

1. iglidur®



Plastová kluzná pouzdra: samomazné a bezúdržbové řešení pro všechna průmyslová odvětví

...plasty

Příklady použití: iglidur®

Zajímavé aplikace si můžete prohlédnout online na ► www.igus.cz/iglidur-applications

SIX FLAGS THEME PARKS (horská dráha)

Plastová kluzná pouzdra iglidur® Z vedla k významnému snížení provozních nákladů. Toho bylo dosaženo tím, že samomazná a bezúdržbová kluzná pouzdra eliminovala

náklady na údržbu v průběhu celé sezóny. S kluznými pouzdry iglidur® Z není nutné provádět tak častou kontrolu a mazání ložiskových jednotek a hřídelí. Také bylo možné významně snížit hmotnost.





OPERAČNÍ SÁLOVÉ SVĚTLO

Motoricky ovládaná operační LED světla jsou uložena v kluzných pouzdrech iglidur® JVFM. Celý systém je samomazný a bezúdržbový. (Trumpf iLEd Medical Systems Inc.)



POHYBOVÝ ŘETĚZ V PRŮMYSLOVÉ MYČCE

Použití kluzných pouzder iglidur® vedlo k významnému snížení hnací síly v myčce lahví při velmi složitých provozních podmínkách: 2 – 3% louh sodný a teplota +80°C. (Krones AG)



ROZMETAČ

Hlavní důvody pro použití kluzných pouzder iglidur®: díky speciální konstrukci zákaznického kluzného pouzdra došlo k výraznému snížení výrobních nákladů. Také díky velmi vysoké odolnosti proti opotřebení se snížily náklady na údržbu. (Fella Werke GmbH & Co KG)



VÝMĚNÍK NÁSTROJŮ

Nahrazení klasických kuličkových ložisek kluznými pouzdry iglidur® vedlo ke snížení nákladů na mazání a odstranění vibrací. Náhrada drahých broušených hřídelí za měkké, přinesla další finanční úspory. (deckel Maho Seebach GmbH)



KLOUB OJE

Hranové zatížení je obvykle rozhodujícím faktorem pro nebo proti použití klasických ložisek. Kluzná pouzdra iglidur® G toto vyřešila. Mají též vysokou odolnost proti opotřebení (i ve velmi náročných podmínkách), nízké náklady, odolnost proti korozi a nečistotám. (Zunhammer GmbH Güllotechnik)



SVÁŘEČKA PLASTOVÝCH TRUBEK

Provozní teplota ve svařovacím prostoru často dosáhne +160°C a více. Tyto požadavky bez problémů splní kluzná pouzdra iglidur® Z, která mají také mimořádně vysokou odolnost proti opotřebení. (Affeldt Verpackungsmaschinen GmbH)

iglidur® – základní materiály skladem ve výrobním závodě

Základní materiály

► od strany 77



Světově nejprodávanější iglidur® materiál

iglidur® G

► strana 81



Nízké tření a opotřebení

iglidur® J

► strana 109



Vynikající tlumící vlastnosti

iglidur® M250

► strana 127



Nízké opotřebení na všech materiálech hřídelí

iglidur® W300

► strana 151

iglidur® pro všechny typy aplikací - standardní i speciální materiály

Univerzální použití

► od strany 191



Světově nejprodávanější iglidur® materiál

iglidur® G

► strana 81



Vynikající tlumící vlastnosti

iglidur® M250

► strana 127



Nízká nasákavost

iglidur® P

► strana 195



Flexibilní, otěruvzdorný

iglidur® P210

► strana 207

Dlouhá životnost

► od strany 232



Nízké tření a opotřebení

iglidur® J

► strana 109



Nízké opotřebení na všech materiálech hřídelí

iglidur® W300

► strana 151



Ideální pro plastové hřídele

iglidur® J260

► strana 237



Až 3x delší životnost než iglidur® J

iglidur® J3

► strana 247

Vysoké teploty až do +250°C

do +250°C

► od strany 302



Vysoké teploty a chemická odolnost

iglidur® X

► strana 173



Až 6x delší životnost než iglidur® X

iglidur® X6

► strana 307



Pro měkké hřídele a teploty až +200°C

iglidur® V400

► strana 317



Pro vysoké dyn. zatížení a otěruvzdornost

iglidur® Z

► strana 327

Vysoká odolnost vůči médiím

a teplotám do +200°C

► od strany 348



Vysoké teploty a chemická odolnost

iglidur® X

► strana 173



Univerzální

iglidur® H

► strana 353



Dlouhá životnost

iglidur® H1

► strana 365



Pod vodu

iglidur® H370

► strana 375

Aplikace pro kontakt s potravinami

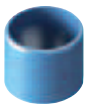
► od strany 406



FDA - mokré prostředí

iglidur® A180

► strana 411



FDA kompatibilní

iglidur® A181

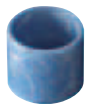
► strana 422



FDA - malé rychlosti

iglidur® A200

► strana 431



FDA - teplotní odolnost a otěruvzdornost

iglidur® A350

► strana 447

Speciální oblasti použití

► od strany 504



Elektrická vodivost

iglidur® F

► strana 509



ESD kompatibilní

iglidur® F2

► strana 522



Automobilový standard

iglidur® H4

► strana 531



Vysoká zatížení

iglidur® Q

► strana 541



Extrémně vysoká zatížení

iglidur® Q2

► strana 555



Vysoké teploty a
chemická odolnost

iglidur® X

► strana 173



Mnohostranný

iglidur® K

► strana 215



Vysoké teploty,
univerzální

iglidur® J350

► strana 257



Pro vysoké
rychlosti

iglidur® L250

► strana 267



Nízká cena

iglidur® R

► strana 277



Nízká cena při
vysokých množstvích

iglidur® GLW

► strana 225



Nízká cena se
silikonem

iglidur® D

► strana 287



Pro hliníkové
hřídele

iglidur® J200

► strana 295



Pro horké tekutiny

iglidur® UW500

► strana 341



Otěruvzdornost do
+250°C

iglidur® C500

► strana 389



Nízká cena

iglidur® H2

► strana 399



FDA - teplotní a
chemická odolnost

iglidur® A500

► strana 457



Chemie & potraviny,
FDA certifikace

iglidur® A160

► strana 468



Robustní

iglidur® A290

► strana 477



KTW-
kompatibilní

iglidur® UW160

► strana 488



Pro tabákový
průmysl

iglidur® T220

► strana 497



Pro vysoké otáčky
pod vodou

iglidur® UW

► strana 565



Biopolymer

iglidur® N54

► strana 575



Vo hodnocení dle
UL94I

iglidur® G V0

► strana 585



PFOA-free

iglidur® J2

► strana 595



Vysoká elasticita

iglidur® B

► strana 605



Bez PTFE
a silikonu

iglidur® C

► strana 613



Rozměry v katalogu

Tyčový polo-
tovar

Speed-igus®
materiál

Dlouhá
životnost při su-
chém provozu

Pro vysoká
zatížení

Pro vysoké
teploty

Nízké tření
/ vysoké
rychlosti

Odolnost proti
nečistotám

Strana

Základní	iglidur® G	●		●	●	●		●	81
	iglidur® J	●	●	●	●		●		109
	iglidur® M250	●		●	●			●	127
	iglidur® W300	●	●	●	●		●	●	151
	iglidur® X	●	●	●	●	●	●		173
Univerzální	iglidur® P	●		●	●			●	195
	iglidur® P210	●	●		●			●	207
	iglidur® K	●			●		●		215
	iglidur® GLW							●	225
Dlouhá životnost	iglidur® J260	●			●			●	237
	iglidur® J3	●			●			●	247
	iglidur® J350	●	●		●	●	●	●	257
	iglidur® L250	●			●			●	267
	iglidur® R	●			●			●	277
	iglidur® D							●	287
	iglidur® J200				●			●	295
Vysoké teploty	iglidur® X6	●			●	●	●	●	307
	iglidur® V400	●			●		●	●	317
	iglidur® Z	●			●	●	●	●	327
	iglidur® UW500						●		341
Vysoká chemická odolnost	iglidur® H	●		●			●		353
	iglidur® H1	●			●	●	●	●	365
	iglidur® H370	●					●	●	375
	iglidur® C500	●			●	●	●		389
	iglidur® H2			●			●		399
Aplikace pro kontakt s potravinami	iglidur® A180	●	●	●	●			●	411
	iglidur® A181	●			●			●	422
	iglidur® A200	●						●	431
	iglidur® A350	●	●		●		●	●	447
	iglidur® A500	●				●	●		457
	iglidur® A160	●							467
	iglidur® A290	●				●			477
	iglidur® UW160	●							487
	iglidur® T220		●						497
Speciální oblasti použití	iglidur® F	●				●			509
	iglidur® F2	●			●			●	521
	iglidur® H4	●			●	●	●		531
	iglidur® Q	●			●	●	●		541
	iglidur® Q2	●			●			●	555
	iglidur® UW	●							565
	iglidur® N54	●							575
	iglidur® G V0	●			●			●	585
	iglidur® J2	●							595
	iglidur® B								605
	iglidur® C								613



Chemická
odolnost



Nizká nasáka-
vost



Vhodné pro
potraviny



Tlumení vibrací



Hranové
zatížení

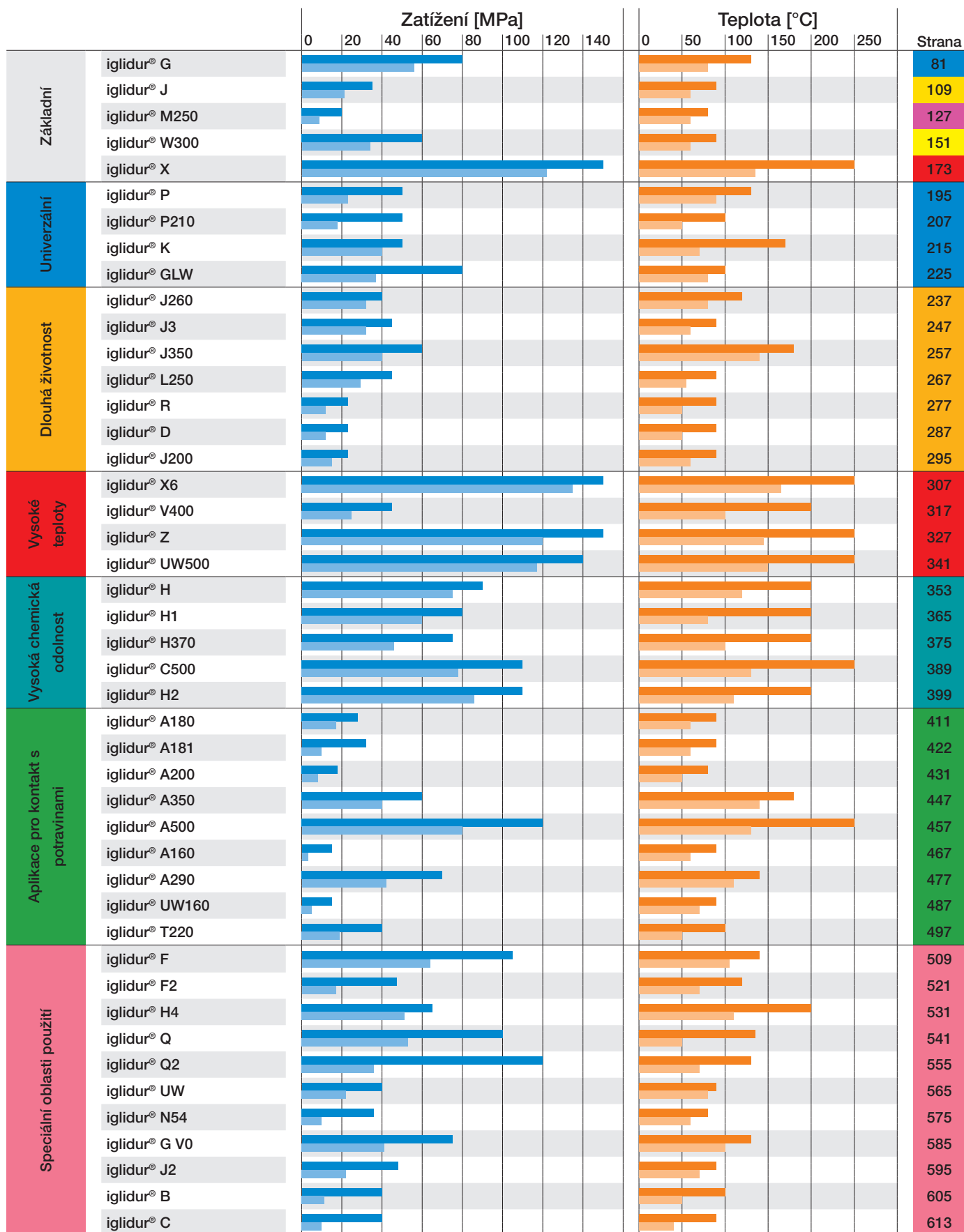


Použití pod
vodou



Nizká cena

								Strana	
iglidur® G							●	81	Základní
iglidur® J		●					●	109	
iglidur® M250				●			●	127	
iglidur® W300							●	151	
iglidur® X	●	●					●	173	
iglidur® P		●					●	195	Univerzální
iglidur® P210		●				●	●	207	
iglidur® K		●					●	215	
iglidur® GLW							●	225	
iglidur® J260		●					●	237	Dlouhá životnost
iglidur® J3		●					●	247	
iglidur® J350	●	●					●	257	
iglidur® L250							●	267	
iglidur® R		●					●	277	
iglidur® D		●					●	287	
iglidur® J200		●					●	295	Vysoké teploty
iglidur® X6	●	●						307	
iglidur® V400	●	●				●		317	
iglidur® Z	●	●				●		327	
iglidur® UW500	●	●					●	341	
iglidur® H	●	●					●	353	Vysoká chemická odolnost
iglidur® H1	●	●					●	365	
iglidur® H370	●	●					●	375	
iglidur® C500	●	●				●	●	389	
iglidur® H2	●	●					●	399	
iglidur® A180		●	●			●	●	411	Applikace pro kontakt s potravinami
iglidur® A181		●	●			●	●	422	
iglidur® A200			●	●		●		431	
iglidur® A350	●	●	●			●	●	447	
iglidur® A500	●	●	●			●	●	457	
iglidur® A160	●	●	●					467	
iglidur® A290								477	
iglidur® UW160	●	●					●	487	
iglidur® T220								497	
iglidur® F								509	Speciální oblasti použití
iglidur® F2		●					●	521	
iglidur® H4	●	●					●	531	
iglidur® Q								541	
iglidur® Q2				●			●	555	
iglidur® UW		●					●	565	
iglidur® N54								575	
iglidur® G V0							●	585	
iglidur® J2		●					●	595	
iglidur® B				●			●	605	
iglidur® C							●	613	



Maximální přípustné radiální zatížení kluzných pouzder iglidur® při

- +20°C
- +80°C

Důležité teplotní meze kluzných pouzder iglidur®

- Maximální přípustná aplikační teplota, dlouhodobá
- Teplota, při níž je doporučeno přidavné zajištění kluzného pouzdra proti radiálnímu nebo axiálnímu pohybu

	Koeficient tření [μ]							Hřídel	Opotřebení [μm/km]					Hřídel	Strana	
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6		0	3	6	9	12			
iglidur® G								3						3	81	Základní
iglidur® J								5						3	109	
iglidur® M250								3						5	127	
iglidur® W300								7						7	151	
iglidur® X								3						4	173	
iglidur® P								3						1	195	Univerzální
iglidur® P210								6						7	207	
iglidur® K								3						3	215	
iglidur® GLW								1						2	225	
iglidur® J260								6						3	237	Dlouhá životnost
iglidur® J3								7						3	247	
iglidur® J350								2						7	257	
iglidur® L250								4						6	267	
iglidur® R								6						1	277	
iglidur® D								7						7	287	
iglidur® J200								6						7	295	
iglidur® X6								6						5	307	Vysoké teploty
iglidur® V400								7						3	317	
iglidur® Z								1						3	327	
iglidur® UW500								3						6	341	
iglidur® H								3						5	353	Vysoká chemická odolnost
iglidur® H1								7						3	365	
iglidur® H370								2						2	375	
iglidur® C500								2						3	389	
iglidur® H2								6						7	399	
iglidur® A180								5						3	411	Aplikace pro kontakt s potravinami
iglidur® A181								1						7	422	
iglidur® A200								4						3	431	
iglidur® A350								6						2	447	
iglidur® A500								3						2	457	
iglidur® A160								6						7	467	
iglidur® A290								3						7	477	
iglidur® UW160								3						2	487	
iglidur® T220								3						3	497	
iglidur® F								6						1	509	Speciální oblasti použití
iglidur® F2								3						3	521	
iglidur® H4								3						5	531	
iglidur® Q								6						3	541	
iglidur® Q2								4						4	555	
iglidur® UW								3						6	565	
iglidur® N54								1						3	575	
iglidur® G V0								6						6	585	
iglidur® J2								7						3	595	
iglidur® B								3						1	605	
iglidur® C								6						2	613	

Koeficienty tření iglidur® materiálů na oceli,
p = 1 MPa, v = 0,3 m/s











- Průměrný koeficient tření ze všech sedmi testovaných kombinací
- Koeficient tření nejlepší kombinace

Opotřebení kluzného pouzdra iglidur® na oceli, p = 1 MPa

- Průměrné opotřebení ze všech sedmi testovaných kombinací
- Opotřebení nejlepší kombinace
















Materiál hřídele:










- 1 = Cf53
- 2 = Cf53 (1.1213), tvrdě chromovaná
- 3 = Tvrdělox. hliník
- 4 = Automatová ocel (1,0715)
- 5 = St37
- 6 = V2A
- 7 = X90

		Základní					Univerzální				
		G	J	M250	W300	X	P	P210	K	GLW	J260
Základní vlastnosti	Hustota [g/cm ³]	1,46	1,49	1,14	1,24	1,44	1,58	1,40	1,52	1,36	1,35
	Barva*										
	Max. absorpce vlhkosti při +23 °C/50% r.v. [% hmotnosti]	0,7	0,3	1,4	1,3	0,1	0,2	0,3	0,1	1,3	0,2
	Max. absorpce vlhkosti [% hmotnosti]	4,0	1,3	7,6	6,5	0,5	0,4	0,5	0,6	5,5	0,4
	Koeficient tření, dynamický vůči oceli [μ]	0,08– 0,15	0,06– 0,18	0,18– 0,40	0,08– 0,23	0,09– 0,27	0,06– 0,21	0,07– 0,19	0,06– 0,21	0,10– 0,24	0,06– 0,20
	pv hodnota, max. (na sucho) [MPa · m/s]	0,42	0,34	0,12	0,23	1,32	0,39	0,4	0,3	0,3	0,35
Mechanické vlastnosti	Modul pružnosti [MPa]	7,800	2,400	2,700	3,500	8,100	5,300	2,500	3,500	7,700	2,200
	Pevnost v tahu při +20°C [MPa]	210	73	112	125	170	120	70	80	235	60
	Pevnost v tlaku [MPa]	78	60	52	61	100	66	50	60	74	50
	Max. povolený statický povrchový tlak (+20°C) [MPa]	80	35	20	60	150	50	50	50	80	40
	Tvrдость dle Shoreho	81	74	79	77	85	75	75	72	78	77
Fyzikální a teplotní vlastnosti	Max. dlouhodobě působící teplota [°C]	+130	+90	+80	+90	+250	+130	+100	+170	+100	+120
	Max. krátkodobě působící teplota [°C]	+220	+120	+170	+180	+315	+200	+160	+240	+160	+140
	Min. teplota [°C]	-40	-50	-40	-40	-100	-40	-40	-40	-40	-100
	Tepelná vodivost [W/m · K]	0,24	0,25	0,24	0,24	0,60	0,25	0,25	0,25	0,24	0,24
	Koeficient tepelné roztažnosti (+23°C) [K ⁻¹ · 10 ⁻⁵]	9	10	10	9	5	4	8	3	17	13
Elektrické vlastnosti	Měrný elektrický odpor [Ωcm]	> 10 ¹³	> 10 ¹³	> 10 ¹³	> 10 ¹³	< 10 ⁵	> 10 ¹³	> 10 ¹²	> 10 ¹²	> 10 ¹¹	> 10 ¹²
	Povrchový odpor [Ω]	> 10 ¹¹	> 10 ¹²	> 10 ¹¹	> 10 ¹²	< 10 ³	> 10 ¹²	> 10 ¹¹	> 10 ¹²	> 10 ¹¹	> 10 ¹⁰
Strana		81	109	127	151	173	195	207	215	225	237

Pokud si nejste jisti, jaký materiál budete potřebovat, vraťte se do příslušných výběrových tabulek, nebo nás kontaktujte. ► strana 52; Podle výkonu, ► strana 54











* Barvu jednotlivých materiálů naleznete v jednotlivých kapitolách ► od strany 52

Dlouhá životnost						Vysoké teploty				Vysoká chemická odolnost				
J3	J350	L250	R	D	J200	X6	V400	Z	UW 500	H	H1	H370	C500	H2
1,42	1,44	1,5	1,39	1,4	1,72	1,53	1,51	1,4	1,49	1,71	1,53	1,66	1,37	1,72
														
0,3	0,3	0,7	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1
1,3	1,6	3,9	1,1	1,1	0,7	0,5	0,2	1,1	0,5	0,3	0,3	0,1	0,5	0,2
0,06– 0,20	0,10– 0,20	0,08– 0,19	0,09– 0,25	0,08– 0,26	0,11– 0,17	0,09– 0,25	0,15– 0,20	0,06– 0,14	0,20– 0,36	0,07– 0,20	0,06– 0,20	0,07– 0,17	0,07– 0,19	0,07– 0,30
0,5	0,45	0,4	0,27	0,27	0,3	1,35	0,5	0,84	0,35	1,37	0,80	0,74	0,7	0,58
2,700	2,000	1,950	1,950	2,000	2,800	16,000	4,500	2,400	16,000	12,500	2,800	11,100	3,000	10,300
70	55	67	70	72	58	290	95	95	260	175	55	135	100	210
60	60	47	68	70	43	190	47	65	140	81	78	79	110	109
45	60	45	23	23	23	150	45	150	140	90	80	75	110	110
73	80	68	77	78	70	89	74	81	86	87	77	82	81	88
+90	+180	+90	+90	+90	+90	+250	+200	+250	+250	+200	+200	+200	+250	+200
+120	+220	+180	+110	+110	+120	+315	+240	+310	+300	+240	+240	+240	+300	+240
-50	-100	-40	-50	-50	-50	-100	-50	-100	-100	-40	-40	-40	-100	-40
0,25	0,24	0,24	0,25	0,25	0,24	0,55	0,24	0,62	0,6	0,6	0,24	0,5	0,24	0,24
13	7	10	11	11	8	1,1	3	4	4	4	6	5	9	4
$> 10^{12}$	$> 10^{13}$	$> 10^{10}$	$> 10^{12}$	$> 10^{14}$	$> 10^8$	$< 10^5$	$> 10^{12}$	$> 10^{11}$	$< 10^9$	$< 10^5$	$> 10^{12}$	$< 10^5$	$> 10^{14}$	$> 10^{15}$
$> 10^{12}$	$> 10^{10}$	$> 10^{11}$	$> 10^{12}$	$> 10^{14}$	$> 10^8$	$< 10^3$	$> 10^{12}$	$> 10^{11}$	$< 10^9$	$< 10^2$	$> 10^{11}$	$< 10^5$	$> 10^{13}$	$> 10^{14}$
247	257	267	277	287	295	307	317	327	341	353	365	375	389	399

		Aplikace pro kontakt s potravinami								
		A180	A181	A200	A350	A500	A160	A290	UW160	T220
Základní vlastnosti	Hustota [g/cm³]	1,46	1,38	1,14	1,42	1,28	1,00	1,41	1,04	1,28
	Barva*									
	Max. absorpce vlhkosti při +23 °C/50% r.v. [% hmotnosti]	0,2	0,2	1,5	0,6	0,3	0,1	1,7	0,1	0,3
	Max. absorpce vlhkosti [% hmotnosti]	1,3	1,3	7,6	1,9	0,5	0,1	7,3	0,1	0,5
	Koeficient tření, dynamický vůči oceli [μ]	0,05–0,23	0,10–0,21	0,10–0,40	0,10–0,20	0,26–0,41	0,09–0,19	0,13–0,40	0,17–0,31	0,20–0,32
	pv hodnota, max. (na sucho) [MPa · m/s]	0,31	0,31	0,09	0,40	0,28	0,25	0,23	0,22	0,28
Mechanické vlastnosti	Modul pružnosti [MPa]	2,300	1,913	2,500	2,000	3,600	1,151	8,800	1,349	1,800
	Pevnost v tahu při +20°C [MPa]	88	48	116	110	140	19	250	22	65
	Pevnost v tlaku [MPa]	78	60	54	78	118	37	91	32	55
	Max. povolený statický povrchový tlak (+20°C) [MPa]	28	31	18	60	120	15	70	15	40
	Tvrdost dle Shoreho	76	76	81	76	83	60	88	60	76
Fyzikální a teplotní vlastnosti	Max. dlouhodobě působící teplota [°C]	+90	+90	+80	+180	+250	+90	+140	+90	+100
	Max. krátkodobě působící teplota [°C]	+110	+110	+170	+210	+300	+100	+180	+100	+160
	Min. teplota [°C]	-50	-50	-40	-100	-100	-50	-40	-50	-40
	Tepelná vodivost [W/m · K]	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,30	0,24	0,50	0,24
	Koeficient tepelné roztažnosti (+23°C) [K ⁻¹ · 10 ⁻⁵]	11	11	10	8	9	11	7	18	11
Elektrické vlastnosti	Měrný elektrický odpor [Ωcm]	> 10 ¹²	> 10 ¹²	> 10 ¹³	> 10 ¹¹	> 10 ¹⁴	> 10 ¹²	> 10 ¹¹	> 10 ¹²	> 10 ¹⁰
	Povrchový odpor [Ω]	> 10 ¹¹	> 10 ¹²	> 10 ¹²	> 10 ¹¹	> 10 ¹³	> 10 ¹²	> 10 ¹¹	> 10 ¹²	> 10 ¹⁰
Strana		411	422	431	447	457	467	477	487	497

Pokud si nejste jisti, jaký materiál budete potřebovat, vraťte se do příslušných výběrových tabulek, nebo nás kontaktujte. ► strana 52; Podle výkonu, ► strana 54

* Barvu jednotlivých materiálů naleznete v jednotlivých kapitolách ► od strany 52

Speciální oblasti použití										
F	F2	H4	Q	Q2	UW	N54	GV0	J2	B	C
1,25	1,52	1,79	1,4	1,46	1,52	1,13	1,53	1,44	1,15	1,1
										
1,8	0,2	0,1	0,9	1,1	0,2	1,6	0,7	0,2	1,0	1,0
8,4	0,4	0,2	4,9	4,6	0,8	3,6	4,0	1,3	6,3	6,9
0,10– 0,39	0,16– 0,22	0,08– 0,25	0,05– 0,15	0,22– 0,42	0,15– 0,35	0,15– 0,23	0,07– 0,20	0,11– 0,27	0,18– 0,28	0,17– 0,25
0,34	0,31	0,70	0,55	0,7	0,11	0,5	0,5	0,23	0,15	0,10
11,600	7,418	7,500	4,500	8,370	9,600	1,800	7,900	3,605	1,800	1,900
260	93	120	120	240	90	70	140	101	55	60
98	61	50	89	130	70	30	100	77	20	30
105	47	65	100	120	40	36	75	46	40	40
84	72	80	83	80	78	74	80	n.b.	69	72
+140	+120	+200	+135	+130	+90	+80	+130	+90	+100	+90
+180	+165	+240	+155	+200	+110	+120	+210	+110	+130	+130
-40	-40	-40	-40	-40	-50	-40	-40	-50	-40	-40
0,65	0,61	0,24	0,23	0,24	0,6	0,24	0,25	0,25	0,24	0,24
12	5	5	5	8	6	9	9	7	12	15
< 10 ³	< 10 ⁹	> 10 ¹³	> 10 ¹⁵	> 10 ¹³	< 10 ⁵	> 10 ¹³	> 10 ¹²	> 10 ¹³	> 10 ¹⁰	> 10 ¹⁰
< 10 ²	< 10 ⁹	> 10 ¹²	> 10 ¹²	> 10 ¹¹	< 10 ⁵	> 10 ¹¹	> 10 ¹¹	> 10 ¹²	> 10 ⁹	> 10 ⁹
509	522	531	541	555	565	575	585	595	605	613



Obrázek 01: Kluzná pouzdra iglidur® - to pravé řešení pro každou aplikaci

iglidur® – kluzná pouzdra vyrobená z vysoce výkonných triboplastů

Vysoce otěruvzdorné triboplasty zdokonalené přesným přidáním zpevňujících materiálů a maziv, tisíckrát testované a milionkrát prověřené v praxi - to jsou iglidur® materiály. Každý rok inženýři v igus® vyvinou a otestují více jak 100 nových plastových směsí. Ve více než 10.000 jednotlivých testech za rok, na více než 200 testovacích stolicích ve zkušebních laboratořích igus®, jsou důkladně testovány všechny existující i potenciální iglidur® materiály vč. ostatních materiálů. Zjištěná data jsou vkládána do unikátní materiálové databáze bezúdržbových plastových kluzných pouzder. Tato rozsáhlá databáze nám umožňuje provést výpočet předpokládané životnosti a ze široké škály nabízených materiálů tak zvolit ten nejvhodnější iglidur® materiál pro zákaznickou aplikaci. V případě potřeby je také možné vyvinout speciální materiál, který bude přesně splňovat zákaznickovy požadavky na tepelné, mechanické a tribologické vlastnosti jeho aplikace. Kromě toho, volně přístupné on-line nástroje umožňují každému uživateli jednoduše vybrat materiál kluzného pouzdra v závislosti na jeho aplikaci. Na stránkách www.igus.cz jsou k dispozici iglidur® Vyhledávač produktů nebo iglidur® Výpočet životnosti, iglidur® pístní kroužky nebo konfigurátor tyčového materiálu. Stačí jen několik kliknutí myši a vhodný materiál je rychle nalezen.

► strana 1270 nebo www.igus.cz/online-tools



Obrázek 02: Příklad tribologického testu v laboratořích igus®



Obrázek 03: Kluzná pouzdra igus®, více jak 40 let know-how a trvalé inovace pro delší životnost ve všech odvětvích

Základní vlastnosti kluzných pouzder iglidur®

- Samomaznost
- Korozivzdornost
- Dobrá odolnost vůči médiím
- Vysoká pevnost v tlaku
- Vysoké mechanické tlumení
- Nízký koeficient tření
- Bezúdržbovost
- Nízká hmotnost
- Vysoká ořezuvzdornost
- Velmi dobrý poměr cena-výkon

Kromě základních vlastností každého iglidur® materiálu je řada specifických vlastností, které jej předurčují pro určité aplikace a požadavky. Detailní popis jednotlivých materiálů naleznete v následujících kapitolách společně s tabulkami dostupných rozměrů a řadou užitečných grafů a tabulek.

Klasické řešení

Klasickým řešením je tvrdé pouzdro s měkkou povrchovou vrstvou. Každé mazané ložisko pracuje na tomto principu a podobně i mnoho bezúdržbových ložisek, která jsou opatřena speciální, velmi tenkou kluznou vrstvou. Nicméně tato tenká vrstva však není dostatečně pevná. Při špatné montáži, vysokých tlacích, hranovém zatížení nebo kývavém pohybu je tato vrstva odstraňována.

iglidur® řešení: Samomazný efekt

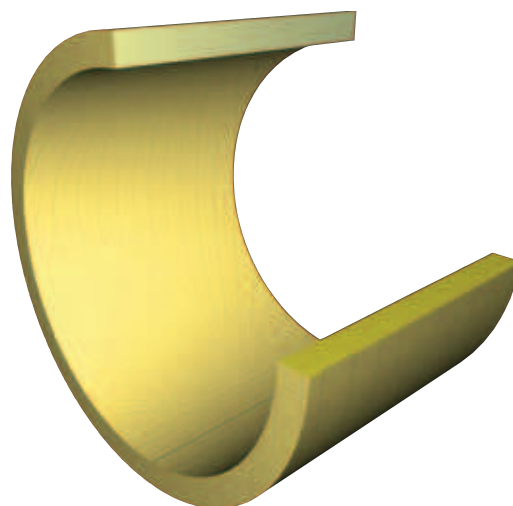
Plastová kluzná pouzdra iglidur® se skládají z:

- Základní, nosný plast
- Vlákná a plnicí materiály
- Pevné lubrikanty

Tyto komponenty nejsou vrstveny, ale místo toho jsou homogenně smíchány. Výhoda tohoto provedení je jasná v okamžiku, kdy prostudujeme povrch kluzného pouzdra

- 1, Koeficient tření, který je vztažen především k povrchu ložiska, musí být tak nízký, jak je to možné.
- 2, Povrchová vrstva nesmí být odstraněna silami, které působí na kluzné pouzdro.
- 3, Opatřovací síla působí především na povrchu ložiska, proto povrch pouzdra musí být ořezuvzdorný.

Jeden univerzální materiál, který by splnil všechny tyto požadavky, bohužel zatím neexistuje. To je důvod, proč kluzná pouzdra iglidur® pracují jinak. Každý jeden požadavek je plněn jednou složkou kompozitního materiálu iglidur®



Obrázek 04: Ve vstřikovaných kluzných pouzdech iglidur® jsou základní plast, pevné lubrikanty i plnicí materiály smíchány dohromady a vzájemně se doplňují.

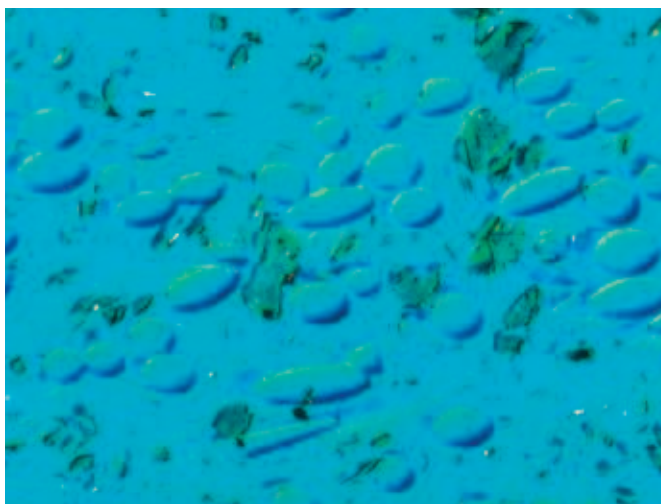
- **Základní, nosný plast** je zodpovědný za odolnost proti opotřebení.
- **Vlákná a plnicí materiály** vyztužují kluzné pouzdro tak, že ho lze zatěžovat velkými silami nebo namáhat hranovým zatížením.
- **Pevné lubrikanty** nezávisle mažou kluzné pouzdro a snižují tření systému.

Základní materiál a technická vlákna

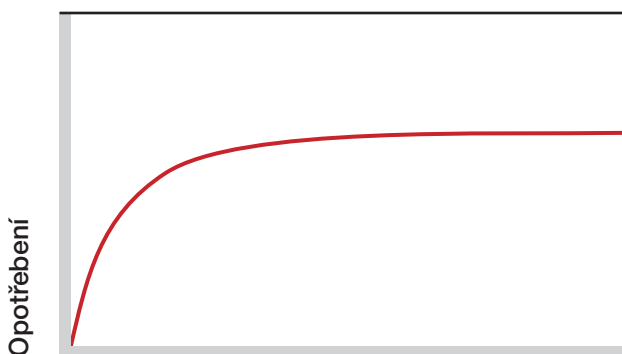
Radiální zatížení, kterým jsou kluzná pouzdra zatěžována, je přenášeno základním plastem. V kontaktní ploše poskytuje tento materiál oporu pro hřídel. Základní plast zajišťuje, že pevné lubrikanty nebudou zatěžovány příliš vysokým povrchovým tlakem. Tyto základní plasty jsou vyztuženy technickými vlákny a plnicími materiály. Tyto přídatné materiály stabilizují kluzné pouzdro, zvláště v případech trvalého zatížení a dodávají mu některé speciální vlastnosti.



Obrázek 05: Plastový granulát, základ všech samomazných kluzných pouzder iglidur®



Obrázek 06: Základní plast s vlákny a pevnými lubrikanty, zvětšeno 200x, vybarveno.



Čas

Graf 01: Během spouštěcí fáze výrazně klesne rychlost opotřebení



Obrázek 07: iglidur® expertní systém – výpočet životnosti během několika kliknutí myši

Samomaznost

Pevné lubrikanty jsou mikroskopické částičky, které jsou uloženy v milionech drobných komůrek tvořených vlákny a plnicími materiály. Z těchto komůrek se během pohybu uvolňují drobná množství pevného maziva. Pevné lubrikanty umožňují kluzným pouzdrům iglidur® snížit koeficient tření. Protože jsou uloženy v drobných komůrkách, nemohou být tedy vytlačeny. Jsou na místě okamžitě, kdy se pouzdro nebo hřídel začnou pohybovat.

Spouštěcí fáze

Ve spouštěcí fázi se musí hřídel a kluzné pouzdro iglidur® vzájemně zaběhnout. Během této fáze se musí povrchy obou materiálů vzájemně přizpůsobit. Specifické zatížení systému poklesne, jakmile se kontaktní plocha hřídele a pouzdra zvětší během záběhu. Ve stejné době se sníží rychlost opotřebení a přiblíží se lineárnímu charakteru. V této fázi se mění koeficient tření, dokud se nepřiblíží konečné hodnotě, která je pro většinu součástí konstantní.

Výpočet životnosti – online

Na základě velmi rozsáhlé databáze dat z interních testů, lze u kluzných pouzder iglidur® provést velmi přesný výpočet životnosti. S expertním systémem iglidur® můžete velmi snadno vypočítat životnost bezúdržbových kluzných pouzder iglidur® dle dat z Vaší aplikace.

Vyberte měrné jednotky a typ kluzného pouzdra ①. Vyberte požadované rozměry ② nebo zadejte objednací číslo. Prosím, zadávejte příslušné informace stranu po straně ③. Návodů najdete vždy v dolní části každé strany ④. Výsledky jsou graficky znázorněny a představují životnost v hodinách ⑤.

► www.igus.cz/iglidur-expert

Povrchový tlak

Zatížení kluzných pouzder je vyjádřeno povrchovým tlakem [p] v MPa. Pro tyto účely je radiální zatížení vztaženo na plochu průmětu pouzdra.

Radiální kluzné pouzdro:
$$p = \frac{F}{d1 \cdot b1}$$

Pro axiální kluzná pouzdra je zatížení vztaženo podobně.

Axiální kluzné pouzdro:
$$p = \frac{F}{(d2^2 - d1^2) \cdot \frac{\pi}{4}}$$

veličiny ve vzorcích:

- F** zatížení v N
- d1** vnitřní průměr pouzdra v mm
- b1** délka pouzdra v mm
- d2** vnější průměr pouzdra v mm

Max. doporučený povrchový tlak

Srovnávací hodnotou materiálů iglidur® je max. doporučený statický povrchový tlak [p] při +20°C. Hodnoty se pro různá kluzná pouzdra iglidur® výrazně liší. Hodnota [p] udává mezní hodnotu zatížení kluzného pouzdra. Kluzné pouzdro může bez poruchy toto zatížení trvale přenášet. Daná hodnota platí pro statické zatížení. Při tomto zatížení jsou povoleny jen velmi malé rychlosti do 0,01 m/s. Vyšší než tato udaná zatížení mohou být aplikována pouze v případech jejich krátkodobého působení. V závislosti na materiálu mohou být zatížení po velmi krátkou dobu překročena. V případě jakýchkoliv dotazů nás neváhejte kontaktovat.

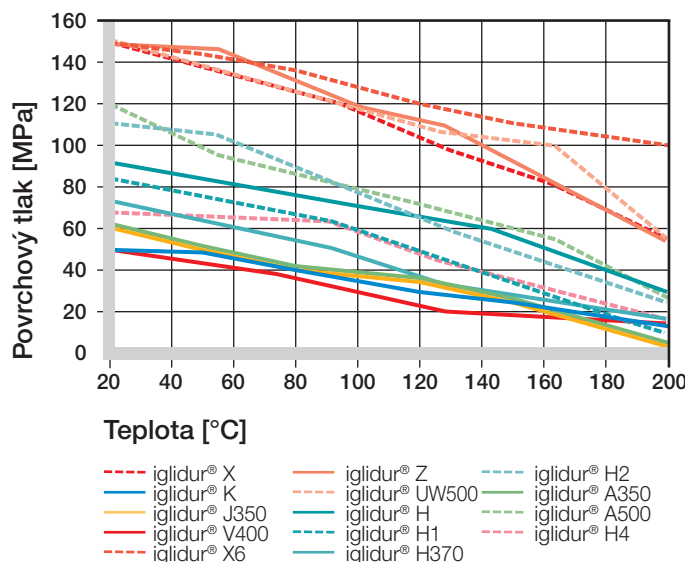
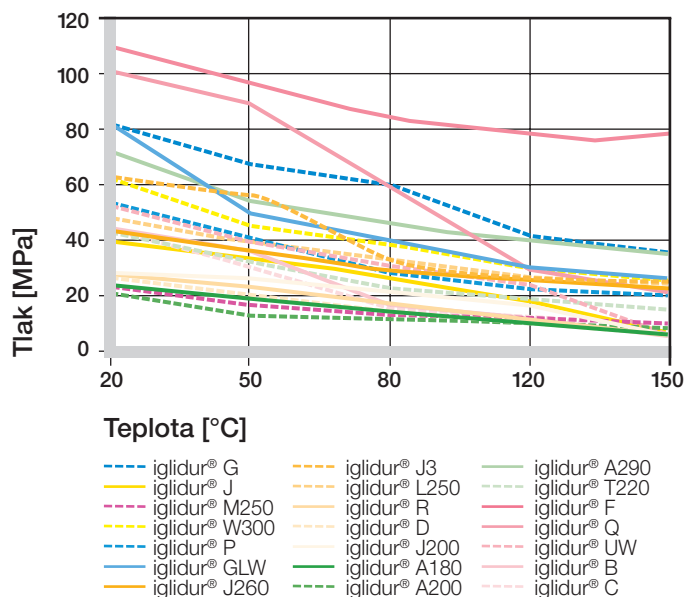
► Materiálová tabulka, strana 56

Tlak a teplota

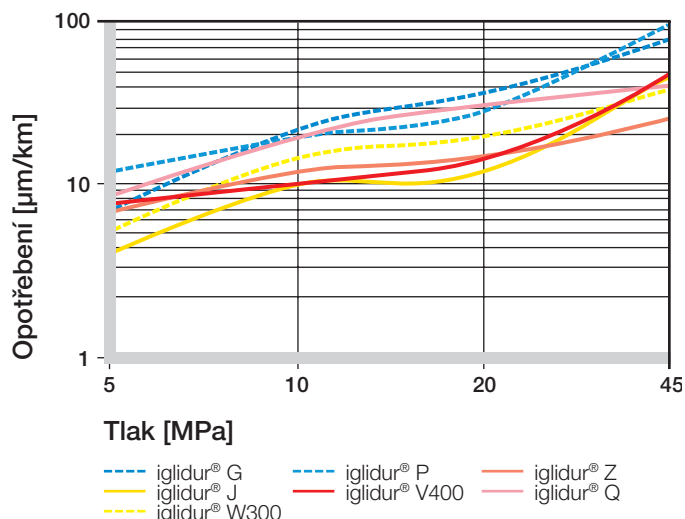
Grafy 02 a 03 znázorňují závislost povoleného maximálního povrchového statického tlaku [p] kluzných pouzder iglidur® na teplotě. Při použití kluzných pouzder může být díky tření teplota pouzdra vyšší než je okolní teplota. Využijte výhody představované předvídatelností kluzných pouzder iglidur® nebo zjistěte skutečnou hodnotu teploty pokusně.

Tlak a rychlost

Při snižování radiálního zatížení kluzného pouzdra roste povolená povrchová rychlost. Součin zatížení [p] a rychlosti [v] může být chápán jako měřítko třecího zahřívání pouzdra. Vztah je vyjádřen grafem pv, který je první v příslušné kapitole každého materiálu iglidur®.



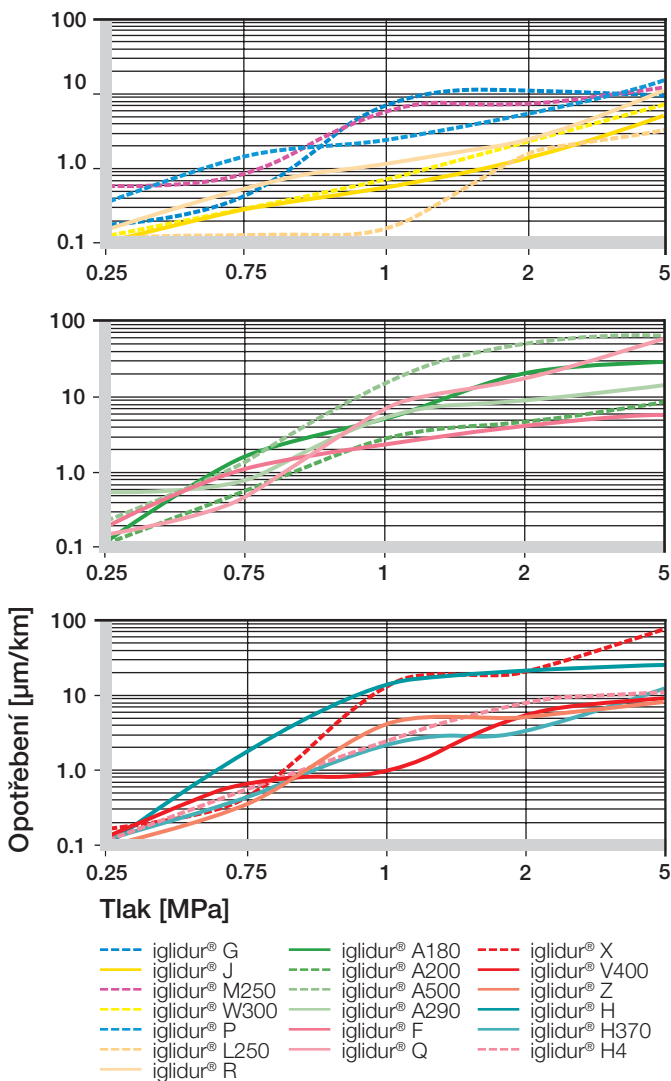
Graf 02 a 03: Doporučený max. plošný tlak kluzných pouzder iglidur® jako funkce teploty



Graf 04: Opořebenění kluzných pouzder iglidur® jako funkce tlaku

Tlak a opotřebení

Zatížení kluzných pouzder iglidur® má vliv na jejich opotřebení. Následující grafy znázorňují opotřebení materiálů kluzných pouzder iglidur®. Pro každé zatížení snadno určíte optimální materiál kluzného pouzdra. Opotřebení je udáváno v [μm/km].

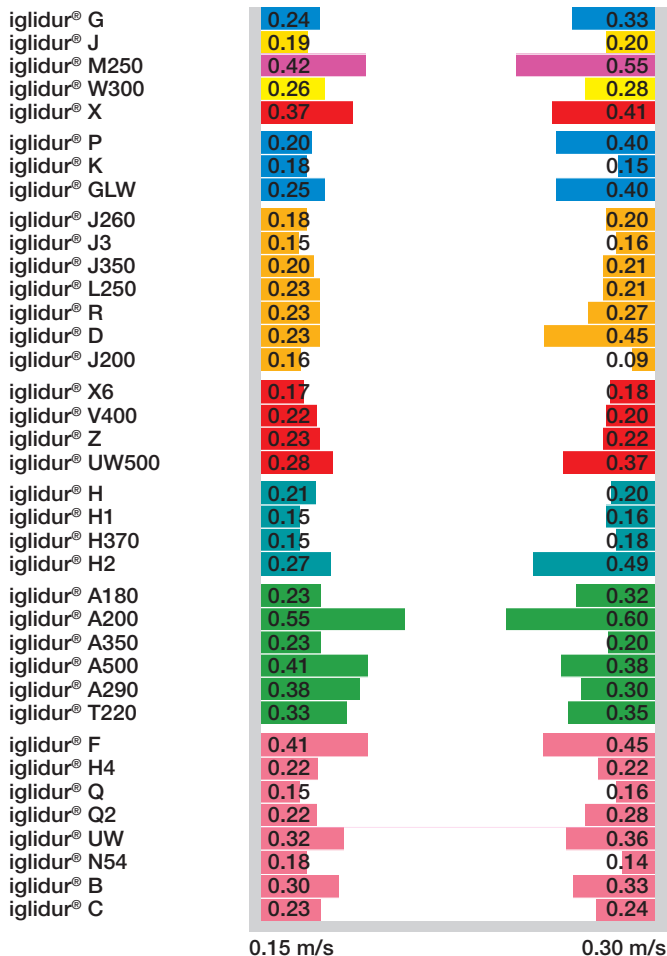


Grafy 05–07: Opotřebení kluzných pouzder iglidur® při nízkých tlacích

Tlak a koeficient tření

S rostoucím zatížením koeficient tření kluzného pouzdra obvykle klesá. V této souvislosti jsou velmi důležité použité materiály a kvalita povrchů hřídelí.

► Koeficient tření, **strana 68**



Graf 08: Koeficienty tření materiálů iglidur® pro různé obvodové rychlosti hřídele (hřídel Cf53 (1,1213))

Obvodová rychlost

S rostoucím zatížením koeficient tření kluzného pouzdra obvykle klesá. V této souvislosti jsou velmi důležité použité materiály a kvalita povrchů hřídelí.

Rotační pohyb
$$v = \frac{n \cdot d1 \cdot \pi}{60 \cdot 1.000} \left[\frac{m}{s} \right]$$

Kývný pohyb
$$v = d1 \cdot \pi \cdot \frac{2 \cdot \beta}{360} \cdot \frac{f}{1.000} \left[\frac{m}{s} \right]$$

veličiny ve vzorcích:

d1 = průměr hřídele [mm]

f = frekvence v Hertz

β = úhel pohybu na cyklus [°]

n = otáčky za minutu



Při proměnlivé rychlosti, jako např. při kyvných pohybech je potřebná hodnota "průměrná rychlost" (viz výše)

Dovolená obvodová rychlost

Kluzná pouzdra iglidur® byla primárně vyvinuta pro nízké až střední rychlosti trvalého provozu. Tabulka 01 zobrazuje povolené obvodové rychlosti kluzných pouzder iglidur® pro rotační, kývavý a lineární pohyb. Tyto hodnoty povrchových rychlostí jsou mezní a předpokládají minimální tlakové zatížení kluzného pouzdra. Ve skutečnosti jsou tyto hodnoty dosahovány jen zřídka a to díky protichůdnému vztahu mezi zatížením a rychlostí. Každé zvýšení tlakového zatížení nevyhnutelně vede ke snížení povolené obvodové rychlosti. Mezní rychlost je mimo jiné dána i teplotou kluzného pouzdra. To je také důvod, proč jsou pro různé typy pohybů udávány různé rychlosti. Při lineárním pohybu je větší množství tepla odváděno hřídelí, protože pouzdro využívá větší plochu hřídele.

Obvodová (povrchová) rychlost a opotřebení

Úvahy o povolené obvodové rychlosti kluzného pouzdra by také měly zahrnovat odolnost kluzného pouzdra proti opotřebení. Vysoké rychlosti s sebou automaticky přinášejí odpovídající zvýšenou rychlost opotřebení.

Obvodová rychlost a koeficient tření

V praxi je koeficient tření závislý na obvodové rychlosti. Vysoké obvodové rychlosti mají vyšší koeficient tření než nízké obvodové rychlosti. Graf 08 například zobrazuje vztah různých materiálů na ocelové hřídeli (za studena válcovaná ocel Cf53 (1,1213)) se zatížením 0,7 MPa.

pv hodnota

Pro kluzná pouzdra je zavedena nová hodnota, která je závislá na tlaku [p] a obvodové rychlosti [v]. Hodnota pv může být považována za měřítko třecího tepla a může být použita jako analytický nástroj pro zodpovězení otázky týkající se vhodného použití kluzného pouzdra. Pro tyto účely je aktuální hodnota pv funkcí materiálu hřídele, okolní teploty a provozní doby.

Materiál	Rotace		Kývavý		Lineární	
	Trvalý	Krát- kodobý	Trvalý	Krát- kodobý	Trvalý	Krát- kodobý
Základní						
iglidur® G	1	2	0,7	1,4	4	5
iglidur® J	1,5	3	1,1	2,1	8	10
iglidur® M250	0,8	2	0,6	1,4	2,5	5
iglidur® W300	1	2,5	0,7	1,8	4	6
iglidur® X	1,5	3,5	1,1	2,5	5	10
Univerzální						
iglidur® P	1	2	0,7	1,4	3	4
iglidur® K	1	2	0,7	1,4	3	4
iglidur® GLW	0,8	1	0,6	0,7	2,5	3
Dlouhá životnost						
iglidur® J260	1	2	0,7	1,4	3	4
iglidur® J3	1,5	3	1,1	2,1	8	10
iglidur® J350	1,3	3	1	2,3	4	8
iglidur® L250	1	1,5	0,7	1,1	2	3
iglidur® R	0,8	1,2	0,6	1	3,5	5
iglidur® D	1,5	3	1,1	2,1	8	10
iglidur® J200	1	1,5	0,7	1,1	10	15
Vysoké teploty						
iglidur® X6	1,5	3,5	1,1	2,5	5,4	10
iglidur® V400	0,9	1,3	0,6	0,9	2	3
iglidur® Z	1,5	3,5	1,1	2,5	5	6
iglidur® UW500	0,8	1,5	0,6	1,1	2	3
Vysoká chemická odolnost						
iglidur® H	1	1,5	0,7	1,1	3	4
iglidur® H1	2	2,5	1	1,5	5	7
iglidur® H370	1,2	1,5	0,8	1,1	4	5
iglidur® H2	0,9	1	0,6	0,7	2,5	3
Aplikace pro kontakt s potravinami						
iglidur® A180	0,8	1,2	0,6	1	3,5	5
iglidur® A200	0,8	1,5	0,6	1,1	2	3
iglidur® A350	1	1,2	0,8	0,9	2,5	3
iglidur® A500	0,6	1	0,4	0,7	1	2
iglidur® A290	1	2	0,7	1,4	3	4
iglidur® T220	0,4	1	0,3	0,7	1	2
Speciální oblasti použití						
iglidur® F	0,8	1,5	0,6	1,1	3	5
iglidur® H4	1	1,5	0,7	1,1	1	2
iglidur® Q	1	2	0,7	1,4	5	6
iglidur® Q2	1	2	0,7	1,4	4	5
iglidur® UW	0,5	1,5	0,4	1,1	2	3
iglidur® N54	0,8	1,5	0,6	1,1	1	2
iglidur® B	0,7	1	0,5	0,7	2	3
iglidur® C	1	1,5	0,7	1,1	2	3

Tabulka 01: Obvodová rychlost materiálů iglidur® v m/s; trvale a krátkodobě

$$p_{v \text{ perm.}} = \left(\frac{[K1 \cdot \pi \cdot \lambda_k \cdot \Delta T]}{\mu \cdot s} + \frac{[K2 \cdot \pi \cdot \lambda_s \cdot \Delta T]}{\mu \cdot b1 \cdot 2} \right) \cdot 10^{-3}$$

veličiny ve vzorcích:

K1, K2 = konstanta pro odvod tepla

(K1 = 0,5, K2 = 0,042)

s = tloušťka stěny pouzdra [mm]

b1 = délka pouzdra [mm]

μ = koeficient tření

λs = tepelná vodivost hřídele

λk = tepelná vodivost pouzdra

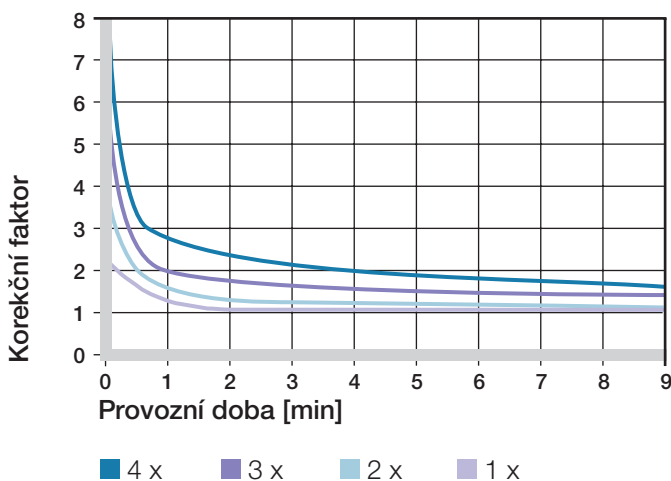
ΔT = (T_a - T_u)

T_u = okolní teplota [°C]

T_a = max. aplikační teplota [°C]

Materiál	Tepelná vodivost [W/m · k]
Ocel	46
Hliník	204
Šedá litina	58
Nerezová ocel 303	16
Keramika	1,4
Plasty	0,24

Tabulka 02: Hodnoty tepelné vodivosti pro jednotlivé materiály



Graf 09: Korekční faktor pro hodnotu p · v

Typ mazání	Korekční faktor
Bez mazání	1
Během montáže	1,3
Nepřetržitě, mazací tuk	2
Nepřetržitě, voda	4
Nepřetržitě, olej	5

Tabulka 03: Korekce tolerované hodnoty p · v při mazání

Korekční faktor

Tolerovaná hodnota p_v hodnoty může být při přerušovaném provozu zvýšena z důvodu krátkodobého zatížení, pokud teplota kluzného pouzdra nikdy nedosáhne maximální teploty. Testy prokázaly správnost tohoto tvrzení pro provozní dobu do 10 minut. Důležitým parametrem je zde poměr mezi délkou provozní doby a délkou pauzy. Je známo, že dlouhé pauzy výrazně přispívají k ochlazení. Různé křivky grafu 09 znázorňují různé poměry (3x znamená, že pauza trvá třikrát déle než provozní čas).

Mazání

Ačkoliv jsou kluzná pouzdra iglidur® konstruována pro suchý provoz bez mazání, jsou zcela kompatibilní se standardními oleji a mazacími tuky. Jednorázové promazání během montáže zlepšuje vlastnosti při záběhu, snižuje koeficient tření a snižuje třecí ohřev. Díky tomuto efektu lze při mazání zvýšit povolené zatížení kluzných pouzder. Výsledky použití s mazáním jsou dostupné z experimentů v laboratořích Iigus. Pro doplňující informace nás neváhejte kontaktovat. Tabulka 03 znázorňuje hodnotu korekčního faktoru pro p_v hodnotu s použitím maziva.

Teploty

Kluzná pouzdra z vysoce odolných triboplastů jsou při vysokých teplotách obvykle podceňována. Věřili byste, že kluzná pouzdra vyrobená z plastů, mohou být použita při teplotách přes +300°C? Tyto údaje jsou uváděny v technických datech jednotlivých materiálů. Teplota trvalého použití je teplota, kterou materiál vydrží pro určitý čas bez snížení pevnosti v tahu. Upozorňujeme, že výsledky těchto standardních testů mají omezené použití, protože kluzná pouzdra jsou téměř vždy pod zatížením.

Teplota aplikace

Minimální teplota aplikace je teplota, pod kterou je materiál natolik tuhý a tvrdý, že se stává příliš křehkým pro standardní aplikace. Maximální trvalá (dlouhodobá) teplota aplikace je teplota, kterou materiál snese bez významné změny vlastností. Maximální krátkodobá teplota aplikace je teplota, nad kterou se materiál stává měkkým a je schopen přenášet jen nízká zatížení.

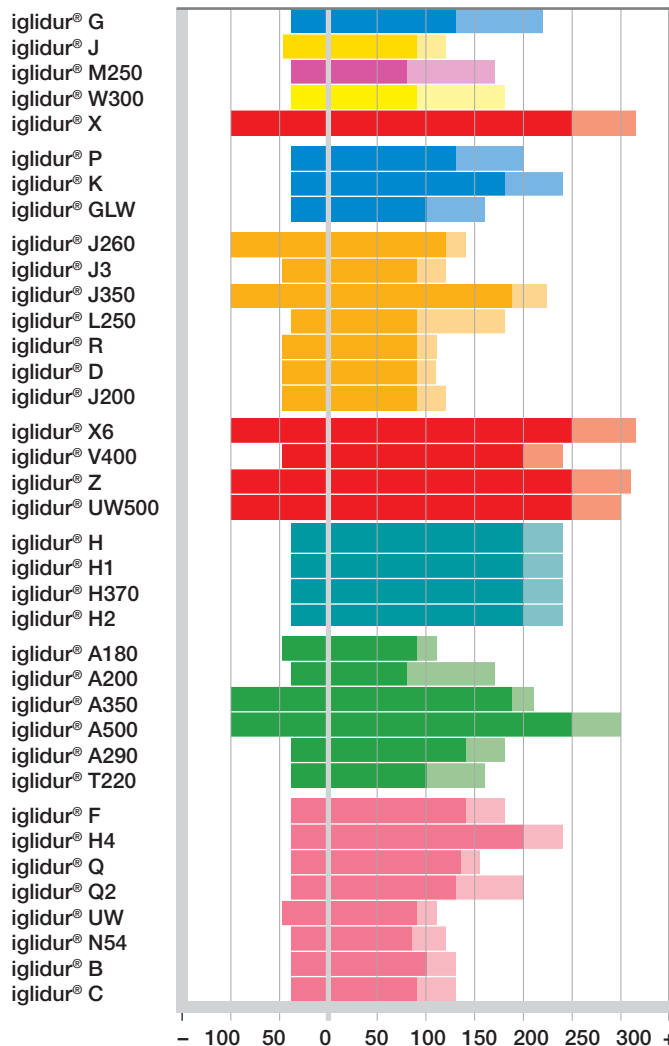
"Krátkodobost" je definována jako časový úsek několika málo minut. Pokud jsou kluzná pouzdra namáhána též axiálními silami, může dojít ke ztrátě pevnosti zalisování pouzdra v otvoru a hrozí nebezpečí axiálního pohybu kluzného pouzdra v otvoru. V těchto případech je nutné přídavné axiální zajištění kluzného pouzdra.

Teplota a zatížení

Grafy 02 a 03 (► **strana 47**) znázorňují maximální doporučený tlak [p] kluzných pouzder iglidur® jako funkce teploty. S rostoucí teplotou tato hodnota nepřetržitě stoupá. Pro kluzná pouzdra platí jedno velmi důležité pravidlo. A to, že v důsledku tření může být teplota kluzného pouzdra vyšší, než je okolní teplota.

Koeficient tepelné roztažnosti

Tepelná roztažnost plastů je přibližně 10x až 20x vyšší ve srovnání s kovy. Navíc se plasty chovají nelineárně. Koeficient tepelné roztažnosti kluzných pouzder iglidur® je jedním z hlavních důvodů vyšších vůlí mezi kluzným pouzdem a hřídelí. Při dané teplotě aplikace se proto hřídel při vyšší teplotě nezadře. Koeficient teplotní roztažnosti kluzných pouzder iglidur® byl zkoumán pro rozsáhlé oblasti teplot a výsledky jsou uvedeny v příslušných materiálových tabulkách na začátku každé kapitoly.



Graf 10: Srovnání teplotních limitů trvalého a krátkodobého působení teplot

Materiál	Teplota [°C]	Materiál	Teplota [°C]
iglidur® G	+80	iglidur® H	+120
iglidur® J	+60	iglidur® H1	+80
iglidur® M250	+60	iglidur® H370	+100
iglidur® W300	+60	iglidur® H2	+110
iglidur® X	+135	iglidur® A180	+60
iglidur® P	+90	iglidur® A200	+50
iglidur® K	+70	iglidur® A350	+140
iglidur® GLW	+80	iglidur® A500	+130
iglidur® J260	+80	iglidur® A290	+110
iglidur® J3	+60	iglidur® T220	+50
iglidur® J350	+140	iglidur® F	+105
iglidur® L250	+55	iglidur® H4	+110
iglidur® R	+50	iglidur® Q	+50
iglidur® D	+50	iglidur® Q2	+70
iglidur® J200	+60	iglidur® UW	+80
iglidur® X6	+165	iglidur® N54	+60
iglidur® V400	+100	iglidur® B	+50
iglidur® Z	+145	iglidur® C	+40
iglidur® UW500	+150		

Tabulka 04: Teploty, při kterých je vyžadováno přídavné ax. zajištění kluzných pouzder iglidur®



Obrázek 08: Testovací komora pro vysoké teploty

Koeficient tření

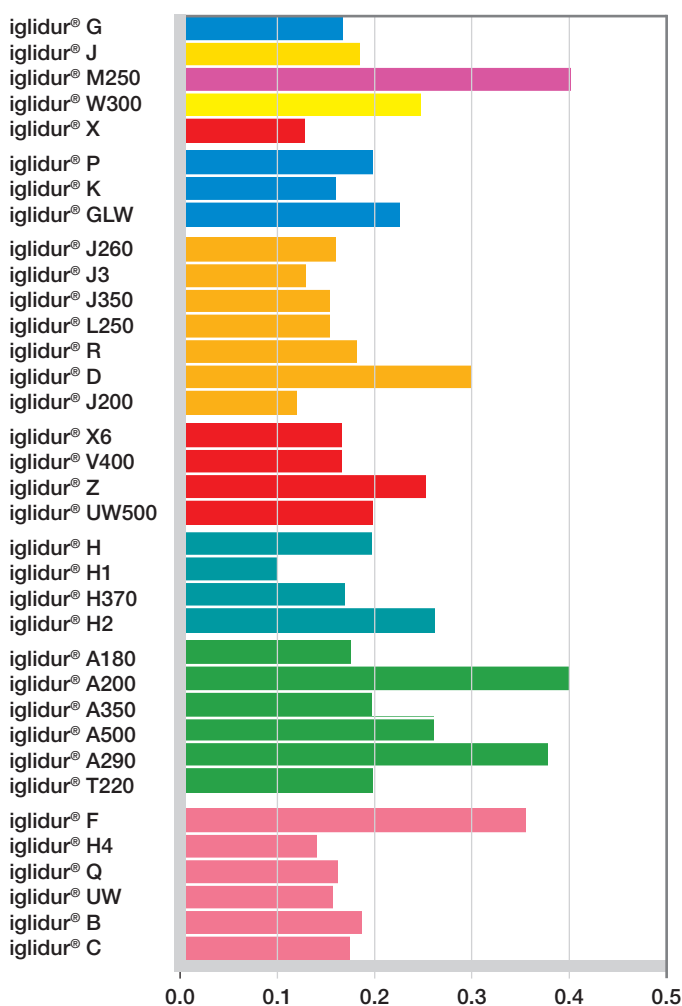
Kluzná pouzdra iglidur® jsou samomazná díky přidání pevných částíček lubrikantů. Pevná maziva snižují koeficient tření kluzných pouzder a tím zvyšují jejich odolnost proti opotřebení. Koeficient tření μ je poměrem třecí a normálové síly působící na kluzné pouzdro.

V závislosti na tom, zda se soustava rozbíhá z klidu, anebo je již v pohybu, je třeba zvolit statický nebo dynamický koeficient tření.

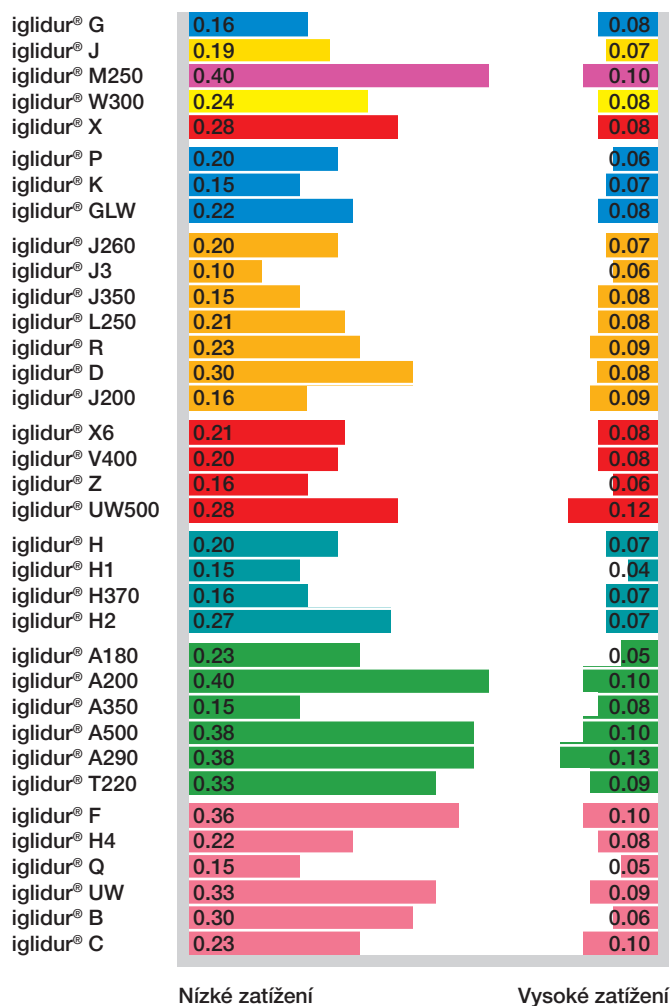
Koeficienty tření a povrchy

Zde se budeme zabývat vztahem mezi koeficientem tření a drsností povrchu materiálu hřídele. Je zřejmé, že hodnota je ovlivněna různými faktory. Pokud je hřídel příliš drsná, hraje důležitou roli úroveň opotřebení. Malé plošky nerovností do sebe zapadají a musí být opotřebeny. Pokud jsou povrchy příliš hladké, je výsledkem vyšší adheze, tj. povrchy na sebe

vzájemně přilnou. K překonání adheze je třeba vyšších sil, které vedou ke zvýšení koeficientu tření. Tzv. "stick slip" efekt (trhavý pohyb) může být výsledkem velkého rozdílu mezi statickým a dynamickým koeficientem tření a vysoké adhezní tendence slícovaných povrchů. "Stick slip" efekt se také může objevit během přerušovaného chodu a může vést k hlasitému pískání. "Stick slip" efekt proto představuje příčinu poškození kluzných pouzder. Znovu a znovu se ukazuje, že tyto zvuky se neobjevují nebo mohou být odstraněny při použití drsnějšího povrchu hřídele. Proto musí být pro použití, kde je vysoké riziko vzniku "stick slip" efektu, a tím i rozsáhlé resonance skříně, věnována zvláštní pozornost návrhu optimální drsnosti hřídele.



Graf 11: Koeficienty tření kluzných pouzder iglidur® pro doporučenou drsnost povrchu hřídele a nízké zatížení, $p = 0,75$ MPa



Graf 12: Hodnoty koeficientu tření kluzných pouzder iglidur® při různých zatíženích

Odolnost proti opotřebení

Díky skutečnosti, že opotřebení strojních součástí je funkcí mnoha různých vlivů, je obtížné stanovit obecné pravidlo postupu opotřebení. Proto má v mnoha experimentech opotřebení prvořadou důležitost jako parametr. Při testování bylo objasněno, jaké jsou možné varianty párování různých materiálů. Pro dané zatížení a obvodovou rychlost může faktor odolnosti proti opotřebení kolísat až k hodnotě 10 mezi různými materiálovými dvojicemi.

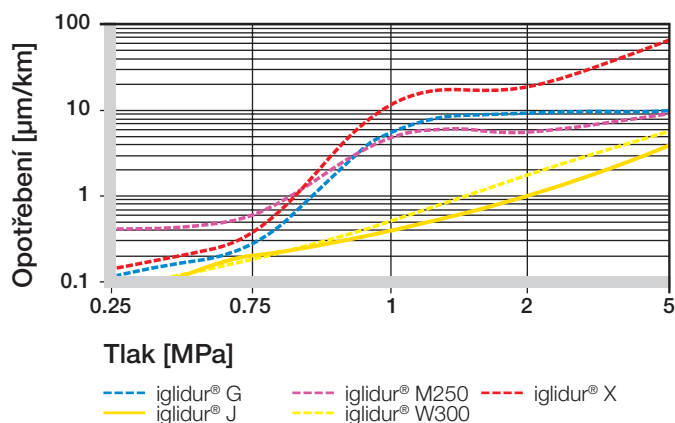
► Materiály hřídelí, strana 55

Opotřebení a zatížení

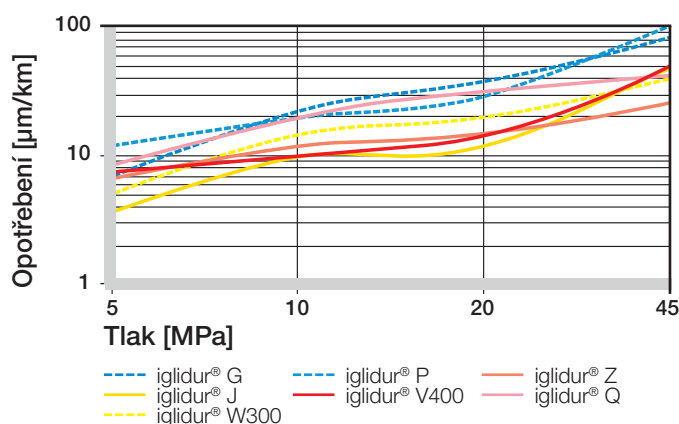
Mění se zatížení velice ovlivňuje životnost kluzného pouzdra. Mezi materiály kluzných pouzder iglidur® jsou určité materiály optimalizovány pro nízká zatížení, zatímco jiné jsou vhodné pro vysoká zatížení.

Opotřebení a teplota

V širokém rozsahu teplot vykazují kluzná pouzdra iglidur® jen malé změny odolnosti proti opotřebení. Jakmile teplota přesahuje maximum teplotního rozsahu, opotřebení kluzného pouzdra roste. Tabulka 05 srovnává "meze opotřebení" jednotlivých materiálů. Jedinou výjimku představuje materiál iglidur® X. Odolnost proti opotřebení materiálu iglidur® X výrazně roste s teplotou. Optimální odolnost proti opotřebení je dosahována při teplotě +160°C. Potom odolnost opět postupně klesá.



Graf 13: Opotřebení kluzných pouzder iglidur® při nízkém zatížení



Graf 14: Opotřebení kluzných pouzder iglidur®, hřídel: Cf53 (1,1213), $v = 0,1$ m/s

Materiál	Limit opotřebení [°C]	Materiál	Limit opotřebení [°C]
iglidur® G	+120	iglidur® H1	+170
iglidur® J	+70	iglidur® H370	+150
iglidur® M250	+80	iglidur® H2	+120
iglidur® W300	+120	iglidur® A180	+70
iglidur® X	+210	iglidur® A200	+80
iglidur® P	+100	iglidur® A350	+120
iglidur® K	+90	iglidur® A500	+190
iglidur® GLW	+100	iglidur® A290	+120
iglidur® J260	+80	iglidur® T220	+90
iglidur® J3	+70	iglidur® F	+130
iglidur® J350	+140	iglidur® H4	+120
iglidur® L250	+120	iglidur® Q	+80
iglidur® R	+70	iglidur® Q2	+120
iglidur® X6	+210	iglidur® UW	+70
iglidur® V400	+130	iglidur® N54	+80
iglidur® Z	+200	iglidur® B	+70
iglidur® UW500	+190	iglidur® C	+70
iglidur® H	+120		

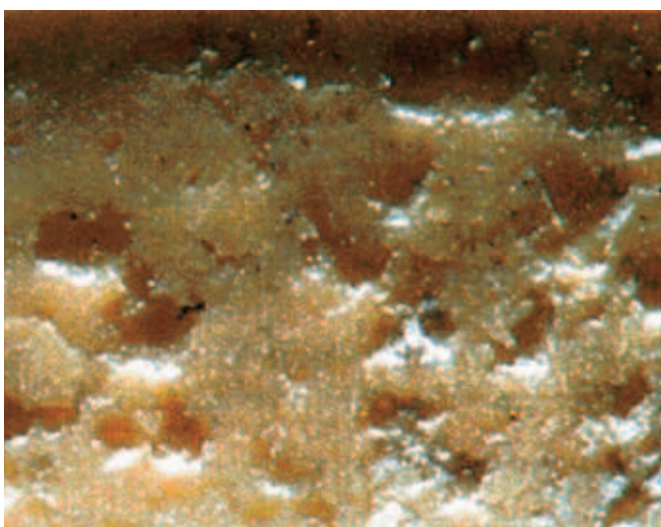
Tabulka 05: Limity opotřebení kluzných pouzder iglidur®



Obrázek 09: Vysoká odolnost proti opotřebení: Kluzné ložisko v kontaktu s pískem



Obrázek 10: Testy opotřebení s hliníkovými hřídelemi



Obrázek 11: Erozi poškozená hřídel s příliš malou drsností povrchu

Opotřebení způsobené nahromaděním abrazivních nečistot

Zvláštní problémy s opotřebením způsobují abrazivní nečistoty, které se dostanou mezi pouzdro a hřídel. Kluzná pouzdra iglidur® mohou v těchto případech výrazně prodloužit životnost a provozní dobu strojů a strojních komponentů. Vysoká odolnost těchto materiálů proti opotřebení a samomazný proces zajišťují nejvyšší životnost. Protože na pouzdru není žádné mazivo, nemohou abrazivní částice snadno ulpívat a pronikat do pouzdra. Největší část jich prostě sklouzne z pouzdra a tím se snižuje možnost poškození. Pokud se však tvrdé abrazivní částice dostanou mezi třecí plochy, mohou být kluzným pouzdrům iglidur® pohlceny. Cizí tělíska se usazují ve stěně kluzného pouzdra iglidur®. Až do určitého bodu může být provoz udržen na optimální hodnotě, dokonce i při extrémním nahromaděním nečistot.

Ovšem nejsou to jen tvrdé abrazivní částice, které poškozují kluzná pouzdra a hřídele. Měkké prachové částice, jako např. textilní a papírová vlákna, jsou častou příčinou zvýšeného opotřebení. V tomto případě opět nastupují do akce kluzná pouzdra iglidur® se suchým provozem a vysokou prachovou odolností. V minulosti již mnohokrát pomohly ušetřit náklady při mnoha náročných aplikacích.

Opotřebení a kvalita povrchu

Pro hodnoty opotřebení kluzných pouzder iglidur® je též velmi důležitá kvalita povrchu hřídele. Podobně jako při úvaze o koeficientu tření, může být povrch hřídele příliš drsný nebo příliš hladký. Příliš vysoká drsnost působí jako pilník a během pohybu odděluje malé částičky z povrchu kluzného pouzdra. Nicméně u příliš hladkého povrchu hřídele se také vyskytuje vyšší opotřebení. Extrémní nárůst tření je způsoben přilnavostí. Síly, působící na kluzné plochy, mohou být tak velké, že se na běžném materiálu objeví prasklinky. Důležitým poznatkem je, že opotřebení otěrem je nelineární. Navíc je náhodné a nelze ho přesně a s předstihem předvídat.

Opotřebení a materiály hřídelí

Hřídel je vedle kluzného pouzdra dalším extrémně důležitým parametrem v ložiskovém systému. Je v přímém kontaktu s kluzným pouzdem a stejně jako kluzné pouzdro je olivňována vzájemným pohybem. V principu se hřídel také opotřebovává. Nicméně moderní ložiskové systémy jsou konstruovány tak, že opotřebení hřídele je natolik malé, že ho nelze ani klasickými metodami měřící technologie zjistit. Hřídele jsou charakterizovány a klasifikovány podle jejich tvrdosti a drsnosti povrchu. Účinky drsnosti povrchu jsou popsány na předcházejících stranách:

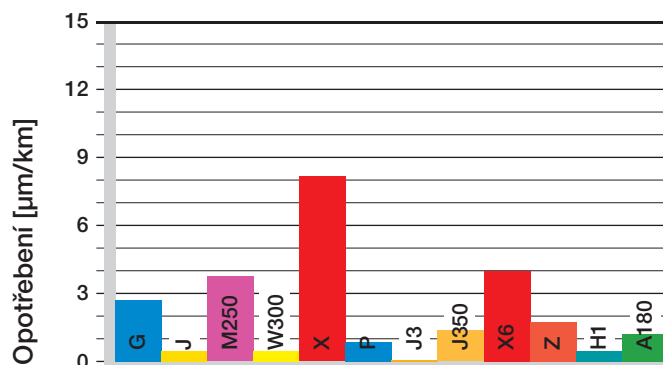
- ▶ Koeficient tření, **strana 68**
- ▶ Odolnost proti opotřebení, **strana 69**

Tvrdoost povrchu hřídele hraje též významnou roli. Pokud mají hřídele nižší tvrdost, jsou během záběhu vyhlazeny. Špičky nerovností jsou otupeny a povrch je upraven. U některých materiálů má tento efekt pozitivní vliv a odolnost kluzného pouzdra proti opotřebení tak vzrůstá. V následujících grafech jsou uvedeny nejběžnější materiály hřídelí a jsou porovnány s nejběžnějšími materiály kluzných pouzder iglidur®.

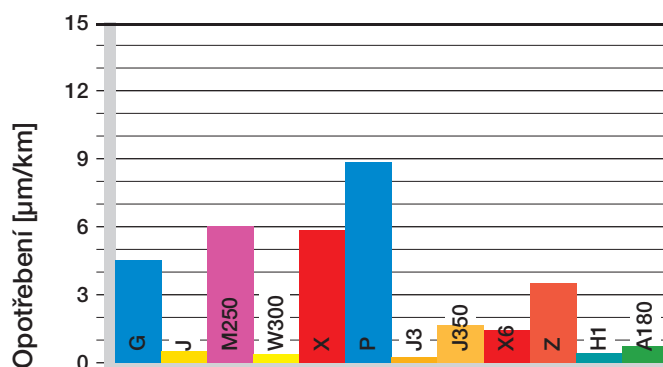
Pro snadnější porovnání je měřítko osy opotřebení ve všech grafech stejné. Zvláště působivá je nízká hodnota opotřebení pro systémy s tvrděchromovanou hřídelí. Tyto, velmi tvrdé a hladké hřídele, příznivě ovlivňují opotřebení většiny kluzných pouzder. Opotřebení většiny kluzných pouzder iglidur® jsou s touto hřídelí nižší, než u kterýchkoliv jiných testovaných materiálů hřídelí. Mělo by však být poukázáno na to, že díky velmi nízké drsnosti hřídele, jsou tyto tvrděchromované tyče náchylné ke "stick slip" efektu.



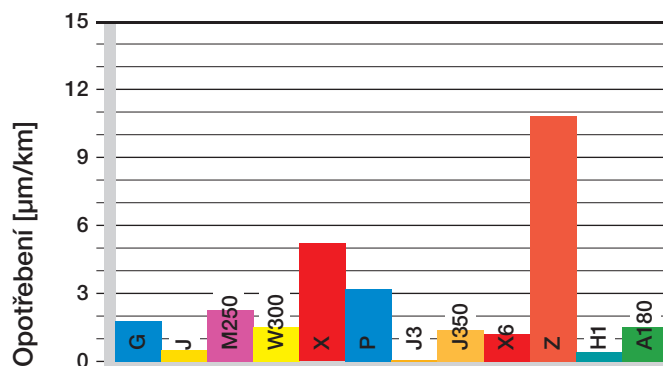
Obrázek 12: Testovací stolice pro testování opotřebení při kývavém pohybu pro malá zatížení



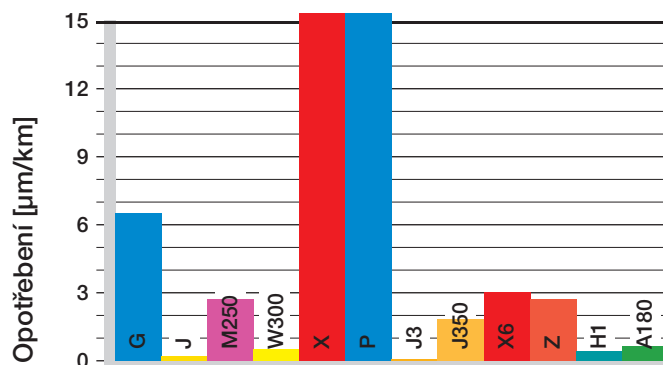
Graf 15: Opotřebení s hřídelí Cf53 (1,1213),
p = 1 MPa, v = 0,30 m/s Ra = 0,20 μm



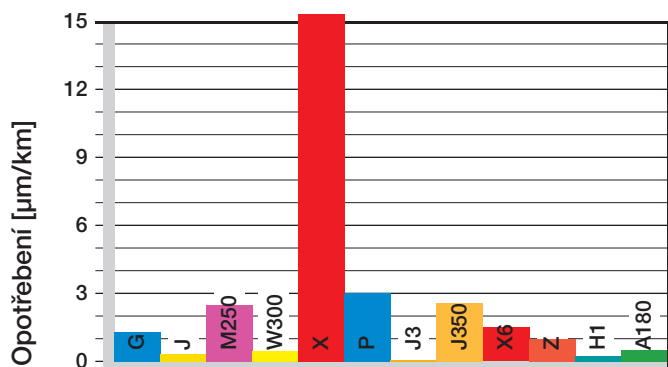
Graf 16: Opotřebení s hřídelí V2A (1,4301),
p = 1 MPa, v = 0,30 m/s Ra = 0,20 μm



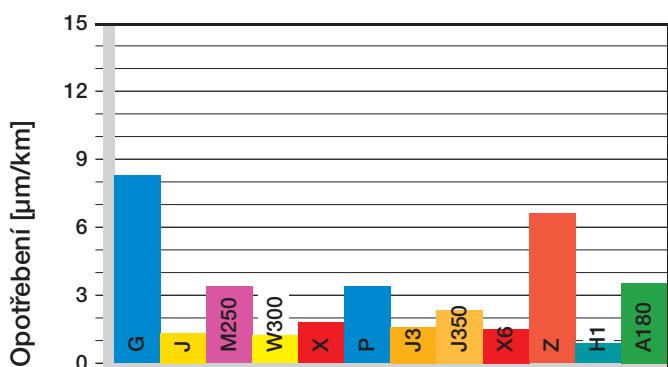
Graf 17: Opotřebení s hřídelí St37 (1,0254),
p = 1 MPa, v = 0,30 m/s Ra = 0,20 μm



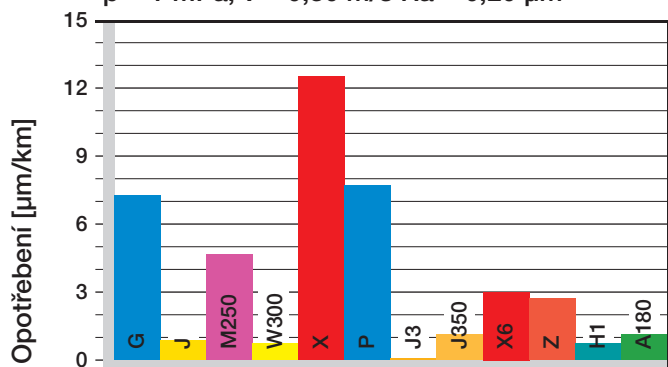
Graf 18: Opotřebení s tvrděchromovou hřídelí Cf53 (1,1213),
p = 1 MPa, v = 0,30 m/s Ra = 0,20 μm



Graf 19: Opotřebení s tvrděloxovanou hliníkovou hřídelí p = 1 MPa, v = 0,30 m/s Ra = 0,20 µm



Graf 20: Opotřebení s hřídelí z automatové oceli (1,0715), p = 1 MPa, v = 0,30 m/s Ra = 0,20 µm



Graf 21: Opotřebení s hřídelí X90 (1,4112), p = 1 MPa, v = 0,30 m/s Ra = 0,20 µm

S vysoce jakostní nerezovou ocelí 1,4112 se získá podobně dobrý výsledek. Kalená ocelová hřídel 1,1213 vykazuje též velmi dobré výsledky. Výsledky opotřebení se s jinými materiály hřídelí výrazně liší. Například měkká nerezová ocel 1,4301 při nízkém zatížení a v kombinaci s vhodným materiálem kluzného pouzdra, prokázala v testech dobré až velmi dobré výsledky. Na druhou stranu je třeba říci, že žádný jiný materiál hřídele nevykazuje větší různorodost výsledků hodnoty opotřebení s různými materiály kluzných pouzder. Proto je výběr nejvhodnějšího materiálu kluzných pouzder zvláště důležitý pro měkké materiály hřídelí, jako jsou např. měkká nerezová ocel (1,4301) a měkká standardní ocel (1,0037). Výsledky testů poskytují pouze vzorek z existujících dat. Všechny uvedené výsledky byly provedeny se stejným zatížením a rychlostí.



Obrázek 13: Testovací stolice pro testování opotřebení při kývavém pohybu pro střední zatížení

Chemická odolnost

Kluzná pouzdra iglidur® mohou během svého použití přijít do styku s mnoha chemikáliemi. Tento kontakt může vést ke změnám strukturních vlastností. Chování plastů vůči určitým chemickým látkám je závislé na teplotě, době vystavení působení a na typu a velikosti mechanického namáhání. Pokud jsou kluzná pouzdra iglidur® odolná proti dané chemikálii, mohou být v tomto médiu použita. Někdy může okolní médium působit i jako mazivo.

Pro chemicky nejodolnější materiál iglidur® X může být médiem dokonce kyselina chlorovodíková nebo mravenčí. Všechna kluzná pouzdra iglidur® mohou být použita ve velmi slabých kyselinách a zásadách. Rozdíly se mohou projevit při vysokých koncentracích nebo teplotách. Pro všechna kluzná pouzdra iglidur® platí jejich odolnost vůči klasickým mazivům. Proto mohou být kluzná pouzdra iglidur® přimazávána. Nicméně je třeba brát v úvahu prostředí aplikace. V prašných prostředích může být přimazávání kontraproduktivní. Vznikne brusná pasta, která může výrazně snížit životnost celého systému. Přehled v tabulce 06 Vám může rychle pomoci při výběru vhodného kluzného pouzdra iglidur®. Pokud během návrhu není zcela jasné, jaké chemikálie a v jaké koncentraci se mohou vyskytnout, měla by být použita kluzná pouzdra iglidur® X. Tento materiál má nejlepší chemickou odolnost a je napadán jen několika málo kyselinami. Detailní seznam chemické odolnosti naleznete v zadní části tohoto katalogu.

► Tabulka chemické odolnosti, **strana 1258**

Použití v potravinářském průmyslu.

Ve výrobním programu kluzných pouzder iglidur® naleznete hned několik materiálů speciálně vyvinutých pro velmi speciální požadavky pro stroje a zařízení pro potravinářský průmysl. Materiály iglidur® A180, A200, A350 a A500 jsou vyráběny dle požadavků FDA (Food and Drugs Administration). Materiál iglidur® A290 je v souladu s požadavky BfR. V sortimentu jsou nově i kluzná pouzdra odpovídající směrnici EC 10/2011 EG.

Materiál	Uhlovo- díky	Maziva, oleje bez aditiv	Slabé kyseliny	Slabé zásady
Základní				
iglidur® G	+	+	0 až –	+
iglidur® J	+	+	0 až –	+
iglidur® M250	+	+	0 až –	+
iglidur® W300	+	+	0 až –	+
iglidur® X	+	+	+	+
Univerzální				
iglidur® P	–	+	0	–
iglidur® K	+	+	0 až –	+
iglidur® GLW	+	+	0 až –	+
Dlouhá životnost				
iglidur® J260	+	0 až –	–	+ až 0
iglidur® J3	+	+	0 až –	+
iglidur® J350	+ až 0	+	+	+
iglidur® L250	+	+	0 až –	+
iglidur® R	+	+	0 až –	+
iglidur® D	+	+	0 až –	+
iglidur® J200	+	+	0 až –	+
Vysoké teploty				
iglidur® X6	+	+	+	+
iglidur® V400	+	+	+	+
iglidur® Z	+	+	+	+
iglidur® UW500	+	+	+	+
Vysoká chemická odolnost				
iglidur® H	+	+	+ až 0	+
iglidur® H1	+	+	+ až 0	+
iglidur® H370	+	+	0 až +	+
iglidur® H2	+	+	+ až 0	+
Aplikace pro kontakt s potravinami				
iglidur® A180	+	+	0 až –	+
iglidur® A200	+	+	0 až –	+
iglidur® A350	+ až 0	+	+	+
iglidur® A500	+	+	+	+
iglidur® A290	+	+	0 až –	+
iglidur® T220	–	+	0	–
Speciální oblasti použití				
iglidur® F	+	+	0 až –	+
iglidur® H4	+	+	+ až 0	+
iglidur® Q	+	+	0 až –	+
iglidur® Q2	+	+	0 až –	+
iglidur® UW	+	+	0 až –	+
iglidur® N54	+	+	0 až +	+
iglidur® B	–	–	0 až –	–
iglidur® C	+	+	0 až –	+

+ odolný 0 podmíněčně odolný – není odolný
Všechny uvedené údaje se týkají chemické odolnosti při pokojové teplotě [+20°C]

Tabulka 06: Chemická odolnost materiálů iglidur®

Materiál	Radioaktivní záření
iglidur® X, Z, UW500, A160	1 · 10 ⁵ Gy
iglidur® X6, A500	2 · 10 ⁵ Gy
iglidur® M250, J3, A200, N54	1 · 10 ⁴ Gy
iglidur® L250	3 · 10 ⁴ Gy
iglidur® V400, C	2 · 10 ⁴ Gy
iglidur® P, K	5 · 10 ² Gy
iglidur® G, J, W300, P210, J260, J200, R, D, C500, A180, A290, UW160, T220, F, F2, Q, Q2, UW, G V0, J2, B, GLW	3 · 10 ² Gy
iglidur® J350, H, H1, H370, H2, H4, A181, A350	2 · 10 ² Gy

Tabulka 07: Odolnost kluzných pouzder iglidur® proti radioaktivnímu záření

Materiál	UV odolnost	Materiál	UV odolnost
iglidur® G	+++++	iglidur® H1	++
iglidur® J	+++	iglidur® H370	+++++
iglidur® M250	++++	iglidur® H2	+
iglidur® W300	+++	iglidur® A180	+++
iglidur® X	+++++	iglidur® A200	++++
iglidur® P	+++++	iglidur® A350	++++
iglidur® K	++++	iglidur® A500	+++
iglidur® GLW	+++++	iglidur® A290	++++
iglidur® J260	+	iglidur® T220	++
iglidur® J3	+++	iglidur® F	+++++
iglidur® J350	++	iglidur® H4	+
iglidur® L250	+++	iglidur® Q	++
iglidur® R	++++	iglidur® Q2	+++++
iglidur® X6	+++++	iglidur® UW	+++
iglidur® V400	+++	iglidur® N54	++++
iglidur® Z	+++	iglidur® B	+
iglidur® UW500	+++++	iglidur® C	+
iglidur® H	++		

Tabulka 08: Odolnost kluzných pouzder iglidur® proti UV záření + nízká odolnost +++++ vysoká odolnost

Materiál	Povrchový odpor [Ω]
iglidur® X	< 10 ³
iglidur® X6	< 10 ³
iglidur® UW500	< 10 ⁹
iglidur® H	< 10 ²
iglidur® H370	< 10 ⁵
iglidur® F	< 10 ²
iglidur® UW	< 10 ⁵

Tabulka 09: Elektrické vlastnosti vodivých kluzných pouzder iglidur®

Radioaktivní záření

Porovnání odolností kluzných pouzder proti radioaktivnímu záření je znázorněno v tabulce 07, Širokému rozpětí radioaktivity jsou nejodolnějšími materiály iglidur® X, UW500, A500 a Z.

UV odolnost

Pokud jsou kluzná pouzdra iglidur® použita ve venkovním prostředí, jsou trvale vystavena povětrnostním vlivům. Odolnost vůči UV záření je významným měřítkem a indikuje, zda je či není materiál napadán UV zářením. Dopad se může projevit od lehkých změn barvy až po křehnutí materiálu. Vzájemné srovnání jednotlivých materiálů je v tabulce 08, Výsledky ukazují, že kluzná pouzdra iglidur® jsou ve většině případů vhodná i pro venkovní použití. Pouze u několika málo materiálů lze očekávat změny.

Vakuum

Kluzná pouzdra iglidur® mohou být do určité míry použita i ve vakuu. Dochází jen k velmi malému odplynění. U většiny materiálů iglidur® nedochází ke změnám materiálových vlastností. V případě potřeby bližších informací nás neváhejte kontaktovat.

Elektrické vlastnosti

V produktové řadě bezúdržbových, samomazných pouzder iglidur® jsou jak materiály izolační, tak i materiály vodivé. Nejdůležitější elektrické vlastnosti jsou popsány v popisu jednotlivých materiálů na začátku každé kapitoly. Tabulka 09 srovnává hodnotu povrchového odporu vodivých kluzných pouzder iglidur®. Materiály kluzných pouzder iglidur®, které nejsou uvedeny v tabulce 09, jsou nevodivé. Všimněte si, že u některých materiálů iglidur® mohou být tyto vlastnosti změněny absorpcí vlhkosti daného materiálu. Proto doporučujeme test daného materiálu ve Vaší aplikaci, aby bylo prokázáno, že materiál bude mít stejné elektrické vlastnosti i po změně provozních podmínek.

iglidur® | Tolerance a systém měření

Tolerance a systém měření

Montážní rozměry a tolerance kluzných pouzder iglidur® jsou funkcí materiálu a tloušťky stěny pouzdra. Pro každý materiál je určující absorpce vlhkosti a tepelná roztažnost. Kluzná pouzdra s minimální absorpcí vlhkosti mohou být navrhována s minimálními tolerancemi. Pro tloušťku stěny existuje pravidlo: čím tlustší je stěna pouzdra, tím větší musí být tolerance. Proto existují pro kluzná pouzdra iglidur® různé třídy tolerancí. V těchto tolerancích mohou kluzná pouzdra iglidur® pracovat za povolených teplotních podmínek a s vlhkostí do 70% tak, jak je uvedeno v montážních doporučeních. V technické praxi se může vyskytnout vyšší vlhkost nebo je nutné, aby kluzná pouzdra pracovala pod vodou. Ani to není problém, ale doporučujeme, abyste se obrátili na některého z našich specialistů, který Vám poradí, aby kluzná pouzdra pracovala správně.

Kontrolní metody

Kluzná pouzdra iglidur® jsou lisována do děr dle našich doporučení (většinou H7). Kluzné pouzdro je v otvoru fixováno zalisováním a vnitřní průměr pouzdra se zalisováním též upraví. Kontrola kluzného pouzdra se provádí v zalisovaném stavu do doporučeného otvoru. Kontrola se provádí válečkovými kalibry.

- Správný kalibr musí lehce projít zalisovaným kluzným pouzdrem.
- Měření 3 bodovou sondou se musí provádět minimálně ve 3 rovinách a všechny průměry musí ležet v předepsané toleranci.

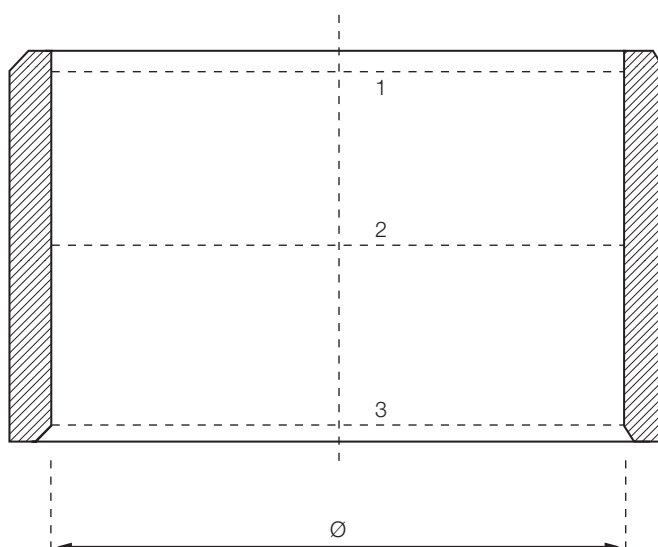
Řešení problémů

Navzdory pečlivé výrobě a měření kluzných pouzder se mohou objevit odlišnosti, které vedou k otázkám, týkajících se rozměrů a tolerancí. Proto uvádíme seznam nejčastějších důvodů rozdílů. Ve většině případů lze s tímto pomocníkem příčiny rozdílů snadno najít.

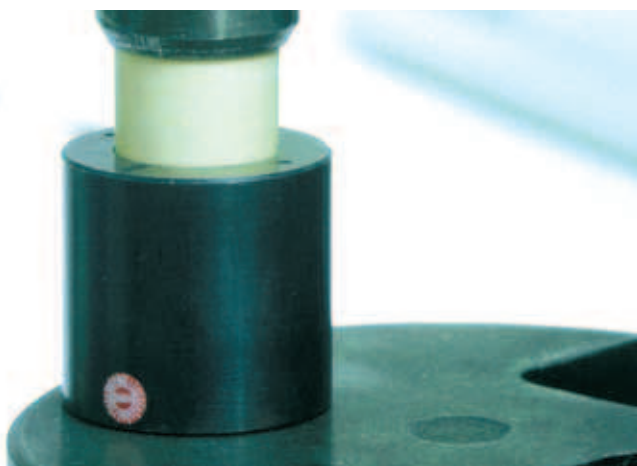
- Otvor nemá vhodně sraženou hranu. Správné sražení by mělo být mezi 20-30°.
- Byl použit středící čep, čímž došlo ke zvětšení vnitřního průměru při lisování kluzného pouzdra.
- Otvor neodpovídá požadované specifikaci (obvykle H7).
- Skříň je vyrobena z měkkého materiálu, který se během montáže kluzného pouzdra roztáhl.
- Hřídel neodpovídá doporučeným tolerancím.
- Měření nebylo provedeno za stejných podmínek.



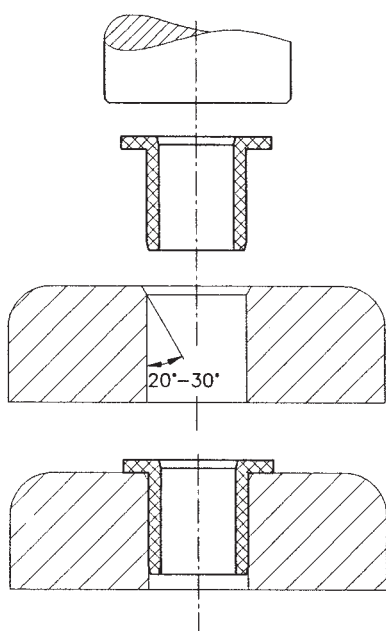
Obrázek 14: Měření vnitřního průměru kluzných pouzder iglidur®



Graf 22: Umístění měřicích rovin



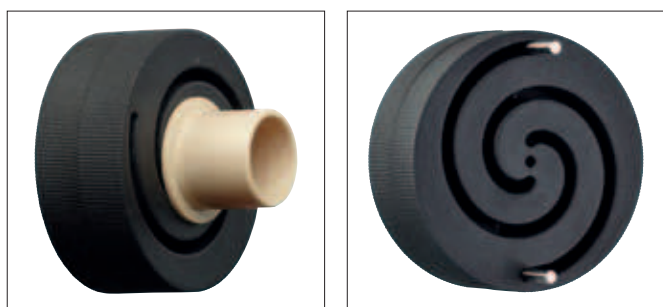
Obrázek 15: Kluzná pouzdra iglidur® by měla být lisována plochým nástrojem



Graf 23: Řez: postup lisování kluzných pouzder iglidur®

Typ obrábění	soustružení	vrtání	frézování
Materiál nástroje	SS	SS	SS
Posuv [mm]	0,1...0,5	0,1...0,5	až 0,5
Úhel hřbetu	5...15	10...12	3
Úhel čela	0...10	3...5	
Řezná rychlost [m/min]	200...500	50...100	až 1.000

Tabulka 10: Řezné rychlosti



Obrázek 16: Lisovací nástroje igus®

Montáž

Kluzná pouzdra iglidur® jsou standardně vyráběna větší. Vnitřní průměr se přizpůsobí po zalisování do vhodného otvoru skříně s doporučenými tolerancemi. Vnitřní průměr je před zalisováním až o 2% větší. Tímto způsobem je dosaženo bezpečného zalisování kluzného pouzdra. Předchází se tím také axiálnímu posunutí kluzného pouzdra v otvoru. Otvor ve skříně by měl být pro všechna kluzná pouzdra iglidur® obroben v předepsané toleranci (obvykle H7), měl by být hladký, rovný a měl by mít sraženou hranu pod úhlem 20-30°.

Montáž se dokončí pomocí plochého nástroje. Použití středících nebo kalibračních čepů může vést k poškození kluzného pouzdra a vytvoření větší vůle.

Lepení

Lepení kluzných pouzder iglidur® není běžně nutné. Pokud může předpětí vzniklé zalisováním zaniknout z důvodů vysokých teplot (relaxace), je doporučeno použití kluzných pouzder s vyšší teplotní odolností. Pokud je plánováno zajištění kluzného pouzdra lepením, jsou v každém případě nutné individuální testy. Přenos uspokojivých výsledků do jiných případů není možný.

Obrábění

Kluzná pouzdra iglidur® jsou dodávána připravená k montáži. Rozsáhlá produktová řada umožňuje ve většině případů použít standardní rozměry. Pokud je z nějakých důvodů nezbytné dodatečné obrábění kluzného pouzdra, jsou v tabulce 10 uvedeny standardní obráběcí hodnoty. Pokud je to možné, je třeba se vyhnout dodatečnému obrábění kluzných ploch. Výsledkem obrobení kluzných ploch bývá velmi často zvýšení rychlosti opotřebení. Výjimkou je iglidur® M250, který je velmi vhodný pro dodatečné obrábění. U ostatních kluzných pouzder iglidur® mohou být vady obrobeného povrchu potlačeny mazáním během montáže. Speciální rozměry lze vyrobit i z igus® polotovarů. A to jak kruhových tyčí, tak plochých desek.

Lisování kluzných pouzder je tak snadné

Kluzná pouzdra iglidur® jsou určena pro lisování do otvorů s tolerancí H7, Ne vždy je k dispozici vhodný nástroj pro zalisování těchto pouzder. Nové montážní nástroje igus® umožňují extrémně snadnou montáž kluzných pouzder (vnitřní průměr 13 mm až 50 mm) a to například i kladivem.