manometr má rozlišení pouze desetiny tun. Nízké rozlišení ovlivňuje zejména nízké tlaky do jedné t. Mikro-ohmmetr Tesla BM 591 měří při $U=1V$ a $f=100Hz$ velikost odporu s chybou $0,25\% \pm 2$ dig. Bylo by dobré, aby zvládal měřit i desetiny $m\Omega$ [3].

2.4. ZMĚŘENÉ REZISTIVITY

Proměřeny byly kompozitní saze Chezcarb A ve formě mleté (3 gramy) a nemleté (2g). Získané hodnoty byly vneseny do grafu níže.



Graf 1: a) Závislost rezistivity uhlíkových sazí Chezcarb A na tlaku
b) Závislost hustoty sazí na aplikovaném tlaku

3. ZÁVĚR

Podařilo se sestrojít funkční pracoviště pro měření rezistivity sypkých materiálů. Výsledky jsou vyneseny v grafech, ze kterých je patrné, že rezistivita s rostoucím tlakem zmenšuje. Mleté saze mají, podle teoretických předpokladů, nižší rezistivitu. Hustotu však mají při stejném tlaku nižší. Při tlacích do 2 MPa rezistivita prudce klesala 0,5-0,1 $\Omega \cdot cm$, od 2 MPa se pohybovala v rozmezí 0,1-0,05 $\Omega \cdot cm$. V dalších měřeních bude snaha o eliminaci faktorů způsobujících nepřesnosti.

LITERATURA

- [1] KUCHARČÍK, J. *Uhlíkové materiály pro elektrody palivových článků*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 28 s. Vedoucí semestrální práce Ing. Jiří Vognar.
- [2] *Low Level Measurements Handbook : Precision DC Current, Voltage, and Resistance Measurements*. 2004. 247 s. 6th edition. Dostupný z WWW: <<https://www.keithley.com/servlet/Data?id=9538>>.
- [3] *TESLA Automatický měřič RLCG BM 591*. Brno, 1980. 73 s.