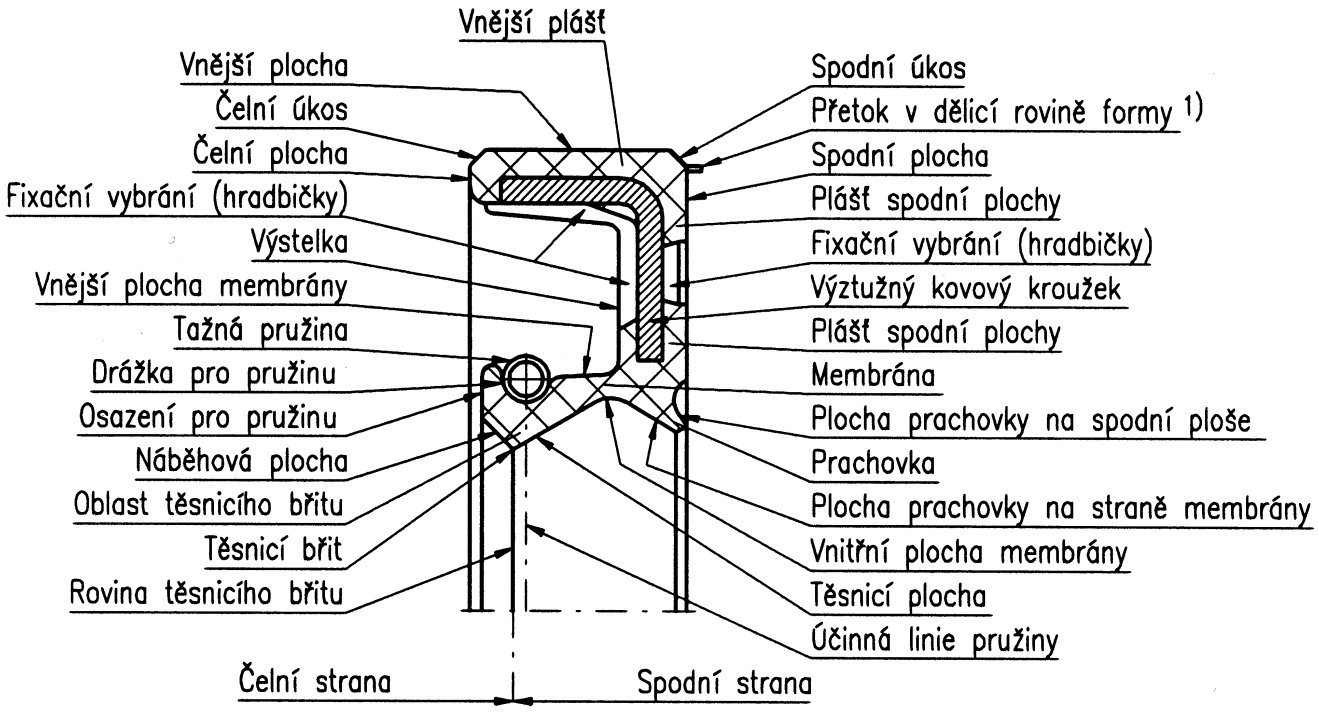
1. OBECNÁ ČÁST

1.1 Definice

Hřídelové těsnicí kroužky GUFERO (HTK) 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.

Na obr. 1 je základní provedení HTK GUFERO. Další konstrukční řešení jsou uvedena dále (kap. 2). HTK jsou normalizovány dle PN 02 9403 – Hřídelové těsnicí kroužky-GUFERO, rozměry a technické požadavky a ČSN 02 9404 – Hřídelové těsnicí kroužky, zkoušení.



1) Počet a poloha je daná typem a konstrukcí formy.

Obr. 1

1.2 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. Popis jednotlivých částí je uveden v souladu s PN 02 9403 na obr. 1.

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

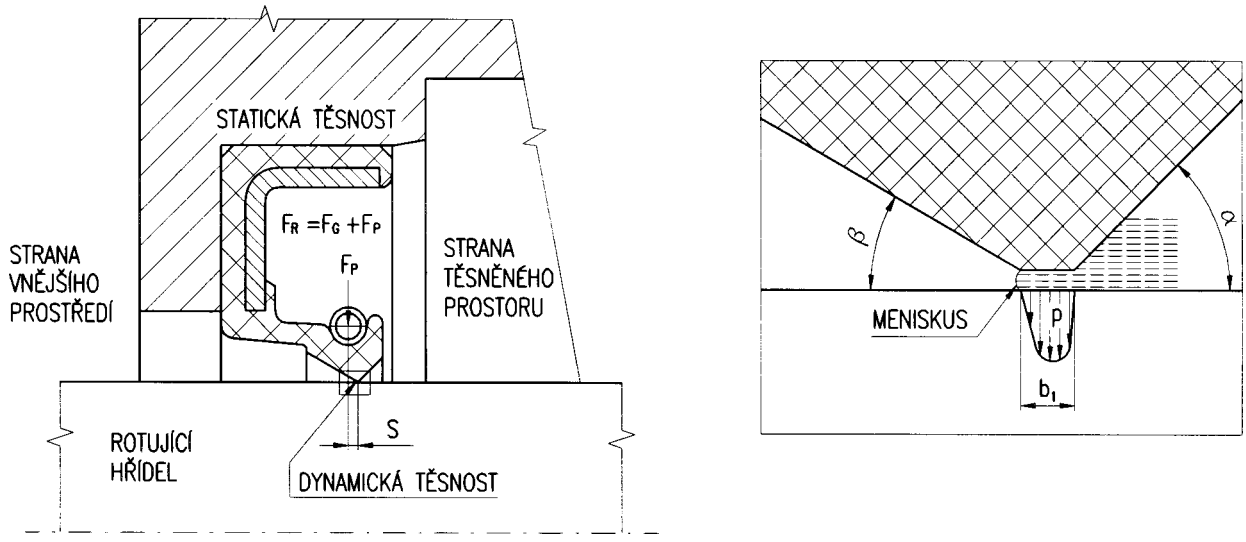
K výztužnému kovovému kroužku je přivulkanizována membrána přecházející v těsnicí břit. Pružná membrána snižuje nepříznivý vliv úchylky souososti a obvodového házení hřídele na funkci těsnění.

Těsnicí břit trojúhelníkového průřezu je ze strany těsněného prostoru tvořen náběhovou plochou skloněnou proti ose hřídele pod úhlem **a** (viz obr. 2). Ze strany vnějšího prostředí je tvořen těsnicí plochou přiléhající k povrchu hřídele pod úhlem **b** (viz obr. 2). 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. Pryžové části na spodní ploše, která vždy směřuje k vnějšímu prostředí, bývá využito k vylisování symbolů pro označení HTK (kap. 1.5) – pokud to dovolí konstrukce a rozměry těsnění. Při použití HTK v prašném nebo jinak znečištěném vnějším prostředí slouží k ochraně těsnicího břitu prachovka, která je umístěna na spodní ploše těsnění.

Výztužný kovový kroužek je standardně vyráběn z hlubokotažného plechu odpovídajícího normě EN 10 130. Je charakterizován svými rozměry – průměrem děrování, středicím průměrem, šířkou a tloušťkou plechu. Dle konkrétních provozních podmínek lze zvolit i jiný druh materiálu výztužného kroužku.

Tažná pružina, standardně vyráběná z ocelového pružinového drátu, odpovídá normě DIN 17 223. 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, VMQ nebo FKM materiálů jsou odolné teplu a uchovávají si po celou dobu životnosti své konstantní charakteristiky.



Obr. 2

1.3 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.

Jak ukazuje obr. 2, vzniká v mazací vrstvě o šířce $\mathbf{b_1}$, hydrodynamický tlak **p** s parabolickým průběhem. Poloha maxima tlaku závisí na poměru úhlů **a** a **b** 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 $\mathbf{F_r}$ **[N]** je součtem radiálního zatížení, které vzniká z přesahu mezi hřídelem a těsnicím břitem $\mathbf{F_G}$ **[N]** a protažením tažné pružiny $\mathbf{F_P}$ **[N]** po montáži HTK na hřídel, případně od tlaku těsněné kapaliny.

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

1.4 Výroba

HTK jsou výrobky s širokým uplatněním a přitom vysokými nároky na přesnost provedení. Má-li těsnění splňovat všechny požadavky na ně kladené, vyžaduje jeho vývoj i výroba velké zkušenosti a znalosti z mnoha odlišných oborů, gumárenským průmyslem a chemií počínaje a strojírenstvím se všemi jeho obory konče.

Rubena patří mezi ty výrobce HTK, kteří mají vlastní vývoj a míchání gumárenských směsí, včetně moderně vybavených laboratoří. To dává maximální záruku kvality a operativnosti. Zároveň to dovoluje připravit materiál speciálně pro daný výrobek a aplikaci.

V a.s. Rubena se rovněž konstruují a vyrábějí nástroje na lisování HTK a výztužných kovových kroužků a nástroje ke konečné úpravě HTK. Výztužné kovové kroužky se vyrábějí na výstředníkových lisech, některé z nich jsou nakupovány.

Pečlivá povrchová příprava kovových dílů, včetně nánosu speciálních spojovacích prostředků je zárukou dokonalé soudržnosti mezi pryží a kovem. Hlavní technologická operace – lisování, rozhodujícím způsobem ovlivňuje kvalitu produkce. Proto se zde uplatňují moderní výrobní zařízení – velké série se vyrábějí na vstřikolisech, menší série na poloautomatických etážových lisech. Tím je zajišťována náležitá kvalita při požadované produktivitě práce.

Dokončovací operace spočívají v odstraňování přetoků, případně vytváření náběhové plochy a v montáži tažných pružin. Celá potřeba pružin je zajišťována nákupem od subdodavatelů. Na požadavek zákazníka je možné prostor mezi těsnicím břitem a prachovkou vyplnit vhodným plastickým mazivem.

Velká část opracovacích poloautomatů a dalších jednoúčelových strojů pro finální operace je vlastní konstrukce a výroby.

Veškerá produkce HTK prochází výstupní kontrolou, kde se kromě klasického způsobu kontroly uplatňují moderní optická a laserová zařízení.

U výrobků jsou rovněž ověřovány funkční vlastností. Dobře vybavená zkušební zařízení dovolují simulovat různé provozní podmínky. Získané výsledky jsou monitorovány, zálohovány a jsou prováděny jejich analýzy.

To vše přispívá ke zvyšování technické úrovně našich výrobků, které jsou schopny splňovat stále se zvyšující požadavky zákazníků.

1.5 Označování

1.5.1 V technických podkladech

Označení HTK vyjadřuje provedení, základní rozměry a druh pryže. V souladu s PN 02 9403 se k označování HTK používá následujících symbolů:

a) Provedení

G - těsnění Gufero s jedním těsnicím břitem,
GP - těsnění Gufero s jedním těsnicím břitem a prachovkou,
GP2 - těsnění Gufero s jedním těsnicím břitem a dvěma prachovkami,
CD - těsnění bez pružiny,
DUO - těsnění s dvěma těsnicími břity.

b) Úpravy

DL - levotočivá hydrodynamická úprava těsnicí plochy,
DP - pravotočivá hydrodynamická úprava těsnicí plochy,
DS - oboustranná hydrodynamická úprava těsnicí plochy,
V - vlnová úprava vnější plochy,
AV - vlnová úprava částečně pogumované vnější plochy,
AH- hladká úprava částečně pogumované vnější plochy,
A - kovová vnější plocha,
T - tlakový HTK,
I - integrovaný HTK,
X - kazetový HTK,
S - speciální HTK
F - těsnění Gufero s filcovou prachovkou.

c) Druh pryže

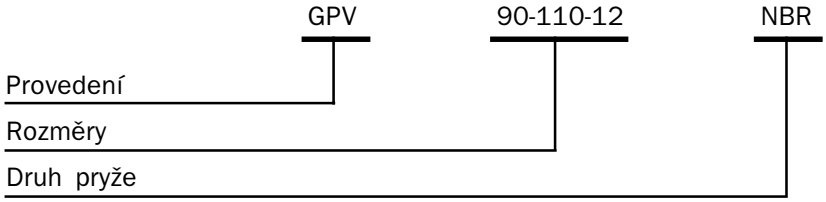
NBR - pryž vyrobená na bázi butadien-akrylonitrilového elastomeru,
ACM - pryž vyrobená na bázi polyakrylátového elastomeru,
VMQ - pryž vyrobená na bázi silikonového elastomeru,
FKM - pryž vyrobená na bázi fluoruhlíkového elastomeru.

d) Rozměry

d - jmenovitý průměr hřídele,
D - jmenovitý průměr úložné díry,
b - šířka těsnění.

Příklad označení HTK:

HTK s prachovkou a vlnovou úpravou vnější plochy, z NBR pryže pro hřídel jmenovitého průměru 90 mm, do úložné díry jmenovitého průměru 110 mm, šířky 12 mm se v technických podkladech značí:

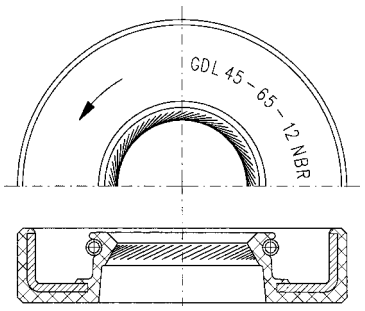


1.5.2 Na výrobku

Označení na HTK uvádí:
provedení, základní rozměry, druh pryže, případně pořadové číslo otisku formy a u těsnění s jednosměrnou hydrodynamickou úpravou těsnicí plochy vyjadřuje šipka směr otáčení hřídele.

Příklad:

HTK bez prachovky s levotočivou hydrodynamickou úpravou těsnicí plochy jmenovitého průměru 45 mm, do úložné díry jmenovitého průměru 65 mm, šířky 12 mm, vyrobený z NBR pryže je označen podle obr. 3. Dřívější označování druhu pryže uvádí tab. 2.



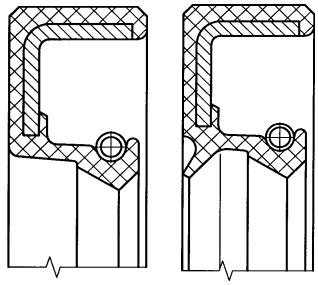
Obr. 3

2. PROVEDENÍ HTK

2.1 Standardní provedení

HTK – provedení G, GP

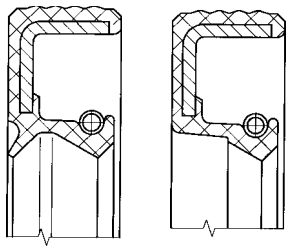
Standardní konstrukční tvary dle PN 02 9403 s vnějším pláštěm z elastomeru, s a bez dodatečné prachovky (P) proti mírnému až střednímu znečištění zvenku. Možnost dodání v různých provedeních a materiálech. Standardní materiál NBR. Značení dle DIN 3760 – A, AS.



2.2 Zvláštní provedení

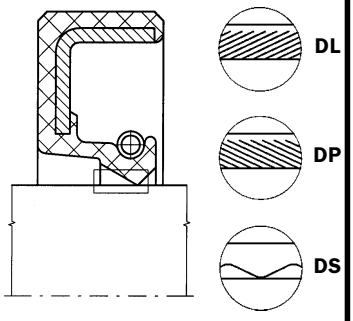
HTK s vlnovou úpravou vnějšího průměru – provedení V

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



HTK s hydrodynamickým žebrováním – provedení DL, DP, DS

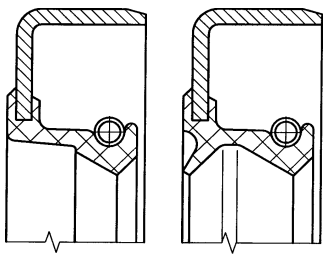
Hydrodynamické žebrování na těsnicí ploše podporuje těsnicí účinek a zvyšuje funkční bezpečnost při ztížených provozních podmínkách, především v agregátech automobilů. Směr žebrování je přizpůsoben směru otáčení hřídele. Provedení DS je pro obousměrný pohyb hřídele.

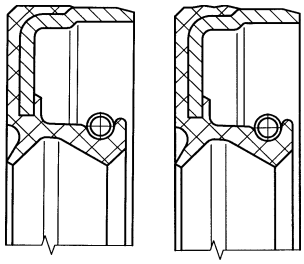


HTK s kovovým vnějším pláštěm – provedení A

Konstrukční tvary s holým vnějším kovovým pláštěm pro jednoduchou montáž s přídavnou prachovkou nebo bez ní (P) proti znečištění zvnějšku.

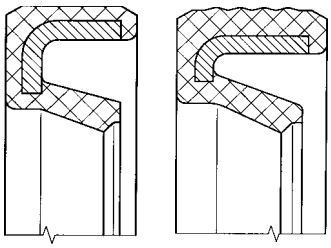
Značení dle DIN 3760 - B, BS.





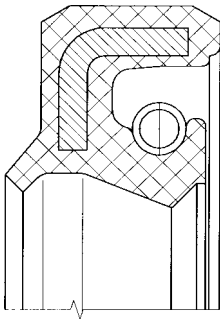
HTK s částečným kovovým vnějším pláštěm – provedení AH, AV

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.



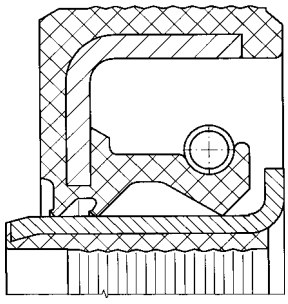
HTK bez pružiny – provedení CD

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



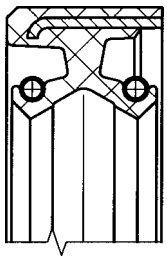
Tlakové HTK – provedení T

Tlakově zatížitelné, bez podpěrného kroužku. Provedení vhodné pro použití v agregátech pod stálým tlakem, 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 FKM.



Kazetové těsnění – provedení X

Kompletní jednotka skládající se z HTK s přídavnou ochranou těsnicího břitu a protiběžnou plochou. Použití do ztížených podmínek, převážně v osách pro stavební stroje, zemědělské stroje a užitková vozidla, jakož i do praček.

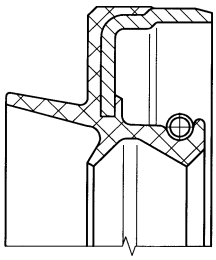


HTK s dvěma těsnicími břity - provedení DUO

Provedení vhodné pro použití v agregátech, kde je nutné oddělit dvě kapalná média.

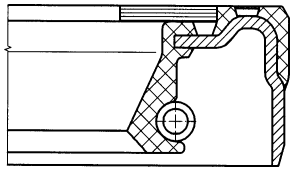
HTK proti zvýšenému znečištění

Axiální prachovky těsní proti silnému nebo písečnému znečištění, radiální prachovky zadržují nečistotu a fixují mazací médium.



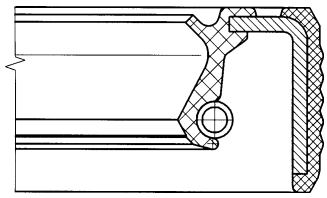
HTK s filcovou prachovkou - provedení F

Těsnění v tomto provedení se používají proti zvýšenému zněčištění, jsou vhodné zvláště pro kroužky s drážkou a při vysokých obvodových rychlostech.



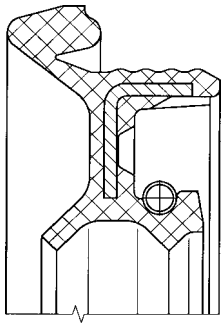
HTK s kombinací materiálů - provedení FKM/ACM

Technická a hospodárná optimalizace těsnění s použitím kombinací různých materiálů, např. vnější plášt z ACM/ těsnicí břit z FKM.



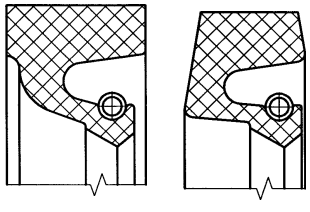
Těsnění praček

Provedení vhodné pro oddělení prací lázně od prostoru ložiska pracího bubnu a zabránění proniknutí mazacího prostředku do procesu praní. S přídavnou ochranou těsnicího břitu a materiálu odolného pracímu prostředku.



HTK bez výztužného kroužku – provedení Sevanit P, HP

Speciální provedení HTK bez kovové výztuhy pro použití v těžkém strojírenství. Usnadňuje montáž a výměnu. Sevanit P se používá pro dělená tělesa, sevanit HP se používá pro nedělená tělesa.



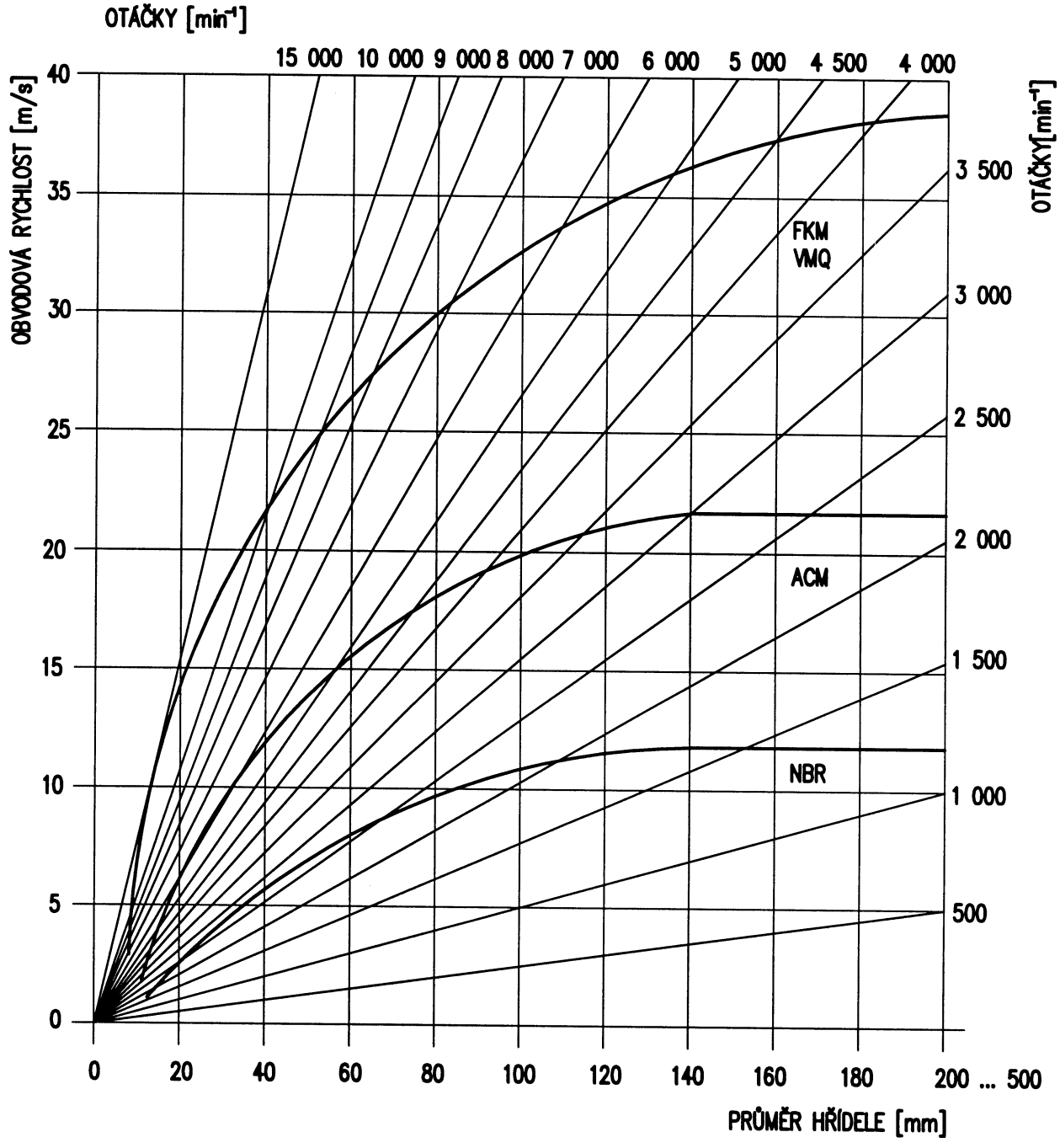
3. TECHNICKÁ ČÁST

3.1 Obvodová rychlost hřídele

Obvodová rychlost hřídele odpovídá kluzné rychlosti vzájemného pohybu těsnicích ploch (těsnicího břitu 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.

Na obr. č. 4 je vyobrazen graf vymezující 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.



Obr. 4

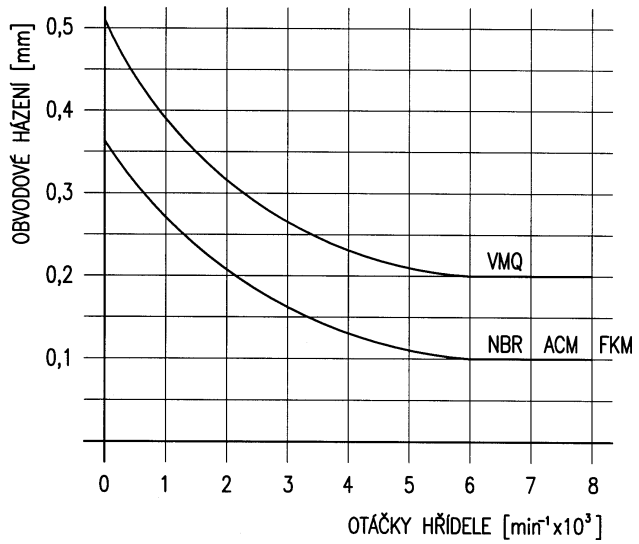
3.2 Úchylka obvodového házení

Při otáčení hřídele vzniká mezi těsnicími plochami vlivem dynamických dějů mazací film (kap. 1.3). Na dynamických dějích se ve značné míře podílí i obvodové házení hřídele. Vzniká geometrickou nepřesností, vůlemi v ložiskách a v důsledku působení dynamických sil na hřídel od jiných mechanismů. Obr. 5 uvádí závislost dovolené úchylky obvodového házení hřídele na otáčkách hřídele a druhu pryže. Pokud se předpokládá zvýšené dynamické namáhání hřídele, je nezbytné konzultovat velikost úchylky obvodového házení s výrobcem těsnění.

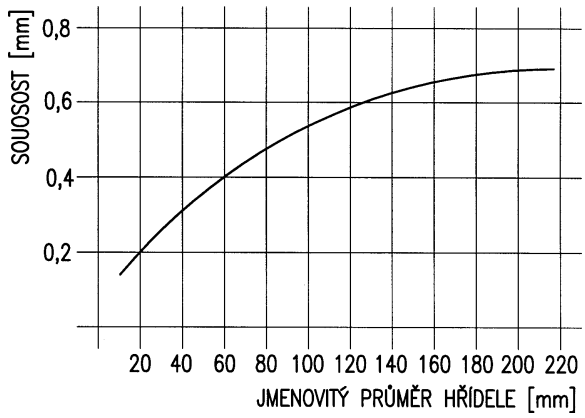
3.3 Úchylka souososti hřídele a úložné díry

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.

Dovolené mezní úchylky souososti uvádí obr. 6.



Obr. 5



Obr. 6

3.4 Hřídel

3.4.1 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 tvrzení povrchu kalením.

3.4.2 Tvrdost

Tvrdost 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 $m.s^{-1}$ 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 $m.s^{-1}$,
- 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 na tvrdo a leštit nebo brousit. Tloušťka vrstvy chromu je od 0,02 do 0,1 mm.

3.4.3 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^{-1} se doporučuje Ra 0,4 až 0,8 μm. Při rychlostech $v \geq 4$ m.s^{-1} se doporučuje Ra 0,2 až 0,4 μm.

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 obr. 7 a tab. 1 a vyrobit sražení a zaoblení s drsností Ra 0,4 až 0,8 μm.

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

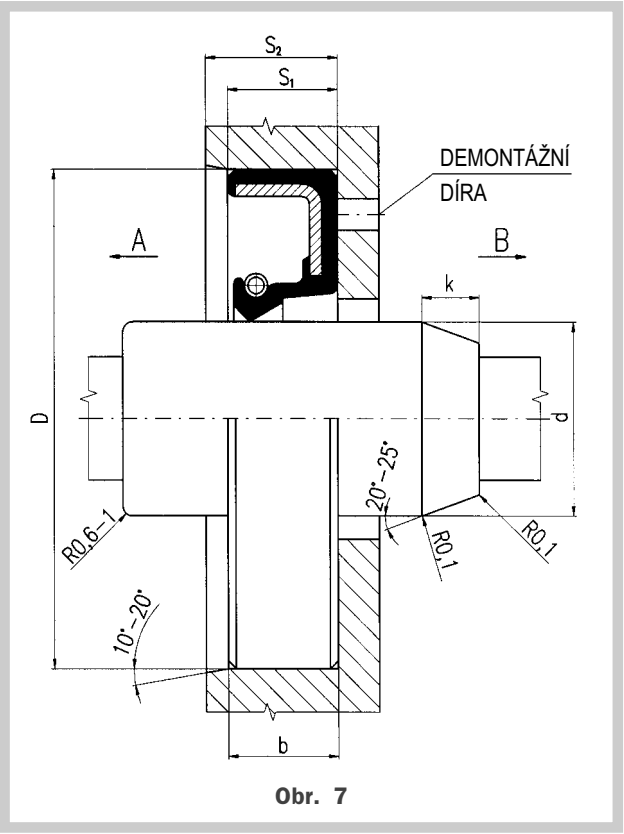
Tab. 1

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

3.5 Úložný prostor

Utěsnění kapaliny v úložné díře je dosaženo přesahem mezi vnějším průměrem těsnění a dírou. Mezní úchylky úložné díry se volí v toleranci H8. Drsnost povrchu může být v rozmezí Ra 1,6 až 6,3 μm. Pro usnadnění montáže se doporučuje sražení hran podle obr. 7. Minimální délka válcové části díry $S_1 \geq 0{,}85\,b$. Celková délka díry se doporučuje $S_2 = b + 0{,}3$ 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 ČSN 02 9131 nebo použít montážní přípravek.



Obr. 7

3.6 Pryž

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. vyrábí v současné době HTK z butadien-akrylonitrilových (NBR), polyakrylátových (ACM), silikonových (VMQ) a fluoruhlíkových (FKM) pryží. Jsou připravovány na základě dlouhodobých zkušeností a nových poznatků výzkumu s použitím nejkvalitnějších surovin a moderních technologií.

Volba druhu pryže z hlediska teplotní odolnosti závisí na počtu otáček hřídele a teplotě těsněné kapaliny. V závislosti na otáčkách hřídele (obr. 4), typu těsněné kapaliny a její teplotě se volí druh pryže podle tab. 3.

Označení pryží používaných pro výrobu HTK prošlo vývojem. V současné době se pryže označují podle PN 02 9403, ČSN 62 0002 i podle podnikového značení. Dosud používaná označení jsou uvedena v tab. 2.

Pokud není možné využít spolehlivě informace PN nebo katalogu, je nezbytné volbu druhu pryže pro dané podmínky konzultovat s výrobcem těsnění.

Tab. 2

Označení pryže na výrobku		Název pryže	Číselný kód pryže	Tvrdost [ShA]
PN 02 9403	původní			
NBR	bez označení	40 – 46	40046	75 – 84
		40 – 235	40235	75 – 84
		40 – 237	40237	65 – 74
ACM	PA	40 – 70	40070	75 – 84
VMQ (MVQ)	SI (Si)	40 – 81	40081	75 – 81
FKM (FPM)	F	40 – 90	40090	75 – 84
		40 – 92	40092	65 – 74

Pro výrobu HTK je možné použít ve výše uvedených skupinách i jiné druhy pryže nebo speciální pryže na bázi HNBR, XNBR aj.

Tab. 3

Pryž	Teplota těsněné kapaliny t – provozní, t_m – maximální, t_n – nejnižší (°C)															
	t	t_m	t	t_m	t	t_m	t	t_m	t	t_m	t	t_m	t	t	t	t_n
NBR	80	100	70	90	70	90	70	90	70	90	70	90	+	+	+	-40 ✧
ACM	100	130	90	130	100	130	+	+	80	100	–	–	–	–	–	-20 ✧
VMQ (MVQ)	120	(+) 150	+	+	–	–	–	–	+	+	–	–	–	–	–	-50 ✧
FKM (FPM)	130	160	120	150	130	160	+	+	120	150	80	100	+	+	+	-15 ✧
	motorové oleje		převodové oleje		hydraul. oleje		topné oleje		mazací tuky		voda a prací prostředky		benzin	líh	motorová nafta	
	maziva										jiné kapaliny					

Tabulka 3 uvádí těsněná média obecně. Použití konkrétního média (obchodní název) se doporučuje konzultovat s výrobcem HTK.

Vysvětlivky:

Znaménko **+** znamená, že je nutné použití pryže 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.

3.7 Konstrukční úpravy HTK

3.7.1 Hydrodynamická úprava těsnicí plochy

Hydrodynamická úprava těsnicí plochy spočívá v tom, že na těsnicí ploše jsou vytvořena závitová žebra, jejichž úkolem je přečerpávat uniklou kapalinu zpět do těsněného prostoru. Pokud jsou závity žeber jednosměrné, je těsnění určeno pro smysl otáčení hřídele ve směru šipky. HTK se žebrem ve tvaru vlny jsou použitelné pro oba směry otáčení.

HTK s hydrodynamickou úpravou těsnicí plochy se používají přednostně k utěsňování klikových a jiných kmitajících hřídelů.

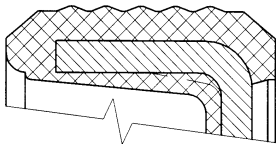
Princip úpravy těsnicí plochy vyplývá z detailu obr. 8. Uniklá kapalina je unášena otáčejícím se hřídelem a podél šikmých žeber je dopravována zpět pod těsnicí břit.

U HTK s jednosměrnou hydrodynamickou úpravou těsnicí plochy je možný pohyb v inverzním smyslu po krátkou dobu a při malé rychlosti (např. zpětný chod osobního automobilu).

Obr. 8

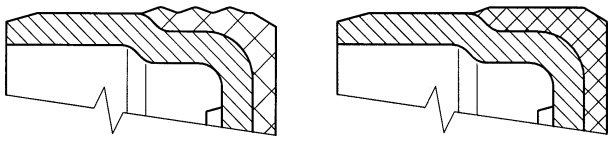
3.7.2 Vlnová úprava vnější plochy

Provedení V – používá se pro usnadnění montáže hřídelových těsnicích kroužků do montážní díry. Více toleruje nedostatky uložení než HTK s hladkým vnějším povrchem, tzn., že zabezpečuje lepší těsnost vnějšího obvodu těsnění při dilataci úložné díry (obr. 9).



Obr. 9

Provedení AV, AH – optimálně splňuje požadavky na bezpečné utěsnění na vnějším průměru HTK, dosažení vysoké stability kroužku v úložné díře a snadnou montáž těsnění (obr. 10).



Obr. 10

4. FUNKČNÍ PODMÍNKY

4.1 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.

4.2 Opotřebení těsnicího břitu a hřídele

Opotřebení těsnicího břitu a hřídele souvisí s těsností a životností HTK. V důsledku opotřebení se snižuje přesah mezi těsnicím břitem a hřídelem a zvětšuje se šířka těsnicího břitu $\mathbf{b_1}$ (obr. 2). Tím se snižuje velikost radiálního zatížení $\mathbf{F_R}$ a mění se hydrodynamické podmínky v těsnicí spáře (menisku).

K opotřebení těsnicího břitu 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 břitu obrábějí hřídel jako brusný nástroj. Opotřebení hřídele se projevuje i při použití HTK vyrobených ze silikonové pryže, která obsahuje jako plnivo SiO_2.

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

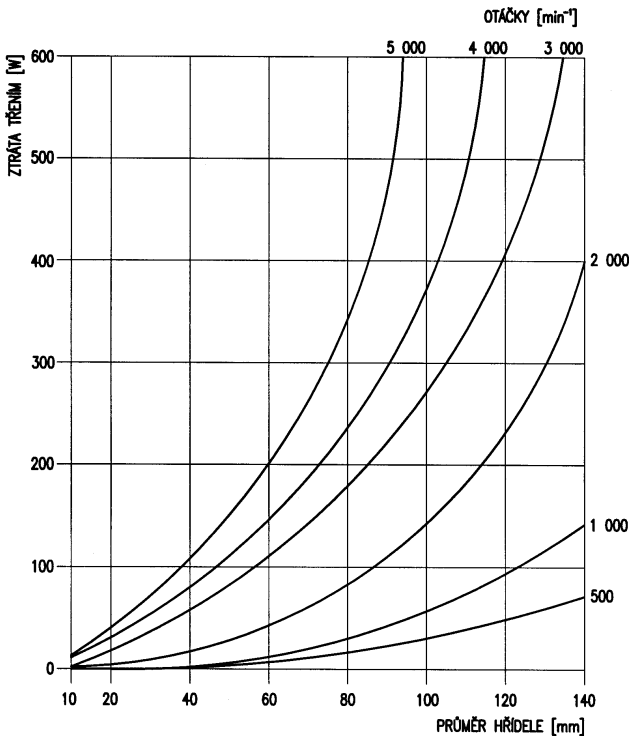
4.3 Tření a třecí ztráty

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 $\mathbf{F_R}$ a součiniteli tření $\boldsymbol{\mu}$.

U elastomerových materiálů se součinitel tření projevuje v adhezní a deformační složce. Adhezní tření souvisí s přitažlivými silami mezi segmenty makromolekul 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 utěsňování mění. Pro orientační stanovení třecích ztrát lze využít informační hodnoty podle grafu na obr. 11.

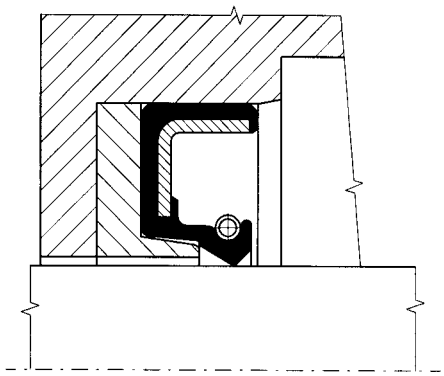


Obr. 11

4.4 Tlak těsněné kapaliny

HTK jsou určeny k utěsňování kapaliny bez přetlaku nebo s malým přetlakem. Pokud těsnění pracuje za přetlaku těsněné kapaliny, je nutné snížit funkční parametry těsnění podle tab. 4 nebo použít podpěrné kroužky (nelze použít u provedení GP), které zabrání zvýšení radiálního zatížení těsnicího břitu a deformaci těsnění. Konstrukční provedení podpěrných kroužků doporučujeme konzul-tovat s výrobcem HTK. Příklad použití podpěrného kroužku uvádí obr. 12.

Dalším řešením je použití HTK se speciální konstrukcí membrány určené k utěsnění tlaků (provedení T).



Obr. 12

Tab. 4

Technické parametry Tlak [kPa]	Obvodová rychlost hřídele [$m.s^{-1}$]	Teplota těsněné kapaliny [°C]	Konstrukční úprava
< 20	–	–	–
20 – 50	snížit o 50 %	snížit rozsah použitelnosti o 25 %	použití opěrného kroužku doporučeno
50 – 300	snížit o 50 %	snížit rozsah použitelnosti o 25 %	použití opěrného kroužku nutné

5. UŽITÍ A MONTÁŽ HTK GUFERO

5.1 Všeobecné údaje

1. Provedení hřídelových těsnicích kroužků GUFERO, vhodné pryžové materiály a podmínky užití těsnění specifikuje PN 02 9403 Hřídelové těsnicí kroužky - GUFERO, rozměry a technické požadavky.
2. HTK se skladují v původních obalech, v suchém a bezprašném prostředí, bez přístupu světla a při pokojové teplotě. HTK se nesmějí vybalovat dřív než v okamžiku montáže.

5.2 Provedení hřídele, úložné díry a těsněného prostoru

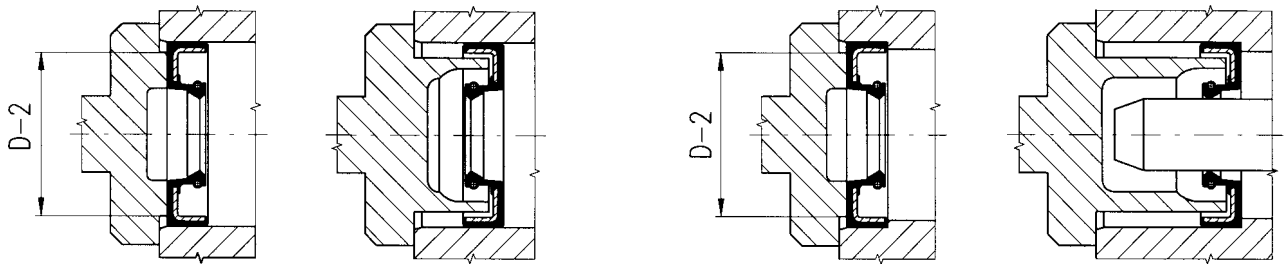
1. Před montáží HTK je nutno zkontrolovat kvalitu provedení hřídele a úložné díry. Povrch hřídele přicházející při provozu do styku s těsnicím břitem musí být hladký, nesmí mít stopy po opracování ve tvaru šroubovice, nesmí vykazovat vady např. poškrábání, otlačení, stopy po rzi, nerovnosti způsobené nekvalitně provedeným tepelným nebo povrchovým zpracováním, znečištění apod. (viz 3.4.3).

   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° (viz obr. 7). Díra nesmí být poškozena ani znečištěna.
2. 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 !!!**
3. Z těsněného prostoru musí být odstraněny zbytky kovových pilin a pevných částic po opracování a předchozím provozu. Jejich přítomnost je nepřípustná. Použitá těsněná kapalina nesmí být znečištěna usazeninami a částicemi tepelného rozkladu.

5.3 Doporučení pro montáž HTK

1. 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.
2. Čelní plocha těsnění, tj. strana s pružinou musí směřovat k těsněnému prostoru
3. U HTK s prachovkou (provedení GP), která má vůči těsněnému hřídeli přesah (dosedá na hřídel), doporučuje se vyplnit prostor mezi těsnicím břitem a prachovkou přibližně z jedné poloviny vhodným mazacím tukem k prodloužení životnosti prachovky.
4. 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 (obr. 13).

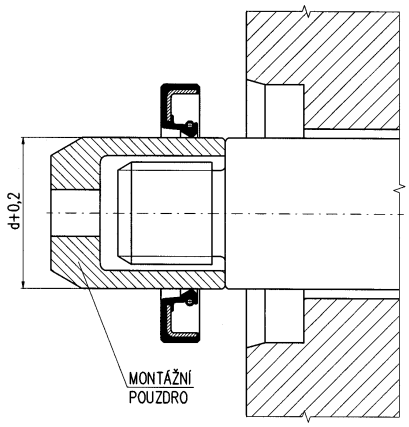
Montáž do průchozí díry | **Montáž do osazené díry**



Čelní plochou napřed | Spodní plochou napřed | Čelní plochou napřed | Spodní plochou napřed

Obr. 13

5. Kolmou polohu HTK vzhledem k hřídeli lze dosáhnout nalisováním na doraz k osazení v úložné díře nebo k pojistnému kroužku. Při montáži do průchozí díry (bez osazení) je nutno použít montážní přípravek, který se současně opře o opracované čelo úložné díry (obr.13). Dovolené mezní úchylky kolmosti uvádí tab. 5.
6. Přesouvání HTK přes drážkované konce hřídele, zápichy, závity, drsné povrchy, ostré přechody a hrany, díry, drážky pro pojistné kroužky, pera apod., je možné provádět pouze za předpokladu použití převlečných pouzder chránících těsnicí břit před poškozením (obr. 14).
7. Při montáži HTK těsnicím břitem napřed existuje nebezpečí ohrnutí těsnicí membrány. Pozornou montáží je nutno také předcházet možnému vypadnutí pružiny. Během montáže nesmí být HTK zatěžováno vahou hřídele.



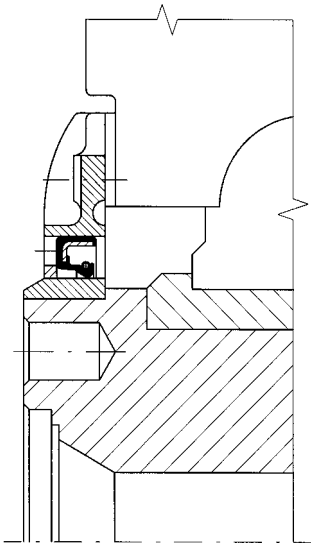
Obr. 14

Tab. 5

Jmenovitý průměr hřídele **d** [mm]		Úchylka kolmosti [mm]
přes	do	
-	25	0,1
25	80	0,2
80	-	0,3

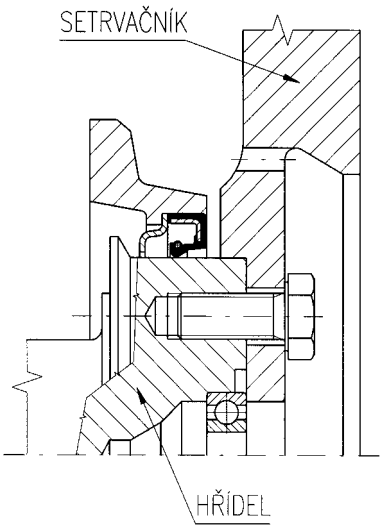
8. Montáž se provádí pomocí lisu s pomalým chodem tak, aby nedošlo k porušení HTK při jeho doražení na dno uložení. V případě, kdy je HTK montováno pomocí kladiva, je nutno postupovat opatrně při lehkých a opakovaných úderech s použitím montážního přípravku.

6.PŘÍKLADY POUŽITÍ



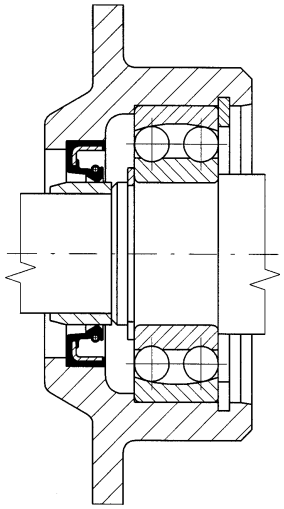
Obr. 15

Utěsnění klikového hřídele vznětového motoru



Obr. 16

Utěsnění hřídele převodovky



Obr. 17

Utěsnění hřídele elektromotoru čerpadla