

VISOKONAPETOSTNE KERAMIČNE PREVODNICE

HIGH-VOLTAGE VACUUM-CERAMIC FEEDTHROUGHS

Alenka Šventner Kosmos, Lidija Belič, Andrej Pregelj

Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko, Teslova 30, 1000 Ljubljana, Slovenija

Prejem rokopisa - received: 1999-10-09; sprejem za objavo - accepted for publication: 2000-06-20

Pri procesih in meritvah, ki potekajo v vakuumu, je pogosto potreben dovod električne energije v vakuumski prostor. Električne prevodnice, ki tak dovod omogočajo, so lahko zelo različnih izvedb, vedno pa so sestavljene iz izolatorja in prevodnega elementa. Imeti morajo dovolj visoko vakuumsko tesnost ter prebojno in natezno trdnost. Kot izolator smo uporabili Al_2O_3 keramiko, ki smo jo z znano tehnologijo spojili s kovino.

V prispevku prikazujemo spajanje keramike s kovinskimi deli in najprimernejše konstrukcije prevodnic za uporabo v ionsko-getrskih črpalkah ter hladnokatodnih merilnih glavah.

Ključne besede: vakuumске prevodnice, spoji keramike s kovino, ionsko-getrske črpalke, senzorji tlaka

Processes and measurements in vacuum often demand the supply of electrical energy from outside of the hermetically sealed working vessel. The components enabling the vacuum-sealed transfer of electrical leads are called electrical feedthroughs. They are always made of a high-quality electrical insulator and a conducting wire. One of the best possibilities is a ceramic insulator joined with metal. Information relating to metal-to-ceramic seals and some constructions for use with Penning pressure sensors and ion-getter pumps are presented.

Key words: vacuum feedthroughs, ceramic-to-metal seals, ion-getter pumps, pressure sensors.

1 UVOD

Vakuumske prevodnice so elementi, ki omogočajo dovod energije, fluidov ali svetlobe v vakuumski prostor. Sestavljene so iz prevodnega elementa in prirobnice za spoj s komoro.

Glede na medij, ki ga dovajamo, razlikujemo:

- električne prevodnice
- prevodnice za fluide
- prevodnice za prenos različnih gibanj
- okna za prenos svetlobe.

Pri prenosu električne energije v vakuumsko posodo je lahko bolj pomembna napetostna ali pa tokovna funkcija. Glede na to govorimo o:

- napetostnih prevodnicah
- tokovnih prevodnicah
- prevodnicah za merilne signale.

Električne prevodnice so vedno sestavljene iz prevodnega elementa (vodnika) in izolatorja.

Napetostne prevodnice so tiste, ki jih uporabljamo za visoke napetosti (5-20 kV) pri majhnih tokovih^{1,2}. Imajo vodnike majhnih presekov in izolator s čim višjo prebojno trdnostjo. Navadno so oblikovane kot cevke, da je pot za zračni in plazeči preboj čim daljša.

Tokovne prevodnice uporabljamo za prenos velikih tokov (5-100 A) pri nizkih napetostih (od nekaj V do 220 ali 380 V)^{1,2}. Imajo vodnike velikih presekov. Mnoge tokovne prevodnice so izdelane tako, da jih je možno hladiti z vodo, saj se tako poveča dovoljena tokovna obremenitev.

Električne merilne prevodnice uporabljamo za prenos signalov raznih senzorjev. Pomembno je, da so

zaščitene pred vplivi elektromagnetnih motenj sosednjih signalov ali naprav iz okolice³.

2 IZOLATORJI ZA ELEKTRIČNE PREVODNICE

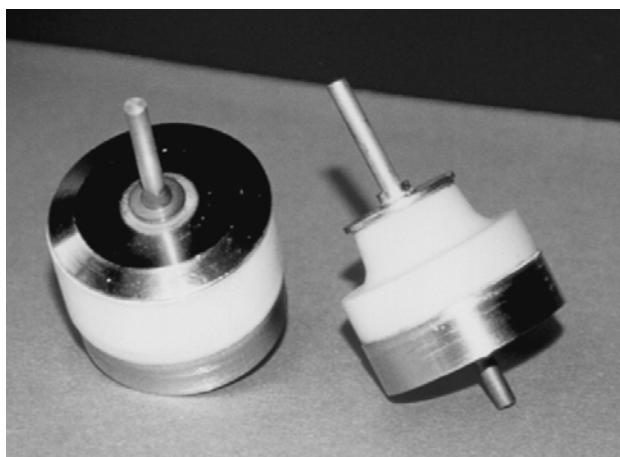
Kot izolatorja za električne prevodnice se uporabljata steklo in keramika⁴. Na ohišje vakuumске komore ju lahko pritrđimo in tesnimo z elastomernimi tesnili ali z neposrednim (staljenim) spojem na kovino. Pri visoko-vakuumskih napravah so zaradi večje čistoče in možnosti višjega pregrevanja mnogo bolj zaželeni neposredni spoji izolatorja s kovino.

Keramika ima višjo trdnost in višjo temperaturo pregrevanja kot steklo, zato smo kot izolator v visokonapetostnih prevodnicah uporabili keramiko⁶. Nerazstavljen spoj med izolatorjem in steno vakuumске komore smo izvedli s tehniko spajanja keramike s kovino. Uporabili smo korundno keramiko in tehnologijo visokotemperaturne metalizacije po MoMn-postopku, ki je bila na Inštitutu za elektroniko in vakuumsko tehniko že osvojena in uspešno uporabljana v visokem vakuumu.

3 IZDELAVA SPOJEV KERAMIKE S KOVINO

Spoje keramike s kovino smo izdelali z naslednjimi postopki⁶:

- čiščenje keramike pred nanašanjem metalizacijske paste
- priprava in nanašanje metalizacijske paste MoMn
- sintranje (1350 °C, 30 min., vlažna atmosfera H_2/N_2)



Slika 1: Vzorci prevodnic za črpalke (velikosti 150-300 l/s)
Figure 1: Feedthroughs for pumps (150-300 l/s large)

- nanos Ni-plasti
- sintranje Ni-plasti: 900 °C, suh H₂
- spajkanje metalizirane keramike s kovinskimi deli
- preskusi za ugotavljanje kvalitete spoja: kontrola vakuumske tesnosti in natezne trdnosti.

Spoji keramike s kovino morajo biti vakuumsko tesni okoli 10⁻¹⁴ mbarl/s in imeti natezno trdnost višjo od 100 MN/m².

4 PREVODNICE ZA UPORABO PRI IONSKO-GETRSKIH ČRPALKAH IN SENZORJIH TLAKA

Ionsko-getske (IG) črpalke³ so visokovakuumske posode, v katerih s primerno oblikovanimi elektrodami iz titana in nerjavnega jekla ter električnega in magnetnega polja ustvarimo razmere za transport plinskih molekul iz prostora na površine teh elektrod. Molekule ostanejo "zalepljene" na teh površinah, in tlak v posodi se zmanjša; črpalka deluje, če je na elektrodo pritisnjena napetost med 5 in 7 kV. Zato je potrebna visokonapetostna prevodnica, ki omogoča prevajanje tokov do cca 0,2 A. Profesionalne izvedbe imajo v keramičnem valju (cca D_xl = 18x20 mm) žico debeline 2-4 mm, odvisno od velikosti črpalke. Pri manjših (< 60 l/s) je prevodnica privarjena na steno črpalnine posode, pri večjih pa v standardno visokovakuumsko prevodnico (navadno CF16), in je zato izmenljiva. Za naše črpalke

(velikosti 150-300 l/s) smo predvideli konstrukciji, prikazani na **sliki 1**.

Poznamo več vrst senzorjev tlaka na hladno katodo: standardno merilno glavo Penning, magnetronski tip in invertni magnetron. Na pogled se razlikujejo samo po različno oblikovanih elektrodah in po notranjosti merilne glave. Pri vseh tipih je v merilno celico pripeljana visoka napetost, ki povzroči ionizacijo plinskih molekul. Nastali tok, ki ga v magnetnem polju ojačimo ter izmerimo, nam rabi za oceno velikosti tlaka v celici. Standardne napetosti so med 2,5 in 3,5 kV, tokovi pa ne presežejo 1 mA. Prevodnice so zato manjše kot pri črpalci, vendar so kljub temu zaželeno velike izolacijske površine, da bi (zaradi natančnosti merjenja) čim bolj preprečili možnost motilnih tokov. Za našo merilno glavo tipa invertni magnetron smo izdelali nekaj poskusnih vzorcev.

Pri izdelanih prevodnicah smo preverili tesnost s helijevim iskalnikom netesnosti in ugotovili, da je puščanje manjše od 10⁻⁹mbarl/s, kar je doseg instrumenta.

5 SKLEP

Osnova visokonapetostnih prevodnic za potrebe visokovakuumskih naprav so nerazstavljivi spoji keramike in kovine ali stekla in kovine. V zadnjih desetletjih dobivajo prednost izvedbe s keramiko, ker so izdelki trdnjši in višje pregrevni. Za izdelavo enih in drugih so potrebni specialni postopki vtaljevanja. Na Inštitutu za elektroniko in vakuumsko tehniko, kjer sta obe tehniki dobro poznani, smo razvili in izdelali vzorce prevodnic za uporabo v vakuumskih črpalkah in merilnih sondah.

6 LITERATURA

- ¹ Bollinger et coll.: Industrielle Vakuumtechnik, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1981
- ² Brochurs of different producers
- ³ M. Wutz, A. Adam, W. Walcher: Theorie und Praxis der Vakuumtechnik, F. Vieweg & Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, 1982
- ⁴ E. Kansky, A. Zalar: Ceramic to metal seals, Proceedings of 5th Yug. vac. congress, may 1971, Bilten JUVAK-1
- ⁵ D. Gorjan, J. Zoubek, E. Kansky, A. Gala: High alumina ceramics to metal seals examination, Report for RSS, IEVT 1982 I: F7
- ⁶ A. Šventner Kosmos: Coarse grain dense Al₂O₃ ceramics, MSc., University of Ljubljana, Faculty for chemistry and chemical technology, 1996