

D. ADAMOVIĆ, M. BABIĆ, B. JEREMIĆ

# Uticaj bombardovanja površine snopom čeličnih kuglica na parametre hrapavosti

ISTRAŽIVANJA

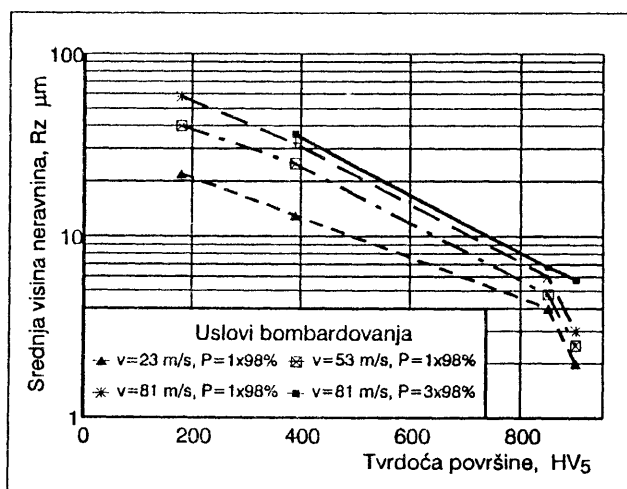
## 1. UVOD

Hrapavost površine ima vrlo značajan uticaj na zamornu čvrstoću delova. Sa povećanjem hrapavosti dolazi do smanjenja zamorne čvrstoće. S obzirom da svi parametri bombardovanja, više ili manje, utiču na promenu hrapavosti, potrebno je poznavati njihovo dejstvo, kako bi obezbedili željenu ili potrebnu hrapavost. Na slici 1 [1] prikazana je promena hrapavosti za različite tvrdoće materijala koji se bombarduje pri raznim uslovima bombardovanja. Krive su dobijene pri različitim brzinama kuglica, pri čemu je za brzinu od 81 m/s razmatrana jednostruka ( $1 \times 98\%$ ) i trostruka ( $3 \times 98\%$ ) prekrivenost površine. U okviru jednog stepena tvrdoće materijala raste hrapavost sa povećanjem brzine kuglica. Sa povećanjem tvrdoće materijala, koji se podvrgava bombardovanju kuglicama, dolazi do smanjenja hrapavosti pri svim brzinama kuglica, s tim što je to smanjenje intenzivnije kod tvrdih nego kod mekših materijala. Uticaj stepena prekrivenosti ( $3 \times 98\%$ ), poraslog usled produženja vremena bombardovanja trostruko u odnosu na  $98\%$ -nu prekrivenost, vredan je pomena samo kod najvećih ispitivanih tvrdoća materijala.

Almen intenzitet, kao jedan od najvažnijih parametara bombardovanja, određuje veličinu otiska, izazvanu kuglicama na površini materijala, što utiče na povećanje vrednosti  $R_a$  i  $R_t$ . Uticaj Almen intenziteta [2] na srednje aritmetičko odstupanje profila  $R_a$ , za različite tvrdoće materijala prikazan je na slici 2. Za jedan te isti materijal,  $R_a$  raste sa povećanjem Almen intenziteta. Kod mekih

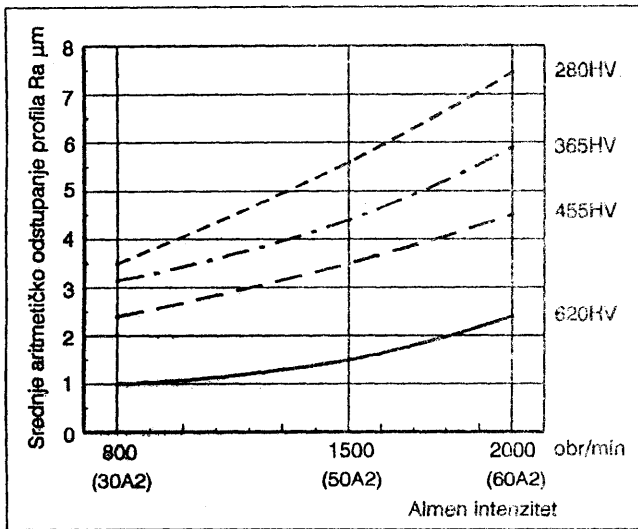
materijala dobiće se veće vrednosti parametara hrapavosti nego kod tvrdih materijala.

Veličina kuglica je od vrlo bitnog značaja za bombardovanu površinu. Ona s jedne strane određuje energiju udara, pa prema tome i dubinu dobijenog otiska, a s druge strane prečnik otiska koji je proporcionalan prečniku korišćene kuglice. Slika 3 pokazuje uticaj veličine kuglica na srednje aritmetičko odstupanje profila  $R_a$ , za operaciju bombardovanja čiji je Almen intenzitet 30A2 [3]. Sa dijagrama se vidi da povećanje prečnika kuglica ne dovodi uvek i do povećanja hrapavosti. Za svaku datu tvrdoću materijala postoji optimalni prečnik kuglica pomoću kojeg se dobija najbolja površinska obrada. U prethodno opisanom primeru, kuglice prečnika  $0.6\text{ mm}$  daju najbolje rezultate na čeliku čija je tvrdoća od 280 do  $365\text{ HV}$ . U slučaju čelika čija je tvrdoća  $455\text{ HV}$ , kuglice

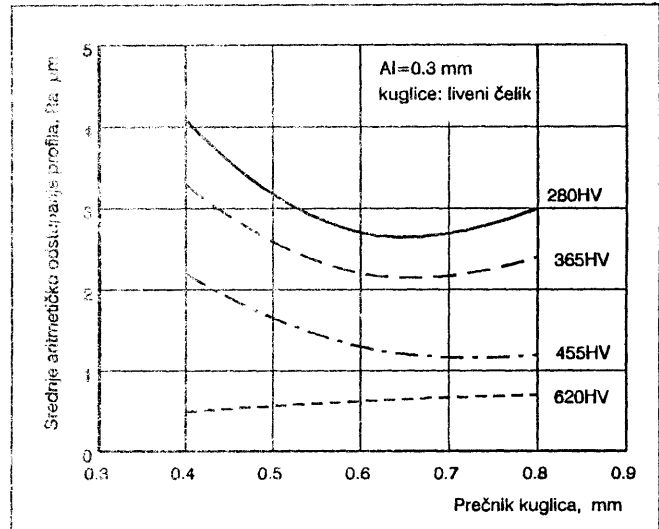


Sl. 1 Uticaj uslova bombardovanja na hrapavost površine ( $R_a$ ) u funkciji od tvrdoće materijala  
Influence of the shot-pinning conditions on surface roughness ( $R_a$ ) as a function of material hardness  
Влияние условий дробеструйной обработки на шероховатость поверхности ( $R_a$ ) в зависимости от твердости материала

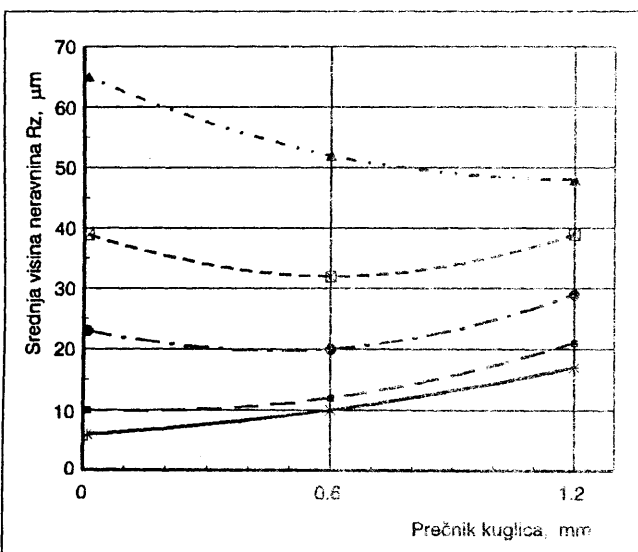
Dragan Adamović, dipl.ing, asistent,  
Mašinski fakultet Kragujevac  
Dr Miroslav Babić, dipl.ing, docent,  
Mašinski fakultet Kragujevac  
Dr Branislav Jeremić, dipl.ing, vanr. prof.,  
Mašinski fakultet Kragujevac



Sl. 2 Uticaj Almen intenziteta na promenu hrapavosti ( $R_a$ ) površine za različite tvrdoće materijala  
*Influence of the Almen intensity on variation of surface roughness ( $R_a$ ) for different material hardnesses*  
*Воздействие Алмен-интенсивности на изменение шероховатости поверхности ( $R_a$ ) для различных твердостей материала*



Sl. 3 Uticaj veličine kuglica na površinsku hrapavost ( $R_a$ ) pri različitim tvrdoćama materijala  
*Influence of the balls diameter on surface roughness ( $R_a$ ) for different material hardnesses*  
*Влияние величины дроби на шероховатость ( $R_a$ ) поверхности при различных твердостях материала*



Sl. 4 Promena hrapavosti površine ( $R_z$ ) posle bombardovanja kuglicama različitog prečnika pri raznim polaznim vrednostima hrapavosti ( $R_z$ )  
*Change of surface roughness ( $R_z$ ) after shot-pinning with balls of different diameters for different initial values of roughness ( $R_z$ )*  
*Изменение шероховатости поверхности ( $R_z$ ) после дробеструйной обработки дробью различных диаметров и при различных исходных значениях шероховатости ( $R_z$ )*

prečnika 0.8 mm daju najbolje rezultate a za čelik čija je tvrdoća 620 HV kuglice prečnika 0.4 mm daju najmanju hrapavost površine. Pri dosadašnjim razmatranjima nije uzimana u obzir početna hrapavost površine koja se bombarduje, a koja ima vrlo veliki uticaj na završnu hrapavost površine. Na slici 4 prema [4] pokazana je promena srednje visine neravnina  $R_z$  nastala usled bombardovanja kuglicama različitog prečnika pri raznim početnim vrednostima  $R_z$ . Vidimo da pri velikoj početnoj hrapavosti sa povećanjem prečnika kuglica dolazi do smanjenja  $R_z$ , a za male hrapavosti ta zavisnost je suprotna.

## 2. EKSPERIMENTALNA ISPITIVANJA

Eksperimentalna ispitivanja izvedena su na epruvetama od čelika za poboljšanje Č.5630. Hemijski sastav ispitivanog materijala dat je u tabeli 1, a mehaničke osobine u tabeli 2. Hrapavost je merena na brušenim i kuglicama bombardovanim uzorcima.

Postupak bombardovanja je izveden na pneumatskoj mašini za bombardovanje ES-1580 PANGBORN, sa kuglicama od livenog čelika prečnika  $D = 0.8 \text{ mm}$  (S 330). Intenzitet bombardovanja iznosio je  $IA = 16A2$  sa delimičnom ( $P=50\%$ ) i potpunom ( $P=98\%$ ) prekrivenošću

Tabela 1. Hemijski sastav čelika Č 5630

Hemijski sastav %.											
Element	C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Mg	Cu	P	S	
Č 5630	propisan	0.18 do 0.28	0.17 do 0.37	0.25 do 0.55	1.35 do 1.65	4.00 do 4.50	0.80 do 1.20	-	max 0.25	max 0.03	0.01 do 0.03
	određen	0.23	0.29	0.32	1.41	1.12	1.15	-	0.14	0.021	0.02

površine. Mlaznica je bila postavljena pod uglom od  $80^\circ$  u odnosu na površinu koja se bombarduje. Rastojanje vrha mlaznice od bombardovane površine iznosilo je  $L=200\text{ mm}$ .

Tabela 2. Garantovane vrednosti mehaničkih osobina za čelik Č.5630

Rp	Rm	A	Z	KU <sub>300/2</sub>
MPa		%		J
Najmanje				
930	1080	11	5	71

Hrapavost je merena na kompjuterizovanom mernom sistemu TALYSURF 6 koji omogućuje:

- merenje velikog broja relevantnih parametara hrapavosti,
- statističku obradu rezultata merenja parametara hrapavosti,
- prikazivanje rezultata na ekranu i njihovo memorisanje, štampanje i crtanje i
- prostorno skeniranje površine.

U tabeli 3 prikazani su izmereni parametri hrapavosti za sva tri stanja površine.

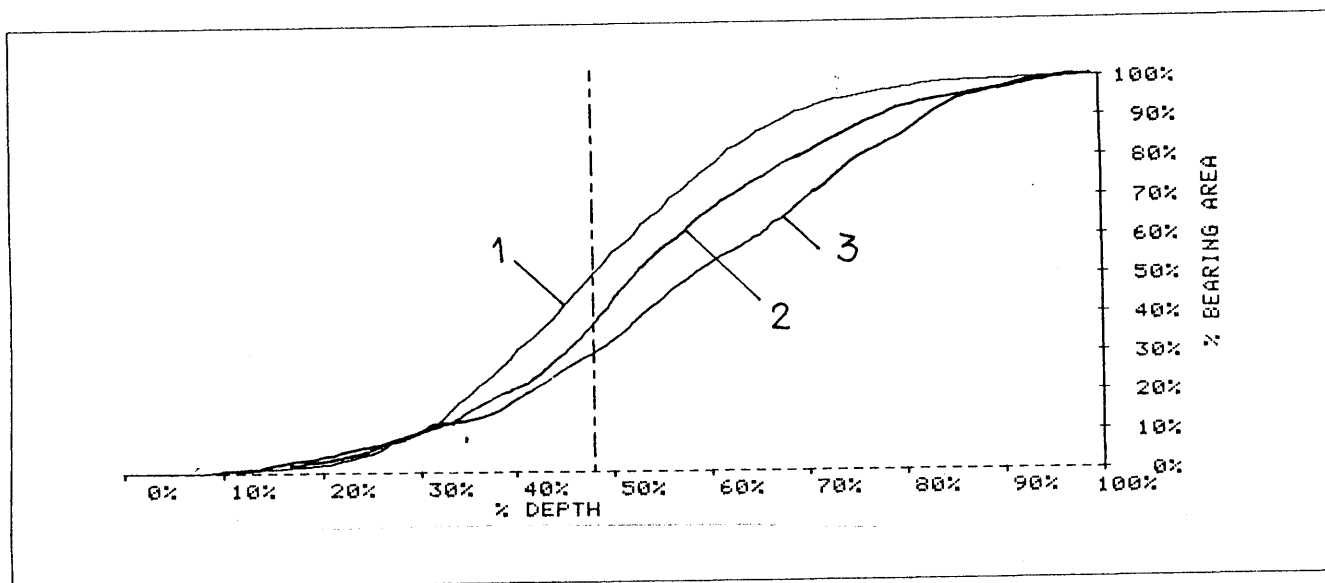
Na slici 5 prikazane su krive nošenja površine dobijene brušenjem, delimičnim bombardovanjem i potpunim bombardovanjem.

Izgled brušene i bombardovane površine dobijen pri povećanju mikroskopa od 50x dat je na slici 6.

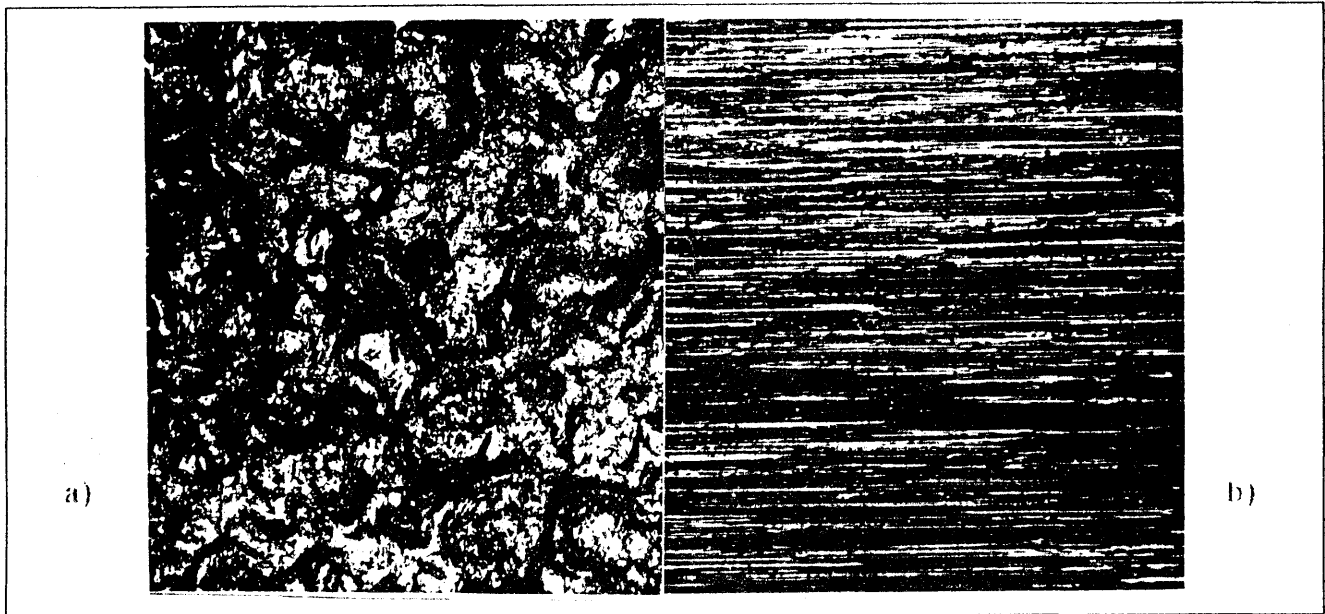
Najočiglednija predstava o izgledu posmatranih površina dobija se na osnovu snimljenog prostornog lika tih površina (slika 7).

Tabela 3. Izmereni parametri hrapavosti na uzorcima od čelika Č.5630

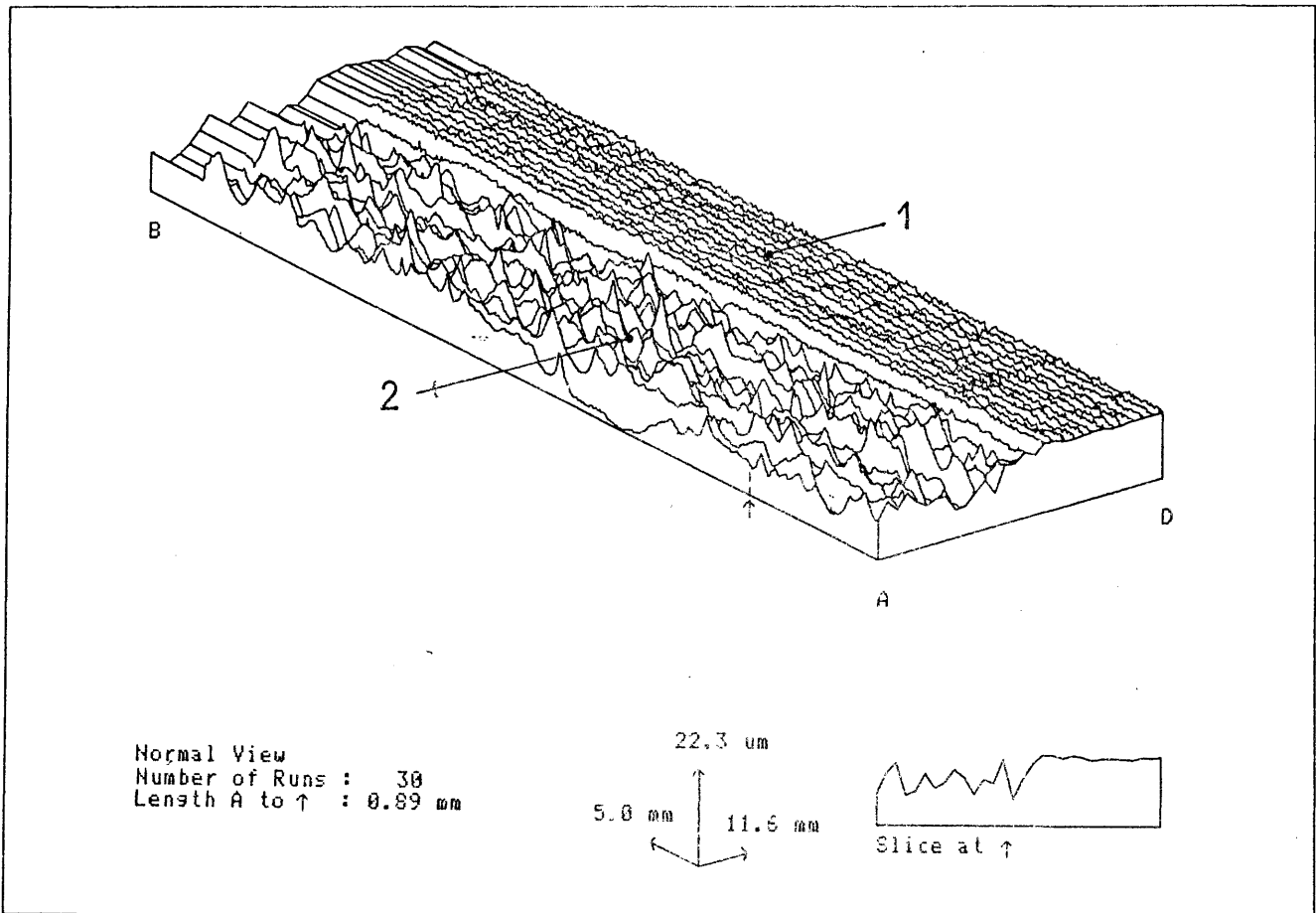
Stanje		Brušeno	Delimično bombardovano	Bombardovano
Parametar		P = 98%	P ≈ 50%	P = 98%
Ra	μm	0.307	1.18	1.51
Rq	μm	0.383	1.52	1.83
Rv	μm	1.31	3.9	4.0
Rp	μm	1.21	4.3	5.5
Rz	μm	2.52	8.2	9.5
Rt <sub>1</sub>	μm	2.24	6.0	6.4
Rt <sub>2</sub>	μm	1.61	7.4	6.8
Rt <sub>3</sub>	μm	2.42	8.1	6.1
Rt <sub>4</sub>	μm	1.88	5.6	8.1
Rt <sub>5</sub>	μm	2.02	4.9	9.3
Ry	μm	2.42	8.1	9.3
Rtm	μm	2.03	6.4	7.3
Sm	μm	36	156	213Δ
Δq	°	3.9	4.0	3.3
Rsk		-0.2	0.0	0.2
Rku		3.0	3.0	2.5
S	μm	15	28	81
Rpm	μm	0.93	3.6	3.9



Slika 5 Krive nošenja za brušenu (1), delimično bombardovanu (2) i bombardovanu površinu (3)  
 Carrying curves for ground (1), partially shot-pinned (2) and shot-pinned (3) surface  
 Кривые конъюнкция для шлифованной (1), частично наклепанной (2) и вполне наклепанной поверхности



Slika 6. Izgled bombardovane i nebombardovane površine (uvećanje 50)x  
 Appearance of ground (a) and shot-pinned (b) surface (magnification 50x)  
 Вид шлифованной (а) и наклепанной (б) поверхностей (увеличение в 50раз)



Slika 7. Izgled 3D površine dobijene brušenjem (1) i bombardovanjem (2)  
 Appearance of 3D surface obtained by grinding (1) and shot-pinning (2)  
 Поверхность 3Д полученная шлифованием (1) и дробеструйной обработкой (2)

### 3. ZAKLJUČAK

Ispitivanja izvedena u ovom radu pokazuju da dolazi do pogoršanja parametara hrapavosti površine dobijene bombardovanjem u odnosu na brušenu površinu. S obzirom da je prvenstveni cilj obrade snopom čeličnih kuglica povećanje dinamičke čvrstoće delova, pogoršanje parametara topografije površine ne dovodi uvek do smanjenja zamornog veka delova (zbog povoljnog uticaja pritisnih zaostalih napona). Dobijeni rezultati ukazuju na potrebu optimizacije režima bombardovanja (Almen intenzitet, prekrivenost površine, prečnik i karakteristike kuglica) kako bi se dobila što bolja topografija površine ali u isto vreme i ostvarilo odgovarajuće povećanje dinamičke čvrstoće.

### LITERATURA

- [1] H. Wohlfahrt, Kugelstrahlen und Dauerschwingverhalten, ICSP1, Paris, 1981.
- [2] A. Niku-Lari, Shot-Peening, Advances in Surface Treatments, volume 5, Pergamon Press, Oxford, 1987.
- [3] A. Niku-Lari, Overview on the Shot-Peening process, ICSP1, Paris, 1981.
- [4] W. Przybylski, Tehnologija obrobki nagniataniem, Warszawa, 1987.

## Influence of Shot-pinning With Steel Balls Stream on Roughness Parameters

*By the procedure of shot-pinning of the surface with the steel balls stream the roughness parameters can be improved or worsened, what depends on material type, initial roughness, as well as on the shot-pinning conditions. In the paper are presented and analyzed some results of investigations of influence of surface plastic deformation by the stream of the steel balls on ground surface topography of samples made of Č.5630. Obtained results indicate worsening of height and structural parameters obtained for the chosen regime of mentioned machining.*

## Влияние дробеструйной обработки стальной дробью на шероховатость поверхности

*Дробеструйной обработкой стальной дробью параметры шероховатости поверхности могут быть улучшены или ухудшены, что зависит от сорта материала, начальной шероховатости и параметров обработки. В работе анализируются некоторые из результатов проведенных исследований воздействия поверхностного пластического деформирования дробеструей на топографию шлифованных образцов из стали Č.5630. Полученные результаты указывают на ухудшение параметров высоты и структуры шероховатости, возникшей при описанном способе обработки.*