

Chromo oksido ir Cr₂O₃ kompozito dangų tribologinių savybių tyrimai

Investigation of tribological properties of chromium oxide and Cr₂O₃ composite coatings

Lukas Bastakys¹, Liutauras Marcinauskas¹, Mindaugas Aikas², Mitjan Kalin³, Romualdas Kėželis²

¹Kauno technologijos universitetas, Matematikos ir gamtos mokslų fakultetas, Studentų 50, LT-51368 Kaunas, Lietuva

²Lietuvos energetikos institutas, Plazminių technologijų laboratorija, Breslaujos 3, LT-44403 Kaunas, Lietuva

³Laboratory for Tribology and Interface Nanotechnology, Faculty of Mechanical Engineering, University of Ljubljana, Bogišičeva 8, 1000 Ljubljana, Slovėnija.

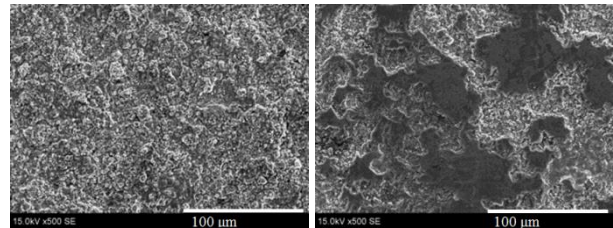
liutauras.marcinauskas@ktu.lt

Chromo oksido dangos yra plačiai naudojamos apsauginių sluoksnių formavimui tribologinėse porose, dėka didelio kietumo ir atsparumo dilimui bei metalinių paviršių apsaugai nuo korozijos [1-3]. Vienas iš dažniausiai taikomų metodų Cr₂O₃ dangų formavimui yra plazminis purškimas. Keičiant plazminio purškimo parametrus (galia, atstumą, miltelių įvedimo vietą ir t.t.) galima valdyti formuojamų Cr₂O₃ dangų mechanines ir tribologines savybes. Nors chromo oksido dangos ir pasižymi reikiamomis tribologinėmis savybėmis, tačiau yra sąlyginai trapios ir dažnai veikiant mechaniniam poveikiui nepakankamos adhezijos [1-4]. Siekiant pagerinti chromo oksido dangų fizikines savybes papildomai įmaišoma nedidelis kiekis TiO₂, Al₂O₃, anglies nanovamzdelių, SiC, CeO₂ ar kitų medžiagų [2, 4-5]. Pagrindinis darbo tikslas buvo suformuoti Cr₂O₃, Cr₂O₃-SiO₂-TiO₂ ir Cr₂O₃-SiO₂-TiO₂-grafito dangas ir įvertinti plazmotrono galios bei naudojamų užpildų įtaką gautų dangų tribologinėms savybėms.

Dangų formavimui buvo naudojamas nuolatinės srovės linijinis plazmos generatorius. Formavimui buvo naudoti Cr₂O₃, Cr₂O₃-SiO₂-TiO₂ ir grafito milteliai. Grafito milteliai buvo įmaišomi į Cr₂O₃-SiO₂-TiO₂ miltelius santykiu vienas su devyniais pagal masę. Dangų formavimas buvo atliekamas ant plieno padėklų, atmosferos slėgyje, naudojant oro ir vandenilio dujų mišinį [5]. Atstumas tarp plazmos generatoriaus ištekėjimo tūtos ir bandinio paviršiaus buvo 70 mm, o plazmotrono galia buvo ~38,0 kW, ~41,0 kW ir ~44,5 kW. Suformuotų dangų paviršiaus morfologija buvo tiriama skenuojančiu elektroniniu mikroskopu (SEM). Elementinė sudėtis nustatyta Rentgeno spindulių energijos dispersijos spektrometrija (EDS), o paviršiaus šiurkštis matuotas Mitutoyo SurfTest SJ-210 matuokliu. Fazinė dangų sudėtis tirta Rentgeno spindulių difrakcijos (RSD) metodu. Tribologinės savybės buvo tiriamos naudojant CETR-UMT-2 tribometrą. Tyrimui naudotas Al₂O₃ rutuliukas (10 mm skersmens), 1 N ir 3 N jėgos apkrovos, o dilimo trukmė buvo 120 min.

Elementinės sudėties tyrimai, parodė, kad grafito koncentracija dangose buvo nuo 1 % iki 2 %. Atlikti tyrimai parodė, kad dangų paviršiaus šiurkštumas kito nuo ~2 μm iki ~4 μm priklausomai nuo naudojamos galios ir užpildo rūšies. Didėjant galiai, paviršiaus šiurkštumas nežymiai sumažėjo. Grafito įvedimas leido chromo oksido kompozitų dangų šiurkštumą sumažinti net iki 25 %. Cr₂O₃ dangose dominuoja Cr₂O₃ eskolaito fazė. Cr₂O₃-SiO₂-TiO₂ ir Cr₂O₃-SiO₂-TiO₂-grafito dangų rentgenogramose nepavyko užfiksuoti kristaliniam

grafitui, TiO₂ ar SiO₂ junginiams būdingų smailių. Didinant plazmos generatoriaus galią nežymiai keitėsi tik Cr₂O₃ fazei būdingų smailių intensyvumas.



1 pav. Cr₂O₃ dangų paviršiaus vaizdai, prieš (kairėje) ir po (dešinėje) tribologinių tyrimų, naudojant 3 N jėgą.

Nustatyta, kad dangų trinties koeficientas kito nuo 0,30 iki 0,52, priklausomai nuo naudojamos galios, užpildo rūšies ir naudotos jėgos dydžio. Tyrimai parodė, kad naudojant 1 N jėgą, Cr₂O₃, Cr₂O₃-SiO₂-TiO₂ ir Cr₂O₃-SiO₂-TiO₂-grafito dangų paviršius yra tik nežymiai pažeistas ir nustatyti santykinio dilimo greičio nepavyko, nors plieno padėklo dilimo greitis buvo $6,68 \times 10^{-5} \text{ mm}^3/(\text{Nm})$. Dangų paviršiuje susiformuoja dalinai nutrintos zonos, kontakto vietose, naudojant 3 N jėgą (1 pav.). Cr₂O₃ dangos suformuotos esant ~41 kW galiai, santykinis dilimo greitis buvo $\sim 1,83 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/(\text{Nm})$, naudojant 3 N apkrovą. Papildomai naudojant TiO₂-SiO₂ užpildus dangos dilimo greitis siekė $\sim 1,27 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/(\text{Nm})$, o įvedus grafito miltelius sumažėjo iki $\sim 0,95 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/(\text{Nm})$. Atlikti tyrimai parodė, kad suformuotų dangų trinties koeficientas yra iki 40 % mažesnis lyginant su plieno trinties koeficientu, o santykinis dilimo greitis sumažėja net iki 45 kartų, priklausomai nuo naudotos purškimo galios ir miltelių užpildo rūšies.

Reikšminiai žodžiai: plazminis purškimas, chromo oksido dangos, tribologija, trinties koeficientas.

Literatūra

- [1] V. Ratia, D. Zhang, J. Daure, P. Shipway, D. McCartney, D. Stewart, *Wear*, **426**, 1466–1473 (2019).
- [2] P. Zamani, Z. Valefi, K. Jafarzadeh, *Ceram. Int.*, **48**, 1574–1588 (2021).
- [3] J. Kiilakoski, R. Trache, S. Björklund, S. Joshi, P. Vuoristo, *J. Therm. Spray Technol.*, **28**, 1933–1944 (2019).
- [4] P. Bagde, S. Mehar, S. Sapate, A. Rathod, *Mater. Today Proc.* **56**, 2365–2370 (2022).
- [5] L. Bastakys, L. Marcinauskas, M. Milieška, M. Kalin, R. Kėželis, *Coatings*, **13**(2), 408 (2023).