

DK 621.753.3

Keramične rezilne ploščice v primerjavi s karbidno trdino*

J. HINNÜBER

Na industrijski razstavi v Chicagu so marca letos nekatere ameriške trdke prikazovale obdelavo kovin s keramičnimi rezilnimi ploščicami, potem ko je bila javnost že več mesecev poprej opozorjena na ta dogodek. Objave so deloma vzbujale vtis, da gre za načeloma nova rezalna gradiva in temu ustrezen je bil tudi odmev v zahodnonemških revijah in časopisih. Višek je dosegla formulacija: »Bodo li karbidne trdine izgubile prvenstvo?«

Glede na to so bile izvedene preiskave ploščic raznih proizvajalcev. Pri tem se je izkazalo, da so vse keramične rezilne ploščice sestavljene iz aluminijevega oksida kot osnove in so tako podobne izdelkom, kakršne so prodajali in preizkusili v Nemčiji že pred vojno. Opozorili bi pri tem na nože Degussit, ki so jih prodajali na sejmu v Leipzigu l. 1937 in na članek prof. Osenberga iz l. 1938. Takrat kakor zdaj so izbrali dodatke kakor n. pr. kremenčevu kislino, kromov oksid in magnezijev oksid. Zaradi popolnosti pa bodi omenjeno, da uporabljajo dandanes pri preiskavah za izdelavo keramičnih ploščic razen tega še dodatke molibdenovega karbida, molibdenovega borida ali tudi molibdena, in sicer ne samo v Ameriki, temveč tudi v Rusiji in vzhodni Nemčiji. Med vojno je pomanjkanje volframa in kobalta dalo več nemškim trdkam povod, da so se ukvarjale z nadaljnjim razvojem sintranjih oksidov kot rezilnim gradivom in gradivom za turbinske lopatice. Ti poizkusi, ki so jih izvajali n. pr. tudi pri Osramu in Kruppu, so obsegali tudi dodajanje kovinskih rezilnih sredstev, zlasti železa.

Kakor je znano, se te keramične ploščice takrat niso dale vpeljati. Glavna ovira so bili verjetno delavniški pogoji, in sicer ne samo glede materialov, temveč zlasti glede strojev in izobrazbe delovnih moči.

Da bi lahko ocenili, kaj je možno doseči s keramičnimi ploščicami na osnovi aluminijevega oksida, si je treba nekoliko ogledati lastnosti sintrane gline z dodatki drugih oksidov in brez njih.

V razpredelnici (sl. 1) je prikazan pregled bistvenih lastnosti čistega aluminijevega oksida v primerjavi s karbidno trdino L1, kakršna je v rabi za obdelavo jekla, in v primerjavi z G1 kot eno glavnih vrst za obdelavo litine. Kot omembe vredni razliki je treba predvsem upoštevati neznatno trdnost sintrane gline, ki znaša komaj 1/5 do 1/8 vrednosti, kakršne izkazujejo običajne karbidne trdine, upoštevajoč pri tem tudi zlitine z veliko vsebino kobalta, n. pr. L4, kakor tudi neznatno toplotno prevodnost. Ti dve lastnosti pomenita, da sintranemu korundu ne smemo prisojati nobenih velikih mehaničnih obremenitev ali — drugače izraženo — da ne smemo uveljavljati nikakih bistvenih zahtev po žilavosti in to, da izkazuje sintrana glina zaradi neznatne toplotne prevodnosti omejeno stalnost pri toplotnih spremembah. To pomeni, da nagle temperature spremembe in krajevna razgretja lahko pri brušenju povzročajo razpoke ozir. iztrge.

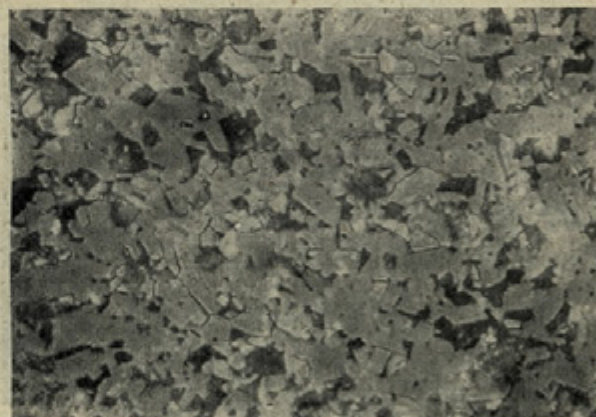
Kakor je že omenjeno, vsebujejo keramične rezilne ploščice, ki so v prodaji, še določene dodatke za zmanjšanje krhkosti sintranega korunda. Lastne meritve na takih ploščicah so pokazale trdoto 1000...1800 HV (po Vickersu). Te vrednosti se gibljejo torej v enakih mejah kakor pri karbidnih trdinah. Ameriške ploščice kažejo vrednosti od 1200...1400 HV. Tudi pri lastnih

Lastnost	Al ₂ O ₃	L1	G1
Trdota po Vickersu HV [kp/mm ²]	2000	1550	1500
Upogibna trdnost [kp/mm ²]	30	140	160
Tlačna trdnost [kp/mm ²]	300	—	580
Modul elastičnosti [kp/mm ²]	36000	53000	62000
Gostota [kg/m ³]	4000	10400	14800
Toplotna prevodnost [kcal/h ² m] [W/m]	7 8	15 30	63 80
Koeficient raztezanja [10 ⁻⁶]	7,5	6,5	5

Sl. 1. Lastnosti sintrane gline v primerjavi s karbidnimi trdinama L1 in G1

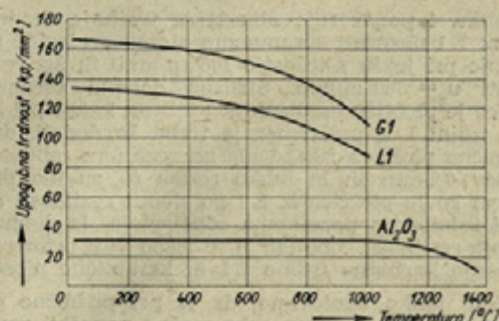
poizkusih težimo za vrednostjo okrog 1400 HV. Vrednosti za upogibno trdnost nihajo med 30...50 kp/mm².

Slika 2 prikazuje strukturo keramične ploščice. Zgradba je slika kakor pri karbidnih zlitinah, t. j. kristali aluminijevega oksida nadomeščajo karbidne ali mešane kristale in so v silikatni vezivni masi namesto v kobaltovi, ki je običajna pri karbidnih trdinah.



Sl. 2. Struktura keramične ploščice

Kaj omogoča torej presenetljivo velike rezilne učinke keramičnih ploščic, kakršne dosegamo v ugodnih primerih? O tem daje pojasnila sl. 3, ki predstavlja

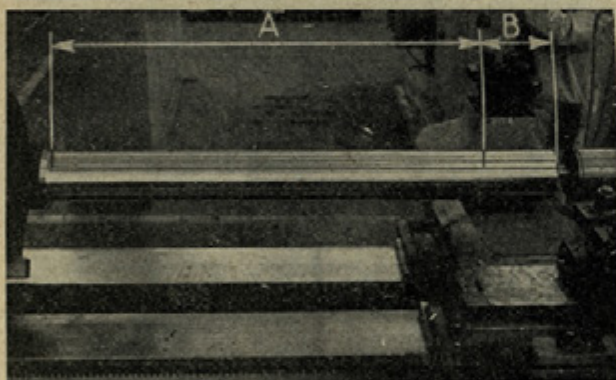


Sl. 3. Upogibna trdnost v odvisnosti od temperature (toplotna upogibna trdnost) za G1, L1 in Al₂O₃. (Vrednosti za Al₂O₃ po Riškeviču)

* Ta članek je prirejen po predavanju, ki ga je imel g. J. Hin-nüber iz Essena na 8. kolokviju za obdelovalne stroje v Aachen-u dne 25. maja 1956. (Članek je bil že objavljen v nemški reviji »Industrie-Anzeiger« 78. Jg. H. 71/72, S. 1082-1094 v založbi W. Girardeta v Essenu, ki je privoila v ponatis v naši reviji.) Prevod za »SV« je po rokopisu pripravil ing. F. Goligranc.

toplotno upogibno trdnost aluminijevega oksida v primerjavi s karbidnimi trdnostmi L1 in G1. Tu lahko spoznamo, da se čisti aluminijev oksid pri temperaturah do 1000° C komaj spreminja. Nasprotno pa kažejo mešani oksidi podobno obnašanje kakor zlitine sintranah karbidov, le z razliko, da se vrednosti pri visokih temperaturah manj spreminjajo, t. j. da lahko zdržijo keramični materiali višje temperature do pojava plastične deformacije. Posebno zanimiva je ugotovitev, kakršno smo napravili pri poizkusnih ploščicah z dodatki SiO_2 in MgO , da se namreč upogibna trdnost z naraščajočo temperaturo nekoliko poveča, tako da je vprav v območju temperatur, ki se pojavljajo pri obdelavi na rezilnem robu, posebno ugodna. S tem v zvezi je treba opozoriti na plastično deformacijo karbidnih trdin, ki nastaja pri visokih rezilnih temperaturah.

Natančnejše proučevanje procesa pri obrabi sintranah oksidov bo zelo koristna naloga. Medtem ko imamo pri karbidnih trdnostih opravka z močnim izdolbenjem na cepilni ploskvi, ki nastaja zaradi difuzije in zvarjanja jeklenih odrezkov s karbidno trdnostjo, tega vpliva pri keramičnih ploščicah skoraj sploh ni. Izdolbenje je zato v splošnem majhno. Tudi naraščanja obrabe zaradi oksidacije, ki nastaja pri karbidni trdnosti, tu ni, prav tako pa ni pričakovati niti drugih kemičnih in fizikalnih vplivov ali vsaj v drugačni obliki. Sprito majhne toplotne prevodnosti se dovaja držalu za nož malo toplote, tako da morajo odrezki prevzemati vso toploto, ki nastaja pri odrezovanju.



Sl. 4. Struženje jekla s trdnostjo 100 kp/mm²

rezilna hitrost: $v = 300$ m/min
 prerez odrezka: $a \times s = 2 \times 0,2$ mm²
 A: keramično orodje $t = 13,5$ min
 B: orodje iz karbidne trdnosti L1 $t = 1,7$ min

Slika 4 ponazarja obnašanje trajanja rezilnega roba za L1 nasproti keramičnim ploščicam lastne proizvodnje pri jeklu s trdnostjo 100 kp/mm² in pri rezilni hitrosti $v = 300$ m/min. Stružna dolžina keramične ploščice je približno sedemkrat tolikšna kakor pri karbidni trdnosti L1, pri čemer je treba še dodati, da je keramična ploščica izkazovala na rezilnem robu samo otopitev 0,2 mm in bi lahko rezala še znatno dalje, medtem ko je ploščica iz L1 po zlomu rezilnega roba zaradi izdolbenja popolnoma odpovedala. Iz diagrama trajanja rezilnega roba (sl. 5) se jasno vidi primerjava obnašanja karbidne trdnosti L1 in keramične ploščice.

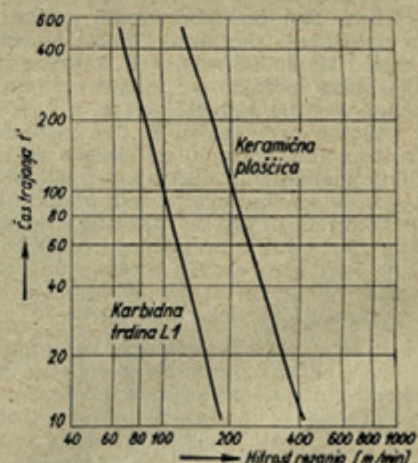
Zdaj lahko ugotovimo, da je pri približno enournem trajanju rezilnega roba možno povečati rezilno hitrost za okrog 100 odstotkov nasproti karbidni trdnosti in je pri manjših trajanjih rezilnega roba možno nadaljnje povečanje rezilne hitrosti, ker imata krivulji trajanja rezilnega roba različen vzpon. V odvisnosti

od sestave in sintranja se lega te premice lahko nekoliko premika.

Če torej dopuščajo keramične rezilne ploščice tako stopnjevanje rezilne hitrosti, se je treba vprašati, zakaj se ta rezilni material ni uveljavil že prej, tembolj, če upoštevamo, da so s pomočjo novejših dognanj o vplivu sestave in pogojev pri sintranju kvaliteto znatno izboljšali. Zal ima material površ koristnih lastnosti tudi škodljive.

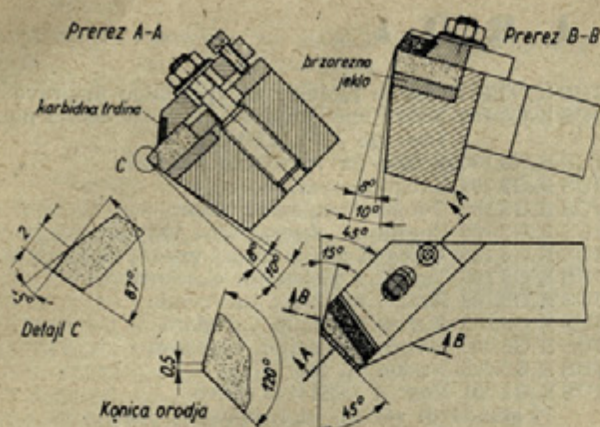
1. Pri preobremenitvi grozi nevarnost zloma rezilnega roba. Treba se je v splošnem omejevati na majhna podajanja, gospodarna obdelava peščenih in luknjičavih ploskev pa je možna le v izrednih primerih.
2. Pogostejše kakor pri karbidnih trdnostih je treba računati z nastankom razpok zaradi toplotnih napetosti.
3. Pri brušenju je treba ravnati posebno previdno, da bi preprečili razpoke zaradi napetosti, ki nastajajo pri brušenju. V splošnem se uporabljajo samo diamantni brusi. S ploščami iz silicijevega karbida je treba brusiti keramične ploščice le pri zelo majhni hitrosti.
4. Lotanje keramičnih ploščic z loti z visokim tališčem je težavno, tako da se v splošnem uporabljajo držala z mehanično pritrjenimi ploščicami. Omenjeno pa bodi, da se dajo take ploščice ponikljati in nato prilotati z loti z nizkim tališčem. To bo koristilo povsod, kjer pri obdelavi ni pričakovati visokih temperatur in mehaničnih obremenitev.

Sl. 6 prikazuje smotno izvedbo orodja, pri katerem je ploščica pritrjena na držalo. Opozoriti je treba na podlogo z veliko toplotno trdnostjo, ki je potrebna za to, da keramične ploščice (oksidne) pri visokih rezilnih temperaturah zaradi popuščenja podpore niso obremenjene na upogib, temveč v glavnem samo na tlak. Za podlogo so primerne žilave zlitine volframovega karbida in kobalta, kakor n. pr. G3. Kot konice



Sl. 5. Primerjava obrabe pri karbidni trdnosti L1 in keramičnem rezilnem materialu;

gradivo: jeklo s trdnostjo 100 kp/mm²
 (0,3 Si — 0,5 Mn — 0,1 Ni — 0,1 Cr)
 prerez odrezka: $a \times s = 2 \times 0,2$ mm²
 (Čas trajanja t' velja za otopitev 0,2 mm)

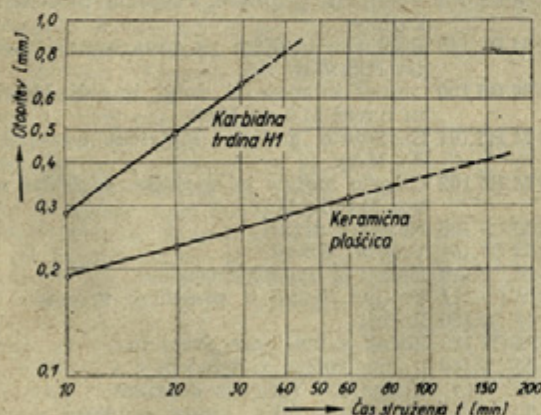


Sl. 6. Orodje z mehanično pritrditvijo keramične ploščice

naj bo velik, da bi lahko konica rezine bolje prenašala silo podajanja. Priporočljivo je, delati razmeroma velik polmer zaokrožitve ali pa rob, kakršnega kaže slika. Za ojačenje rezine je koristno obrusiti negativni rob pod kotom $5...7^\circ$.

5. Težave povzročajo tudi odstranjevanje odrezkov pri uporabi velikih rezilnih hitrosti. Če torej mislimo na to, da bi za uporabo keramičnih ploščic gradili posebne stružnice, torej take z velikimi pogonskimi učinki, veliko vrtilno hitrostjo in veliko togostjo, da bi preprečili vibracije, je treba upoštevati tudi problem odstranjevanja odrezkov.

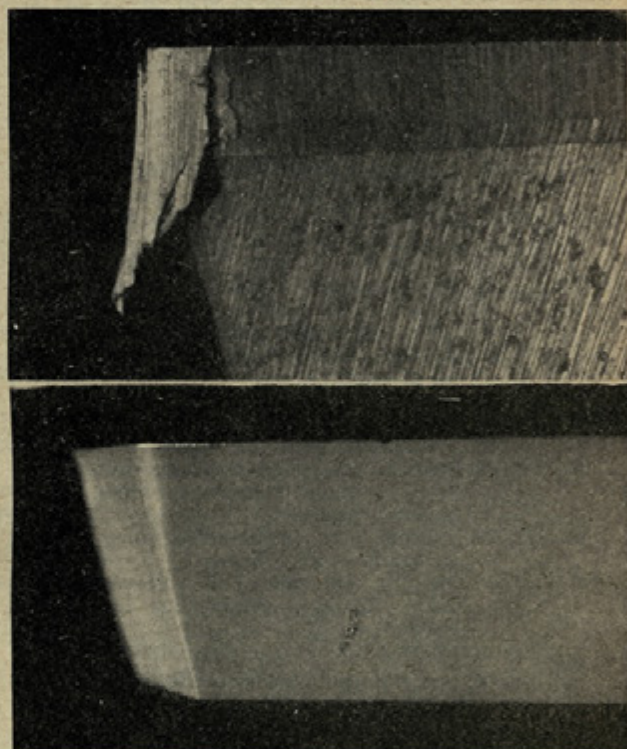
Podobno kakor pri obdelavi jekla, je možno povečati rezilno hitrost tudi pri obdelavi litine ali pa doseči večja trajanja rezilnega roba kakor pri karbidni



Sl. 7. Primerjava trajanja rezilnega roba pri karbidni trdini H 1 in keramičnem rezilnem materialu;

gradivo: GG legirano, 400 HB
 rezilni koti: $\alpha = 5^\circ$, $\gamma = 5^\circ$, $\lambda = 45^\circ$, $\epsilon = 115^\circ$, $\lambda = 0^\circ$
 zaokrožitev: $r = 0,5$ mm
 rezilna hitrost: $v = 30$ m/min
 prerez odrezka: $a \times s = 4 \times 0,22$ mm²
 Trajanje rezilnega roba za otopitev = 0,3 mm:
 karbidna trdina H 1: 11 min
 keramična ploščica: 52 min
 Trajanje rezilnega roba za otopitev = 0,4 mm:
 karbidna trdina H 1: 16 min
 keramična ploščica: 140 min

trdini pri enaki rezilni hitrosti, kar je razvidno s sl. 7. Prednost tega je, da odstranitev odrezkov ne povzroča nikakih posebnih težav. Na enako ugodne ali še boljše pogoje kakor pri uporabi karbidne trdine zadevamo pri obdelavi aluminija in aluminijevih zlitin. Zlasti je treba poudariti boljši površinski blesk prestruženih ploskev. To izvira od tod, ker se prav nič ne pojavlja nalepni rob, ki se zelo rad dela pri karbidnih trdinah (slika 8). V tej smeri so izvedli Skodovi zavodi uspešne poizkuse na batih iz aluminija. V literaturi je možno najti tudi predloge za uporabo keramičnih ploščic pri težji obdelavi in s posebno zahtevnimi pogoji, kakor n. pr. pri vrtanju v rudarstvu. Taki poizkusi bi lahko s posebnimi pogoji prinesli mnogo obetajoče uspehe, z normalnimi pogoji in v sedanji razvojni stopnji pa lahko povzročajo prekinitev in razočaranja ter stvari samo škodujejo.



Sl. 8. Primerjava različne lepljivosti aluminijevih zlitin pri struženju s karbidno trdino in keramičnim rezilnim materialom

(zgoraj karbidna trdina H 1, spodaj keramična ploščica)

Glede na pomanjkljivost trdnostnih lastnosti bo treba dajati pri uporabi prednost tistim področjem, na katerih se pojavljajo majhne rezilne sile, torej majhne mehanične in toplotne obremenitve, pri obdelavi oglja, umetnih mas, poltrdo žganega porcelana itd.

Zaključno lahko trdimo, da je možno s keramičnimi ploščicami dosegati pri obdelavi jekla in litine mnogo večje rezilne hitrosti kakor pri obdelavi s karbidnimi trdinami. Manjša žilavost keramičnih ploščic pa terja posebne obratovne ukrepe, ki v mnogih primerih bržkone še niso bili doseženi. Zatorej je treba še nadalje poizkušati izboljševati lastnosti keramičnih ploščic.

Uvodno zastavljeno vprašanje, ali bodo karbidne trdine izgubile prvenstvo, se da nedvoumno zanikati. Gotovo pa je, da si bodo keramične ploščice ustvarjale svoje, čeprav trenutno omejeno področje pri uporabi in da prinašajo zanimivo dopolnitev karbidnih trdin.