

PASTŪMOS ĮTAKA TIC–WC KIETLYDINIO IR Al_2O_3 KERAMIKOS PAVIRŠIAUS ŠIURKŠTUMUI PJAUNANT VIDINE DEIMANTINIO DISKO BRIAUNA

Raimundas Mikolaitis¹, Valdas Bukauskas², Vadim Mokšin³, Vytautas Striška⁴

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹mgkat@vgtu.lt; ²valdas.bukauskas@vgtu.lt; ³vadim@vgtu.lt; ⁴vytautas.striska@vgtu.lt

Santrauka. Straipsnyje pateikti dvikarbidžio (titano ir volframo karbidų T14K8) kietlydinio ir aliuminio oksido keramikos paviršiaus vidutinio aritmetinio profilio nuokrypio matavimo rezultatai, kai šių medžiagų paviršiai buvo formuojami pjaunant bandinius vidine deimantinio disko briauna esant skirtingoms pastūmoms. Pjauta staklėmis „Алмаз-4“ deimantiniu disku, kurio grūdėtumas – 60/40. Profilometru matuojant šiurkštumą nustatyta kietlydinio T14K8 ir Al_2O_3 keramikos paviršiaus vidutinio aritmetinio profilio nuokrypio priklausomybė nuo pastūmos greičio.

Reikšminiai žodžiai: kietlydinys, aliuminio oksido keramika, vidutinis aritmetinis profilio nuokrypis, deimantinis diskas.

Įvadas

Kietlydiniai ir mineralų keramika gerai žinomi dėl kietumo, atsparumo dilimui esant itin aukštai temperatūrai. Dėl šių savybių jie plačiai naudojami kaip medžiagos ašmeniniams metalų pjovimo įrankiams. Kietlydiniai ir aliuminio oksido keramika dažniausiai gaminami kaip keičiamosios plokštelės, atitinkamas medžiagas supresuojant ir sukepinant formose miltelinės metalurgijos metodais. Tokiu būdu gaunamos tam tikrų geometrinių formų (dažniausiai nesudėtingų) ir matmenų plokštelės, kurių darbo briaunos vėliau gali būti šlifuojamos ir baigiamos apdirbti abrazyviniais įrankiais. Pagaminti įmantresnių formų metalų ir mineralų keramikos gaminius sudėtinga, nes apdirbti šias medžiagas tradiciniais metodais sunku dėl jų didelio kietumo (Christman *et al.* 1989).

Be netradicinių apdirbimo metodų (pavyzdžiui, vandens čiurkšle), kietlydiniai ir mineralų keramika gali būti apdirbami ir tradiciniais metodais, tačiau tik įrankiais su kietesne pjovimo dalies medžiaga. Tokių medžiagų yra nedaug, viena iš jų – deimantas. Bene našiausias būdas pjauti ypač kietas medžiagas, tokias kaip pavienius safyro, silicio karbido, kubinio boro nitrido kristalus ir kitas, yra pjovimas diskais su vidine deimantine pjovimo briauna. Tokio disko storis yra labai mažas (0,25 mm), pjūvis siauras, todėl drožlėmis virsta mažesnis brangios medžiagos tūris, lyginant su kitais pjovimo būdais. Šis būdas galėtų būti taikomas ir kietlydiniais bei mineralų keramikai apdirbti, tačiau mokslinėje literatūroje nerandama informacijos apie tokių medžiagų pjovimą deimantiniais įrankiais ir būtent vidine disko briauna. Todėl buvo atliktas tyrimas, siekiant nustatyti pastūmos įtaką kietlydinio

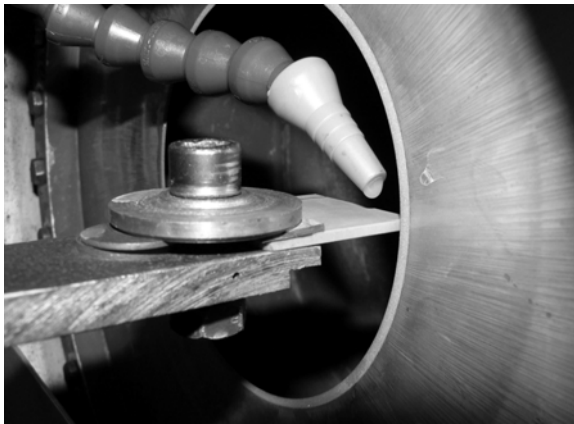
ir aliuminio oksido keramikos paviršiaus kokybei, kai šios medžiagos pjaunamos vidine deimantinio disko briauna. Disko galinė ir šoninė briaunos padengtos skirtingo grūdėtumo deimantiniu sluoksniu, todėl tikimasi, kad šis būdas gali užtikrinti gerą paviršiaus kokybę, ko nepavyko pasiekti A. A. Khanui ir M. E. B. Awangui, taip pat kitiems, atlikusiems kietlydinių pjovimo vandens ir abrazyvo čiurkšle tyrimus (Khan *et al.* 2005; Zeng *et al.* 1992; Zeng *et al.* 1991).

Tyrimų standas, metodika ir medžiagos

Eksperimentiniai tyrimai buvo atlikti deimantinio pjovimo staklėmis „Алмаз-4“ (1 pav.). Pjovimo metu stalas su ruošiniu, varomas pneumatiniu-hidrauliniu mikropastūmos mechanizmu, slenka išilgai pjovimo disko galinio paviršiaus. Ruošinys reikiamoje vietoje pjaunamas vidine disko briauna, kurioje suformuotas sintetinių deimantų sluoksnis. Ruošinio ir disko vidinės briaunos kontakto zona (pjovimo zona) gausiai aušinama tepimo ir aušinimo skysčiu, kuris dar iš pjovimo zonos išplauna ir susidariusias drožles.

Tyrimams naudoti sintetinių deimantų diskai, kurių grūdėtumas – 60/40. Šiais diskais buvo apdirbamos tekimo peilių plokštelės, pagamintos iš dvikarbidžio (titano ir volframo karbidų) kietlydinio, kurio markė T14K8 (sudėtis: 14 % TiC, 8 % Co, 78 % WC). Taip pat buvo pjaunamos aliuminio oksido (Al_2O_3) plokštelės. Kietlydinio kietumas yra apie 94 HRA, atsparumas lenkimui – 1150 MPa. Aliuminio oksido keramikos kietumas yra apie 100 HRA, atsparumas lenkimui – apie 500 MPa.

Tyrimai atlikti keičiant stalo su ruošiniu pastūmą, esant pastoviams disko sukiamams. Pastūma buvo keičiama



1 pav. Staklių „Алмаз-4“ pjovimo zona (laikiklyje įtvirtinta keramikos plokštelė)

Fig. 1. Cutting zone of cutting machine “Алмаз-4” (ceramic workpiece is placed in the holder)

nuo 1,3 iki 5,2 mm/min. Disko sukiai visais atvejais buvo 4260 suk./min. Kai ruošiniai buvo pjaunami esant mažiems suklio sukiamams, diskas nespėjo pjauti, nes pjovimo briaunos įlanko ir diskas tapo netinkamas toliau naudoti. Padidinus suklio apsisukimus iki 5000 suk./min. atsirado staklių vibracija, tai turėjo neigiamos įtakos apdirbimo kokybei. Atlikus pradinius bandymus nustatytas optimalus sukimosi greitis, kuris yra apie 4000 suk./min., jis ir buvo pasirinktas bandymams.

Siekiant įvertinti atpjautos medžiagos paviršiaus kokybę buvo vertinamas paviršiaus šiurkštumas, t. y. matuojamas paviršiaus vidutinio aritmetinio profilio nuokrypis R_a . Šis parametras nustatytas profilometru „Taly-surf 4“ (firmos „Taylor&Hobson“). Buvo matuojamas trijų atpjautų ruošinių šiurkštumas, vėliau nustatomas aritmetinis vidurkis R_a kiekvienai pastūmos reikšmei.

Tyrimų rezultatai

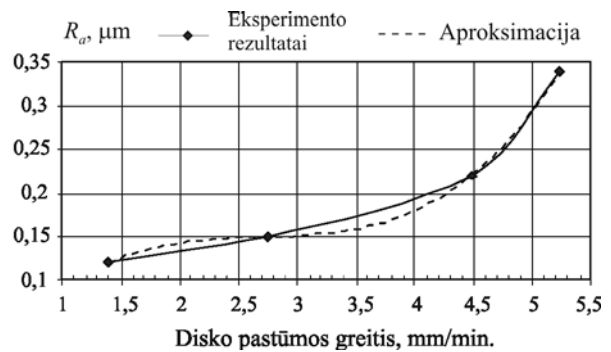
Eksperimentinių tyrimų T14K8 markės kietlydinio ir aliuminio oksido keramikos rezultatai – paviršiaus vidutinio aritmetinio profilio nuokrypio R_a priklausomybės nuo pastūmos grafikai – pateikti 2 ir 3 pav. Aproximavus rezultatus nustatytos empirinės formulės – 3-ios ir 2-os eilės polinomiali, kurie atrodo taip:

$$R_a = 0,011s^3 - 0,089s^2 + 0,244s - 0,0763, \quad (1)$$

$$R_a = 0,0213s^2 + 0,032s + 0,546, \quad (2)$$

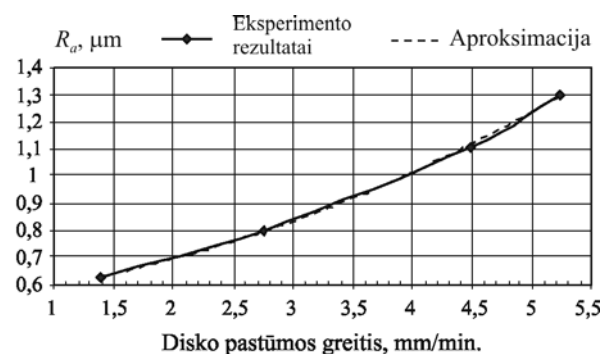
čia R_a – vidutinis aritmetinis profilio nuokrypis, μm ; s – ruošinio pastūmos greitis, mm/min.

(1) formulė gauta kietlydiniui T14K8, o (2) formulė – Al_2O_3 keramikai. Abi formulės užtikrina aukštą aproksimacijos tikslumą – determinacijos koeficientas labai artimas 1 ir atitinkamai yra 1 ir 0,9997.



2 pav. Pastūmos įtaka T14K8 markės titano ir volframo karbidų kietlydinio paviršiaus vidutiniam aritmetiniam profilio nuokrypiui

Fig. 2. Influence of the feed rate on average roughness of sawn-off T14K8 TiC-WC carbide surface



3 pav. Pastūmos įtaka aliuminio oksido keramikos paviršiaus vidutiniam aritmetiniam profilio nuokrypiui

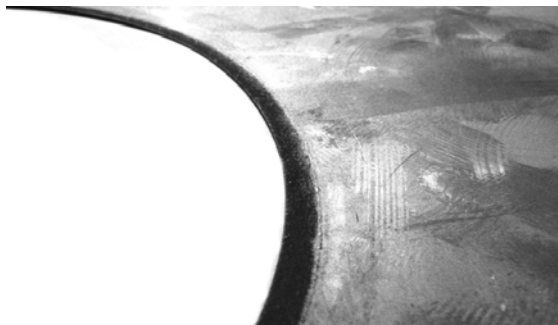
Fig. 3. Influence of the feed rate on average roughness of sawn-off Al_2O_3 ceramics surface

Kaip matome iš 2 ir 3 pav., paviršiaus šiurkštumas didėja didėjant disko darbinei pastūmai. Taip atsitiko todėl, kad greičiau judant ruošiniui pro tą patį pjaunamos medžiagos plotą perėjo mažesnis ant disko esančių deimantinių grūdelių kiekis. Dėl šios priežasties buvo mažiau šlifuojančių abrazyvo briaunų kontaktų su apdirbama medžiaga, tai ir lėmė paviršiaus šiurkštumo didėjimą.

Pjaunant T14K8 markės kietlydinio plokšteles ir didėjant disko pastūmos greičiui nuo 1,3 iki 5,2 mm/min. atpjauto paviršiaus vidutinis aritmetinis profilio nuokrypis R_a padidėjo nuo 0,12 iki 0,34 μm , tai yra 2,8 karto. Pjaunant aliuminio oksido keramikos plokšteles ir didėjant pastūmai R_a padidėjo nuo 0,63 iki 1,3 μm , tai yra 2,1 karto. Tačiau pjaunant kietlydinio bandinius, šiurkštumas turėjo polinkį didėti sparčiau nei tolygiai, o pjaunant keramiką šiurkštumas, didėjant pastūmai, didėjo beveik tolygiai. Tokio reiškinio priežastis gali būti disko šoninio deimantinio sluoksnio apvėlimas kietlydinio rišamąja medžiaga – kobaltu.

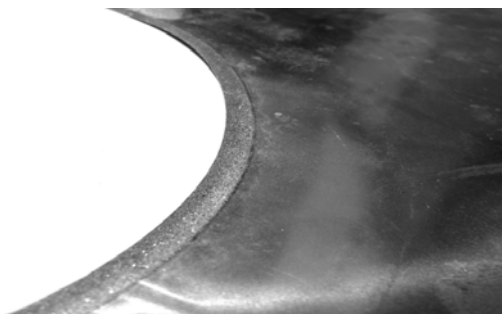
Tai vaizdžiai matyti 4 ir 5 pav. pateiktose diskų nuotraukose, gautose po vienodo skirtingų medžiagų pjovimų

skaičiaus. Iš to galima spręsti, kad pjovimas efektyvesnis pjaunant kietesnes ir trapesnes medžiagas, o pjaunant kietlydinį diskas apsivelia kobaltu. Spėjama, kad rezultatai galėtų būti geresni pjaunant kietlydinius, į kurių sudėtį įeina mažiau kobalto (pavyzdžiui, 2 %), tačiau tai jau tolesnių tyrimų objektas.



4 pav. Deimantinio sluoksnio paviršius po T14K8 kietlydinio pjaustymo

Fig. 4. Surface of diamond layer of the disc after cutting of T14K8 carbide workpiece



5 pav. Deimantinio sluoksnio paviršius po aliuminio oksido keramikos pjaustymo

Fig. 5. Surface of diamond layer of the disc after cutting of Al_2O_3 ceramics workpiece

Išvados

1. Didinant darbinę pastūmą kietlydinio ir aliuminio oksido keramikos bandinių apdirbto paviršiaus šiurkštumas didėja.

2. Pjaunant T14K8 markės kietlydinį paviršiaus šiurkštumas turėjo polinkį didėti sparčiau, nei pjaunant aliuminio oksido keramiką. Netolygus šiurkštumo didėjimas, pjaunant kietlydinį, susijęs su pjovimo disko deimantinio sluoksnio apsivėlimu kietlydinio rišamąja medžiaga.
3. Geriausios pjovimo sąlygos yra pjaunant kietesnes ir trapesnes, lenkimui mažiau atsparias medžiagas, t. y. keramiką.

Literatūra

- Christman, T.; Needleman, A. 1989. An experimental and numerical study of deformation in metal-ceramic composites, *Acta Metall* 37(11): 3029–3050.
doi:10.1016/0001-6160(89)90339-8
- Khan, A. A.; Awang, M. E. B.; Annuar, A. A. B. 2005. Surface roughness of carbides produced by abrasive water jet machining, *Journal of Applied Sciences* 5(10): 1757–1761.
- Zeng, J.; Kim, T. J. 1992. Development of an abrasive water jet kerf cutting model for brittle materials, in Lichtarowcz, A. (Ed.). *Jet Cutting Technology*. Acad. Press, Dordrecht, 483–501.
- Zeng, J.; Kim, T. J. 1991. Material removal of polycrystalline ceramics by a high pressure abrasive water jet—a SEM study, *Intl. J. Water Jet Technology* 1: 65–71.

THE INFLUENCE OF FEED RATE ON SURFACE ROUGHNESS OF TIC–WC CARBIDE AND Al_2O_3 CERAMICS SAWN-OFF WITH INNER EDGE OF DIAMOND DISC

R. Mikolaitis, V. Bukauskas, V. Mokšin, V. Striška

Abstract

The paper presents results of measurements of surface roughness of titanium-tungsten carbide (T14K8) and aluminium oxide (Al_2O_3) ceramics surfaces sawn-off with inner edge of diamond disc. The cutting process was performed by cutting machine “AJMA3-4” with 60/40 grain size disc. The dependence of average roughness R_a of the sawn-off surface on feed speed of the workpiece was established.

Keywords: carbide, aluminium oxide ceramics, surface roughness, diamond disc.