

Výpočet silových spojů hřídele s nábojem

- i Výpočet: A = OK; B = OK
- ii Informace o projektu

1.0 Společné vstupní údaje

1.1	Jednotky výpočtu	Imperial (lb, in, HP...)	
1.2	Zatížení spoje		
1.3	Přenašený výkon	P	15,00 [HP]
1.4	Otáčky hřídele	n	1000,0 [/min]
1.5	Krouticí moment	T	78,78 [lb ft]
1.6	Axiální síla	F _A	100,0 [lb]
1.7	Způsob zatížení, provozní parametry		
1.8	Charakter pohonu	Rovnoměrný	
1.9	Typ zatížení	Plynulý	
1.10	Charakter provozu	Jednosměrný	
1.11	Počet rozběhů v tisících	100	
1.12	Předběžný návrh průměru hřídele		
1.13	Vnitřní průměr dutého hřídele	d ₀	0,500 [in]
1.14	Požadovaná bezpečnost		1,70
1.15	Minimální průměr hřídele	d _{min}	0,905 [in]

1.16	Materiál hřídele (min. - max. pevnost v tahu)		
1.17	A ... Konstrukční ocel (50 - 100)	60	[ksi]
1.18	Mez pevnosti v tahu	R _m	60,0 [ksi]
1.19	Mez kluzu	R _e	34,8 [ksi]
1.20	Dovolené napětí v krutu	τ _D	24,4 [ksi]
1.21	Dovolený tlak	p _D	13,5 [ksi]
1.22	Modul pružnosti v tahu	E	30500 [ksi]
1.23	Poissonovo číslo	ν	0,30
1.24	Součinitel tepelné roztažnosti	α	6,50 [10 ⁻⁶ /°F]
1.25	Materiál náboje (min. - max. pevnost v tahu)		
1.26	F ... Tvárná litina (50 - 115)	50	[ksi]
1.27	Mez pevnosti v tahu	R _m	50,0 [ksi]
1.28	Mez kluzu	R _e	30,0 [ksi]
1.29	Dovolený tlak	p _D	19,5 [ksi]
1.30	Modul pružnosti v tahu	E	24700 [ksi]
1.31	Poissonovo číslo	ν	0,28
1.32	Součinitel tepelné roztažnosti	α	5,00 [10 ⁻⁶ /°F]

A Nalisovaný spoj

2.0 Návrh rozměrů spoje

2.1	Parametry spoje		
2.2	Soustava uložení	Soustava jednotné díry	
2.3	Způsob montáže	Lisování příčně (za tepla)	
2.4	Čistota stykových ploch	Odmastěné povrchy	
2.5	Pokovení stykových ploch	Nepokovené povrchy	
2.6	Součinitel tření	μ	0,12 0,12
2.7	Požadovaná bezpečnost proti prokluzu		1,40
2.8	Požadovaná pevnostní bezpečnost		1,40
2.9	Zatížení spoje		
2.10	Provozní koeficient	K _S	1,00 1,00
2.11	Provozní krouticí moment	T _S	78,78 [lb ft]
2.12	Celkové provozní zatížení spoje	F _S	1 264,47 [lb]

2.13 Předběžný návrh

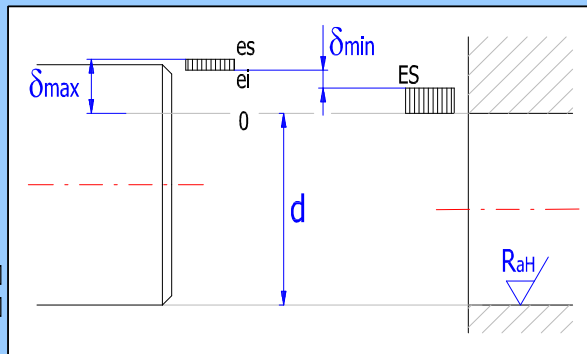
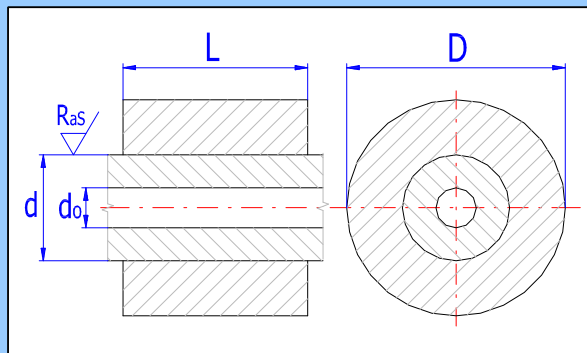
ID.	d	D	L	Uložení
1.	1.5000	3.3750	2.0000	FN 1

2.14	Rozměry spoje		
2.15	Vnitřní průměr dutého hřídele	d ₀	0,5 [in]
2.16	Minimální průměr hřídele	d _{min}	0,905 [in]
2.17	Průměr hřídele	d	1,500 [in]
2.18	Vnější průměr náboje	D	3,375 [in]
2.19	Drsnost povrchu hřídele	R _{aS}	16,00 [μin]
2.20	Drsnost povrchu díry náboje	R _{aH}	32,00 [μin]
2.21	Funkční délka spoje	L	2,000 [in]

2.22 Návrh a volba uložení

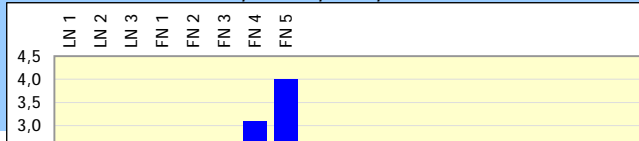
2.23	Automatický návrh uložení	FN 1	
2.24	Doporučené uložení	<input checked="" type="checkbox"/>	
2.25	Horní úchylna náboje	ES	0,60 [10 ⁻³ in]
2.26	Dolní úchylna náboje	EI	0,00 [10 ⁻³ in]
2.27	Horní úchylna hřídele	es	1,30 [10 ⁻³ in]
2.28	Dolní úchylna hřídele	ei	0,90 [10 ⁻³ in]

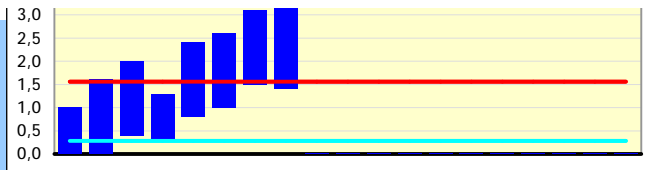
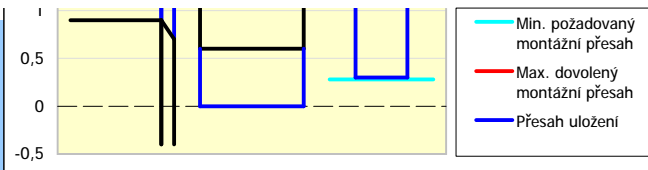
2.29 Mezní úchylny a rozsah montážního přesahu zvoleného uložení



2.30	Sednutí spoje	0,04 [10 ⁻³ in]
2.31	Min. požadovaný montážní přesah	0,28 [10 ⁻³ in]
2.32	Minimální přesah uložení	delta_min 0,30 [10 ⁻³ in]
2.33	Max. dovolený montážní přesah	1,56 [10 ⁻³ in]
2.34	Maximální přesah uložení	delta_max 1,30 [10 ⁻³ in]

2.35 Rozsah montážních přesahů pro doporučené uložení

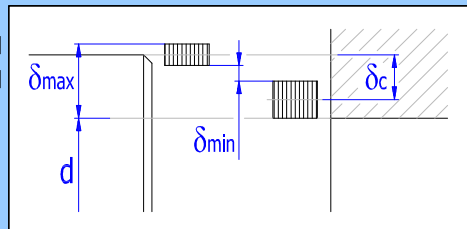




3.0 Únosnost, pevnostní kontroly a montážní parametry spoje

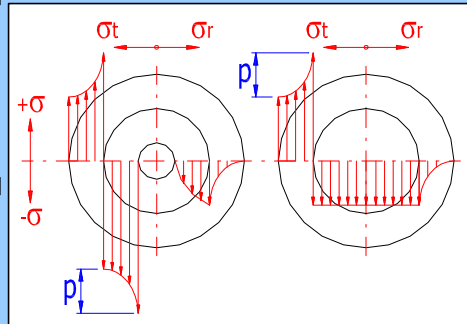
3.1 Únosnost spoje

		dc	dmin	dmax		
3.2	Montážní přesah	δ	0,80	0,30	1,30	[10^{-3} in]
3.3	Efektivní přesah	Δd	0,76	0,26	1,26	[10^{-3} in]
3.4	Stykový tlak	p	4,9	1,7	8,2	[ksi]
3.5	Třecí síla spoje	F_f	5583	1920	9247	[lb]
3.6	Bezpečnost proti prokluzu		4,42	1,52	7,31	



3.7 Pevnostní kontrola náboje

3.8	Zvětšení vnějšího průměru	ΔD	0,33	0,11	0,55	[10^{-3} in]
3.9	Dovolené napětí v tahu	σ_D	30			[ksi]
3.10	Srovnávací napětí na vnějším průměru		2,4	0,8	4,0	[ksi]
3.11	Srovnávací napětí na vnitřním průměru		10,7	3,7	17,8	[ksi]
3.12	Bezpečnost		2,80	8,14	1,69	



3.13 Pevnostní kontrola hřídele

3.14	Zmenšení vnitřního průměru	Δd_0	0,18	0,06	0,30	[10^{-3} in]
3.15	Dovolené napětí v tahu	σ_D	34,8			[ksi]
3.16	Srovnávací napětí na vnějším průměru		5,7	1,9	9,4	[ksi]
3.17	Srovnávací napětí na vnitřním průměru		11,1	3,8	18,4	[ksi]
3.18	Bezpečnost		3,13	9,11	1,89	

3.19 Kontrola spoje na otláčení

3.20	Dovolený stykový tlak	p_D	13,5	[ksi]
3.21	Max. stykový tlak	p_{max}	8,2	[ksi]
3.22	Bezpečnost		1,65	

3.23 Kontrola hřídele na krut

3.24	Dovolené napětí v krutu	τ_D	24,4	[ksi]
3.25	Srovnávací napětí	τ	2,9	[ksi]
3.26	Bezpečnost		8,45	

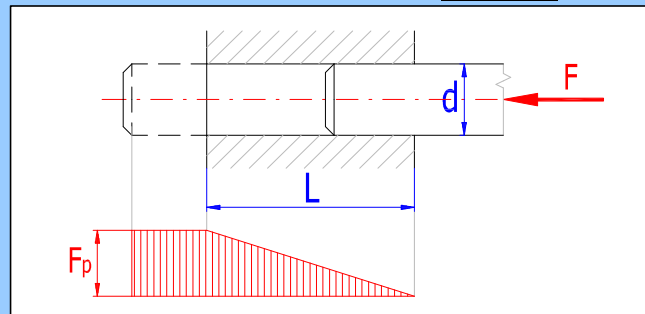
3.27 Montážní parametry spoje

3.28 Lisování příčné (za tepla)

3.29	Uložení	S maximálním přesahem		
3.30	Montážní vůle	c	0,0015	[in]
3.31	Součinitel tepelné roztažnosti :			
3.32	- materiál náboje (ohřev)	α_H	5	[$10^{-6}/^{\circ}F$]
3.33	- materiál hřídele (ohřev)	α_S	6,5	[$10^{-6}/^{\circ}F$]
3.34	- materiál hřídele (ochlazení)	α_{Sc}	5	[$10^{-6}/^{\circ}F$] <input checked="" type="checkbox"/>
3.35	Stanovení potřebné teploty ohřevu náboje			
3.36	Teplota hřídele	T_S	68,0	[$^{\circ}F$]
3.37	Požadovaná teplota náboje	T_H	441,3	[$^{\circ}F$]
3.38	Stanovení potřebné teploty ochlazení hřídele			
3.39	Teplota náboje	T_H	200,0	[$^{\circ}F$]
3.40	Požadovaná teplota hřídele	T_S	-173,3	[$^{\circ}F$]

3.41 Lisování podélné (za studena)

3.42	Uložení	S maximálním přesahem		
3.43	Potřebná lisovací síla	F_p	0	[lb]



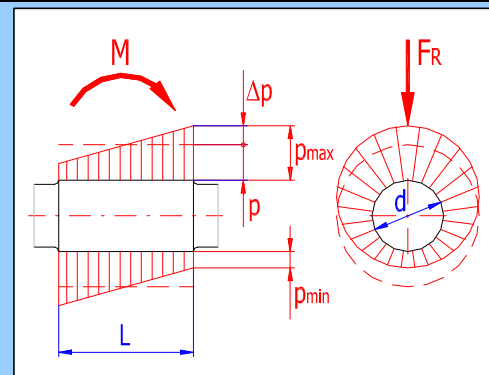
4.0 Kontrola spoje namáhaného přidavným zatížením

4.1 Zatížení spoje

4.2	Přídavná radiální síla	F_R	500,00	[lb]
4.3	Přídavný ohybový moment	M	20,00	[lb ft]
4.4	Amplituda tlaku	Δp	0,26	[ksi]

4.5 Kontrola spoje

		dc	dmin	dmax		
4.6	Střední stykový tlak	p	4,9	1,7	8,2	[ksi]
4.7	Max. dovolený stykový tlak	p_{maxD}	13,8			[ksi]
4.8	Maximální stykový tlak	p_{max}	5,2	2,0	8,4	[ksi]
4.9	Bezpečnost		2,66	7,06	1,64	
4.10	Min. dovolený stykový tlak	p_{minD}	0,4			[ksi]
4.11	Minimální stykový tlak	p_{min}	4,7	1,4	7,9	[ksi]



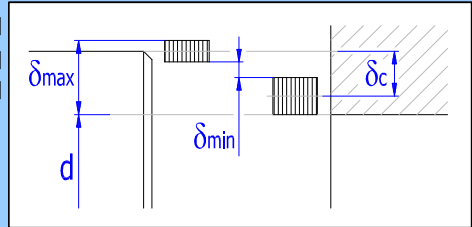
5.0 Kontrola spoje pro specifickou pracovní teplotu

5.1	Pracovní teplota	T	300,0	[$^{\circ}F$]
-----	------------------	---	-------	-----------------

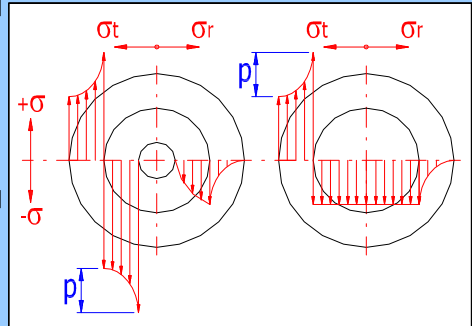
5.2	Vlastnosti materiálu	Hřídel	Náboj	<input checked="" type="checkbox"/>
-----	----------------------	--------	-------	-------------------------------------

		68 °F	300 °F	68 °F	300 °F		
5.3	Modul pružnosti v tahu	E	30500	28530,0	24700	22790,0	[ksi]
5.4	Součinitel tepelné roztažnosti	α	6,5	6,90	5	5,50	$[10^{-6}/^{\circ}\text{F}]$
5.5	Poissonovo číslo	ν	0,3	0,30	0,28	0,28	
5.6	Dovolené napětí v tahu	σ_D	34,8	29,6	30	28,5	[ksi]

5.7 Únosnost spoje		dc	dmin	dmax		
5.8	Montážní přesah	δ	0,80	0,30	1,30	$[10^{-3} \text{ in}]$
5.9	Efektivní přesah	Δd	0,76	0,26	1,26	$[10^{-3} \text{ in}]$
5.10	Pracovní přesah	Δd_T	1,25	0,75	1,75	$[10^{-3} \text{ in}]$
5.11	Stykový tlak	p_T	7,5	4,5	10,5	[ksi]
5.12	Třecí síla spoje	F_{rT}	8480	5086	11875	[lb]
5.13	Bezpečnost proti prokluzu		6,71	4,02	9,39	



5.14 Pevnostní kontrola náboje						
5.15	Zvětšení vnějšího průměru	ΔD_T	4,85	4,63	5,07	$[10^{-3} \text{ in}]$
5.16	Dovolené napětí v tahu	σ_{DT}	28,5			[ksi]
5.17	Srovnávací napětí na vnějším průměru		16,3	9,8	22,8	[ksi]
5.18	Srovnávací napětí na vnitřním průměru		3,7	2,2	5,2	[ksi]
5.19	Bezpečnost		1,75	2,92	1,25	



5.20 Pevnostní kontrola hřídele						
5.21	Zmenšení vnitřního průměru	Δd_{OT}	-0,50	-0,62	-0,39	$[10^{-3} \text{ in}]$
5.22	Dovolené napětí v tahu	σ_{DT}	29,6			[ksi]
5.23	Srovnávací napětí na vnějším průměru		8,6	5,2	12,0	[ksi]
5.24	Srovnávací napětí na vnitřním průměru		16,9	10,1	23,6	[ksi]
5.25	Bezpečnost		1,75	2,93	1,25	

6.0 Rozšířená volba uložení dle ISO 286

6.1 Požadované parametry uložení		
6.2	Jmenovitý rozměr	38,10 [mm]
6.3	Min. požadovaný montážní přesah	7,10 [μm]
6.4	Max. dovolený montážní přesah	39,64 [μm]

6.6 Volba uložení			
6.7	Toleranční pole náboje		H ∇ 6 ∇
	H6	Horní úchylka	ES 16 [μm]
		Dolní úchylka	EI 0 [μm]

6.5 Automatické vyhledání uložení	ID	Min. přesah	Max. přesah	Uložení
1.	10	37	H6/p5	
2.	15	37	H5/p5	
3.	10	33	H6/p4	
4.	15	33	H5/p4	
5.	10	24	H4/n4	
6.	19	33	H4/p4	
7.	15	30	H5/p3	
8.	23	38	H5/r3	

6.8 Toleranční pole hřídele			
	p ∇ 5 ∇		
	p5	Horní úchylka	es 37 [μm]
		Dolní úchylka	ei 26 [μm]

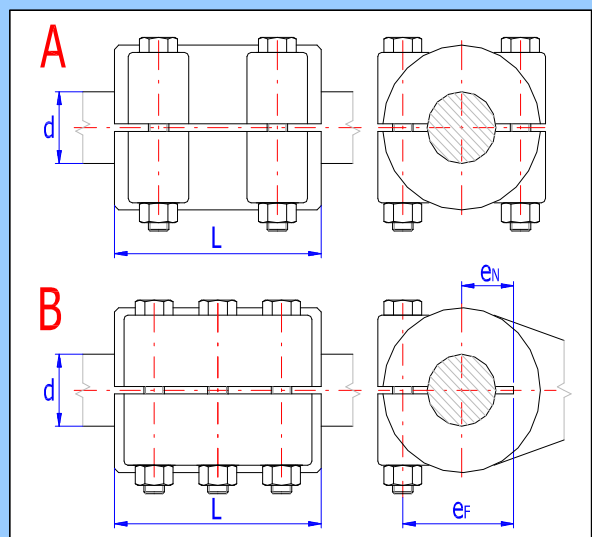
6.9 Parametry zvoleného uložení			
	H6/p5	Minimální přesah	10 [μm]
		Maximální přesah	37 [μm]

6.10

B Svěrný spoj

7.0 Návrh rozměrů spoje

7.1	Parametry spoje		
7.2	Provedení náboje	A ... Dělený náboj	
7.3	Čistota stykových ploch	Odmastěné povrchy	
7.4	Součinitel tření	μ	0,12 0,12 <input checked="" type="checkbox"/>
7.5	Tvarový koeficient	K_F	0,75
7.6	Požadovaná bezpečnost proti prokluzu		1,70
7.7	Požadovaná pevnostní bezpečnost		1,70
7.8	Zatížení spoje		
7.9	Provozní koeficient	K_S	1,00 1,00 <input checked="" type="checkbox"/>
7.10	Provozní krouticí moment	T_S	78,78 [lb ft]
7.11	Celkové provozní zatížení spoje	F_S	1 515,91 [lb]
7.12	Rozměry spoje		
7.13	Vnitřní průměr dutého hřídele	d_0	0,5 [in]
7.14	Minimální průměr hřídele	d_{min}	0,905 [in]
7.15	Průměr hřídele	d	1,250 [in]
7.16	Min. funkční délka spoje	L_{min}	1,224 [in]
7.17	Funkční délka spoje	L	1,250 [in] <input checked="" type="checkbox"/>
7.18	Montážní předpětí, návrh spojovacího šroubu		
7.20	Počet spojovacích šroubů	i	4
7.21	Dovolené montážní předpětí		2278,6 ~ 2326,5 [lb]



7.22	Montážní předpětí	F_0	2300,0	[lb]	<input checked="" type="checkbox"/>
7.23	Materiál spojovacího šroubu	R_e	92,0	SAE 5	[ksi]
7.24	Min. doporučená velikost závitů		5/16		

8.0 Únosnost a pevnostní kontroly spoje

8.1 Únosnost spoje			8.13 Kontrola spoje na otláčení		
8.2	Celková svěrná (normální) síla	N	9200,0	[lb]	
8.3	Stykový tlak	p	5,89	[ksi]	
8.4	Třecí síla spoje	F_f	2601,2	[lb]	
8.5	Celkové provozní zatížení spoje	F_S	1515,9	[lb]	
8.6	Bezpečnost proti prokluzu		1,72		
8.7 Kontrola spojovacího šroubu			8.17 Kontrola hřídele na krut		
8.8	Mez kluzu materiálu šroubu	R_e	92	[ksi]	
8.9	Průměr závitů	d	0,3125	[in]	
8.10	Utahovací moment	M	11,6	[lb ft]	
8.11	Srovnávací napětí v jádře závitů	σ	66,9	[ksi]	
8.12	Bezpečnost na mezi kluzu		1,38		
8.14	Dovolený stykový tlak	p_D	13,5	[ksi]	
8.15	Max. stykový tlak	p_{max}	7,9	[ksi]	
8.16	Bezpečnost		1,72		
8.18	Dovolené napětí v krutu	τ_D	24,4	[ksi]	
8.19	Srovnávací napětí	τ	5,1	[ksi]	
8.20	Bezpečnost		4,82		
8.21 Kontrola dutého hřídele			8.22 Dovolené napětí v tahu		
8.22	Dovolené napětí v tahu	σ_D	34,8	[ksi]	
8.23	Srovnávací napětí	σ	18,7	[ksi]	
8.24	Bezpečnost		1,86		

Kapitola doplňků

9.0 Srovnávací tabulka

9.1 Nalisovaný spoj			9.10 Svěrný spoj		
9.2	Průměr hřídele	d	1,5	[in]	
9.3	Funkční délka spoje	L	2	[in]	
9.4	<u>Únosnost spoje :</u>				
9.5	Min. třecí síla spoje	F_f	1919,7	[lb]	
9.6	Bezpečnost proti prokluzu		1,52		
9.7	<u>Pevnostní kontroly spoje :</u>				
9.8	Max. stykový tlak	p_{max}	8,2	[ksi]	
9.9	Bezpečnost		1,69		
9.11	Průměr hřídele	d	1,25	[in]	
9.12	Funkční délka spoje	L	1,25	[in]	
9.13	<u>Únosnost spoje :</u>				
9.14	Třecí síla spoje	F_f	2601,2	[lb]	
9.15	Bezpečnost proti prokluzu		1,72		
9.16	<u>Pevnostní kontroly spoje :</u>				
9.17	Max. stykový tlak	p_{max}	7,9	[ksi]	
9.18	Bezpečnost		1,72		