

## Vpliv hrapavosti površine na udarno žilavost orodnega jekla

Hrapavost površine orodnih jekel ima zaradi zarezne učinka pomemben vpliv na udarno žilavost teh jekel. S posebno raziskovalno nalogo so bili opravljeni primerjalni preizkusi na žilavostnih probah iz jekla Č.7680 (BRM-2) redne proizvodnje železarne Ravne. Dobljeni rezultati so obdelani z matematično statistično analizo variance in kažejo statistični nivo pomembnosti vpliva hrapavosti površine na udarno žilavost jekla.

Ugotovili smo, da hrapavost na oslabljenem delu probe pomembno vpliva na rezultate preizkusov, zato je treba zagotoviti pri probah in nekaterih orodjih enako kakovost površine. Hrapavost površine jekla, z zarezi do 0,02 mm, zniža udarno žilavost jekla poprečno za 1/3 ali v skrajnih primerih tudi do 60 %.

### UVOD

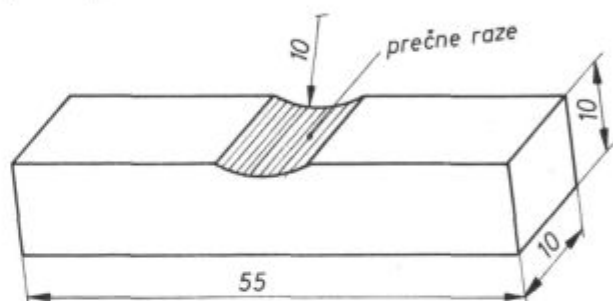
Problem vpliva hrapavosti površine na žilavost jekel se je med drugim pojavil pri izdelavi žilavostnih prob. V železarni Ravne preizkušamo udarno upogibno žilavost na Charpy kladivu s probami, ki imajo plitvo oslabitev. To metodo preizkušanja so pričeli uporabljati v ZDA, ker zahteva glede na trosenje rezultatov manjše število paralelnih preizkusov, kot navadni Charpyjev preizkus. Oslabitve na probah je mogoče brusiti v prečni smeri ali rezkati v vzdolžni smeri probe. Pri tem dobimo manjše raze na površini oslabitve v prečni oziroma vzdolžni smeri probe. Če teh raz ne odstranimo s poliranjem, potem bistveno vplivajo na žilavost jekla.

### OPIS DELA

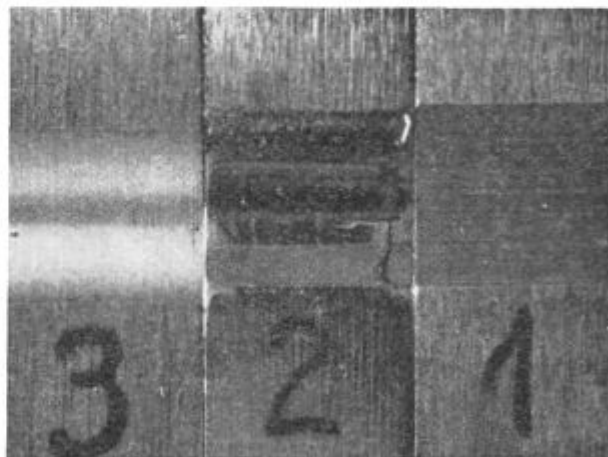
Primerjavo in analizo vpliva površine jekel na udarno žilavost, smo delali na žilavostnih probah, katerih dimenzije kaže slika 1. Vse žilavostne probe so bile izdelane iz petih šarž jekla Č.7680 (BRM-2) in enako termično obdelane. Iz vsake šarže smo izdelali 20 do 30 prob, od katerih je imela ena polovica prob oslabitev prečno grobo brušeno in druga polovica rezkano. Slika 2 kaže površinski makro izgled oslabitev. Prva proba na sliki 2 ima oslabitev brušeno, druga polirano in tretja rezkano. Pri termični obdelavi prob smo imeli vse probe skupaj v solni kopeli na kalilni

temperaturi 1230° C s potopnim časom 1,5 minute. Probe smo kalili na zraku in popuščali dvakrat po 1 uro na temperaturi 530° C.

Rezultati merjenja udarne upogibne žilavosti so zbrani v tabeli 1. Primerjali bomo rezultate žilavosti prob, ki imajo enako kemijsko sestavo (to so probe izdelane iz ene šarže) in različno hrapavost površine oslabitev. Ker smo delali s petimi različnimi šaržami pomeni to le pet paralelnih primerjav.



Slika 1  
Žilavostna proba s plitvo oslabitvijo.

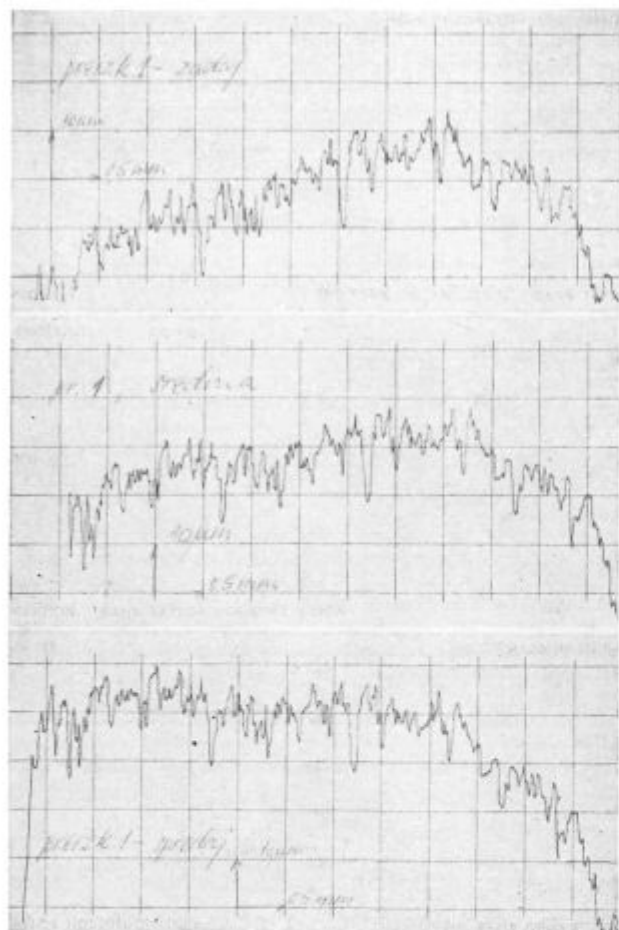


Slika 2  
Izgled površine pri brušenju (1), poliranju (2) in rezkanju (3) oslabitvi.

Zaradi natančnejše analize hrapavosti površine oslabitev, smo dali na Fakulteto za strojništvo v Ljubljani izmeriti hrapavost površine na različno obdelanih vzorcih. Vse meritve hrapavosti so bile narejene v vzdolžni smeri probe, tako da smo

Tabela 1 — Rezultati meritev udarne upogibne žilavosti

Stev. šarže	Kemijska sestava (v %)							Oslabitev	Udarne upogibna žilavost (kpm/cm <sup>2</sup> )									
	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W											
8341	0,85	0,26	0,34	4,75	5,15	1,88	7,10	brušena	1,00	0,83	0,83	0,78	0,55	0,83	0,80	1,11	1,00	0,83
								rezkana	0,89	0,98	1,05	1,11	0,89	1,16	1,89	1,04	1,50	0,83
12332	0,86	0,31	0,34	4,23	5,50	1,86	6,32	brušena	0,89	0,89	1,00	1,11	0,89	0,83	0,92	0,83	0,92	0,89
								rezkana	1,00	1,02	0,81	1,05	1,05	0,83	1,11	1,11	0,78	0,66
13312	0,89	0,30	0,42	4,42	5,25	1,93	6,70	brušena	0,78	0,78	1,03	1,11	0,80	0,78	1,00	0,78	1,11	1,05
								rezkana	0,86	1,33	1,44	1,55	1,61	1,22	1,55	0,98	1,00	1,50
13379	0,87	0,17	0,38	4,25	5,30	2,05	6,50	brušena	0,80	0,67	0,78	0,75	0,91	0,83	0,80	0,91	0,78	0,89
								rezkana	1,09	1,39	1,55	1,39	1,42	1,11	1,05	1,22	1,33	1,24
13280	0,86	0,25	0,22	4,51	5,27	2,32	7,20	brušena	0,78	1,00	0,87	1,04	1,55	1,55	1,61	0,98	0,72	1,33
								rezkana	1,09	1,09	1,89	1,89	1,98	1,67	0,83	1,22	1,04	1,53



Slika 3  
Hrapavost grobo brušene oslabitve.

lahko analizirali prečne raze na oslabitvi (glej sliko 1).

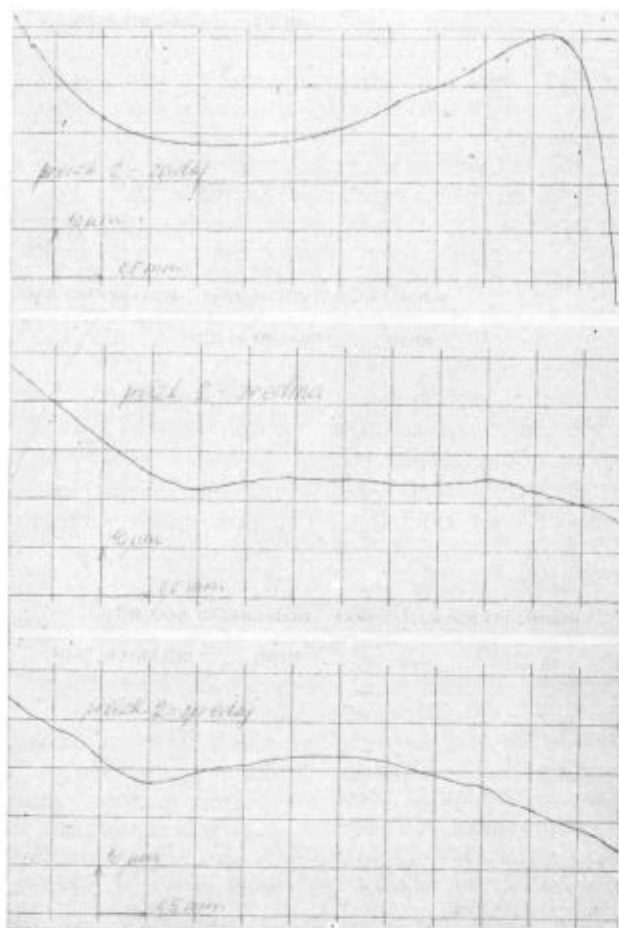
Slika 3 kaže diagram hrapavosti vzorca, ki je imel v prečni smeri grobo brušeno oslabitev. Površina na vseh treh paralelnih meritvah je izredno hrapava. Opazimo tudi, da oblika profila odstopa od krožnice in da profil ni v vseh smereh enak. Globina raz je do 0,02 mm. Pri poznejši primerjavi bomo videli, da ima takšna hrapavost površine izredno velik vpliv na udarno žilavost jekel.

Slika 4 kaže paralelne meritve hrapavosti na probah s polirano oslabitvijo. Površina je zelo fina, profil pa se po nivojih spreminja. Delali smo z istim krožnim vodenjem na vseh treh nivojih, vendar se iz posnetkov lahko vidi, da so razlike v profilu.

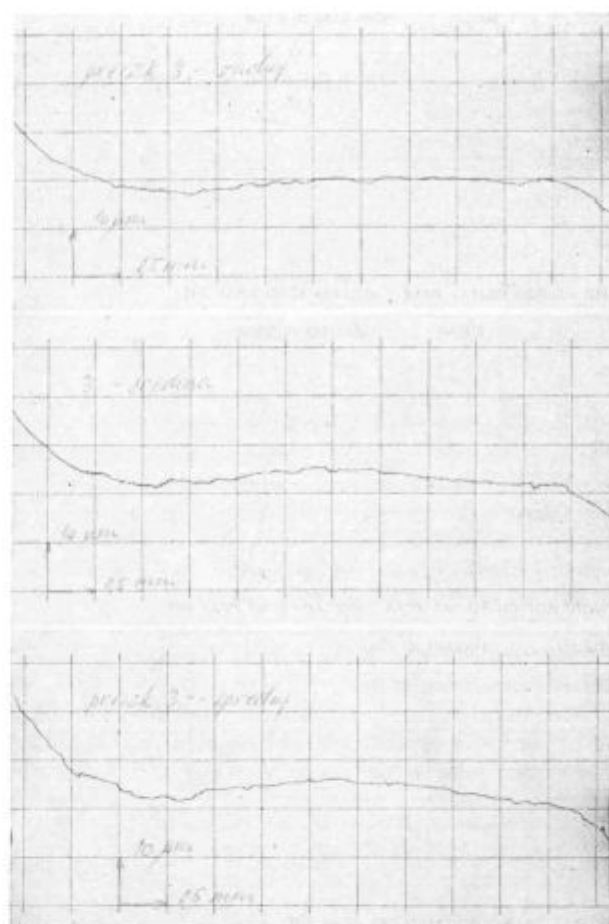
Meritve na probah z rezkano oslabitvijo kaže slika 5. Površina je razmeroma fina in profil se v znatni meri približuje krožnici. Velikostni red globine raz je 0,001 mm, kar je v primerjavi z grobo brušenimi oslabitvami na sliki 3, dvajsetkrat manjša globina. Razlika med hrapavostjo rezkanih in poliranih oslabitev je zelo majhna, zato tudi žilavost ne bi imela bistveno drugačnih vrednosti.

## DISKUSIJA

Žilavost se meri tako, da se porabljen delo, ki je potrebno za prelom probe, računa na površinsko enoto preseka probe pri oslabitvi. Če bi popravili računano površino probe pri prelomu zaradi raz, ki dosežejo pri brušenih probah globino do 0,02 mm, bi se žilavost spremenila le za 0,3 %. Primerjava žilavosti v tabeli 2 pa kaže, da



Slika 4  
Hrapavost polirane oslabitve.



Slika 5  
Hrapavost rezkane oslabitve.

Tabela 2 — Rezultati matematično statistične obdelave

Štev. šarže	Štev. prob n	Način izdelave oslabitve	Udarna žilavost (kpm/cm <sup>2</sup> )			Stat. nivo pomembnosti razlik	Primerjalni indeks
			$\bar{x}$	s	V (%)		
8341	10	brušena	0,86	0,33	38,0	95 %	100
8341	10	rezkana	1,13	0,15	13,3		131
12332	10	brušena	0,92	0,16	17,4	pod 90 %	100
12332	10	rezkana	0,94	0,08	8,5		102
13312	15	brušene	0,91	0,14	15,4	99 %	100
13312	15	rezkane	1,30	0,24	18,5		143
13379	15	brušena	0,80	0,11	13,7	99 %	100
13379	15	rezkana	1,31	0,37	13,7		161
13280	15	brušena	1,21	0,25	30,6	90 %	100
13280	15	rezkana	1,46	0,37	25,3		121
vse	65	brušena	0,95	0,18	26,4	99,9%	100
vse	65	rezkana	1,26	0,31	24,6		133

so srednje vrednosti žilavosti izmerjene na probah z brušeno oslabitvijo do 61 % nižje od žilavosti, ki so imele rezkano oslabitev. Na osnovi tega lahko zaključimo, da imamo tukaj opraviti z reznim učinkom hrapavosti površine.

Rezultati, dobljeni pri preizkusih in obdelani z matematično statistično analizo variance, so vnešeni v tabelo 2. Z analizo variance smo izračunali statistično pomembnost razlik v udarni žilavosti tistih prob, ki so imele grobo brušeno oslabitev in tistih, ki so imele rezkano oslabitev in to za vsako šaržo posebej ter enkrat za vse šarže in probe skupaj. V prvi primerjavi je izločen vpliv spremembe kemijske sestave, v drugem primeru je ta vpliv prisoten in ga moramo upoštevati. V tabeli so vpisane srednje vrednosti žilavosti » $\bar{x}$ «, »standardne deviacije » $s$ «, koeficient variacije » $V$ «, statistični nivo pomembnosti razlike in za primerjavo z indeksom izraženo srednjo vrednost udarne žilavosti, za vsako šaržo posebej ter na koncu za vse šarže skupaj. Razlika v indeksih v posameznih primerih pomeni za koliko odstotkov se srednja vrednost žilavosti razlikuje glede na obdelavo oslabitve.

Pri vseh šaržah, razen pri šarži s številko 12332, se udarne žilavosti prob z grobo brušeno oslabitvijo z 90 % ali večjo statistično verjetnost-

jo, razlikujejo od prob, ki imajo oslabitev rezkano. Iz tabele 2 vidimo, da se srednje vrednosti žilavosti razlikujejo od 2 do 60 %, torej da imajo probe s finejšo obdelavo površine oslabitve za 2 do 60 % večjo srednjo vrednost udarne žilavosti. Primerjava žilavosti vseh prob in šarž kaže, da lahko z 99,9 % statistično gotovostjo trdimo, da se udarne žilavosti razlikujejo zaradi različne hrapavosti površine oslabitve in v tem primeru tudi zaradi različne kemijske sestave.

## ZAKLJUČEK

Raziskava je pokazala, da ima gladkost površine zelo pomemben vpliv na udarno žilavost orodnega jekla Č.7680 (BRM-2). Probe, ki so imele grobo brušeno oslabitev v prečni smeri (globina raz do 0,02 mm), so imele v primerjavi s probami z rezkano oslabitvijo (globina raz do 0,01 mm) v povprečju za 1/3 nižjo udarno upogibno žilavost.

Pri orodjih, kjer je udarna žilavost važna lastnost, bo čim finejša obdelava površine zvišala odpornost orodja na udar in s tem tudi življenjsko dobo. Pri tem igra važno vlogo smer obdelave površine.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Rauheit der Oberfläche der Werkzeugstähle hat der Kerbwirkung einen erheblichen Einfluss auf die Kerbschlagbiegefähigkeit dieser Stähle.

Es sind Vergleichsuntersuchungen an Kerbschlagbiegeproben aus Stahl Č 7680 durchgeführt worden. Die Versuchsergebnisse sind durch die mathematisch statistische

Varianzenanalyse bearbeitet worden und zeigen die statistische Bedeutsamkeit des Einflusses der rauhen Oberfläche auf die Kerbschlagbiegefähigkeit.

Die Rauheit der Oberfläche mit Ritzten bis zu 0,02 mm erniedrigt die Kerbschlagbiegefähigkeit des Stahles für 1/3 oder in ganz extremen Fällen bis zu 60 %.

## SUMMARY

Surface coarseness due to its notch effect has a strong influence on the impact toughness of tool steel. Specimens of Č.7680 were tested. The obtained results were analyzed by statistical analysis of the variance showing the level of statistical importance of surface coarseness in respect

to the impact toughness. The rough surface with pitch up to 0,02 mm decrease the impact toughness by 1/3 on the average while in extreme cases it can be decreased by 60 %.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Шароховатость поверхности инструментальной стали имеет вследствие нарезного действия значительное влияние на вязкость этого сорта стали. Приведены результаты испытания вязкости образцов стали марки С-7680. Эти результаты рассмотрены при помощи статистического анализа дисперсии указывают на значе-

ние влияния шароховатости на ударную вязкость стали. Шароховатость стали с нарезками до 0,02 мм глубины уменьшает ударную вязкость стали на 1/3 а в крайних пределах даже до 60 %.