

Preddiplomski stručni studij Politehnike

Konstrukcijske vježbe

ELEMENTI STROJEVA 2

(Interna skripta uz projektni zadatak)

Akad. god. 2017./2018.

Pula, 2018.

VRIJEDNOSTI STATIČKE I TRAJNE DINAMIČKE ČVRSTOĆE NEKIH MATERIJALA

Tablica 5.4 Čvrstoća općih konstrukcijskih čelika (DIN 17100, tj. DIN EN 10025); sve vrijednosti su u N/mm^2

Materijal		Statička čvrstoća				Trajna dinamička čvrstoća					
		Vlačna čvr.	Granica tečenja			Vlak/tlak		Savijanje		Torzija	
DIN	HRN	R_m	$R_e (R_{p0,2})$	R_{es}	R_{et}	R_{d-1}	R_{d0}	R_{ds-1}	R_{ds0}	R_{dt-1}	R_{dt0}
St 37	Č0370	370	240	340	170	175	240	200	340	140	170
St 42	Č0460	420	260	360	180	190	260	220	360	150	180
St 50	Č0545	500	300	420	210	230	300	260	420	180	210
St 60	Č0645	600	340	470	230	270	340	300	470	210	230
St 70	Č0745	700	370	520	260	320	370	340	520	240	260

Za hladno vučeni materijal mogu se usvojiti do 50% veće vrijednosti za granice tečenja, ali samo do 10% veće vrijednosti dinamičke čvrstoće.

Tablica 5.5 Čvrstoća čelika za cementiranje (DIN 17210); sve vrijednosti su u N/mm^2

Materijal		Statička čvrstoća				Trajna dinamička čvrstoća					
		Vlačna čvr.	Granica tečenja			Vlak/tlak		Savijanje		Torzija	
DIN	HRN	R_m	$R_e (R_{p0,2})$	R_{es}	R_{et}	R_{d-1}	R_{d0}	R_{ds-1}	R_{ds0}	R_{dt-1}	R_{dt0}
Ck15	Č1221	500	300	420	210	270	300	300	420	180	210
15Cr3	Č4120	600	400	560	280	320	400	350	560	210	280
16MnCr5	Č4320	800	600	840	430	400	600	450	770	270	430
15CrNi6	Č5420	900	650	900	450	500	650	550	900	300	450
20MnCr5	Č4321	1080	700	980	490	540	700	600	980	340	490
18CrNi8	Č5421	1230	800	1060	550	580	800	650	1060	410	550

Vrijedi: 25MoCr4 \approx 16MnCr5; 17CrNiMo8 \approx 18CrNi8

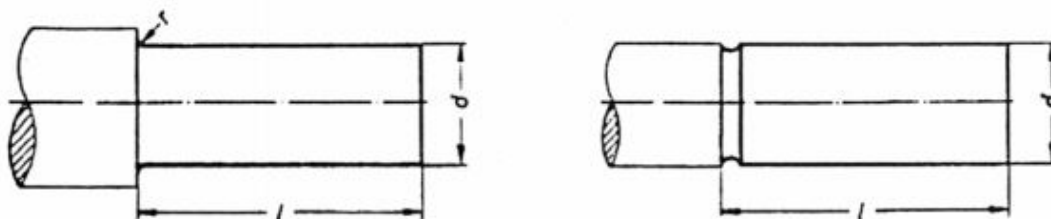
Tablica 5.6 Čvrstoća čelika za poboljšanje u poboljšanom stanju (DIN 17200 tj. DIN EN 10083 T1 i T2); sve vrijednosti su u N/mm^2

Materijal		Statička čvrstoća				Trajna dinamička čvrstoća					
		VI. čvr.	Granica tečenja			Vlak/tlak		Savijanje		Torzija	
DIN	HRN	R_m	$R_e (R_{p0,2})$	R_{es}	R_{et}	R_{d-1}	R_{d0}	R_{ds-1}	R_{ds0}	R_{dt-1}	R_{dt0}
Ck22 (C22)	Č1331 (Č1330)	550	360	500	250	250	360	280	480	190	250
Ck45 (C45)	Č1531 (Č1530)	700	490	670	340	340	490	370	650	260	340
40Mn4	Č3130	800	650	900	450	400	650	440	750	300	450
41Cr4	Č4131	1000	800	1100	550	450	780	480	830	330	550
50CrMo4	Č4733	1100	900	1250	630	500	860	540	940	370	630
30CrNiMo8	Č5432	1250	1050	1450	730	570	980	600	1040	420	730

Vrijedi: Ck35 (C35) je između Ck22 i Ck45; C60, Ck60 i 28Mn6 su između Ck45 i 40Mn4; 25CrMo4, 34Cr4, 34CrMo4, 37Cr4, 46Cr2 \approx 40Mn4; 34CrMo4 \approx 41Cr4; 34CrNiMo6, 36CrNiMo4, 42CrMo4, 50CrV4 \approx 50CrMo4; 30CrMoV4, 32CrMo12 \approx 30CrNiMo8.

Slika 1. Čvrstoća nekih materijala [1]

Kraj cilindričnog vratila



Primjer označavanja kraja vratila promjera $d = 65 \text{ mm}$ i duljine $l = 140 \text{ mm}$:

Kraj vratila 65x140 DIN 748

d		l		r	$\overline{D} d$			l		r	d			l		r			
	Toler.	Dugi	Kratki	max	Niz 1	Niz 2	Toler.	Dugi	Kratki	max	Niz 1	Niz 2	Toler.	Dugi	Kratki	max			
6	j6	16	-	0,6	48	-	k6	110	82	1,6	220	-	m6	350	280	6			
7					50	-					-	240		410	330				
8		20	-		55	-		140	105		250	-							
9					60	-					-	260							
10		23	15		65	-					280	-		470	380				
11					70	-					-	300							
12		30	18		75	-		170	130		320	-		550	450	10			
14					80	-					-	340							
16		40	28		85	-					360	-							
19					90	-					-	380							
20	k6	50	36	1	95	-	m6	210	165	2,5	400	-	m6	650	540				
22					100	-					-	420							
24					110	-					-	440							
25		60	42		120	-					450	-							
28					-	130		250	200		-	460							
30		80	58		140	-					-	480							
32					-	150					500	-							
35					160	-		300	240		-	530							
38					-	170					560	-		800	680	16			
40		110	82		180	-					-	600							
42					-	190		350	280		630	-							
45					200	-			6										

NAPOMENA: Ako je iz konstruktivnih razloga potrebno kraj vratila izvesti u drugom tolerancijskom polju od preporučenog, potrebno je to naglasiti, npr.:

Kraj vratila 65r6x140 DIN 748

Promjer vratila odabrati prvenstveno iz niza 1.

Slika 2. Krajevi cilindričnih vratila [2]

ULOŽNA PERA



Područje promjera od d do		Širina b	Visina h	Dub. utora u vratilu t_1	Dub. utora u glavini t_2	Duljina uložnog pera l od do	
6	8	2	2	1,2	1	6	20
8	10	3	3	1,8	1,4	6	36
10	12	4	4	2,5	1,8	8	45
12	17	5	5	3	2,3	10	56
17	22	6	6	3,5	2,8	14	70
22	30	8	7	4	3,3	18	90
30	38	10	8	5	3,3	22	110
38	44	12	8	5	3,3	28	140
44	50	14	9	5,5	3,8	36	160
50	58	16	10	6	4,3	45	180
58	65	18	11	7	4,4	50	200
65	75	20	12	7,5	4,9	56	220
75	85	22	14	9	5,4	63	250
85	95	25	14	9	5,4	70	280
95	110	28	16	10	6,4	80	320
110	130	32	18	11	7,4	90	360
130	150	36	20	12	8,4	100	400
150	170	40	22	13	9,4	110	400
170	200	45	25	15	10,4	125	400
200	230	50	28	17	11,4	140	400
230	260	56	32	20	12,4	160	400
260	290	63	32	20	12,4	180	400
290	330	70	36	22	14,4	200	400
330	380	80	40	25	15,4	220	400
380	440	90	45	28	17,4	250	400
440	500	100	50	31	19,5	280	400

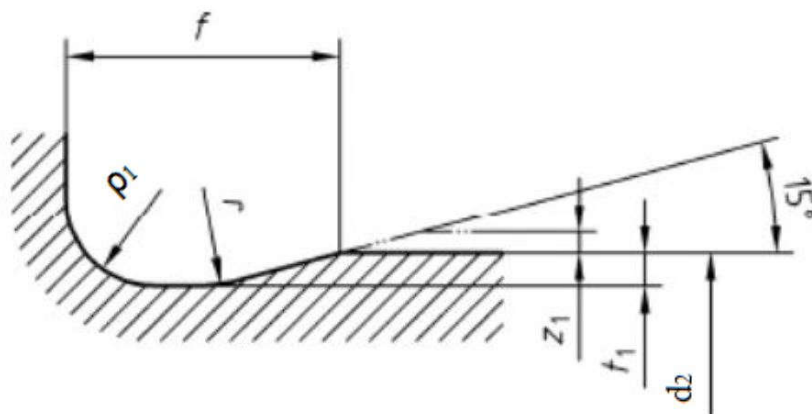
Standardne dužine uložnih pera: 10 12 14 16 18 20 22 25 28 32 36 40 45 50

56 63 70 80 90 100 110 125 140 160 180 200 220 250 320 360 400

Uobičajeni materijal za izradu pera je E295 (Č0545). Širina b pera se izrađuje sa tol. $h8$. Širina utora b u vratilu ima toler. N9 ili P9, a u glavini D10 (pomično), JS9 ili P9.

Slika 3. Uložna pera [2]

ŽLJEBOVI ZA IZLAZ ALATA

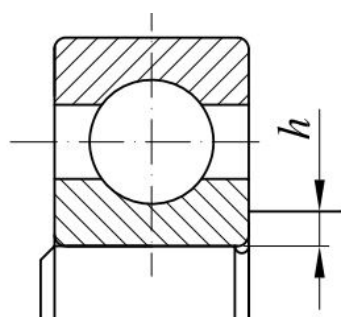


Slika 4. Skica žlijeba za izlaz alata.

$d_2(\text{mm})$	3...10	10...18	18...80	80...
$\rho_1(\text{mm})$	0,4	0,6	0,6	1
$t_1(\text{mm})$	0,2	0,2	0,3	0,4

Tablica 1. Dimenzije žljebova za izlaz alata

VISINA BOČNOG OSLOPCA VALJNOG LEŽAJA



Slika 5. Visina bočnog oslonca

$d_2(\text{mm})$...30	35...50	55...75	80...90	95...120	130...150
$h(\text{mm})$	3	3,5	4,5	5	6	7

Tablica 2. Visina bočnog oslonca valjnog ležaja

Osim iz tablice visina bočnog oslonca se za definirani ležaj može odrediti prema kataloškim podacima proizvođača ležajeva (npr. SKF, FAG itd.).

ODABIR VALJNOG LEŽAJA

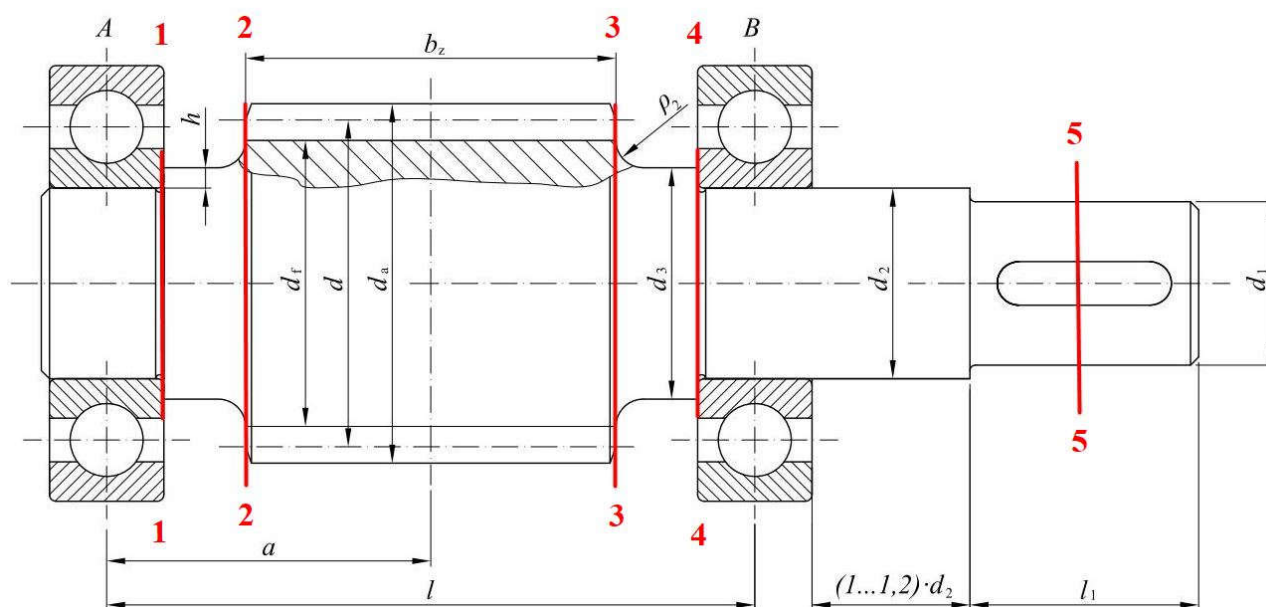
Na temelju zadanog predloška, promjera d_2 i izračunate potrebne dinamičke nosivosti C , iz kataloga proizvođača ležajeva se odabire odgovarajući valjni ležaj. Preporuča se koristiti katalog SKF-a.

Web adresa: www.skf.com

Za jednoredni kuglični ležaj: <http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html>

KONTROLNI PRORAČUN VRATILA

KRITIČNI PRESJECI



Slika 6. Kritični presjeci

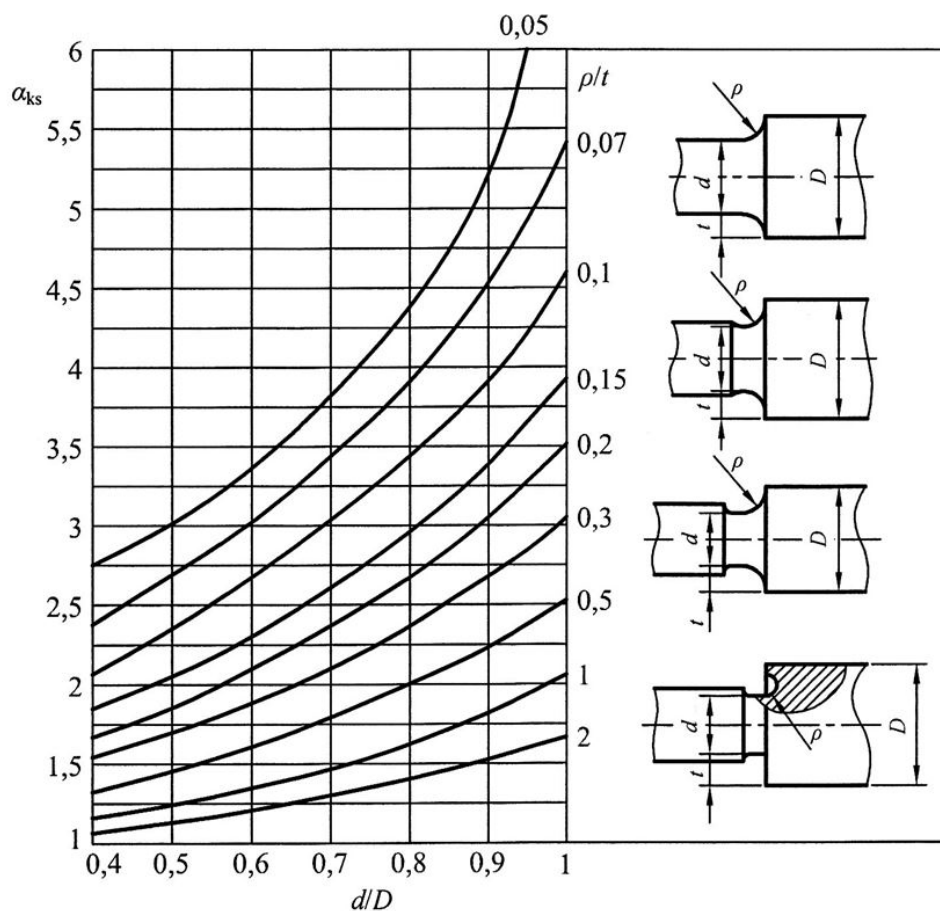
FAKTOR UTJECAJA VELIČINE KONSTRUKCIJSKOG ELEMENTA

Tablica 5.15 Faktor veličine b_2 za okrugli poprečni presjek

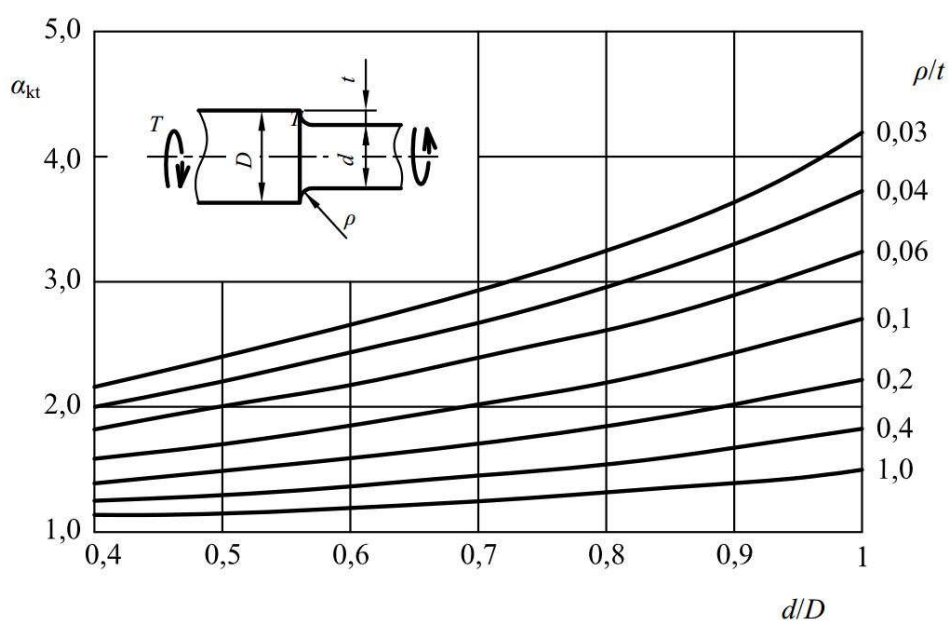
d (mm)		10	20	30	40	50	60	70	80	100	120
b_2	Čelik	1,0	0,94	0,88	0,85	0,82	0,79	0,77	0,76	0,73	0,72
	Aluminijske legure	0,8	0,74	0,70	0,68	0,65	0,63	0,61	0,59	0,56	0,53

Slika 7. Faktor veličine b_2 za okrugli poprečni presjek [1]

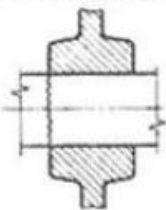
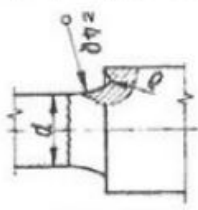
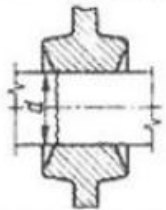
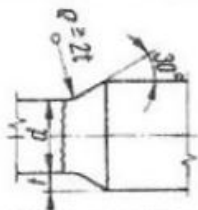
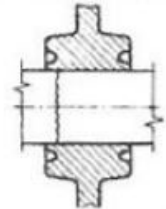
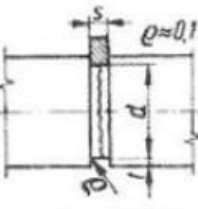
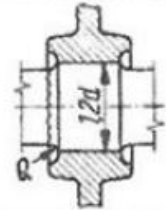
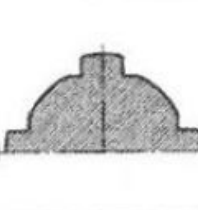
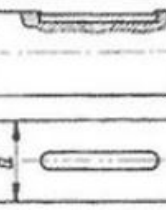
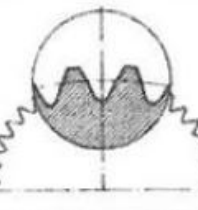
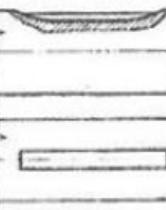
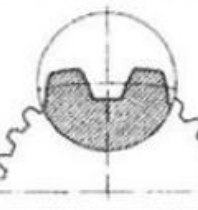
GEOMETRIJSKI FAKTORI KONCENTRACIJE NAPREZANJA



Slika 8. Geometrijski faktor koncentracije naprezanja pri savijanju osovina i vratila [1]

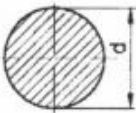
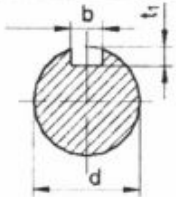
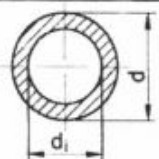

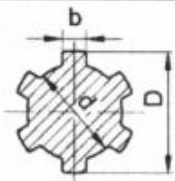

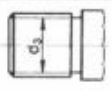


Slika 9. Geometrijski faktor koncentracije naprezanja pri torziji vratila [1]

Br.	Vratilo	α_{ks}	α_{kt}	ρ (mm)	Br.	Vratilo	α_{ks}	α_{kt}	ρ (mm)
1		3,3	2,1	0,25	7		1,7	1,4	ρ
2		2,8	1,9	0,25	8		1,7	1,4	ρ
3		2,6	1,7	0,25	9		$1,14 + 1,08 \sqrt{10r/s}$	$1,48 + 0,45 \sqrt{10r/s}$	ρ
4		1,7	1,6	ρ	10		4,2	3,6	0,25
5		4,0	2,8	0,25	11		3,5	2,3	0,25
6		3,8	2,6	0,15	12		2,9	2,0	0,25

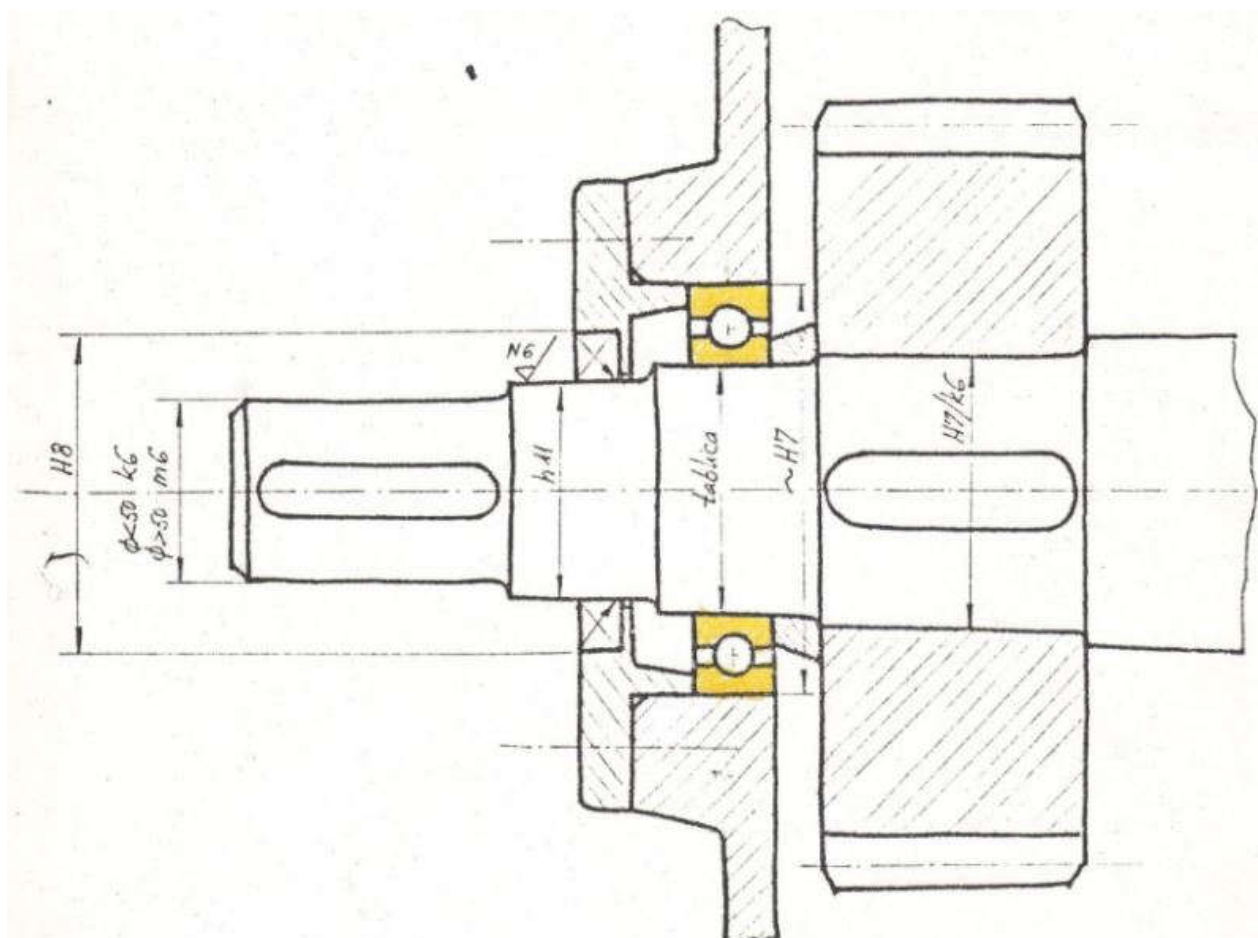
Slika 10. Geometrijski faktori koncentracije naprezanja za osovine i vratila [1]

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE POPREČNIH PRESJEKA

Poprečni presjek	W	W_p, W_t
	$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$ $W \approx 0,1 \cdot d^3$	$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$ $W_p \approx 0,2 \cdot d^3$
	Približno $W = \frac{\pi \cdot (d - t_1)^3}{32}$	Približno $W_t = \frac{\pi \cdot (d - t_1)^3}{16}$
	$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \cdot (1 - c^4)$ $c = \frac{d_i}{d}$	$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \cdot (1 - c^4)$ $c = \frac{d_i}{d}$
	$W \approx \frac{\pi \cdot d^3}{32}$	$W_t \approx \frac{\pi \cdot d^3}{16}$
 z = broj žlijebova	$W = \frac{\pi \cdot d^4 - b \cdot z \cdot (D - d) \cdot (D + d)^2}{32 \cdot D}$ ili pomoću: $W = \xi \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{32}$ uz faktor ξ prema:	$W_t = \frac{\pi \cdot d^4 - b \cdot z \cdot (D - d) \cdot (D + d)^2}{16 \cdot D}$ ili pomoću: $W_t = \xi \cdot \frac{\pi \cdot d^3}{16}$ uz faktor ξ prema:
	$\xi = 1,125$ za laganu izvedbu ožljebljenog spoja (DIN ISO 14, DIN 5462) $\xi = 1,205$ za srednju izvedbu ožljebljenog spoja (DIN 5463) $\xi = 1,265$ za tešku izvedbu ožljebljenog spoja (DIN 5464)	
	$W = \frac{\pi \cdot d_f^3}{32}$	$W_t = \frac{\pi \cdot d_f^3}{16}$
 navoj	$W \approx \frac{\pi \cdot d_3^3}{32}$	$W_t \approx \frac{\pi \cdot d_3^3}{16}$

Slika 11. Geometrijske karakteristike poprečnih presjeka.

TOLERANCIJE PROMJERA VRATILA NA POZICIJI LEŽAJA



Toleranca promjera vratila na koju se navlači ležaj:

	Tip ležaja			Toleranca
	Radikalni kuglični	Radikalni valjkasti i konični	Radikalni samodresivi cilindrično valjkasti	
Promjer osovine [mm]	≤ 18	—	—	j5
	18) ... 100	≤ 40	≤ 40	k5
	100) ... 140	40) ... 100	40) ... 65	m5
	140) ... 200	100) ... 140	65) ... 100	m6
	—	140) ... 200	100) ... 140	n6
	—	—	140) ... 200	p6

Slika 12. Tolerancije promjera vratila na poziciji ležaja.

