

## DEFINICE

Ucpávková těsnění patří mezi nejstarší a stále ještě nejpoužívanější těsnicí prvky, které slouží k redukci průsaků plynů nebo kapalin u hřídelí, pístních tyčí, včetně armatur/ventilů nebo jiných částí zařízení.

## FUNKČNÍ PRINCIP

Ucpávková těsnění se skládají z určitého počtu kroužků, vyráběných z relativně měkkých materiálů, které jsou vsazeny do zástavby mezi rotující díl (hřídel apod.) a vnější pouzdro (komoru). Utažením víka ucpávky axiální silou proti nejbližšímu těsnicímu kroužku je vyvolán radiální tlak, který stlačuje vlastní ucpávku proti stranám pouzdra i hřídele a tím dojde k utěsnění média.

## DŮVODY PRO UŽITÍ STLAČOVANÝCH UCPÁVEK

- jednoduchá konstrukce
- široké spektrum užití v oblastech rotačních a rotačně suvných pohybů
- malá citlivost na opotřebení
- dobré vlastnosti při nouzovém běhu
- univerzální použitelnost
- malé nároky na skladování
- menší nároky na výrobní přesnost u hřídele, včetně
- možné užití i u starších zařízení se změnou geometrií komory a hřídele
- jednoduchá údržba a oprava
- při správné volbě materiálu a konstrukce dlouhá životnost
- proti mechanické ucpávce cenově výhodné řešení

## FAKTORY SPRÁVNÉ VOLBY A FUNKČNOSTI TĚSNĚNÍ

**a) druh pohybu** (čerpadla, armatury/ventily)

**b) rozměr provazce** v závislosti na rozměru hřídele nebo včetně

**c) provozní podmínky:**

- ca) medium: oblast pH, koncentrace, prostředí (pára, plyn, kapalina, směs kapalin a příp. pevných částí aj.)
- cb) tlak: konstantní nebo kolísavý (rázy, vibrace, pomalé nebo rychlé změny)
- cc) teplota: konstantní nebo proměnná (krátko- nebo dlouhodobě)
- cd) kluzná rychlost
- ce) ostatní vlivy: konstrukce ucpávky, užití ochranného pouzdra hřídele, užití hradic, chladicí nebo promývací kapaliny, rozměry a tolerance, stav zařízení

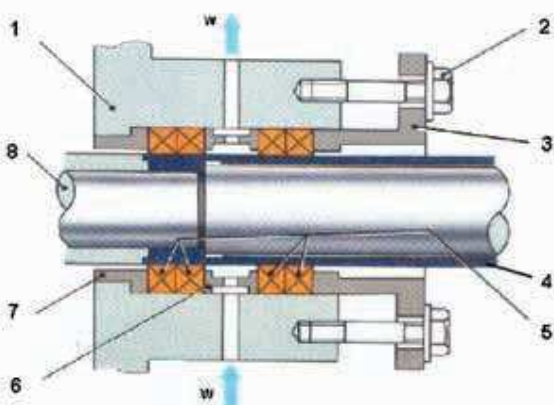
**d) pečlivá instalace a správný postup při najetí**

**e) vysoký standard údržby**

## ZÁKLADNÍ KONSTRUKCE

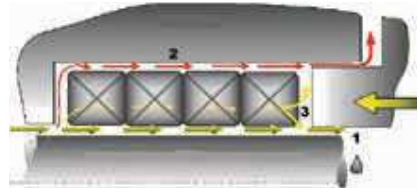
Stlačované ucpávky (obr. A), sestávají z komory (tělesa) 1, kroužků (prstenců) vlastní ucpávky 5, přítlačné objímky (brýlí) 3, šroubů 2 a hřídele (včetně) 8. Podle užití se hodí pro rotační, rotačně suvné a vratné pohyby, příp. i pro nepohyblivá utěsnění vík a jiných součástí.

Obrázek A



Dalšími prvky stlačované ucpávky bývají ochranné vložky hřídele 4 (u čerpadel s různou tvrdostí povrchu podle použitých ucpávek), proplachovací kroužek - laterna (lucerna) 6 pro průtok (w) oddělovací, mazací nebo chladicí tekutiny a uzavírací kroužek (vločka, límec) 7, zabraňující extruzi ucpávky do těsněného média.

## PRŮSAKY (LEKÁŽ)



**1-hřídelový průsak** (osová netěsnost) podél hřídele / včetně

U hřídelí a plunžrů je v malém množství žádoucí a je proto záměrně ponecháván, aby bylo minimalizováno tření a tím zahřívání těsnění.

U statických aplikací je cesta průsaku uzavřena.

**2-obvodový (vnější) průsak**

Tato netěsnost by v případě správné montáže vhodné ucpávky neměla nastat.

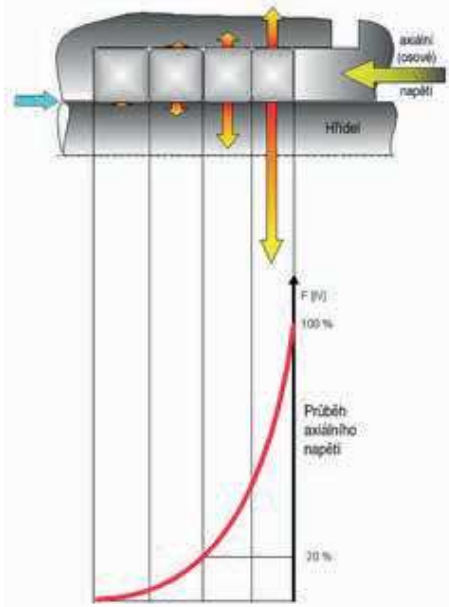
**3-průřezový průsak**

Tento druh netěsnosti způsobený materiálem kroužků (vlivem poréznosti jejich materiálu) se vyskytuje v minimální míře u každé ucpávky.

Je nutné ji zohlednit u plyných (toxických) médií.

### AXIÁLNÍ NAPĚTÍ

**Exponenciální pokles axiálního napětí v závislosti na délce (počtu prstenců) ucpávky:**



### PRAVIDLA PRO ROZMĚRY ZÁSTAVBY

#### Vřeteno / hřídel:

Rozměr A na obrázku zobrazuje celkovou hloubku ucpávky včetně laterny. Standardní hloubka 7W nebo sedm násobek rozměru ucpávky je obvyklá, pokud je použita laterna. Bez laterny je většinou dostatečná hloubka 5W.

#### Pozice laterny

Na obrázku je zadán rozměr 2W na výtlačné straně laterny a 3W na straně víka ucpávky. Toto uspořádání je používáno ve většině případů, ale na výtlačné straně mohou být použity také 3 kroužky a 2 na straně víka. Dle použití se může uspořádání a počet kroužků lišit. Pro speciální doporučení nás prosím kontaktujte. Doporučovaná délka laterny je zhruba dvojnásobek šířky těsnění.

#### Délka víka

Délka víka je limitována na 40 % délky těsnění. Toto by mělo stačit, aby mohlo být těsnění s velkou objemovou ztrátou ještě dotaženo. Příliš dlouhé víko se nedoporučuje pro zabránění poškození hřídele. Tím může být víko dotaženo pouze k zarážce a bude nutná výměna těsnění, dříve, než může dojít k poškození ucpávky. Toto se opírá o poznatek, že většina poškození nastává v poslední fázi životního cyklu těsnění.

### Zaváděcí zkosení

Délka zaváděcího zkosení by měla být minimálně 3 mm (1/8"). Kratší délka ztěžuje vsazení těsnění.

### Úhel zaváděcího zkosení

Jako optimální úhel pro vsazení se osvědčil úhel 15° až 30°.

### Hloubka dorazu víka B

Doporučuje se, aby mohlo víko po zavedení těsnění vniknout do ucpávky minimálně na šířku těsnění, aby se zamezilo šikmému umístění. Kromě toho je k dispozici dostatek vůle pro vsazení rozdílných typů těsnění jako měkká těsnění nebo předem stlačené těsnicí kroužky.

### Rozměrové hranice

Při konstrukci ucpávek s průměrem hřídele menším než 16 mm (5/8") nás kontaktujte pro doporučení vhodného rozměru těsnění.

### Spára

Tolerance pro příslušné rozměry spáry by měla odpovídat normálním tolerancím ocelového obrábění, které zohledňují teplotní roztažnost a smršťování použitých ocelí.

### Povrchové opracování

Nerovnosti povrchu hřídelí by měly být tak drobné, jak je to jen možné z výrobního i ekonomického hlediska. Přitom je třeba dbát na následující pravidlo - čím jemnější resp. hladší je povrch hřídele, tím delší je očekávaná životnost těsnění. Tvrdost hřídelí se doporučuje 30 - 50 HRC, u abrazivních médií 60 HRC.

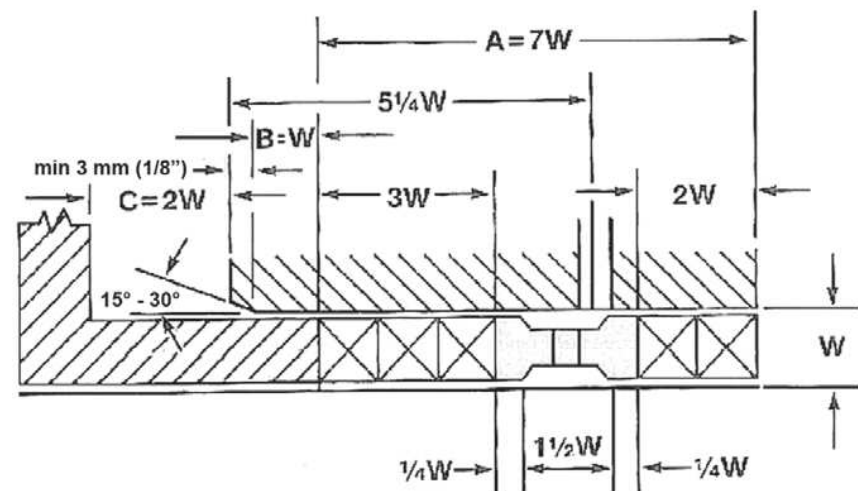
### Tlaky média

Zde udávané standardní rozměry jsou doporučovány pro tlaky do 102 bar (1500 psi).

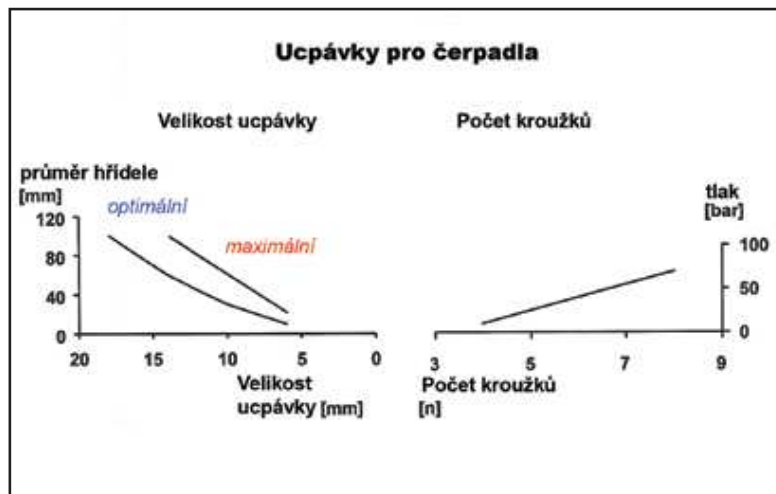
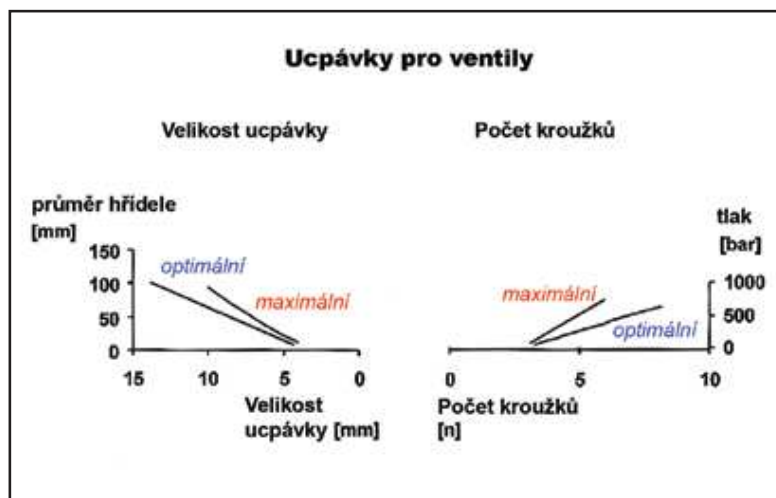
### Rychlosti hřídelí

Chování těsnění při vyšších rychlostech je funkcí použitého materiálu a ne rozměru ucpávky. Proto zde nejsou doporučené hranice rychlostí zohledněna. Problémy u aplikacích s vysokými rychlostmi by měly být konzultovány s příslušným výrobcem těsnění.

Radiální házení se vyskytuje na hřídelích při excentrickém chodu. U hřídelí s valivými ložisky se může vycházet z radiálního házení přibližně  $s_{max} = 0,007 \cdot \sqrt{d}$ , což odpovídá pro hřídel: D = 50 mm asi  $s_{max} = 0,050$  mm.



### DOPORUČENÍ PRO VÝBĚR UCPÁVKY



U vysokých kluzných rychlostí (čerpadla) jsou optimální menší rozměry ucpávky o 2 – 5 % průřezu oproti komoře. U většího rozdílu ve velikosti ucpávky však vzniká vysoká netěsnost s krátkou životností ucpávky.

U vysokých tlaků (ventily) je naopak vhodnější větší průřez kroužku ucpávky oproti komoře od 2 – 5 % průřezu z důvodu požadavku větší těsnosti.

**Délka ucpávkového kroužku:**

$$L = (\varnothing d_1 + \varnothing d_2) \times 0,5 \times \pi \times k$$

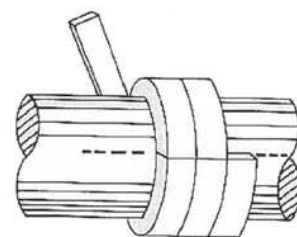
**Hodnoty koeficientu k:**

d	k
d < 50 mm	1,1
50 < d < 100 mm	1,07
d > 100 mm	1,03

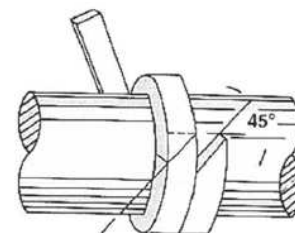
### ŘEZÁNÍ PRSTENCŮ (KROUŽKŮ)

Typy řezů

- tupý řez pod úhlem 70 – 75°, popř. kolmý 90° - u aplikací s rotací
- šikmý pod úhlem 45° - u aplikací bez rotace

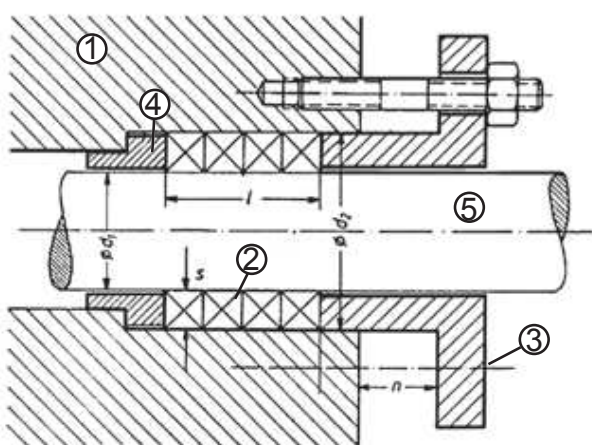


a



b

### VÝPOČET PRŮŘEZU A DÉLKY PRSTENCE (KROUŽKU)



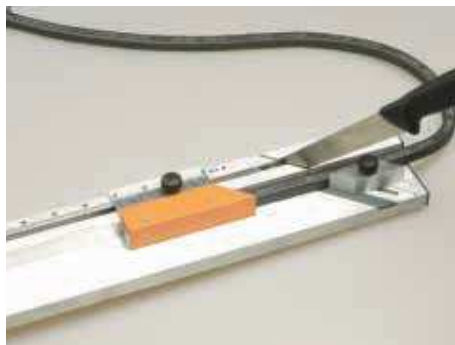
- ucpávková komora, 2 - ucpávka, 3 - víko (brýle), 4 - opěrný kroužek, 5 - hřídel

**Volba průřezu šňůry:**

$$s = \sqrt{\varnothing d_1} \text{ až } 2 \times \sqrt{\varnothing d_1}$$

Doporučuje se používat HENNLICH D-CUT řezák ucpávkových šňůr – obr. B, u kterého lze použít noniové pravítko se zadáním tloušťky šňůry **s** a požadovaný nadměrek je již pak zahrnutý v celkové délce šňůry **L**.

Kroužky musí být uříznuty na požadovanou délku, neboť se jinak sníží jejich životnost. Zde se ukazuje výhoda předlisovaných kroužků, neboť tyto kroužky již mají velikost, která je nutná pro vnitřní průměr hřídele resp. vnější průměr ucpávky. Nevzniká žádný odpad způsobený špatným střihem kroužků.



Obrázek B: HENNLICH D-CUT

### MONTÁŽ TĚSNEŇÍ ČERPADEL A ARMATUR

#### SPRÁVNÉ UTĚSNEŇÍ ČERPADLA

Správné utěsnění čerpadla je velmi důležité. Následující kroky popisují postup pro správné nasazení těsnění čerpadel.

- 1) Všechna stará těsnění odstranit z ucpávky. Komoru a hřídel důkladně vyčistit, doporučujeme používat vytahovák přiměřené velikosti, (obr. C) zkontrolovat poškození, popř. povrchové drsnosti pro případnou úpravu povrchu dle aplikace:
  - hřídel: 0,8 – 3,2 μm
  - komora: 6 – 16 μm



Obrázek C Vytahovák ucpávkových šňůr

- 2) Používat těsnění a lisované kroužky jen správné velikosti. Pro zjištění potřebné velikosti těsnění, je nutné nejprve změřit průměr hřídele a nakonec změřit průměr komory. Z vnějšího průměru odečíst vnitřní průměr a vydělit dvěma. Výsledkem je požadovaná velikost těsnění. Optimální spára má být v rozsahu 2-5 % průřezu ucpávky.
- 3) Navinutá nebo spirálová těsnění vždy rozřezat na jednotlivé kroužky. Jednotlivé kroužky pak vždy otvírat axiálně a potom nepatrně radiálně.

- 4) Kroužky vkládat do komory vždy jednotlivě.
  - vkládat jen zcela čisté kroužky
  - kroužky vkládat do komory nejprve na místech řezu
  - vtlačit protější stranu kroužku
  - vtlačit zbývající obvod
  - opatrně posunout 1. kroužek až na dno komory (příp. použít distanční vložku)
  - optimální předlisování kroužku distanční vložkou (čtvercový průřez)
  - vkládat následující kroužky pootočením místa styku o 90°

#### 5) Rovnoměrně utáhnout.

Po vložení posledního kroužku opatrně ručně utáhnout šrouby přítlačného víka (brylí) ucpávky. V žádném případě nemontovat ucpávku s nadměrným uťahovacím momentem. Poté lehce povolit šrouby, najet čerpadlo s netěsností a snižovat úkap jen s ručním dotahováním šroubů, až vytéká jen velmi malé množství kapaliny. Šrouby pomalu a rovnoměrně dotáhnout až na několik kapek (bez úniku páry). Tento postup by měl trvat nejméně po dobu 20 minut.

#### Poznámka:

Po instalaci nové ucpávkové šňůry a spuštění aplikace se vždy musí objevit vytékající (kapající médium). Čím je větší průtok média během první hodiny, tím delší následná provozní životnost těsnění. Pokud by nevytékalo žádné medium, ucpávková šňůra by se začala přehřívat a podstatně by se snížila její životnost. Následkem toho by došlo k poškození ucpávky a následně i stroje. Pokud je výrobcem čerpadla zadáno, měli byste zajistit mazání hřídele a těsnění přes laternový kroužek.

Odpovídající příslušenství (olej, tuk, jiná kapalina) patří k standardnímu vybavení mnoha čerpadel. Vyplachovací tlak by měl být minimálně o 1 bar větší, než je tlak v ucpávce.

#### 6) Laternový kroužek.

Proveďte, je-li laternový kroužek správně namontován tak, aby zůstal pod přívodním kanálem, když je ucpávka tlakem ostříkována.

#### 7) Provádějte kompletní výměnu všech ucpávkových kroužků.

Nahraďte celé těsnění, když už není množství průsaku možno regulovat pomocí utažení ucpávky. Nevkládejte žádné další kroužky.

#### Poznámka:

U rotačních a pístových čerpadel se vyskytuje kolem 70 % opotřebení na dvou vnějších kroužcích, které leží nejbližší k víku ucpávky. Každý dodatečně vložený kroužek vede jen k lehké redukci hydraulického tlaku. U většiny čerpadel musí být počet kroužků stanoven tak, aby i potom bylo zajištěno dostatečné utěsnění, když některý z kroužků vypadne, tak aby čerpadlo nebylo uvedeno mimo provoz. Opotřebení však není jediným problémem. Podle účelu nasazení musí být při vysokých teplotách, vysokých tlacích, u žíravých chemikálií nebo u abrazivních částic v kapalině použito více kroužků. V těchto případech a za těchto provozních podmínek je opotřebení koncového kroužku, který je přímo ve styku s kapalinou, největší.

#### SPRÁVNÉ UTĚSNEŇÍ ARMATURY

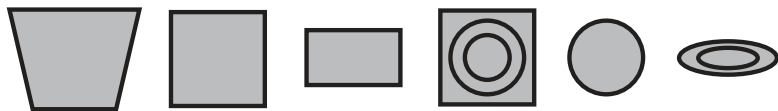
Podobně jako u utěsnění čerpadel je také u utěsnění ventilů krajně důležité těsnění správně vkládat. Správná montáž těsnění armatur je popsána v následujícím odstavci.

- 1) Pečlivě provést kroky 1-5 popsané u utěsňování čerpadel. Těsnicí kroužky pro ventily jsou stříhány příným nebo šikmým řezem. První kroužek pečlivě naříznout a prověřit, zda dobře sedí na vřetenu ventilu.
- 2) Víko ucpávky zasunout dopředu, až se dotýká těsnění. Šrouby ucpávky pevně utáhnout, až je uťahovací moment velmi silný. Během toho otáčet dřikem ventilu sem a tam, aby se zjistilo, jestli se ještě může pohybovat. Šrouby neutahovat tak silně, aby se vřeteno ventilu už nemohlo pohybovat.
- 3) Přezkoušet ventil během provozu. Pokud není ventil těsný, nastavit ucpávku dle pokynů výrobce.
- 4) Těsnění cívky ventilu s předpětím. Konstantní zátěž na ucpávku utěsněného ventilu se nejjednodušeji vyvine pružinovou silou. Definované zatížení těsnicí sady se nechá vyvinout a udržovat pomocí talířových pružin mezi víkem ucpávky a jejími upevňovacími šrouby. Výše zátěže se může měnit v závislosti na velikosti talířové pružiny jakož i stupni jejího předepnutí, resp. jejímu pružnému tvarování.

## STRUKTURA UCPÁVKOVÝCH ŠŇŮR

### TVARY

Trapézový, čtvercový, obdélníkový, s hadicovým jádrem, kruhový, oválný:



## ZÁKLADNÍ ZPŮSOBY PLETENÍ

Ucpávková těsnění se vyrábějí z různých materiálů ve velkém množství forem, velikostí a způsobů pletení. Mezi nepoužívanější provedení patří:

- copové pletení
- soustředné pletení
- diagonální pletení

### Diagonální pletivo

Název diagonální pletivo pochází od diagonální oběžné dráhy přídavné paličky pletacího stroje. Pro diagonální pletivo se 3 dráhami se používají pletací stroje se 12 resp. 18 paličkami, na kterých mohou být zhotovena těsnění o průřezu od 5 do 12 mm. Na 4drahových pletacích strojích s 24 resp. 32 paličkami se vyrábí těsnění o průřezu od 10 do 80 mm. Použitím většího množství pletacích paliček tak mohou být vyrobeny jemné povrchové struktury i pro těsnění s velkými rozměry, která zajišťují větší kontaktní plochu mezi hřídelí a těsněním. Použitím tenčích vláken zde může být realizováno hustější pletivo, které minimalizuje průsak (lekáž). Motouzy, pásy a jiné rozličné materiály jsou na pletacích strojích zpracovávány buďto zvlášť nebo v kombinacích, přičemž jednotlivá vlákna procházejí skrz průřez těsnění diagonálně. Každé jednotlivé vlákno je silně obklopeno ostatními jednotlivými vlákny, aby byla zachována robustní a pevná struktura. Mělo-li by se některé z vláken přetrhnout, pletivo ještě drží pohromadě a neroztřepí se. Diagonálně pletená těsnění mají stejnou hustotu průřezu a dobrou schopnost pojmoutí impregnace. Hotové těsnění je relativně husté, ale přesto ohebné. Používá se u rotačních a pístových čerpadel, míchaček, míchadel, sušiček, ventilů, kompenzátorů, dmychadel a mnoha jiných typů mechanických přístrojů.

### 4 – diagonální



pro provazce: od 10 mm

### 3 – diagonální



5 až 12 mm

### 2 – diagonální



3 až 5 mm

## MATERIÁLY

### a) příze z přírodních vláken:

- ramie, bavlna, konopí, len, juta
- Pro výrobu těsnění se používají déle než umělá vlákna. Jejich výhodou ve srovnání se syntetickými vlákny je nízká cena. Jejich hlavními nevýhodami jsou špatná chemická a teplotní odolnost. Nejsou příliš vhodná pro použití pro kyseliny, ale relativně dobře použitelná u lehkých alkálií.

### b) organická, syntetická příze

- nylon, KYNOL®, polyamid, akryl, viskóza aj.
- aramidová příze

Syntetická vlákna jsou vyráběna řadou firem a prodávána pod různými označeními. Ve většině případů jsou vlastnosti těchto vláken použitých v těsněních velmi podobné.

### c) PTFE nebo kombinovaná (hybridní) příze např. PTFE + aramid

Polytetrafluorethylenová vlákna mají jak neobvykle vysokou chemickou a teplotní odolnost, tak i velmi nízký koeficient tření. Těsnění z vláken z PTFE tak mají výborné vlastnosti. Používají se u vysoce korozivních médií, ale také při méně agresivních aplikacích. Mají nízký koeficient tření, dobrou odolnost vůči tlaku, jakož i tvarovou stabilitu a jsou samomazná. Hodí se pro oblast hodnoty pH 0-14 a jsou použitelná v závislosti na rychlosti tření a tlaku až do 280 °C.

### d) anorganická syntetická vlákna, zejména uhlíková vlákna (uhlík, grafit)

Převážně se u pletených těsnění používají dva druhy uhlíkových vláken. Existuje amorfní uhlík nazývaný jednoduše „uhlík“, a krystalický uhlík, nazývaný „grafit“. Amorfní uhlíková vlákna mají nominální obsah uhlíku mezi 70 – 95 %, přičemž krystalické uhlíky vykazují obsah uhlíku nejméně 99 %.

### e) sklo, keramika – pro statické nebo termoizolační aplikace

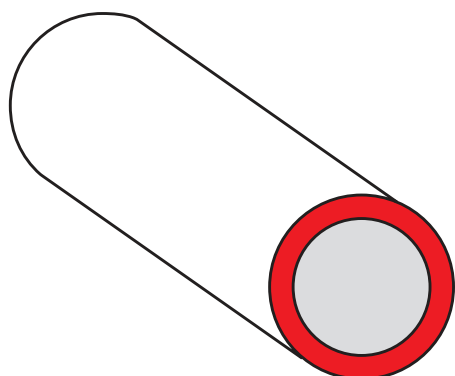
Skleněná vlákna mají silnější tepelnou odolnost, rozměrovou stabilitu a pevnost v tahu. Odolávají většině chemikálií a mohou být vyrobena tak, že odolávají i silným kyselinám.

### PARAMETRY MATERIÁLŮ VLÁKEN

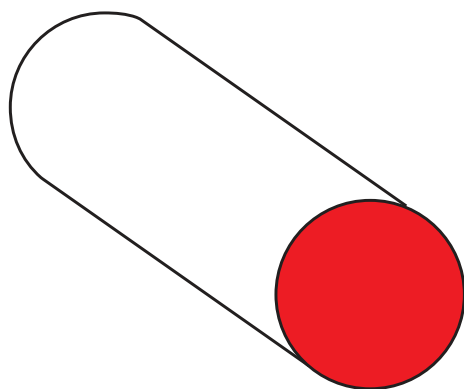
Typ vlákna	Barva	Průměr vláken [μm]	Maximální teplota na vzduchu [°C]	Pevnost v tahu [MPa]	Chem. odolnost
bavlna	bílá	12 - 20	120	350 - 700	špatná
ramie	bílá	15 - 20	120	800	špatná
meta-aramid	žlutá	12	280	600 - 750	dobrá
para-aramid	žlutá	12	280	2000 - 2900	dobrá
PTFE	bílá	10	280	160 - 380	velmi dobrá
PI (polyamid)	zlatá	20	260	395	velmi dobrá
KYNOL®	červeno-hnědá	14 - 33	250	1200 - 1500	velmi dobrá
PBI (polybenzimidazol)	zlatá	12	280	380	dobrá
akryl	bílá	12	150	200 - 450	mírná
oxid. PAN	černá	10 - 12	240	1200	mírná
uhlík	černá	7 - 8	400	1700 - 2400	velmi dobrá
grafit	černá	7 - 8	450	2500 - 3200	velmi dobrá
sklo	bílá	6 - 9	400 - 800	1750 - 3000	mírná
keramika	bílá	0,5 - 7	900	400 - 1500	dobrá
dioxid křemíku	bílá	10 - 12	1100	1000	dobrá

### ZÁKLADNÍ KONSTRUKCE PŘÍZÍ

a) nosné vlákno + impregnace (pouze po povrchu vlákna)



b) homogenní plné vlákno s vneseným mazivem do hmoty vlákna (např. GFO)



### PODMÍNKY PRO UŽITÍ VLÁKEN (PŘÍZÍ)

Materiál	Oblast [pH]	Teplotní odolnost [°C]	Kluzná rychlost [m/s]
PTFE + grafit	0 - 14	280	30
PTFE	0 - 14	280	8
ramie	2 – 12	250	15
aramidy	2 – 12	250	30
kombin. PTFE + aramid	3 – 12	280	25
grafit / uhlík	0 – 14	650 (2000) *	30
sklo	3 – 11	550	-
keramika	3 - 11	1100	-
nylon	4 - 11	100	1

\* u grafit / uhlík 2000 °C pouze v inertní atmosféře

### PŘÍMĚSI PŘÍZÍ

#### a) plniva (impregnace)

- disperze PTFE, grafit, oleje, tuky, kaučukové směsi, speciální impregnáty. Úkolem disperzí je utěsnit strukturu úpletu a tím zabránit průsaku skrze průřez šňůry, dále umožnit přenos tepla, přizpůsobit tvar těsnění, příp. snížit součinitele tření.

#### b) rozběhová maziva

- tuky, silikon, parafin, syntetické oleje

Maziva se používají pro dynamické aplikace s vyššími obvodovými rychlostmi, kde zajišťují první mazací film mezi těsněním a hřídelí při najíždění agregátu.

#### c) inhibitory koroze

- aktivní inhibitor - zinkový prášek jako součásti impregnace  
 - pasivní inhibitor – fosfor, nanesený film na povrchu vřetena

#### d) zesílení vláken

- aramidová, kovová vlákna – Inconel<sup>®</sup>\*\*, mosaz aj.

Zesílení vláken se používá pro zlepšení pevnosti šňůr v tahu.

\*\* výrobní značka International Nickel Company

#### e) materiály jádra

- Viton, silikon, Perbunan, EPDM, ocelová lanka aj.

Elastomerové materiály se vkládají do jádra pro vyšší elasticitu a tvarovou paměť. Rovněž pomáhají eliminovat házivost hřídelí. Ocelová lanka – verze pro statické aplikace.

**UŽITÍ LISOVANÝCH KROUŽKŮ  
Z EXPANDOVANÉHO GRAFITU  
(z pásků, úplet z grafitových fólií)**

Ohebná grafitová fólie může být lisována ve formách nebo přímo v ucpávce pro vytvoření nekonečných kroužků. Hustota stlačených grafitových kroužků se pohybuje mezi 1,2 až 1,8 g/cm<sup>3</sup>. Těsnění z grafitové fólie mají nízký koeficient tření a hodnotu pH 0-14. Vzhledem ke své výborné teplotní odolnosti odolávají tato těsnění v inertní atmosféře teplotám do 2500 °C. Právě kvůli své dobré teplotní odolnosti a průřezové hustotě jsou grafitová těsnění obzvláště vhodná pro aplikace u parních armatur. Kroužky mohou být uzavřené nebo dělené. Sada kroužků ve stlačované ucpávce vyžaduje uzavírací kroužky z různých materiálů (nebezpečí nalepení grafitu na vřeteno a protlačení spárami). Důvodem užívání vyšší hustoty jsou pak menší hodnoty utahovacích tlaků než u jiných materiálů s výhodami grafitu.

