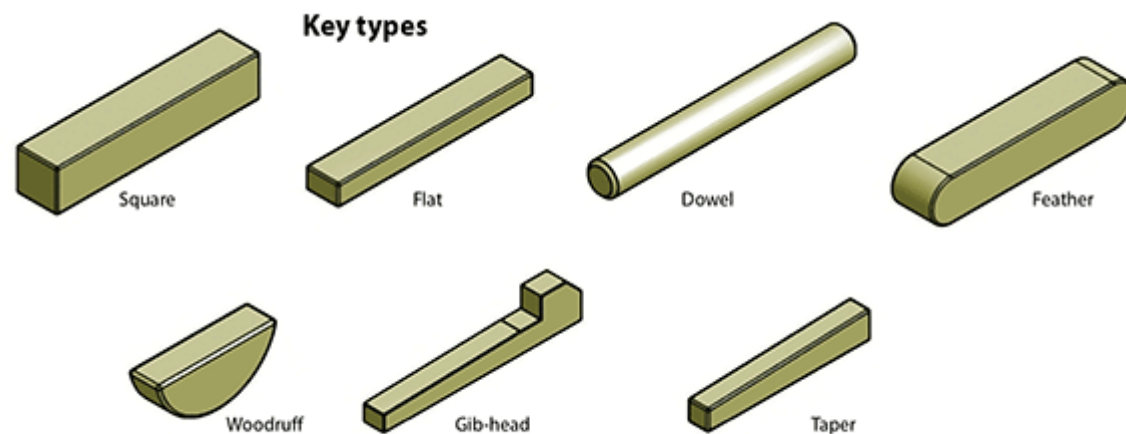


# Спојеве вратила и елемената који се постављају на њих



Спојеви вратила и елемената, који се постављају на њих, користе се за преношење:

- обртних момената,
- радијалних сила и
- аксијалних сила

са вратила на део који се налази на њему (зупчаник, ланчаник, каишник и сл.) и обратно.

Спојеви се могу остварити на три различита начина:

- помоћу посебних елемената,
- помоћу посебног облика додирних површина и
- помоћу трења на месту додира (пресовани и стезни спојеви).

## Веза посредством посебних елемената

- Веза вратила и делова који се постављају на њега, посредством посебних елемената, се остварује **клиновима**.
- Клинови служе за везу вратила или осовина са зупчаницима, ланчаницима, каишницима и сличним елементима, при чему се посредством њих доводи или одводи обртни момент.

## Веза посредством посебних елемената

Везе са клином се могу поделити на две групе и то на:

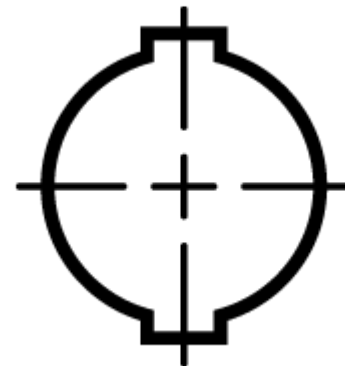
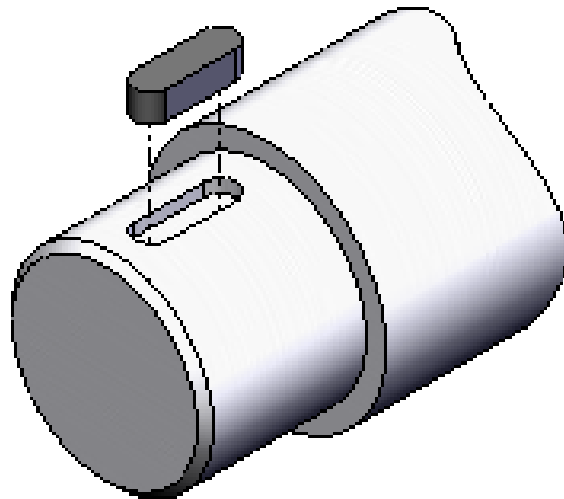
■ **ненапрегнуте везе**, које се остварују посредством призматичних и сегментних клинова и

■ **напрегнуте везе**, које се остварују клиновима са нагибом, фрикционим или тангентним клиновима.



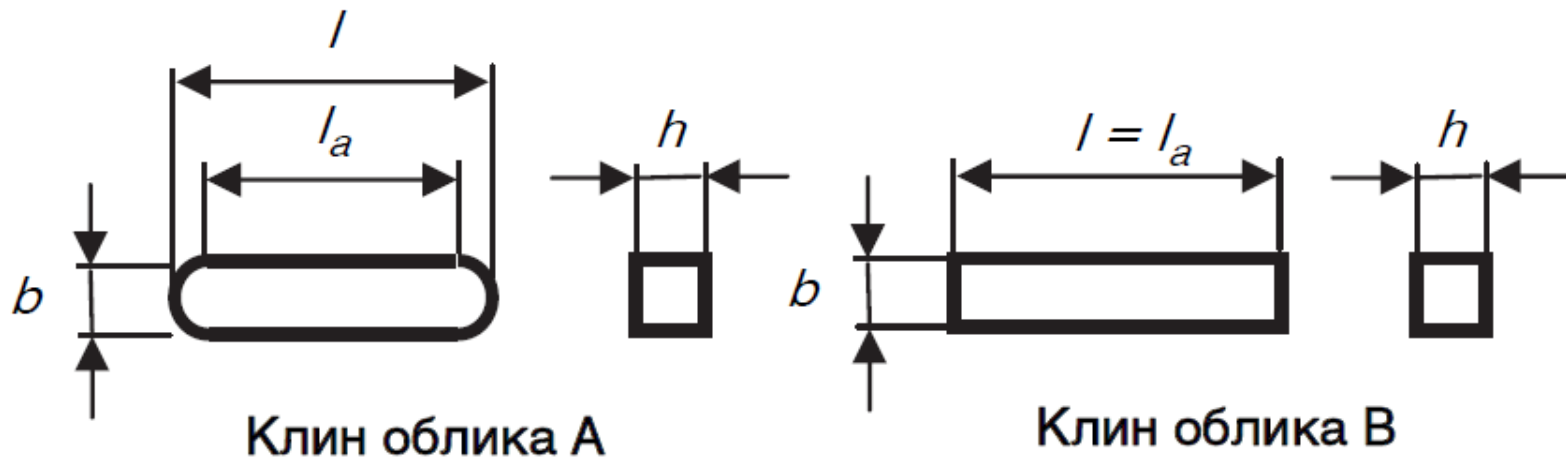
## Веза посредством посебних елемената

Сви клинови су стандардизовани. Обично се веза остварује посредством једног клина, међутим, при великим обртним моментима постављају се два до три клина, под углом од  $180^\circ$  односно  $120^\circ$ .



## Клинови без нагиба

- Пошто је висина и ширина клинова прописана стандардом, у зависности од пречника вратила, **претходни** прорачун се своди на одређивање дужине клина, а **завршни** на проверу напона, односно, степена сигурности при усвојеној дужини клина.

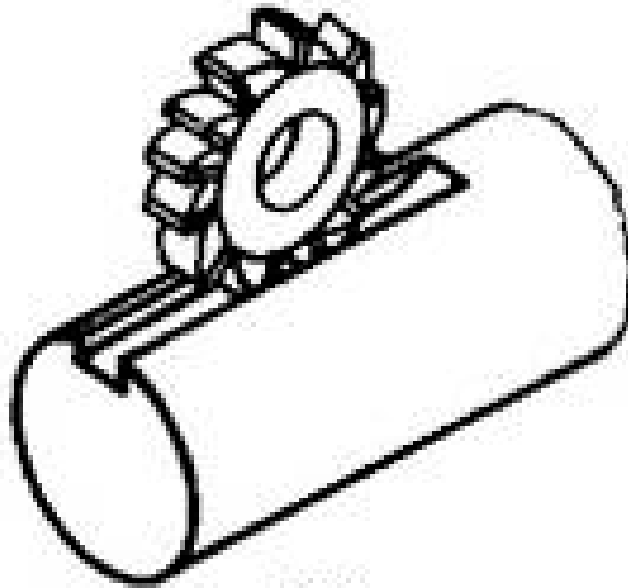


## Клинови без нагиба

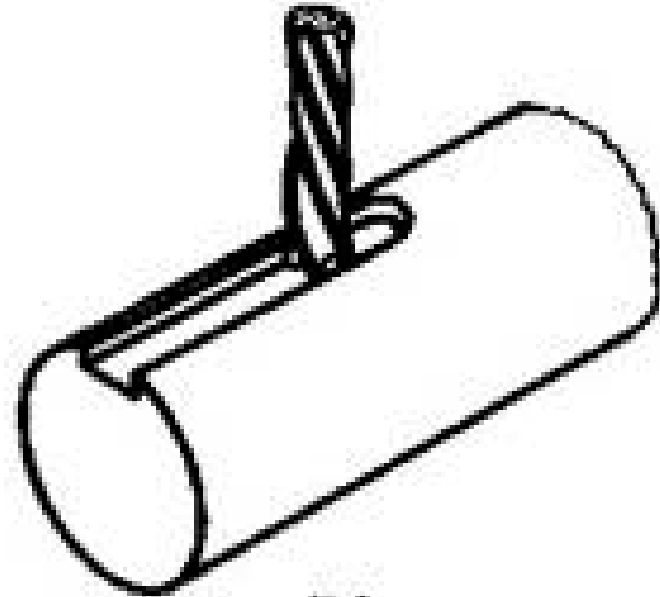
Табела 4.11: Димензије стандардних клинова у mm (SRPS M.C2.060)

Пречник вратила  $d$  од до	Мере клина						Мере жлеба						
	$b$ h9	$h$ h11	$r$	$l$ h14 од до		$b$	$t$		$t_1$			$r_1$	
							вратило		главчина				
				са заз. и преклоп.			са зazorом		са преклопом				
6 8	2	2	0,2	6	20	2	1,1		1,0		0,6		0,2
8 10	3	3	0,2	6	36	3	1,7	+0,1	1,4		1,0		0,2
10 12	4	4	0,2	8	45	4	2,4		1,7	+0,1	1,3		0,2
12 17	5	5	0,2	10	56	5	2,9		2,2		1,8		0,2
17 22	6	6	0,4	14	70	6	3,5		2,6		2,1	+0,1	0,4
22 30	8	7	0,4	18	90	8	4,1		3,0		2,4		0,4
30 38	10	8	0,4	22	110	10	4,7		3,4		2,8		0,4
38 44	12	8	0,5	28	140	12	4,9		3,2		2,6		0,5
44 50	14	9	0,5	36	160	14	5,5	+0,2	3,6		2,9		0,5
50 58	16	10	0,5	45	180	16	6,2		3,9		3,2		0,5
58 65	18	11	0,5	50	200	18	6,8		4,3		3,5		0,5
65 75	20	12	0,6	56	220	20	7,4		4,7		3,9	+0,2	0,6
75 85	22	14	0,6	63	250	22	8,5		5,6		4,8		0,6
85 95	25	14	0,6	70	280	25	8,7		5,4		4,6		0,6
95 110	28	16	0,8	80	310	28	9,9		6,2		5,4		0,8

**Клинови без нагиба**



(a)



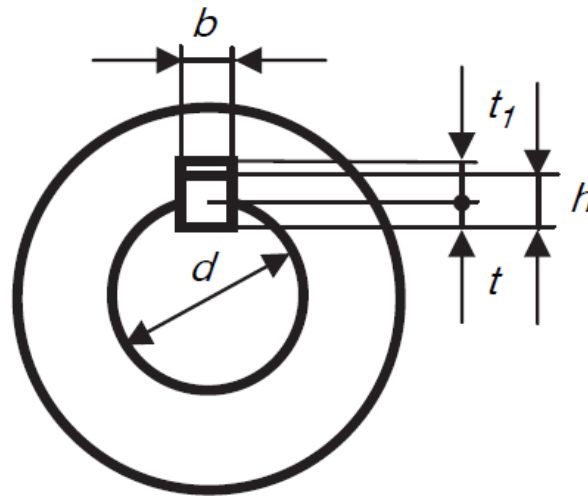
(b)



## Клинови без нагиба - претходни прорачун

■ Претходни прорачун клинова без нагиба своди се на прорачун дужине клина која се одређује на основу притиска на месту додира клина и главчине, односно, клина и вратила

$$p = \frac{F}{A} = \frac{2TC_A}{dl_a h_a} \leq p_{doz} = \frac{p_K}{S_{pmin}} = \frac{R_{eH}}{S_{pmin}}$$



## Клинови без нагиба - претходни прорачун

одакле следи да је

$$l_a = \frac{2TC_A}{dh_a p_{doz}} = \frac{2TC_A S_{pmin}}{dh_a R_{eH}}$$

$T$  - обртни момент који се преноси клином,

$C_A$  - фактор удара ( $C_A = 1$  - за рад без удара,  $C_A = 1,2 - 1,7$  - за мале ударе и  $C_A = 1,8 - 2,6$  - за велике ударе),

$d$  - пречник вратила на које је постављен клин,

$l_a$  - активна (радна) дужина клина.

За клинове облика А:  $l_a = l - b$  где је  $b$  - ширина клина.

За клинове облика В:  $l_a = l$ .

$h_a$  - активна висина клина

$h_a = h - t - r$  или  $h_a = t - r$

## Клинови без нагиба - завршни прорачун

■ Завршни прорачун клинова без нагиба своди се на прорачун степена сигурности на површински притиска на месту додира клина и главчине, односно, клина и вратила по обрасцу

$$S_p = \frac{p_k}{p} = \frac{R_{eH}}{p} \geq S_{pmin}$$

$R_{eH}$  - напон на граници течења за слабији материјал (клин - главчина или клин - вратило),  
 $p$  - притисак на месту контакта

$$p = \frac{F}{A} = \frac{2TC_A}{d l_a h_a}$$

$S_{pmin}$  - минимална вредност степена сигурности на површински притисак ( $S_{pmin} = 2,8 - 3,5$ ).

## Чивије (округли клинови)

- Чивије представљају посебну групу клинова, намењених за преношење **малих обртних момената**, који су, због свог цилиндричног облика, **једноставни за израду** и, што је посебно важно, захтевају израду једноставног жлеба за клин.



## Чивије (округли клинови)

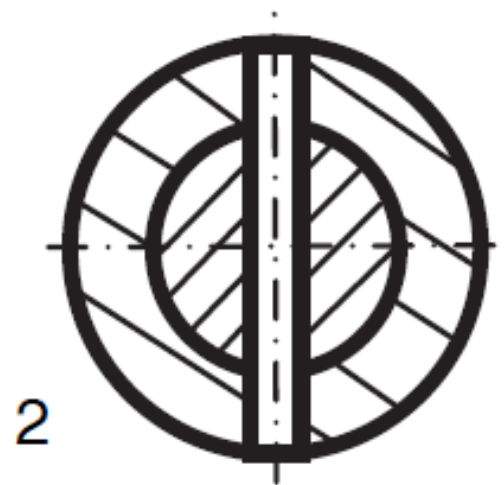
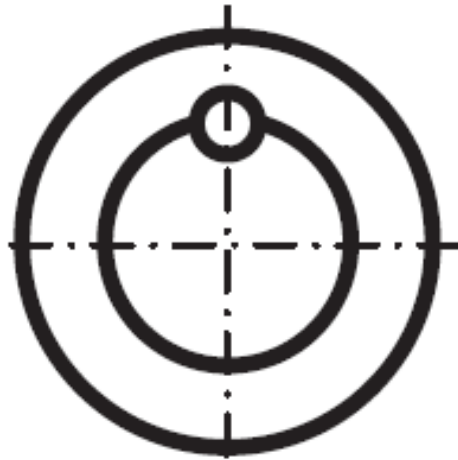
■ Међутим, и поред те једноставности они се ређе користе јер је те жлебове (дуге отворе), обично, потребно **бушити у склопу, у монтираном стању**, што компликује производњу па се из тог разлога ређе примењују.



## Чивије (округли клинови)

Округли клинови се могу поставити:

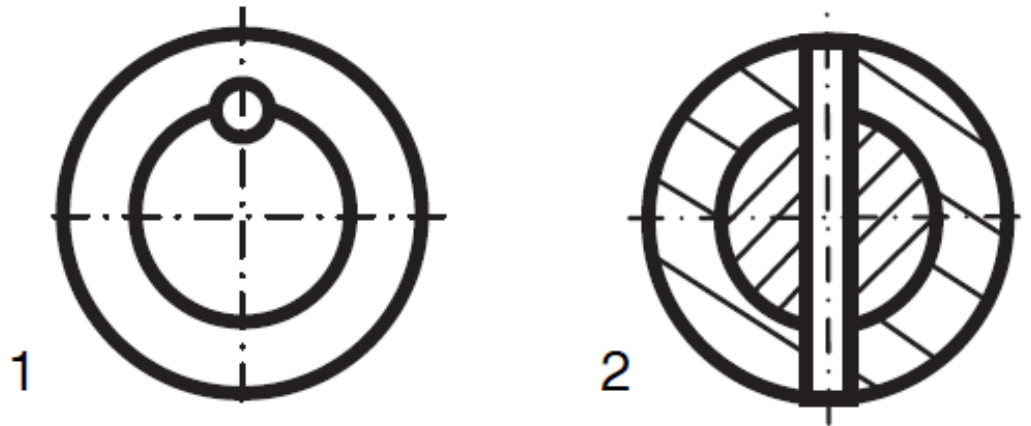
- паралелно са осом вратила и
- управно на осу.



## Чивије (округли клинови)

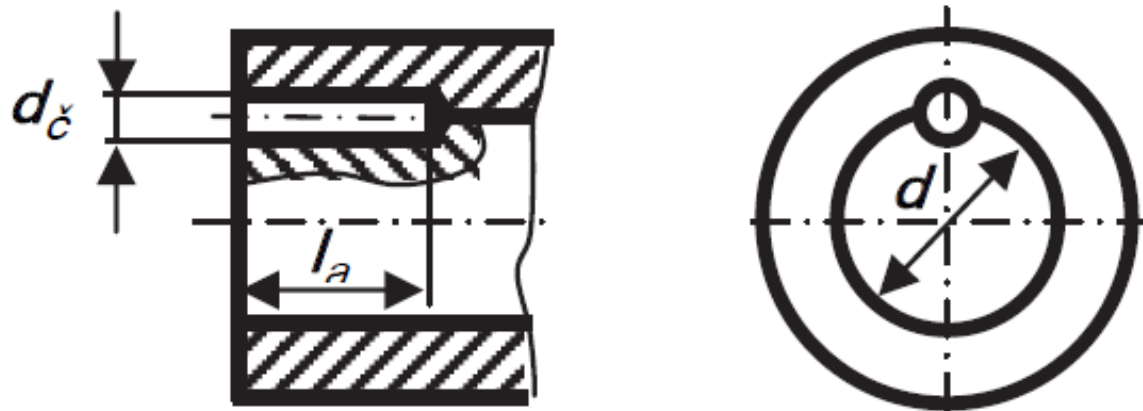
■ Пречник округлог клина се усваја у зависности од пречника вратила на које се поставља ( $d_{\zeta} = (0,2 - 0,25) d$ ) пошто би сувише велики пречник клина значајно ослабио вратило.

■ Клинови који се постављају паралелно са осом вратила прорачунавају се на **површински притисак**, док се клинови који се постављају управно на осу вратила прорачунавају на **смицање и површински притисак**.



## Чивије (округли клинови) – претходни прорачун

■ Претходни прорачун паралелно постављених округлих клинова своди се на прорачун дужине клина која се одређује на основу притиска на месту додира клина и главчине, односно, клина и вратила.



$$p = \frac{F}{A} = \frac{2TC_A}{dl_a h_a} = \frac{4TC_A}{dl_a d_с} \leq p_{doz} = \frac{p_K}{S_{pmin}} = \frac{R_{eH}}{S_{pmin}}$$



## Чивије (округли клинови) – претходни прорачун

### ■ Претходни прорачун паралелно постављених округлих клинова

$$l_a = \frac{4TC_A}{dd_{\check{c}} p_{doz}} = \frac{4TC_A S_{pmin}}{dd_{\check{c}} R_{eH}}$$

$T$  - обртни момент који се преноси клином,

$C_A$  - фактор удара ( $C_A = 1$  - за рад без удара,  $C_A = 1,2 - 1,7$  - за мале ударе и  $C_A = 1,8 - 2,6$  - за велике ударе),

$d$  - пречник вратила на које је постављен клин,

$l_a$  - активна (радна) дужина клина,

$d_{\check{c}}$  - пречник округлог клина.

$S_{pmin}$  - минимална вредност степена сигурности на површински притисак ( $S_{pmin} = 2,8 - 3,5$ ).

$R_{eH}$  - напон на граници течења за слабији материјал (клин - главчина или клин - вратило)

## Чивије (округли клинови) – завршни прорачун

■ **Завршни прорачун паралелно постављених округлих клинова** своди се на прорачун степена сигурности на површински притиска на месту додира клина и главчине, односно, клина и вратила по обрасцу

$$S_p = \frac{p_K}{p} = \frac{R_{eH}}{p} \geq S_{pmin}$$

$R_{eH}$  - напон на граници течења за слабији материјал (клин - главчина или клин - вратило),  
 $p$  - притисак на месту контакта

$$p = \frac{F}{A} = \frac{2TC_A}{dl_a h_a}$$

$S_{pmin}$  - минимална вредност степена сигурности на површински притисак ( $S_{pmin} = 2,8 - 3,5$ ).

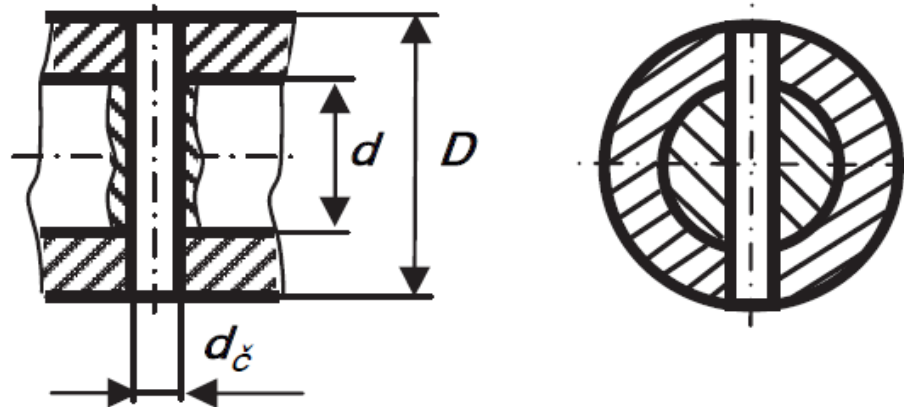
## Чивије (округли клинови) – претходни прорачун

■ Претходни прорачун управно постављених округлих клинова своди се на прорачун пречника главчине (дужине клина) која се одређује на основу емпиријских образаца:

$d_{\zeta} = (0,2 - 0,25)d$  пошто би сувише велики пречник чивије значајно ослабио вратило,

$D = (1,5 - 2) d$  за главчину од челика или челичног лива, односно,

$D = 2,5 d$  за главчину од сивог лива.



## Чивије (округли клинови) – завршни прорачун

■ **Завршни прорачун управно постављених округлих клинова** своди се на прорачун степена сигурности на површински притиска на месту додира клина и главчине

$$S_p = \frac{p_k}{p} = \frac{R_{eH}}{p} \geq S_{pmin}$$

$R_{eH}$  - напон на граници течења за слабији материјал (клин - главчина),

$p$  - притисак на месту контакта

## Чивије (округли клинови) – завршни прорачун

### ■ Завршни прорачун управно постављених округлих клинова

$$p = \frac{F}{A} = \frac{4TC_A}{d_{\check{c}}(D^2 - d^2)}$$

$T$  - Обртни момент који се преноси клином,

$C_A$  - Фактор удара ( $C_A = 1$  - за рад без удара,  $C_A = 1,2 - 1,7$  - за мале ударе и  $C_A = 1,8 - 2,6$  - за велике ударе),

$d_{\check{c}}$  - пречник чивије,

$d$  - пречник вратила на које је постављена чивија,

$D$  - спољашњи пречник главчине,

$S_{pmin}$  - минимална вредност степена сигурности на површински притисак ( $S_{pmin} = 2,8 - 3,5$ )

## Чивије (округли клинови) – завршни прорачун

■ **Завршни прорачун управно постављених округлих клинова, на месту додира клина и вратила:**

$$S_p = \frac{p_K}{p} = \frac{R_{eH}}{p} \geq S_{pmin}$$

$R_{eH}$  - напон на граници течења за слабији материјал (клин - главчина),  
 $p$  - притисак на месту контакта

## Чивије (округли клинови) – завршни прорачун

### ■ Завршни прорачун управно постављених округлих клинова

$$p = \frac{F}{A} = \frac{6TC_A}{d_{\check{c}} d^2}$$

$T$  - Обртни момент који се преноси клином,

$C_A$  - Фактор удара ( $C_A = 1$  - за рад без удара,  $C_A = 1,2 - 1,7$  - за мале ударе и  $C_A = 1,8 - 2,6$  - за велике ударе),

$d_{\check{c}}$  - пречник чивије,

$d$  - пречник вратила на које је постављена чивија,

$S_{pmin}$  - минимална вредност степена сигурности на површински притисак ( $S_{pmin} = 2,8 - 3,5$ )

## Чивије (округли клинови) – завршни прорачун

■ **Завршни прорачун управно постављених округлих клинова, прорачун степена сигурности на смицање:**

$$S_{\tau} = \frac{\tau_K}{\tau} \geq S_{\tau \min}$$

$\tau_K$  - критични напон на смицање,

за статичко оптерећење  $\tau_K = \tau_{TM}$ ,

за динамичко оптерећење за  $R = 0$   $\tau_K = \tau_{D(0)}$ ,

за  $R = -1$   $\tau_K = \tau_{D(-1)}$ .

$\tau$  - напон на смицање



## Чивије (округли клинови) – завршни прорачун

### ■ Завршни прорачун управно постављених округлих клинова

$$\tau = \frac{F}{A_{\tau}} = \frac{4TC_A}{d_{\check{c}}^2 \pi d}$$

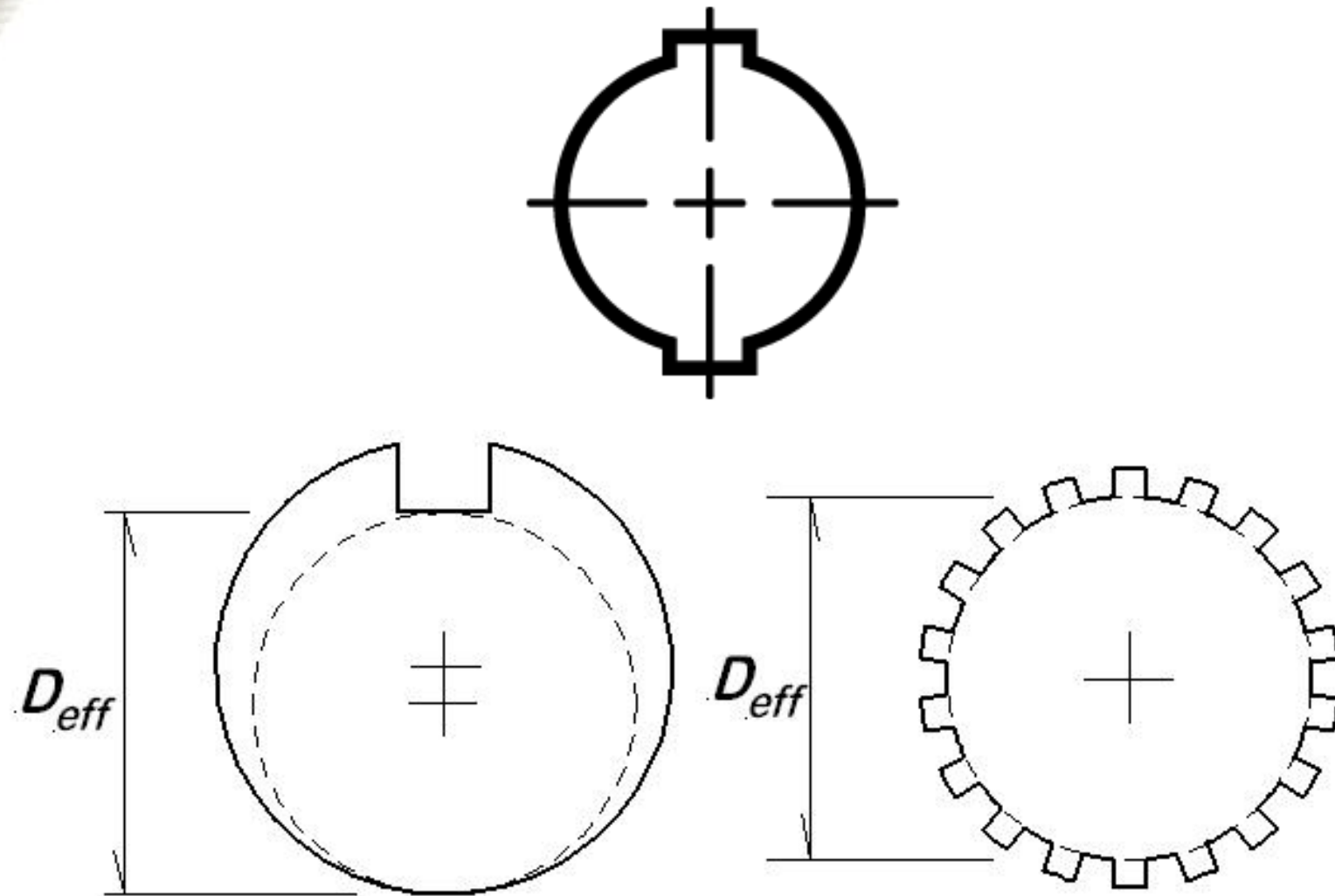
$T$  - Обртни момент који се преноси клином,

$C_A$  - Фактор удара ( $C_A = 1$  - за рад без удара,  $C_A = 1,2 - 1,7$  - за мале ударе и  $C_A = 1,8 - 2,6$  - за велике ударе),

$d_{\check{c}}$  - пречник округлог клина.

$S_{\tau min}$  - минимална вредност степена сигурности на смицање,  $S_{\tau min} = 1,5 - 2$

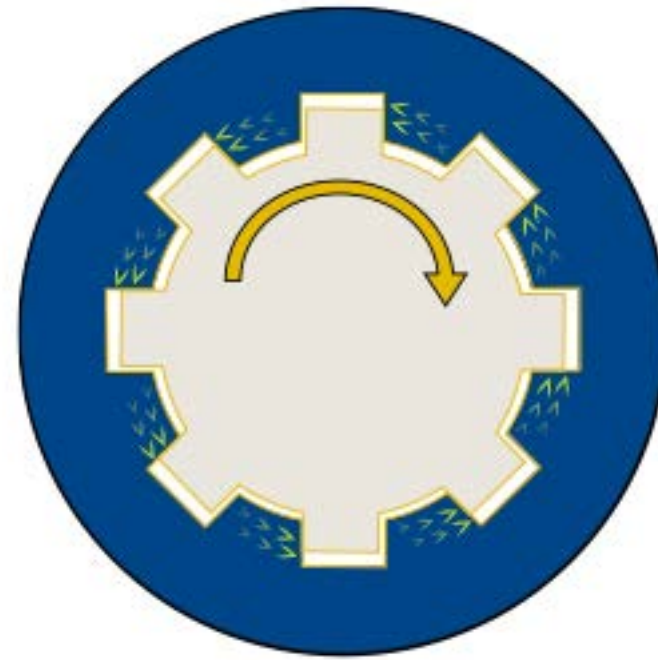
## Ожлебљена вратила



## Ожлебљена вратила



*Key & Keyway*



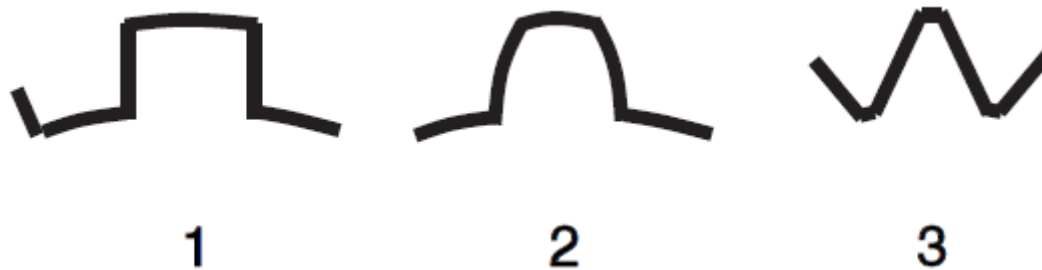
*Spline*

## Ожлебљена вратила

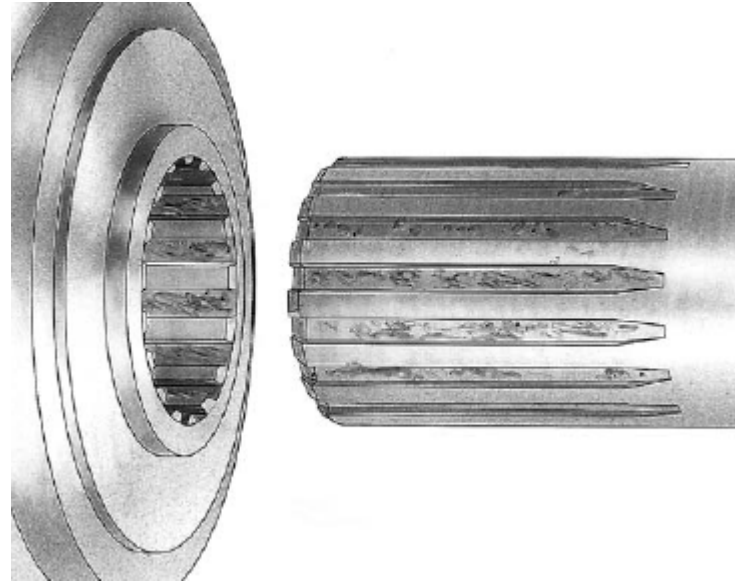
■ Код одговорних машинских конструкција веома често се уместо клинова користе **ожлебљена вратила**, због веће носивости и веће поузданости.

Она се користе како код непокретних тако и код покретних веза. У зависности од **облика профила** разликују се ожлебљена вратила са

- четвртастим,
- еволвентним и
- троугластим профилем.



## Ожлебљена вратила



## Ожлебљена вратила



## Ожлебљена вратила



## Ожлебљена вратила

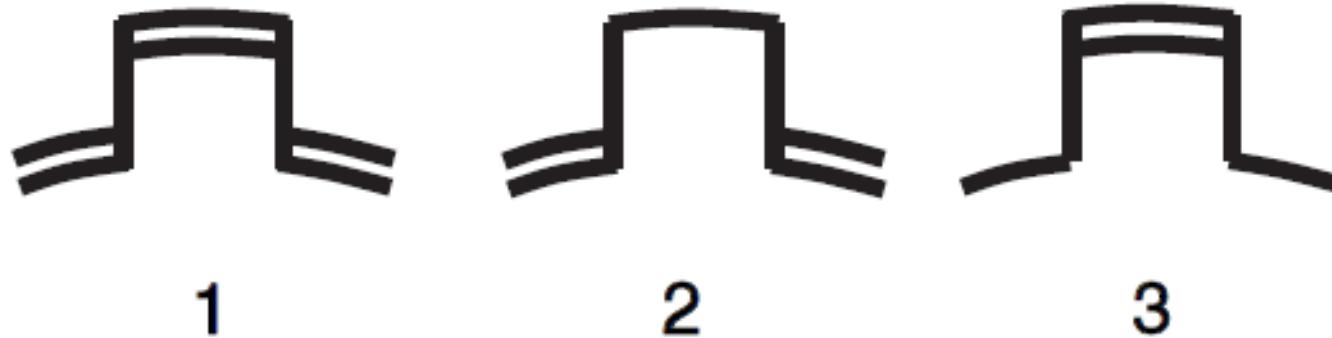




## Ожлебљена вратила

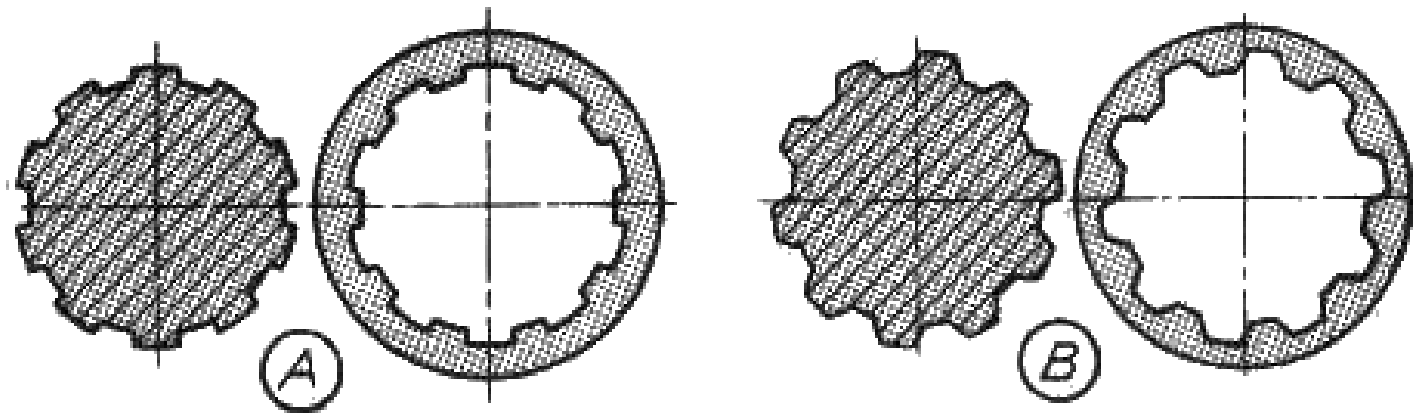
У зависности од **начина центрирања** ожлебљених вратила са четвртастим профилем жлеба, разликује се центрирање по:

- бочним странама,
- спољашњем пречнику и
- унутрашњем пречнику.



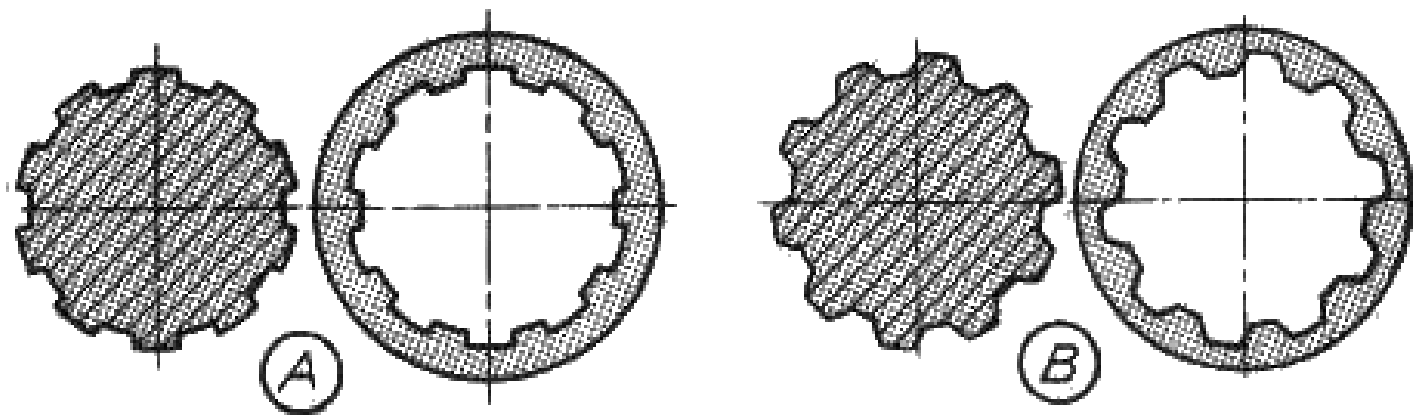
## Ожлебљена вратила

■ **Ожлебљења са четвртастим профилем** могу да се центрирају посредством бочних страница, спољашњег или унутрашњег пречника. Четвртасти профил има релативно велику примену захваљујући донекле једноставној изради мада има малу чврстоћу подножја зупца.

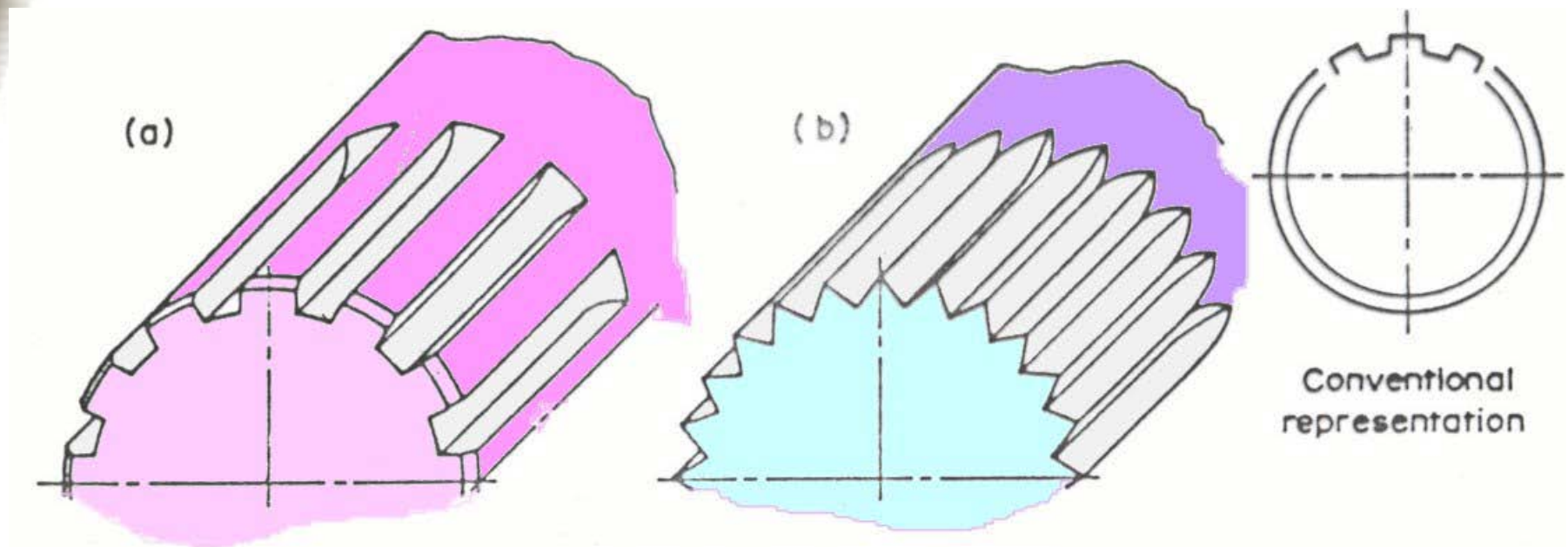


## Ожлебљена вратила

■ **Ожлебљења са еволвентним профилем** центрирају се посредством бочних страница или спољашњег пречника. Еволвентни профил има велику примену захваљујући великој чврстоћи подножја зупца и донекле једноставној изради.



## Ожлебљена вратила



## Ожлебљена вратила

- **Ожлебљена вратила са троугластим профилем** се најчешће примењује при мањим оптерећењима и при недостатку простора за смештај неког другог ожлебљења. Трошкови израде су релативно ниски а њиховом израдом се најмање ослабљује вратила и главчине. Иначе, овај профил се користи искључиво за непокретне везе. Центрирање се врши само посредством бочних страница.
- Контактне површине ожлебљених вратила и ожлебљеног отвора се најчешће термички обрађују (мада и не морају) чиме се знатно **повећава отпорност на хабање** и уопште њихова чврстоћа.

## Ожлебљена вратила

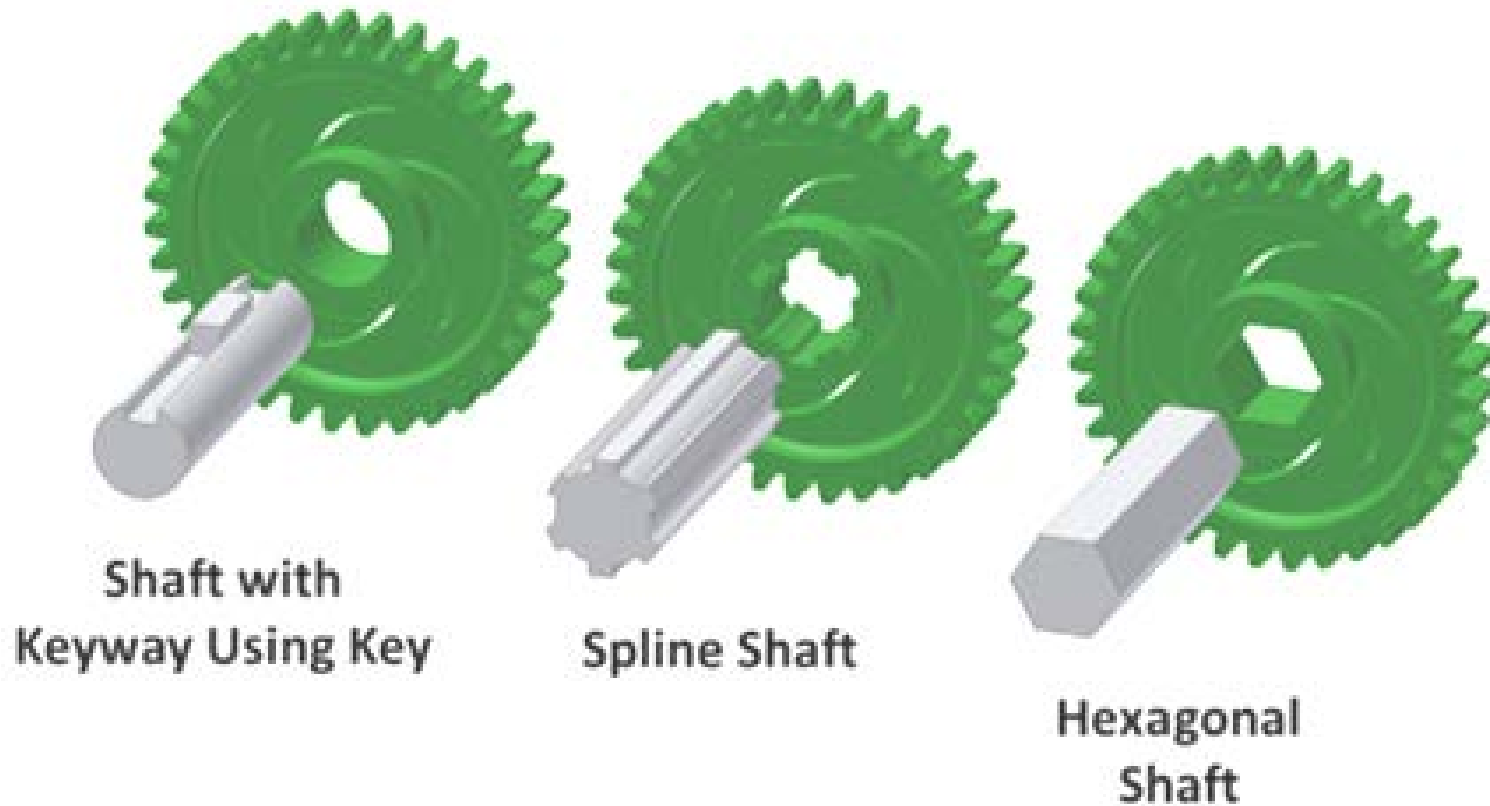
■ Прорачун ожлебљених спојева се врши на површински притисак, мада су они изложени и на смицање, а покретни спојеви и на хабање. Прорачун се врши по обрасцу

$$p = \frac{F}{A} = \frac{F_t \xi_r C_A}{z h_a l_a} = \frac{2T \xi_r C_A}{z h_a l_a d_{sr}} \leq p_{doz}$$

$T$  - обртни момент који се преноси клином,  
 $C_A$  - фактор удара ( $C_A = 1$  - за рад без удара,  $C_A = 1,2 - 1,7$  - за мале ударе и  $C_A = 1,8 - 2,6$  - за велике ударе),  
 $z$  - број жлебова (зубаца) који се усваја према стандарду,  
 $h_a$  - активна висина спрегнутих површина зубаца,  
 $l_a$  - активна дужина спрегнутих бокова зубаца,  
 $d_{sr}$  - средњи пречник спрегнутих површина зубаца,  
 $\xi_r$  - степен неравномерне расподеле оптерећења на бокове зубаца

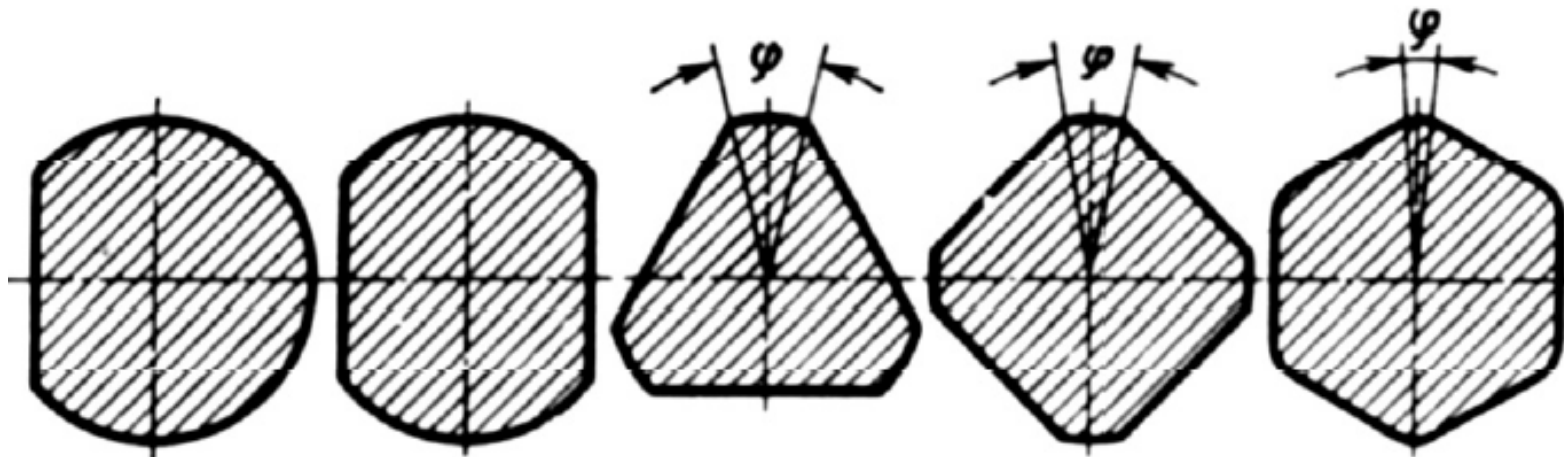
## Специјални облици вратила

■ За преношење мањих обртних момената, или за стварање веома поузданих спојева користе се специјални облици вратила.



## Специјални облици вратила

■ Овим се, уз релативно једноставну обраду, постиже висока поузданост споја. Овакав начин спајања се користи и **код неких процесних машина и апарата, код којих се захтева често растављање и прање, тј. где се не смеју задржати никакве нечистоће.** Због свог једноставног облика они су посебно погодни за такву намену.





## Специјални облици вратила



## Специјални облици вратила



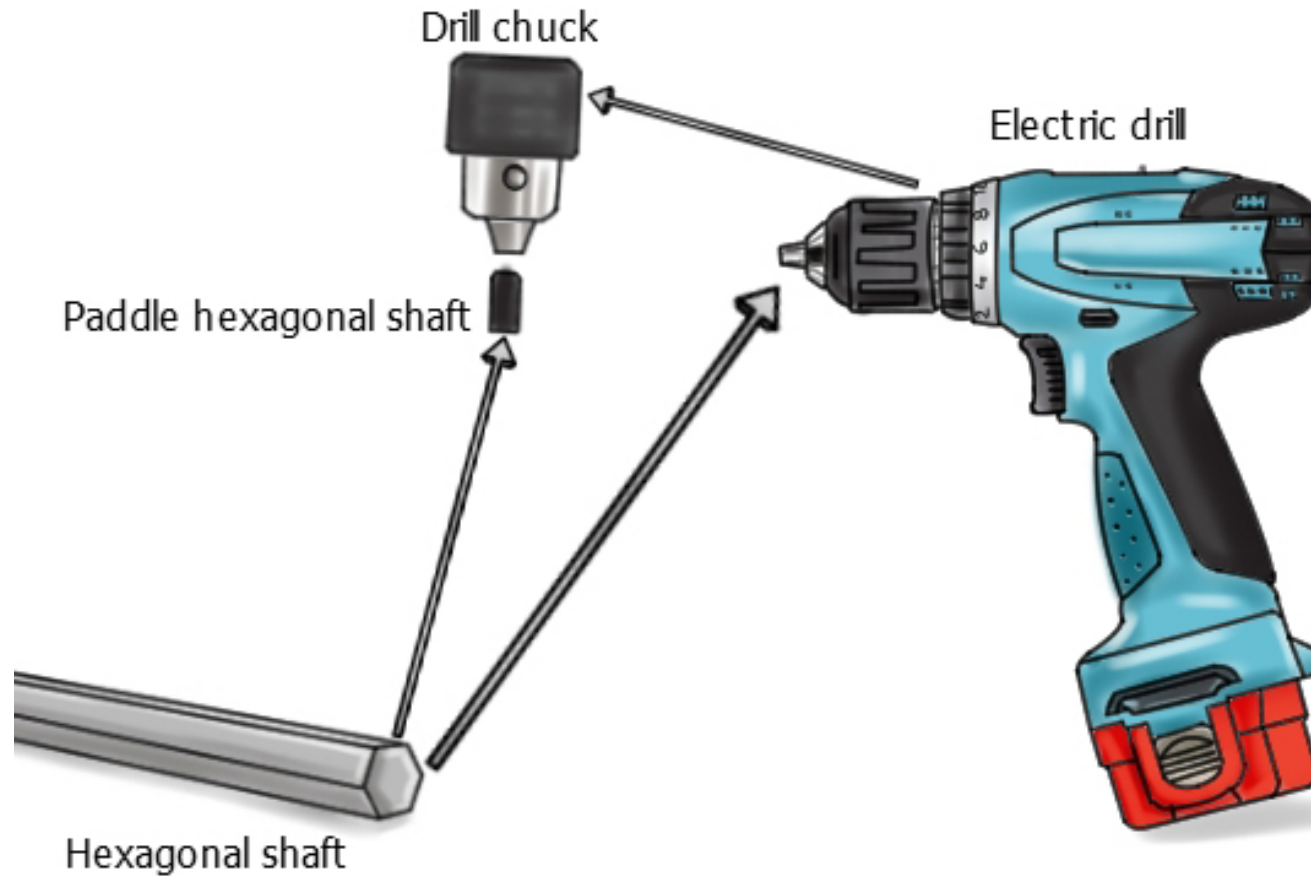
## Специјални облици вратила



## Специјални облици вратила



## Специјални облици вратила

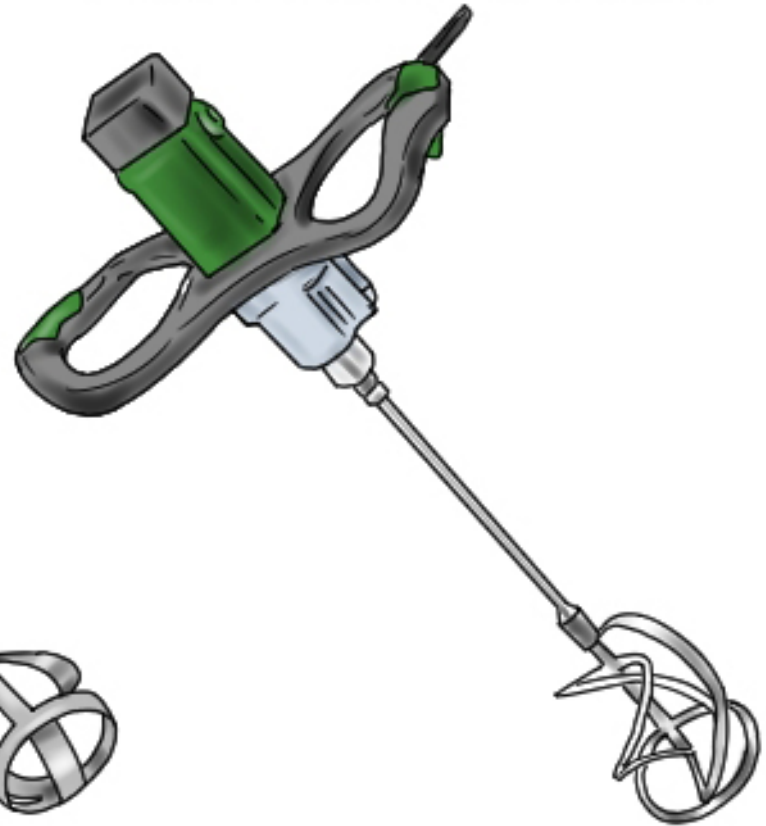


## Специјални облици вратила

Hand held mixers



Electric drills



# Питања ...

