

## HŘÍDELOVÉ TĚSNICÍ KROUŽKY (GUFERA)

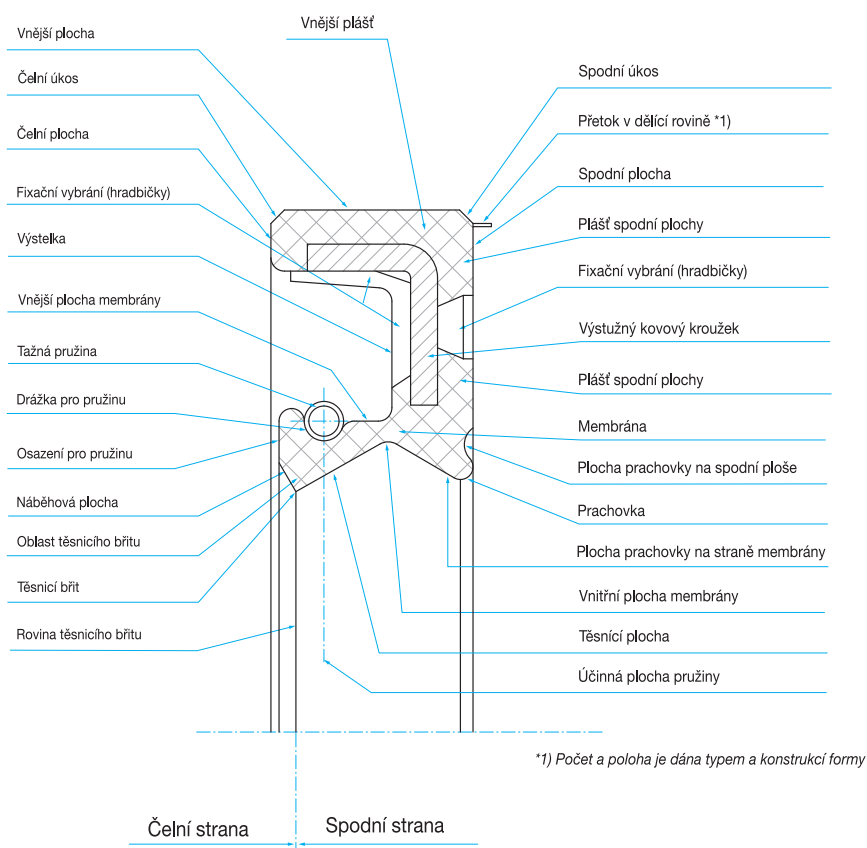
Hřídelové těsnicí kroužky (HTK), slouží k utěsnění pohyblivých částí strojních dílů a agregátů naplněných oleji, tuky a jinými kapalnými látkami.

### VŠEOBECNÉ INFORMACE

#### Definice

Hřídelové těsnicí kroužky HTK (gufera) jsou dotykové těsnicí prvky určené pro utěsnění otáčejících se hřídelů a dalších strojních součástí. Svou funkcí zabezpečují těsné oddělení dvou prostředí stejného nebo různého charakteru s malým tlakovým spádem. Stupeň utěsnění závisí na provozních podmínkách těsněné součásti a požadavcích na životnost těsnění. HTK jsou normalizovány dle PN 02 9403 nebo DIN 3760.

#### Základní provedení



## Popis výrobku

HTK je tvořen zpravidla výztužným kovovým kroužkem, pryžovými částmi a tažnou pružinou. V některých případech může být HTK bez kovového výztužného kroužku nebo bez pružiny.

Výztužný kovový kroužek má tvar prstence, který je zavulkanizovaný ve vnější části těsnění. Umožňuje správnou montáž těsnění a jeho spolehlivé upevnění v úložné díře.

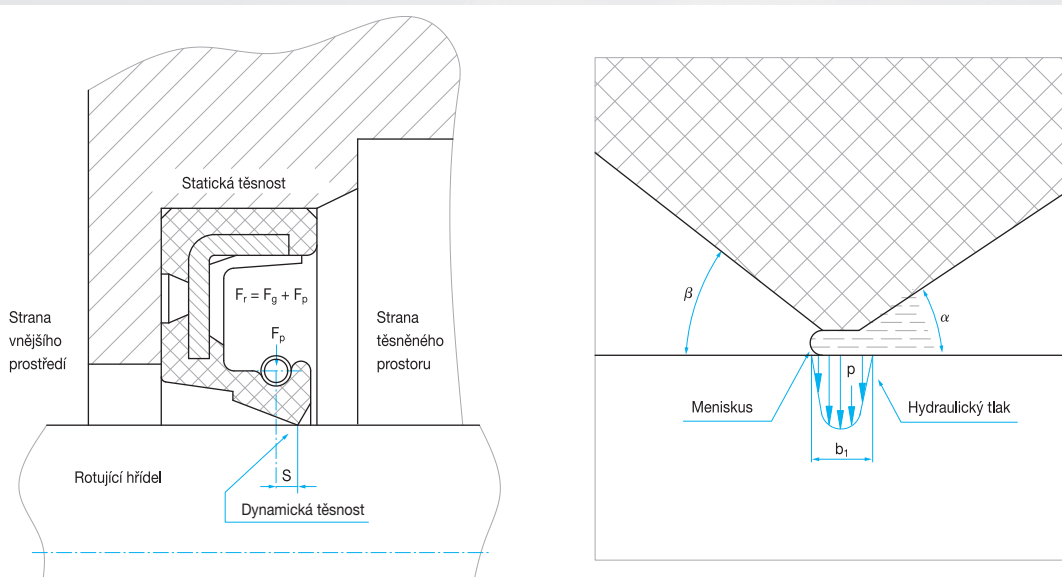
K výztužnému kovovému kroužku je přivulkanizována membrána přecházející v těsnicí břit. Pružná membrána snižuje nepříznivý vliv úchytky sousostí a obvodového házení hřídele na funkci těsnění.

Těsnicí břit trojúhelníkového průřezu je ze strany těsněného prostoru tvořen náběhovou plochou skloněnou proti ose hřídele pod úhlem  $\alpha$ . Ze strany vnějšího prostředí je tvořen těsnicí plochou přiléhající k povrchu hřídele pod úhlem  $\beta$ . Na vnějším obvodu těsnicího břitu je vytvořena drážka pro umístění tažné pružiny.

Pryžový vnější plášť přesahem mezi těsněním a úložnou dírou zabezpečuje požadovanou statickou těsnost. Při použití HTK v prašném nebo jinak znečištěném vnějším prostředí slouží k ochraně těsnicího břitu prachovka, která je umístěna na spodní ploše těsnění.

Tažná pružina, standardně vyráběná z ocelového pružinového drátu, je charakterizována svými rozměry - vnějším průměrem, průměrem drátu, délkou a svým předpětím. Po dohodě je možné HTK dodávat s pružinami se zvýšenou korozní odolností - zinkovanými či nerezovými. Všechny pružiny pro HTK z ACM, MVQ nebo FPM materiálů jsou odolné teplu a uchovávají si po celou dobu životnosti své konstantní charakteristiky.

30



## Princip těsnosti

HTK zajišťuje dvojí těsnost - statickou těsnost v uložení a dynamickou těsnost na úrovni kontaktu těsnicího břitu a hřídele.

**Statická těsnost** - je zajištěna přesahem vnějšího průměru HTK proti průměru úložné díry. Tento přesah po nalisování zajišťuje těsnost kroužku.

**Dynamická těsnost** - spočívá ve vytvoření těsnicí spáry (menisku) mezi povrchem těsněné součásti a těsnicím břitem. Dotykem mezi těsnicími plochami vzniká v důsledku radiálního zatížení tlak, který v době klidu vytvoří mezi těsnicími plochami těsné uložení. Aby mezi nimi existovalo uložení točné a bylo dosaženo nízkých třecích ztrát a vysoké životnosti těsnění, je nutné, aby při otáčení hřídele vznikl mezi těsnicími plochami mazací film. Princip vzniku mazacího filmu souvisí s hydrodynamickými ději probíhajícími mezi těsnicími plochami při jejich vzájemném pohybu. Mechanismus udržování mazacího filmu mezi těsnicími plochami souvisí s hlavními faktory a parametry těsněného uzlu a to zejména s:

- radiálním zatížením těsnicího břitu a jeho stabilitou v průběhu životnosti HTK,
- obvodovou rychlostí hřídele, jeho dynamickým chováním, smyslem otáčení a způsobem konečného opracování,
- fyzikálními vlastnostmi těsněné kapaliny, jejím chemickým a tepelným působením na pryžové části těsnění, včetně její čistoty a tlaku.

V mazací vrstvě o šířce  $b_1$  vzniká hydrodynamický tlak  $p$  s parabolickým průběhem. Poloha maxima tlaku závisí na poměru úhlů  $\alpha$  a  $\beta$  a přetlaku těsněné kapaliny, přičemž tloušťka mazací vrstvy je funkcí fyzikálních vlastností těsněné kapaliny, radiálního zatížení těsnicího břitu a provozních podmínek. Radiální zatížení těsnicího břitu  $F_r$  [N] je součtem radiálního zatížení, které vzniká z přesahu mezi hřídelí a těsnicím břitem  $F_g$  [N] a protažením tažné pružiny  $F_p$  [N] po montáži HTK na hřídel, případně od tlaku těsněné kapaliny.

Dynamické podmínky jsou určovány úchytkou tvaru a frekvencí otáčení hřídele spolu s fyzikálními vlastnostmi pryže a těsněné kapaliny.

## PROVEDENÍ HTK

Značení v závorce je dle DIN 3760.

### HTK - standardní provedení G, GP (A, AS)

Standardní konstrukční tvary dle PN 02 9403 a DIN 3760 s vnějším pláštěm z elastomeru, bez a s dodatečnou prachovkou proti mírnému až střednímu znečištění zvenku. Možnost dodání v různých provedeních a materiálech. Standardní materiál NBR.

G, GP NBR = WA, WAS

G, GP FPM = VIA, VIAS (ve standardu nerezová pružina)

G, GP MVQ = SIA, SIAS

### HTK s kovovým vnějším pláštěm – provedení (B, BS)

Konstrukční tvary s holým vnějším kovovým pláštěm pro jednoduchou montáž bez přídavné prachovky nebo s ní proti znečištění z vnějšku.

NBR - WB, WBS

### HTK s kovovým pouzdem a přídavnou výztuží – provedení (C, CS)

Utěsnění a montáž jako u provedení B. Používá se především v těžkých provozech.

Odolný vůči chybám při montáži.

NBR - WC, WCS

### HTK s vlnovou úpravou vnějšího průměru – provedení GV, GPV (AK, AG)

Toto provedení se používá pro usnadnění montáže hřídelových těsnicích kroužků do montážní díry a více toleruje nedostatky uložení.

GV, GPV NBR = WAK, WAG

GV, GPV FPM = VIAK, VIAG

### HTK s hydrodynamickým žebrováním – provedení DP, DL, DS

Hydrodynamické žebrování na těsnicí ploše podporuje těsnicí účinek a zvyšuje funkční bezpečnost při ztížených provozních podmínkách, především v agregátech automobilů.

Směr žebrování je přizpůsoben směru otáčení hřídele. Provedení DS je pro obousměrný pohyb hřídele.

### HTK s částečným kovovým vnějším pláštěm – provedení AH, AV

Toto řešení splňuje požadavky na bezpečné utěsnění na vnějším průměru a dosažení vysoké stability kroužku v úložné díře. Použití především v automobilovém průmyslu, v užitkových vozidlech a stavebních strojích.

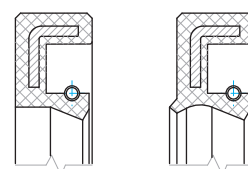
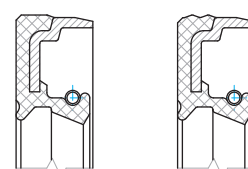
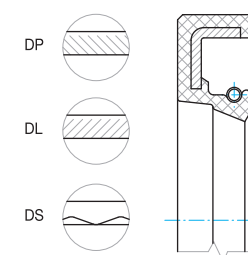
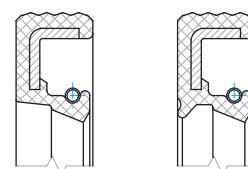
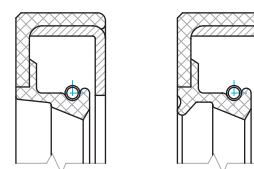
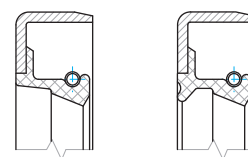
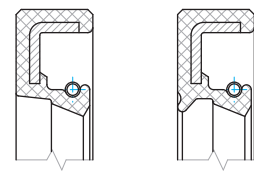
### Tlakové HTK – provedení (AY, ASY)

Tlakově zatížitelné, bez podpěrného kroužku. Provedení vhodné pro použití v agregátech pod stálým tlakem (max. 1 MPa) jako jsou hydraulická čerpadla, hydromotory a hydrodynamické spojky.

S přídavnou prachovkou proti znečištění z vnějšku. Standardní materiál NBR. Při vyšším tepelném a chemickém zatížení materiál FPM.

NBR - WAY, WASY

FPM - VIAS, VIASY



### HTK bez pružiny – provedení CD (AO)

Provedení vhodné pro zamezení přístupu prachu a nečistot do agregátu. Použití např. v elektromotorech nebo agregátech, kde těsněné médium přijde do styku s HTK jenom ve formě mlhy, např. tyč řazení v převodovkách.

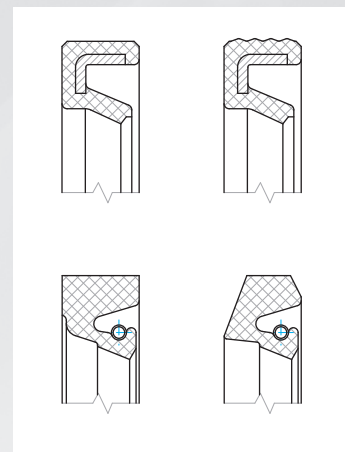
CD NBR = WAO

CD FPM = VIAK, VIAO

### HTK bez výztužného kroužku – provedení P, HP "SEVANIT"

Speciální provedení HTK bez kovové výztuhy pro použití v těžkém strojírenství.

Uspadňuje montáž a výměnu. Sevanit P se používá pro dělená tělesa, sevanit HP se používá pro nedělená tělesa.



## TECHNICKÁ ČÁST

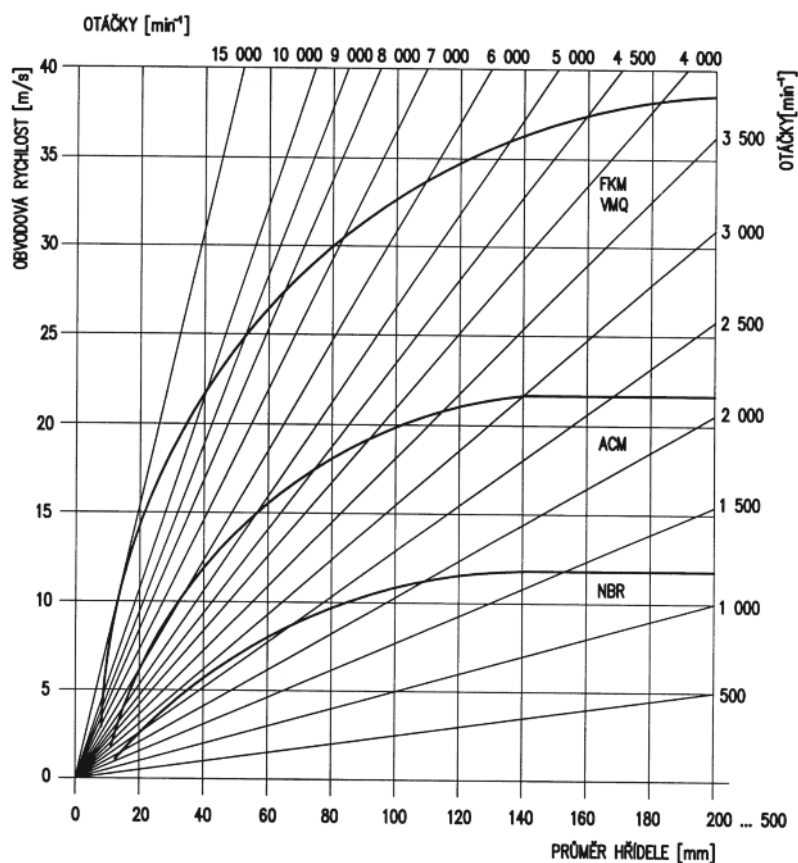
### Obvodová rychlost hřídele

Obvodová rychlost hřídele odpovídá kluzné rychlosti vzájemného pohybu těsnicích ploch (těsnicího břítu a hřídele).

Třením mezi nimi vzniká teplo, které, pokud není odváděno, zvyšuje teplotu třecích ploch. Tato teplota omezuje použitelnost pryže, stejný účinek má i zvyšující se obvodová rychlost.

Níže je vyobrazen graf vymežující použitelnost těsnění v závislosti na obvodové rychlosti pro jednotlivé druhy pryží hřídelových těsnicích kroužků za normálních provozních podmínek:

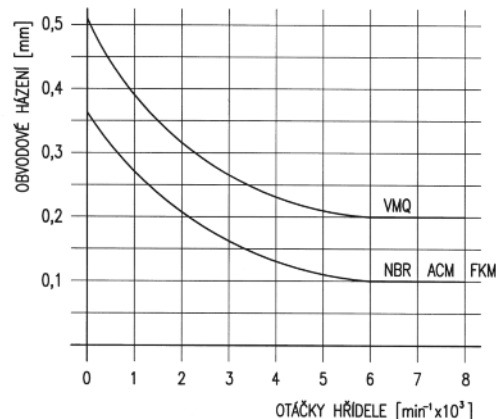
- provoz bez tlaku, nebo podtlaku,
- olej vhodných mazacích vlastností s dobrou cirkulací pro odvod tepla.





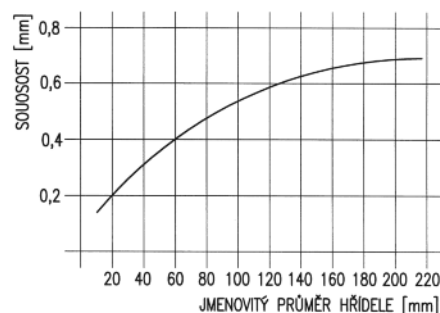
## Úchylka obvodového házení

Při otáčení hřídele vzniká mezi těsnicími plochami vlivem dynamických dějů mazací film. Na dynamických dějích se ve značné míře podílí i obvodové házení hřídele. Vzniká geometrickou nepřesností, vřely v ložiskách a v důsledku působení dynamických sil na hřídel od jiných mechanismů. Pokud se předpokládá zvýšené dynamické namáhání hřídele, je nezbytné konzultovat velikost úchylky obvodového házení s výrobcem těsnění.



## Úchylka souososti hřídele a úložné díry

Úchylka souososti vzniká geometrickou nepřesností uložení hřídele a úložné díry. Negativně ovlivňuje rozložení radiálního zatížení těsnicího břitu po obvodu hřídele, což bývá příčinou místního opotřebení a vzniku netěsností.



## Hřídel

### Materiál

Nejpoužívanějším materiálem je ocel. Hřídele z materiálů majících špatnou tepelnou vodivost a nebo z trubek o malé tloušťce stěny nejsou vhodné pro utěsňování konstrukčních uzlů s HTK. Doporučuje se tvzení povrchu kalením.

### Tvrдость

Tvrдость povrchu hřídele souvisí s funkčními podmínkami těsnění a čistotou prostředí. Aby nedošlo k nadměrnému opotřebení hřídele, musí mít jeho povrch v místě těsnicího břitu při rychlostech  $v > 1$  m/s tvrdost nejméně 45 HRC.

Vrstva vytvořená kalením, cementováním a kalením nebo nitridováním musí mít tloušťku nejméně 0,3 mm. Větší tvrdost hřídele (doporučuje se 60 HRC) je nutné volit v následujících případech:

- při obvodové rychlosti hřídele  $v > 4$  m/s,
- při utěsňování znečištěné kapaliny,
- při utěsňování v podmínkách prašného prostředí.

Pracuje-li zařízení v korozním prostředí nebo dochází-li k ulpívání zplodin tepelného rozkladu utěsňované kapaliny v těsnicí spáře (menisku), doporučuje se hřídel chromovat natvrdo a leštit nebo brousit. Tloušťka vrstvy chrómu je od 0,02 do 0,1 mm.

### Drsnost

Způsob konečného opracování je nutné volit tak, aby na povrchu hřídele nevznikaly stopy po nástroji ve tvaru šroubovice apod. Tyto stopy pracují jako čerpadlo a snižují těsnost. Nejvhodnější způsob je broušení zapichovacím způsobem bez posuvu.

Drsnost povrchu hřídele při obvodové rychlosti  $v < 4$  m/s se doporučuje **Ra** 0,4 až 0,8  $\mu\text{m}$ . Při rychlostech  $v > 4$  m/s.

Mezní úchylka hřídele se volí v rozsahu h8 až h11.

Aby nedošlo k poškození těsnicího břitu při montáži, je nutné hrany hřídelů srazit nebo zaoblit. Při montáži hřídele ve směru **A** se doporučuje hranu hřídele zaoblit poloměrem 0,6 až 1 mm. Při montáži hřídele směrem **B** srazit hrany podle následující tabulky a obrázku a vyrobit sražení a zaoblání s drsností **Ra** 0,4 až 0,8  $\mu\text{m}$ .

Rýhy, značky, rez nebo jiné povrchové vady mohou vyvolat prosakování a jsou nepřijatelné. Doporučuje se ochrana třecí plochy hřídele od opracování až po montáž a tomu přizpůsobit i manipulační prostředky.

Jmenovitý průměr hřídele d [mm]		Délka sražení k [mm]
přes	do	
	30	3
30	60	4
60	120	6
120	250	8
250		10

### 34 Úložný prostor

Útěsnění kapaliny v úložné díře je dosaženo přesahem mezi vnějším průměrem těsnění a dírou. Mezní úchytky úložné díry se volí v toleranci H8. Drsnost povrchu může být v rozmezí **Ra** 1,6 až 6,3 um.

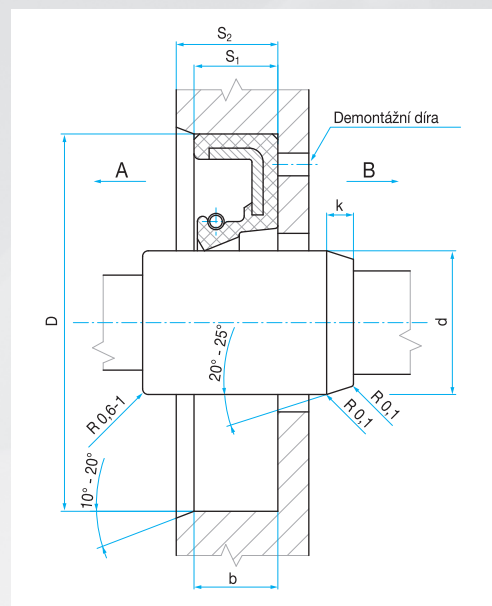
Pro usnadnění montáže se doporučuje sražení hran.

Minimální délka válcové části díry **S<sub>1</sub>** > 0,85 b. Celková délka díry se doporučuje

**S<sub>2</sub>** = b + 0,3 mm.

V případě odlišné konstrukce je nutné volit délku sražení hrany montážní díry 2 až 2,5 mm.

Úložnou díru je nutné konstruovat tak, aby byla zabezpečena kolmost montáže těsnění vzhledem k ose hřídele. Pokud to konstrukce dovolí, musí se HTK opírat zadní nebo čelní plochou o osazení v úložné díře nebo je nutné u průchozí díry použít ke správnému nastavení kolmé polohy těsnění pojistný kroužek nebo použít montážní přípravek.



### Přez

Na pryže používané k výrobě HTK jsou kladeny velké nároky, neboť jednoznačně určují funkční vlastnosti těsnění, ovlivňují jeho spolehlivost a životnost.

Mezi nejdůležitější požadavky na použitou pryž patří:

- chemická odolnost proti těsněným kapalinám,
- odolnost proti zvýšeným a nízkým teplotám,
- odolnost proti opotřebení,
- vhodné dynamické vlastnosti,
- malá změna fyzikálních veličin vlivem teploty a času.

Splnit tyto požadavky pro danou aplikaci je možné jen volbou vhodného druhu pryže.

RUBENA a.s. nabízí v současné době HTK z butadien-akrylonitrilových (NBR), polyakrylátových (ACM), silikonových (MVQ) a fluoruhlíkových (FPM) pryží.

Volba druhu pryže z hlediska teplotní odolnosti závisí na počtu otáček hřídele a teplotě těsněné kapaliny. V závislosti na otáčkách hřídele (viz kapitola "Obvodová rychlost hřídele"), typu těsněné kapaliny a její teplotě se volí druh pryže podle následující tabulky.

Přiz	Teplota těsnění kapaliny t - provozní, t <sub>m</sub> - maximální, t <sub>n</sub> - nejnižší [°C]																
	t	t <sub>m</sub>	t	t <sub>m</sub>	t	t <sub>m</sub>	t	t <sub>m</sub>	t	t <sub>m</sub>	t	t <sub>m</sub>	t	t	t	t <sub>n</sub>	
NBR	80	100	70	90	70	90	70	90	70	90	70	90	+	+	+	-40 *	
ACM	100	130	90	130	100	130	+	+	80	100	-	-	-	-	-	-20*	
MVQ	120	(+) 50	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-50*	
FPM	130	160	120	150	130	160	+	+	120	150	80	100	+	+	+	-15*	
	motorové oleje		převodové oleje		hydraulické oleje		topné oleje		mazací tuky		voda a prací prostředky		benzin	líh	motor. nař a		
	maziva										jiné kapaliny						

Tabulka uvádí těsněná média obecně. Použití konkrétního média (obchodní název) se doporučuje konzultovat s výrobcem HTK.

Vysvětlivky:

Znaménko + znamená, že je nutné použít pryž v konkrétním médiu ověřit.

Znaménko - znamená, že pryž není vhodná pro uvedené podmínky.

Znaménko \* znamená, že hodnoty jsou orientační a vztahují k bodu křehnutí pryže, pro konkrétní aplikaci je nutné nejnižší provozní teploty ověřit.

## FUNKČNÍ PODMÍNKY

### Těsnost

Z hlediska funkce HTK je největší důraz kladen na jeho těsnicí schopnost. Těsnost vyjádřená množstvím těsněné kapaliny, která unikne přes těsnicí prvek za jednotku času souvisí s řadou funkčních faktorů a provozních podmínek, které se během životnosti těsnění mění. Nejčastější příčinou netěsnosti bývají nesprávné (zejména extrémní) provozní podmínky kladené na funkci těsnění, nedodržení postupu montáže, drsnost nebo způsob konečné výroby povrchu hřídele. Z toho vyplývá nutnost správného definování podmínek funkce těsnění a dodržení všech doporučení výrobce.

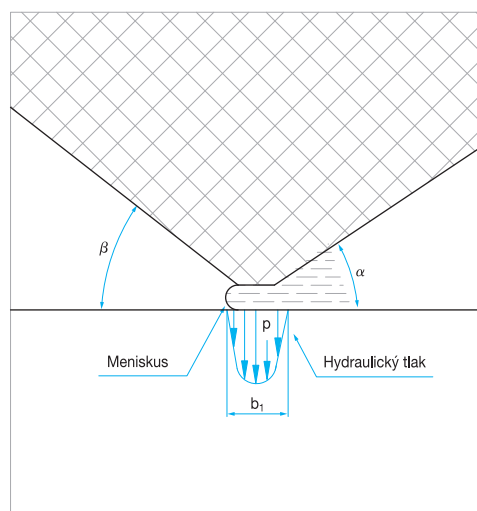
### Opotřebení těsnicího břítu a hřídele

Opotřebení těsnicího břítu a hřídele souvisí s těsností a životností HTK. V důsledku opotřebení se snižuje přesah mezi těsnicím břítem a hřídelí a zvětšuje se šířka těsnicího břítu  $b_1$ . Tím se snižuje velikost radiálního zatížení  $F_R$  a mění se hydrodynamické podmínky v těsnici spáře (menisku).

K opotřebení těsnicího břítu dochází proto, že pryž má horší fyzikální vlastnosti než ocel. Nadměrné opotřebení souvisí s drsností povrchu hřídele a nedostatečným mazáním těsnicích ploch.

K opotřebení hřídele dochází tehdy, obsahuje-li těsněné médium tvrdé nečistoty, které po vniknutí do těsnicího břítu obrábějí hřídel jako brusný nástroj. Opotřebení hřídele se projevuje i při použití HTK vyrobených ze silikonové pryže, která obsahuje jako plnivo  $\text{SiO}_2$ .

Rychlost opotřebení závisí na provozních podmínkách těsněného uzlu a mazání těsnicích ploch.



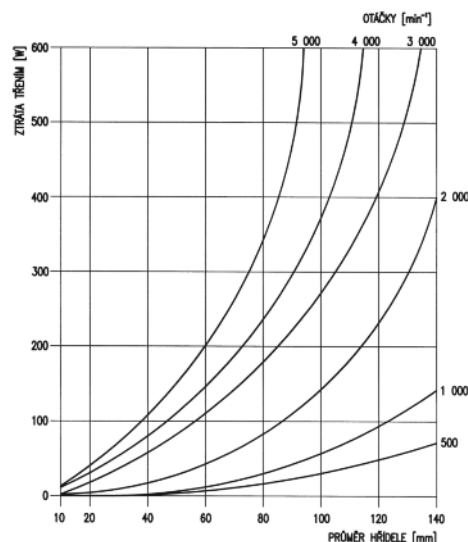
### Tření a třecí ztráty

Pro dotykové těsnicí prvky, ke kterým se řadí i HTK, je charakteristické tření těsnicích ploch, které je závislé na mazání, provozních podmínkách, konstrukci HTK a použitých materiálech. Při tření vzniká teplo. Pokud není odváděno, zvyšuje se pracovní teplota těsněného uzlu. Velikost třecí síly závisí na radiálním zatížení  $F_R$  a součiniteli tření  $\mu$ .

U elastomerových materiálů se součinitel tření projevuje v adhezní a deformační složce. Adhezní tření souvisí s přitažlivými silami mezi segmenty makro molekul pryže a třecím povrchem. Deformační tření se projevuje jako deformace povrchových segmentů pryže na drsnosti povrchu hřídele. Pokud se vytvoří mezi těsnicími plochami mazací film, je vlivem těchto složek tření potlačen.

Ztráty třením jsou úměrné třecímu momentu a frekvenci otáčení hřídele.

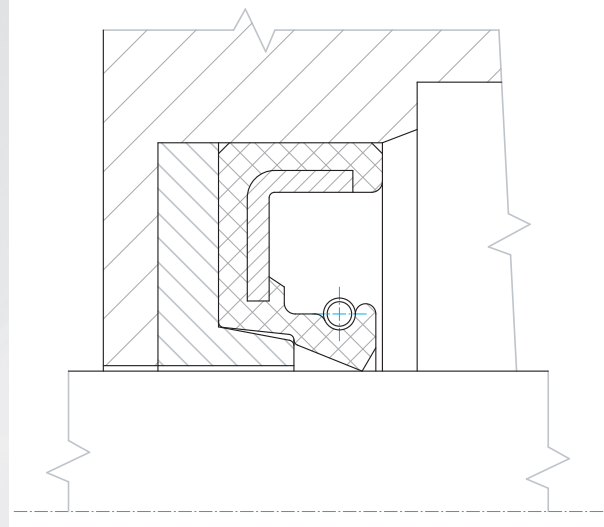
Přesné vyjádření třecích ztrát je velmi obtížné, jelikož souvisí s řadou faktorů, které se během funkce mění. Pro orientační stanovení třecích ztrát lze využít informační hodnoty podle grafu.



### Tlak těsněné kapaliny

HTK jsou určeny k utěšňování kapaliny bez přetlaku nebo s malým přetlakem. Pokud těsnění pracuje za přetlaku těsněné kapaliny, je nutné snížit funkční parametry těsnění nebo použít podpěrné kroužky (nelze použít u provedení GP), které zabrání zvýšení radiálního zatížení těsnicího břítu a deformaci těsnění. Konstrukční provedení podpěrných kroužků doporučujeme konzultovat s výrobcem HTK.

Použití s podpěrným kroužkem



Tlak [MPa]	Obvodová rychlost hřídele [m/s]	Teplota těsněné kapaliny [°C]	Konstrukční úprava
< 0,02	-	-	-
0,02 – 0,05	snížit o 50 %	snížit rozsah použitelnosti o 25 %	použití opěrného kroužku - doporučeno
0,05 – 0,3	snížit o 50 %	snížit rozsah použitelnosti o 25 %	použití opěrného kroužku - nutné

K utěšnění kapalin s vyššími tlaky se musí použít HTK se speciální konstrukcí membrány (provedení AY, ASY).

Tlak [MPa]	Otáčky [min <sup>-1</sup> ]	Max. obvodová rychlost [m/s]
< 1,00	< 500	0,6
0,45	1000	2,7
0,24	2000	5,9
0,13	3000	8,4
0,06	4000	11,3



## UŽITÍ A MONTÁŽ HTK

### Všeobecné údaje

Provedení hřídelových těsnicích kroužků HTK (gufer), vhodné pryžové materiály a podmínky užití těsnění specifikuje PN 02 9403 nebo DIN 3760.

HTK se skladují dle ČSN 63 0001 v původních obalech, v suchém a bezprašném prostředí, bez přístupu světla a při pokojové teplotě. HTK se nesmějí vybalovat dřív než v okamžiku montáže.

### Provedení hřídele, úložné díry a těsněného prostoru

Před montáží HTK je nutno zkontrolovat kvalitu provedení hřídele a úložné díry. Povrch hřídele přicházející při provozu do styku s těsnicím břítem musí být hladký, nesmí mít stopy po opracování ve tvaru šroubovice, nesmí vykazovat vady např. poškrábání, otláčení, stopy po rzi, nerovnosti způsobené nekvalitně provedeným tepelným nebo povrchovým zpracováním, znečištění apod. Hrany hřídele resp. pouzdra, přes které se těsnicí břit při montáži přesouvá, musí být zaobleny. Nalisování do úložné díry usnadňuje sražení hrany pod úhlem 10 - 25°. Díra nesmí být poškozena ani znečištěna.

Při výměně těsnění je nutno zajistit, aby těsnicí břit nového HTK nesledoval stopu původního. Toho lze dosáhnout výměnou pouzdra hřídele, změnou hloubky nalisování HTK, případně použitím podložných prstenců různé tloušťky.

Demontované HTK nelze znovu použít !!!

Z těsněného prostoru musí být odstraněny zbytky kovových pilin a pevných částic po opracování a předchozím provozu. Jejich přítomnost je nepřijatelná. Použitá těsněná kapalina nesmí být znečištěna usazeninami a částicemi tepelného rozkladu.

### Doporučení pro montáž HTK

Před montáží je nutné v případě znečištění HTK očistit jeho povrch měkkým textilem a ponořit jej na 15 až 20 minut do těsněné kapaliny o teplotě 18 až 25 °C. Tento postup lze nahradit po dohodě s výrobcem, použitím vhodného kluzného prostředku, který usnadňuje montáž HTK a zabraňuje jeho rychlému opotřebení při záběhu, než se k těsnění dostane těsněná kapalina.

Čelní plocha těsnění, tj. strana s pružinou, musí směřovat k těsněnému prostoru.

U HTK s prachovkou (provedení GP), která má vůči těsněnému hřídeli přesah (dosedá na hřídel), doporučuje se vyplnit prostor mezi těsnicím břítem a prachovkou přibližně z jedné poloviny vhodným mazacím tukem k prodloužení životnosti prachovky.

Nalisování HTK do úložné díry se provádí centricky a kolmo pomocí narážecího přípravku, který je možno přizpůsobit typu a směru montáže HTK působícího rovnoměrným tlakem na celý obvod spodní plochy (povrch s popisem) nebo při opačné montáži tlakem na vnitřní čelní plochu dutiny HTK.

Montáž do průchozí díry

Montáž do osazené díry

