

# *ELEMENTOS DE MÁQUINAS (SEM 0241)*

Notas de Aulas v.2020

*Lista de exercícios- aula 09 – União eixo cubo encaixada*

Professor: Carlos Alberto Fortulan

Ex9.1- Dimensionar a união por chaveta plana que transmite o momento torçor de 3000 kgf.cm, cubo e eixo são de aço, diâmetro do eixo  $d=40\text{mm}$ , largura da engrenagem  $l_e=30\text{mm}$ , pressão admissível do material da chaveta  $p_{adm}=8\text{ kgf/mm}^2$ .

Cubo aço ABNT 1030, tab 11.4,  $p_{adm}=88\text{MPa}$

Eixo aço ABNT 1050, tab 11.4,  $p_{adm}=120\text{MPa}$

a) Pre dim cubo

$$L = x\sqrt[3]{Mt} = 0,4\sqrt[3]{3000} = 5,8\text{cm} = 58\text{mm}$$

$$D = d + 2(S' + t_2) = 4 + 2(y'\sqrt[3]{Mt} + t_2) = 4 + 2(0,13\sqrt[3]{3000} + 0,32) = 8,4\text{cm} = 84\text{mm}$$

b) Dimensionamento parcial da chaveta

$$b=12\text{mm}, h=8\text{mm}, t_2=3,2\text{mm}, t_1=4,9\text{mm}$$

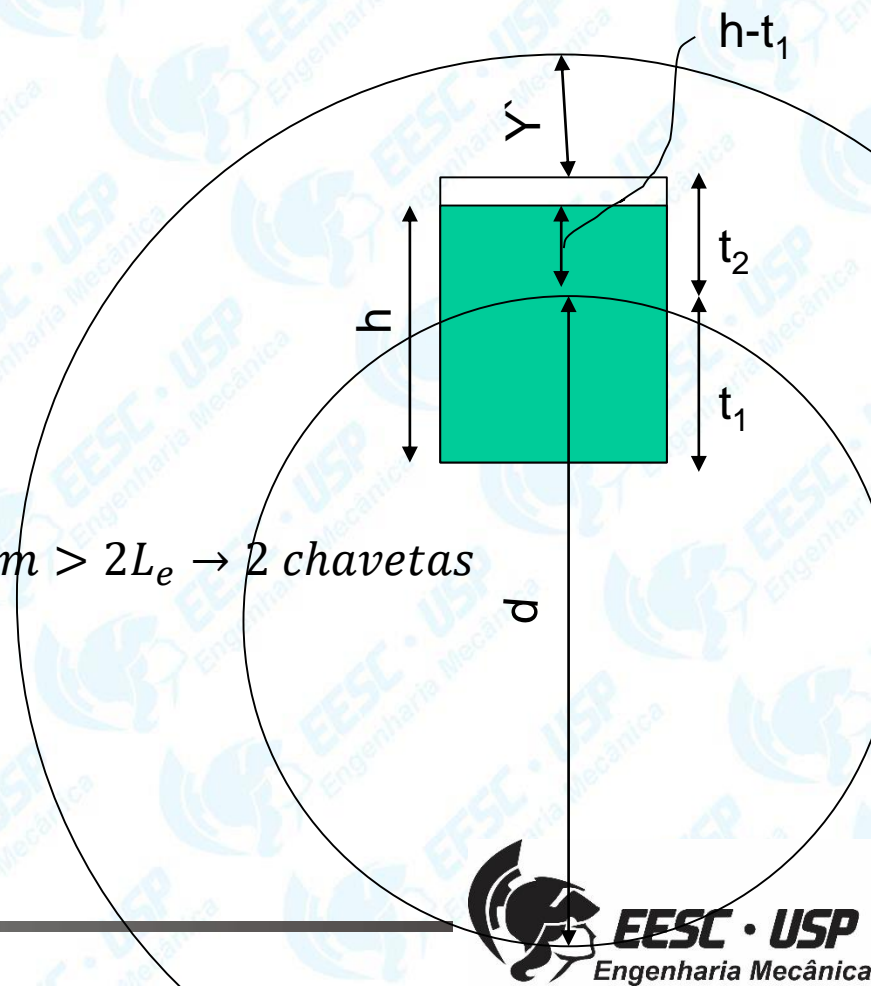
b) Cálculo do  $L_{\min}$

$$L_{\min} = \frac{2 \cdot M_t}{(h - t_1) \cdot d \cdot p_{adm} \cdot i}$$

$$L_{\min} = \frac{2 \cdot 3000}{(8 - 4,9) \cdot 4 \cdot 8 \cdot 1} = \frac{\text{kgf} \cdot \text{cm}}{\text{mm} \cdot \text{cm} \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}} = 60,5\text{mm} > 2L_e \rightarrow 2 \text{ chavetas}$$

p/ 2 chavetas

$$L_{\min} = \frac{2 \cdot 3000}{(8 - 4,9) \cdot 4 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,75} = 40\text{mm}$$



**b) Esmagamento do cubo ( + crítica  $(h-t_1) < t_2$  ) :**

$$P_{cubo} = \frac{U}{(h-t_1).L} = \frac{2.M_t}{(h-t_1).L.d} \leq P_{adm}$$

$$P_{cubo} = \frac{2.3000}{(8-4,9).80.0,75.4} = \frac{kgf.cm}{mm.mm.cm} = \frac{8Kgf}{mm^2} < P_{adm\ cubo} < 8,8\ kgf/mm^2$$

ABNT 1030 ✓

**c) Esmagamento do eixo :**

$$P_{eixo} = \frac{U}{t_1.L} \leq P_{adm}$$

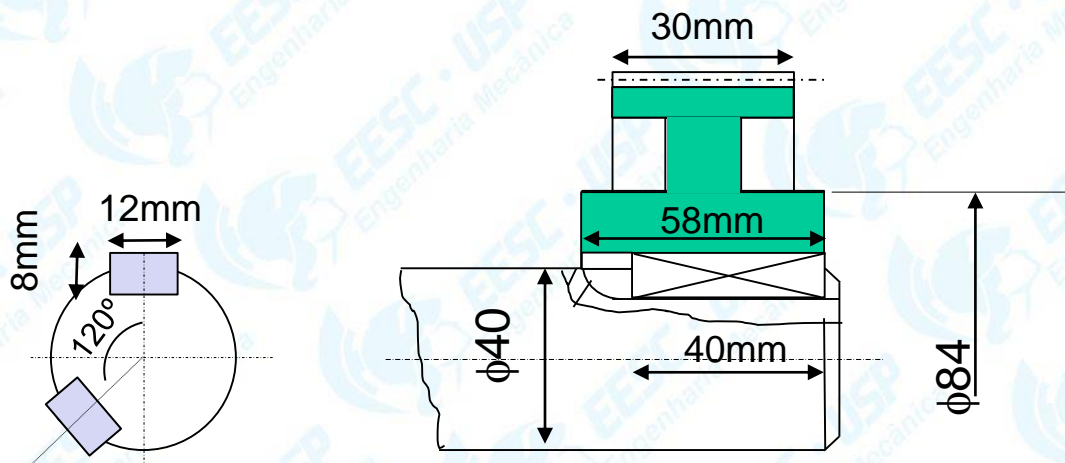
$$P_{eixo} = \frac{2.3000}{4,9.80.0,75.4} = 5,1 \frac{kgf}{mm^2} < P_{adm\ eixo} < 12\ kgf/mm^2$$

ABNT 1050 ✓

**d) Cisalhamento chaveta :**

$$\tau = \frac{U}{b.L} \leq \tau_{adm}$$

$$\tau = \frac{2.3000}{12.80.0,75.4} = 2,08 \frac{kgf}{mm^2} < \tau_{adm\_chaveta} < P_{adm} \cdot 0,577 = 8.0,577 = 4,6\ kgf/mm^2$$



Ex. 9.2- Em uma barra de aço de  $\varnothing 47$  mm deve ser executado um entalhado para colocação de uma engrenagem de ferro fundido cujo cubo tem  $L=40$ mm de comprimento, a pressão específica admissível do cubo é  $5\text{kgf/mm}^2$ . Qual o máximo momento torçor que pode ser transmitido se o funcionamento é com choques.

$$\text{DIN 5462} \rightarrow d_i=42; d_e=46; i=8; b=9\text{mm}; M_{10}= 159 \text{ kfg.cm/mm}$$

$$d_m=(d_i+d_e)/2=(42+46)/2=44\text{mm}$$

$$h=(d_e-d_i)/2=(46-42)/2=2\text{mm}$$

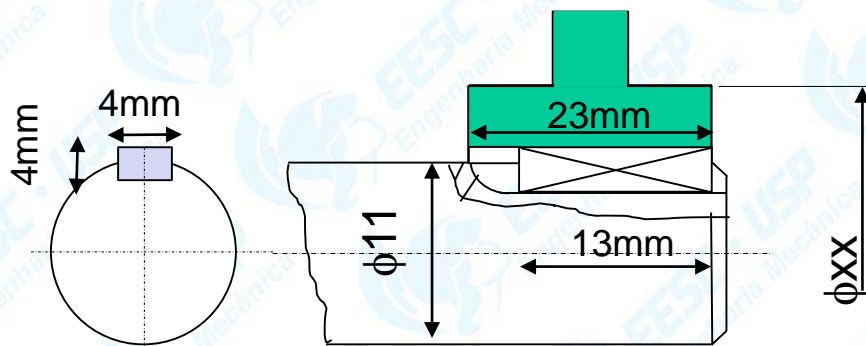
$$L_{\min} = \frac{M_t}{0,75 \cdot p_{adm} \cdot h \cdot i \cdot r_m}$$

$$M_t \leq 40 \cdot 0,75 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 8 \cdot \left(\frac{44}{2}\right) \leq \text{mm} \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \text{mm} \cdot \text{mm} = 52800 \text{kgf} \cdot \text{mm} = 4280 \text{kgf} \cdot \text{cm}$$

$$M_{adm} = \alpha \cdot L \cdot M_{10} \cdot \left(\frac{P_{adm}}{P_{10}}\right) = 1272 \text{ kgf} \cdot \text{cm} \quad M_{adm} = 0,4 \cdot 40 \cdot 159 \cdot \left(\frac{5}{10}\right) = 1272 \text{ kgf} \cdot \text{cm} \quad \text{mm} \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$M_{t\_max} = M_{t\_adm} = 1272 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

Ex. 9.3- O motor trifásico, IP55W21 da WEG 0,16HP, 1130 rpm tem seu eixo de saída o diâmetro de 11mm x L23 equipado com chaveta plana de b=4mm e h=4mm e L=14mm. Supondo que o motor irá operar com torque constante, dimensione o cubo de uma polia feita em alumínio fundido liga MgAl9 cuja pressão admissível é 300 kgf/cm<sup>2</sup>. Verificar se para esta aplicação o motor como fabricado atende as solicitações. Supor que o eixo seja fabricado com o aço ABNT 1040 e a chaveta ABNT 1020.



iii { Dimensão da chaveta

i) 
$$M_t = 7130 \cdot \frac{N(HP)}{n(rpm)} = \text{---} (N.m)$$

$X=0,70$

$Tab 18.1 \rightarrow L = x \cdot \sqrt[3]{M_t} \leq 23$  (Weg ofere

ii) 
$$L_{min} = \frac{2 \cdot M_t}{(h - t_1) \cdot d \cdot p_{adm} \cdot i}$$

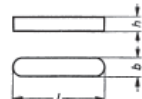
$L_{min} \leq 14$  (Weg oferece)

Mitnehmervverbindungen ohne Anzug  
Paßfedern Nuten  
hohe Form

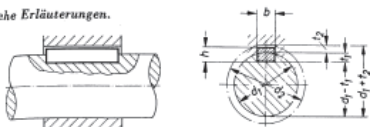
DIN  
6885  
Blatt 1

Zusammenhang mit einer in Vorbereitung befindlichen ISO-Empfehlung siehe Erläuterungen.

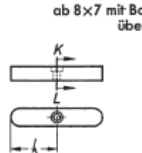
Form A rundstirnig<sup>1)</sup>



Form B geradstirnig<sup>1)</sup>



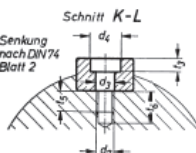
Form C rundstirnig



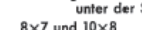
Form D geradstirnig



Bohrung für Halteschraube

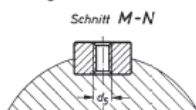


Form E rundstirnig mit Bohrungen für 2 Halteschrauben<sup>2)</sup>

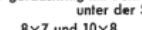


ab 12x8 zusätzlich mit Gewindebohrung für 1 oder 2 Abdrückschrauben

Bohrung für Abdrückschraube

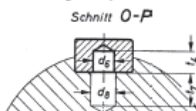


Form F geradstirnig mit Bohrungen für 2 Halteschrauben<sup>2)</sup>

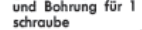


ab 12x8 zusätzlich mit Gewindebohrung für 1 oder 2 Abdrückschrauben

Bohrung für Spannhülse



Form G geradstirnig mit Schrägung und Bohrung für 1 Halteschraube



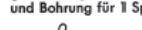
Form H geradstirnig mit Schrägung und Bohrungen für 2 Halteschrauben



Nutformen für Wellen



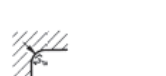
Form J geradstirnig mit Schrägung und Bohrung für 1 Spannhülse



Kantenbrechung (allseitig)  
Schrägung Rundung  
(nach Wahl des Herstellers)



Rundung des Nutgrundes  
für Welle und Nabe



Parallel keys, deep pattern, dimensions and application

Maße in mm

Paßfeder-Querschnitt (Kleistahl nach DIN 6880)	Breite b	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100																																																														
Höhe h	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100																																																											
Für Wellendurchmesser d1 über	6	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130	150	170	200	230	260	290	330	380	440	500																																																														
Für Wellendurchmesser d2 bis	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85	95	110	130	150	170	200	230	260	290	330	380	440	500																																																															
Wellennut	Breite b1)	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100																																																														
	Tiefe f1)	1,2	1,8	2,5	3	3,5	4	5	5,5	6	7	7,5	9	9	10	11	12	13	15	17	20	20	22	25	28	31	36	40	45	50																																																											
	mit Rückenspiel	zul. Abw. +0,1																																																																																							
Nabennut	Breite b2)	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	56	63	70	80	90	100																																																														
	Tiefe f2)	1	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3	3,3	3,3	3,8	4,3	4,4	4,9	5,4	5,4	6,4	7,4	8,4	9,4	10,4	11,4	12,4	14,4	14,4	15,4	17,4	19,8																																																														
	bei Obermaß	zul. Abw. +0,1																																																																																							
	bei Untermaß	zul. Abw. +0,2																																																																																							
	a	—																																																																																							
	d2 Kleinmaß	d1 +	4	5	6	8	8	8	8	9	11	11	12	14	14	16	18	21	23	26	28	32	36	40	45	50																																																															
	Schrägung oder Rundung	min.	0,16	0,25	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	0,8	0,8	1	1	1	1	1,2	1,6	1,6	2,5																																																																						
	r1	max.	0,25	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	0,8	0,8	1	1	1	1	1,2	1,6	1,6	2,5																																																																							
	Rundung des Nutgrundes	min.	0,16	0,25	0,40	0,60	0,60	0,60	0,8	0,8	1	1	1	1	1,2	1,6	1,6	2,5																																																																							
	r2	max.	0,25	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	0,8	0,8	1	1	1	1	1,2	1,6	1,6	2,5																																																																							
	Länge l)	zul. Abw. Nut	—																																																																																						
	6	0,188	0,423	—																										—																																																											
	8	0,251	0,565	1,01	—																								—																																																												
	10	0,314	0,707	1,26	1,95	—																						—																																																													
	12	0,377	0,848	1,51	2,35	—																				—																																																															
	14	0,440	0,989	1,76	2,75	3,94	—																		—																																																																
	16	0,502	1,13	2,01	3,14	4,52	—																—																																																																		
	18	0,565	1,27	2,26	3,53	5,09	7,93	—														—																																																																			
	20	0,628	1,41	2,51	3,92	5,65	8,80	—												—																																																																					
	22	1,55	2,76	4,32	6,22	8,67	13,8	—										—																																																																							
	25	1,77	3,14	4,91	7,07	11,0	15,7	—								—																																																																									
	28	1,98	3,52	5,50	7,91	12,3	17,6	21,1	—						—																																																																										
	32	2,26	4,02	6,28	9,04	14,1	20,1	24,1	—				—																																																																												
	36	2,54	4,52	7,06	10,2	15,8	22,6	27,1	35,6	—		—																																																																													
	40	5,02	7,85	11,3	15,6	25,1	30,1	39,6	—		—																																																																														
	45	5,65	8,83	12,7	19,8	28,3	33,9	44,5	56,5	—		—																																																																													
	50	9,81	14,1	22,0	31,4	37,2	49,5	62,8	77,7	—		—																																																																													
	56	11,0	15,8	24,6	35,2	42,2	55,4	70,3	87,0	106	—		—																																																																												
	63	17,8	27,7	39,6	47,5	62,3	79,1	97,9	119	152	—		—																																																																												
	70	19,8	30,8	44,0	52,8	69,2	88,0	109	132	169	192	—		—																																																																											
	80	35,2	49,2	69,3	79,1	100	124	151	193	229	281	—		—																																																																											
	90	39,6	56,5	82,8	89,0	113	140	171	218	247	317	407	—		—																																																																										
	100	62,8	75,4	98,9	126	155	188	242	275	352	452	565	—		—																																																																										
	110	69,1	82,9	109	138	171	207	266	302	387	497	622	760	—		—																																																																									
	125	94,2	124	157	194	235	302	343	440	565	706	863	1100	—		—																																																																									
	140	106	138	176	218	264	338	385	492	633	791	967	1240	1540	—		—																																																																								
	160	158	201	249	301	387	460	563	723	904	1110	1410	1760	2080	—		—																																																																								
	180	226	290	339	435	495	633	814	1020	1240	1590	1980	2540	2750	—		—																																																																								
	200	311	377	484	550	703	904	1180	1470	1870	2320	2940	3660	4520	—		—																																																																								
	220	414	532	604	774	995	1240	1520	1940	2420	2860	3370	4180	5520	—		—																																																																								
	250	604	687	880	1130	1410	1730	2210	2750	3250	3830	4750	6280	7880	—		—																																																																								
	280	749	985	1270	1580	1930	2470	3080	3640	4290	5320	7030	8820	11000	—		—																																																																								
	320	1130	1440	1810	2210	2820	3510	4170	4900	6090	7930	10100	12600	—		—																																																																									
	360	1630	2040	2480	3180	3950	4690	5510	6850	9030	11330	14200	—		—																																																																										
	400	2260	2760	3530	4400	5200	6120	7400	10540	12600	15700	—		—																																																																											
	Gewichtabzug für Form A	0,013	0,045	0,108	0,211	0,364	0,755	1,26	1,94	2,97	4,31	6,00	8,09	11,4	14,7	21,1	31,1	43,7	59,3	85,3	118	169	214	298	433	615	844																																																														
	Bohrungen der Paßfeder	d1	3,4	4,5	5,5	6,6	9	11	15	18	20	26	33	—		—																																																																									
		d2	4	5	6	8	10	12	14	16	20	25	30	—		—																																																																									
		d3 H12	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M25	M30	—		—																																																																									
		f1	4	5	6	8	10	12	14	16	20	25	30	—		—																																																																									
		f2	2,4	3,2	4,1	4,8	6	7,3	8,3	11,5	13,5	16	20	—		—																																																																									
		f3	4	5	6	7	8	10	10	12	14	16	20	—		—																																																																									
		d4	4	5	6	7	8	10	10	12	14	16	20	—		—																																																																									
		d5	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M25	M30	—		—																																																																									
		d6	4,5	5,5	6,5	9	11	13	17	21	26	33	40	—		—																																																																									
		f4	4	5	6	7	8	9	9	11	13	15	17	20	22	19	20	24	25	28	—																																																																				
		f5	7	8	10	10	12	11	13	15	17	22	20	22	19	20	24	25	28	—																																																																					
		f6	5	7	8	11	10	12	18	16	20	24	30	—		—																																																																									
		f7	5	7	8	11	10	12	18	16	20	24	30	—		—																																																																									
	Halteschraube (Zylinderschraube nach DIN 84, DIN 798 oder DIN 6912)	M3	M3	M4	M5	M5	M5	M6	M8	M10	M10	M12	M16	M20	M20	M25	M30	M36	M40	M45	M50	M55	—																																																																		
	Spannhülse nach DIN 1481	4x8	5x10	6x12	8x16	10x21	12x24	16x30	20x36	25x42	30x48	36x54	45x63	54x72	63x81	72x90	81x99	90x108	108x126	126x150	150x180	180x216	216x270	270x324	324x360	360x432	432x504	504x576	576x648	648x720	720x810	810x900	900x990	990x1080	1080x1170	1170x1260	1260x1350	1350x1440	1440x1530	1530x1620	1620x1710	1710x1800	1800x1890	1890x1980	1980x2070	2070x2160	2160x2250	2250x2340	2340x2430	2430x2520	2520x2610	2610x2700	2700x2790	2790x2880	2880x2970	2970x3060	3060x3150	3150x3240	3240x3330	3330x3420	3420x3510	3510x3600	3600x3690	3690x3780	3780x3870	3870x3960	3960x4050	4050x4140	4140x4230	4230x4320	4320x4410	4410x4500	4500x4590	4590x4680	4680x4770	4770x4860	4860x4950	4950x5040	5040x5130	5130x5220	5220x5310	5310x5400	5400x5490	5490x5580	5580x5670	5670x5760	5760x5850	5850x5940	5940x



## Spannungsverbindungen mit Anzug

## Keile Nuten

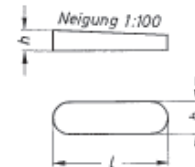
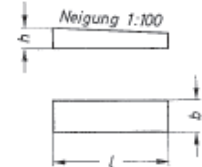
## Abmessungen und Anwendung

DIN

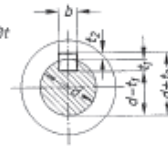
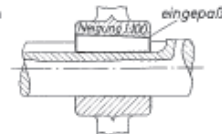
6886

Taper keys, dimensions and application

Zusammenhang mit einer in Vorbereitung befindlichen ISO-Empfehlung siehe Erläuterungen.

**Form A rundstirnig**  
(Einlegekeil)

**Form B geradstirnig**  
(Treibkeil)


Maße in mm



Rundung des Nutgrundes für Welle und Nabe

 Frühere Ausgaben: DIN 141 : 8.22, 7.34  
 DIN 383 : 7.28  
 DIN 490 : 1.24  
 DIN 6886 : 1.46, 2.56

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Deutschen Normenausschusses, Berlin 30, gestattet.

 Bezeichnung eines Keiles Form A, von Breite  $b = 20$  mm, Höhe  $h = 12$  mm und Länge  $l = 125$  mm:

Keil A 20x12x125 DIN 6886

Keilquerschnitt (Keilstahl nach DIN 6880)	Breite $b$		Höhe $h$		Länge $l$		Gewicht (7,85 kg/dm <sup>3</sup> ) kg/1000 Stück für Form B								
	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22		
Für Wellendurchmesser $d$ 1)	über		6	8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75
	bis		8	10	12	17	22	30	38	44	50	58	65	75	85
Nutbreite $\delta$ D10	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22		
Wellennut-Tiefe	$f_1$ 2)	1,2	1,8	2,5	3	3,5	4	5	5	5,5	6	7	7,5	9	
	zul. Abw.			+0,1											+0,2
Nabennut-Tiefe	$f_2$ 2)	0,5	0,9	1,2	1,7	2,2	2,4	2,4	2,4	2,9	3,4	3,4	3,9	4,4	
	zul. Abw.			+0,1											+0,2
Schrägung oder Rundung	$r_1$ min.		0,16			0,25				0,4				0,6	
	max.		0,25			0,4				0,6				0,8	
Rundung des Nutgrundes	$r_2$ max.		0,16			0,25				0,4				0,6	
	min.		0,08			0,16				0,25				0,4	
Länge $l$ 3)	zul. Abw. Keil														
	Nut														
6		0,186													
8		0,246													
10		0,305	0,595	1,24											
12		0,365	0,831	1,46	2,32										
14		0,424	0,965	1,73	2,71										
16		0,482	1,10	1,97	3,09	4,66									
18		0,540	1,23	2,21	3,47	5,01									
20		0,598	1,37	2,45	3,84	5,90	8,66								
22			1,50	2,69	4,22	6,11	9,52								
25			1,69	3,04	4,78	6,92	10,8	15,3							
28			1,87	3,39	5,24	7,73	12,1	17,3							
32			2,14	3,86	6,08	8,93	13,7	19,7	23,5						
36			2,39	4,32	6,81	9,86	15,4	22,1	26,5						
40			2,63	4,77	7,54	10,9	17,1	24,3	29,4	38,7					
45				5,34	8,45	12,2	19,1	27,5	33,0	43,4	55,2				
50	-0,3	+0,3		9,32	13,5	21,2	30,4	36,5	46,1	61,2	75,9				
56					10,4	15,1	23,6	33,9	40,7	53,6	68,4	84,8	103		
63						16,8	26,4	38,0	45,6	60,0	76,5	95,1	116	149	
70						18,6	29,2	42,0	50,4	66,5	84,8	105	128	165	
80							35,2	47,7	67,3	85,5	120	145	188		
90							37,0	53,3	64,0	84,6	108	134	163	211	
100							58,8	70,4	93,5	119	148	181	233		
110							64,3	77,2	102	131	163	198	256		
125								86,9	115	147	183	223	289		
140								95,3	125	163	204	248	322		
160	-0,5	+0,5							144	185	231	281	365		
180										296	376	471	607		
200											283	345	449		
220												376	480		
250													530		
Gewichtszug für Form A		0,013	0,043	0,104	0,203	0,351	0,724	1,29	1,84	2,81	4,06	5,66	7,62	10,7	

 Fortsetzung der Tabelle Seite 2  
 Anmerkungen und Fußnoten siehe Seite 2

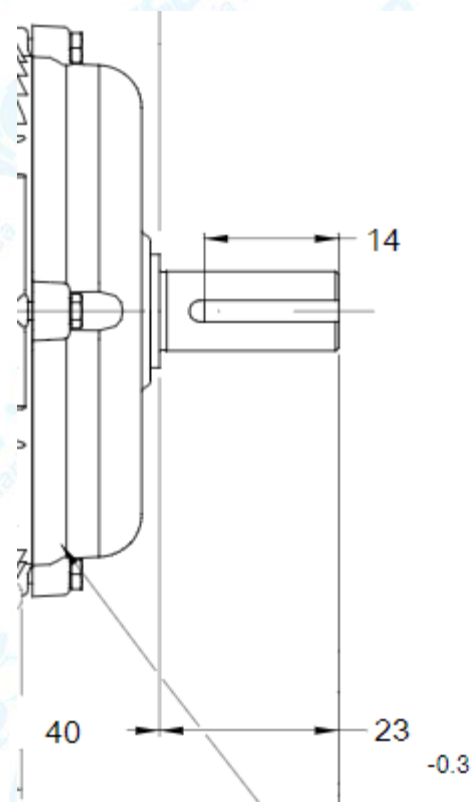
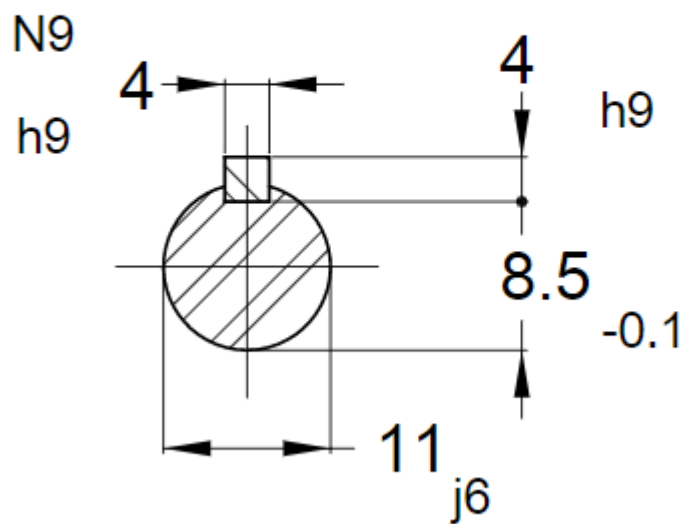
 Fortsetzung Seite 2  
 Erläuterungen Seite 2

Arbeitsausschuß Keile im Deutschen Normenausschuß (DNA)

W22 IR3 Premium 0.16 cv 4P 63 3F 220/380 V 60 Hz IC411 - TFVE - B3D

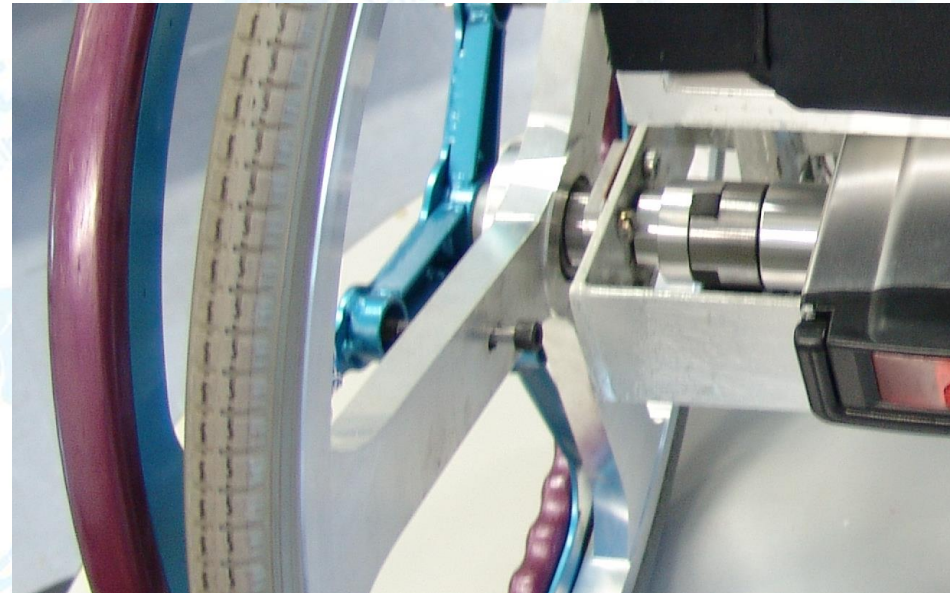
DETALHES DO PRODUTO SOBRE O PRODUTO CENTRAL DE DOWNLOADS PRODUTOS RELACIONADOS

## Ponta de eixo Dianteira



Ex. 9.3- Uma cadeira servoassistida teve se eixo acoplada a saída de um redutor que transmite torque de 10N.m em cada roda. Determinar a união eixo cubo (por parafuso, transversal e chaveta) para a transmissão da rodagem sendo o eixo em aço de  $\phi$  16mm com cubo em alumínio liga 6063 T6, (AlMgSi), cuja pressão admissível é 41 MPa.

Dimensione a borracha (spider) para opção acoplamento jaw.



$$\alpha = 21,8 \times 10^{-6} \text{ m/m}\Delta T$$

$$\mu \text{ aço/alumínio} = 0,23$$

Fazer equivalência à um cubo de aço dutil

Parafuso allen M8, (DIN 912 / ISO 4762)  $F_{\max} = 23630\text{N}$

Torque:  $M_t = F \cdot d \cdot K$ ,  $K_{\max} = 0,2$ ;  $K_{\min} = 0,13$

Medola FO (2013). Projeto conceitual e protótipo de uma cadeira de rodas servo-assistida. Dissertação de Mestrado.