



TĚSNĚNÍ PRO HYDRAULIKU A PNEUMATIKU
KATALOG PRODUKTŮ - TECHNICKÉ INFORMACE

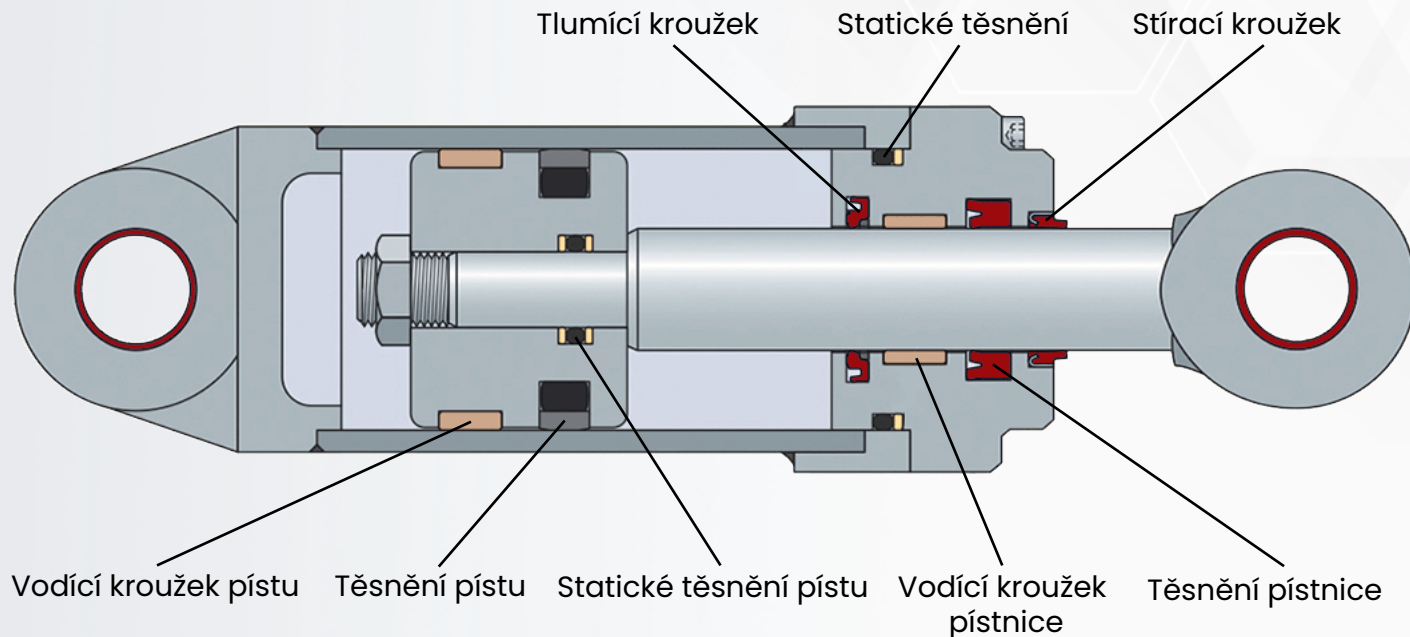
REONTECH CZ s. r. o.



TECHNICKÉ INFORMACE

V této kapitole naleznete základní technické informace týkající se návrhu a vhodné volby těsnících prvků pro hydraulické válce. Součástí jsou i základní informace o používaných materiálech a způsobu jejich použití při návrhu těsnění.

Obecné schéma těsnících prvků v hydraulickém válci

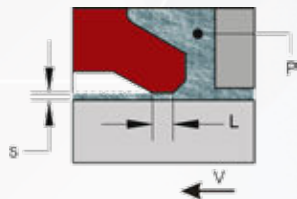


MECHANIKA TĚSNĚNÍ

Požadavkem na těsnění u hydraulických válců je prevence toku kapaliny přes dva povrchy při relativním pohybu a udržení vysoké úrovně těsnícího výkonu během jeho životnosti a za provozních podmínek, pro které bylo určeno.

Během posuvného pohybu se vyvine unášecí průtok a v důsledku hydrodynamického nárůstu tlaku se těsnění zvedne od vodící plochy a tenký kapalný film zůstane mezi těsněním a vodícím povrchem. Tloušťka tohoto kapalného filmu je regulována následujícím vzorcem:

$$s = K \cdot \sqrt{\frac{\eta VL}{P}}$$



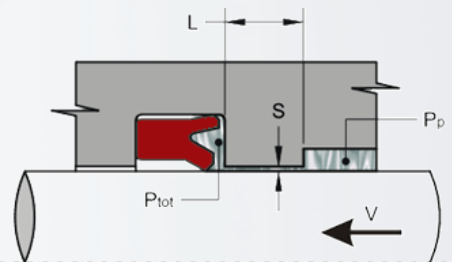
- s – tloušťka filmu kapaliny
- K – koeficient ($\approx 2,3$)
- η – viskozita kapaliny
- v – rychlost
- L – délka povrchu, který je v pohybu
- p – tlak

Množství kapaliny procházející těsněním během pohybu, lze považovat za něco jako prosakování.

TLAK

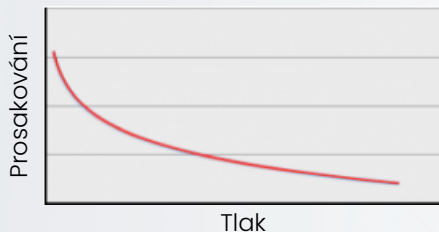
Tlaky působící na těsnění jsou ty, které jsou způsobeny hydraulickým čerpadlem (P_p) a ty, které jsou způsobeny pohybem válce zvané „unášecí tlak“ (P_t):

$$P_{tot} = P_p + P_t = P_p + K \cdot \frac{\eta VL}{S^2}$$



- P_{tot} – celkový tlak
- P_p – hydraulický tlak čerpadla
- P_t – unášecí tlak
- K – konstantní faktoru
- η – viskozita kapaliny
- v – rychlost
- L – délka povrchu
- S – vůle

Unášecí tlak, obzvláště v případech těsného uložení, může být někdy vyšší než tlak generovaný samotným čerpadlem, čímž způsobuje rychlé poškození těsnění. Během činnosti může být těsnící prvek vystaven různým stálým tlakům, které i během krátké doby dosahují velmi vysoké intenzity. Tyto další zátěže, vystavují těsnění vysokému provoznímu napětí. Při volbě správného těsnícího systému je třeba brát je v potaz.



TLAKOVÁ ZÁTĚŽ – MÉNĚ NEŽ 50 Bar

Nízký tlak je nejkritičtější situací pro dobrý výkon těsnicího systému a je situací, kdy může dojít k větším problémům s prosakováním.

V těchto případech nejsou bříty těsnění dostatečně roztažovány kapalinou a olejový film mezi okrajem a dynamickým povrchem dosáhne nadměrné tloušťky. Volba správného profilu a materiálu těsnění může značně snížit riziko prosakování v takové situaci.

STŘEDNÍ TLAK – 50 až 150 Bar

Tlakový rozsah mezi 50 a 150 bary je jeden z nejpříznivějších a za takových podmínek garantují téměř všechny typy těsnění dobrý výkon, i při různé životnosti v závislosti na materiálu těsnění.

VYSOKÝ TLAK – NAD 150 Bar

Při vysokém tlaku nebo při vysokých nárůstech tlaku (rázové zatížení) podává těsnění běžně dobré výsledky: Tlak kapaliny sám aktivuje bříty těsnění a tím zajišťuje velmi dobrý těsnicí výkon. Vysoký tlak naproti tomu snižuje životnost celého systému těsnění.

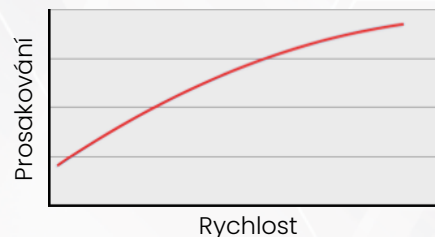
Za těchto pracovních podmínek vzniká mnoho případů opotřebení a vytlačení, které způsobí předčasné poškození těsnění.

Volba materiálu je velmi důležitá, protože musí být odolný proti vytlačení a opotřebení.

RYCHLOST

Rychlost mezi těsněním a pohybujícím se povrchem je kritickým faktorem, který se musí brát v potaz při volbě těsnění a má důležitý vliv na výkon těsnicího systému.

Prosakování lze považovat za úměrné druhé odmocnině rychlosti (viz předchozí kapitola) i když to nelze přesně předurčit protože to závisí na mnoha dalších faktorech, počínaje vhodnou volbou těsnění, typu kapaliny, teplotě a kvalitě povrchu.



NÍZKÁ RYCHLOST – MÉNĚ NEŽ 0,05 M/S

Při nízké rychlosti nedochází k problémům s prosakováním, ale je pravděpodobné, že dojde k problémům s rychlým opotřebením a nepravidelným pohybem (stick-slip). V rozsahu nízké rychlosti není hydraulický tlak generovaný pohybem dostatečný pro vytvoření trvalého filmu kapaliny a okraj těsnění se dostane do přímého kontaktu s kluzným povrchem, čímž se zvýší riziko rychlého opotřebení a nepravidelného pohybu. „Stick-slip“, je hluchý vibrační pohyb způsobený opakovaným přilepením a smeknutím mezi těsněním a kluzným povrchem.

Správná volba profilu těsnění a materiálu (např. PTFE, s nízkým koeficientem tření) může snížit problém a také vylepšit ovládání kapaliny a rychlosti.

STŘEDNÍ RYCHLOST – 0,05 ÷ 0,3 M/S

Toto je ideální situace, kde nejsou ani nepravidelné pohyby ani nadměrné ztráty typické pro vysokou rychlost.

Za těchto podmínek je hydraulický tlak generovaný pohybem schopen zajistit trvalý film kapaliny mezi okrajem těsnění a vodícím povrchem, čímž se zajistí přesné ovládání kapaliny a správná lubrikace těsnění.

Tloušťka filmu kapaliny, úměrná druhé odmocnině rychlosti, obecně nedosáhne tloušťky schopné způsobit nechtěné prosakování.

VYSOKÁ RYCHLOST – NAD 0,3 M/S

Při navyšování hydraulického tlaku generovaného pohybem se těsnění zvedne od vodícího povrchu a tím umožní průchod nadměrného množství kapaliny.

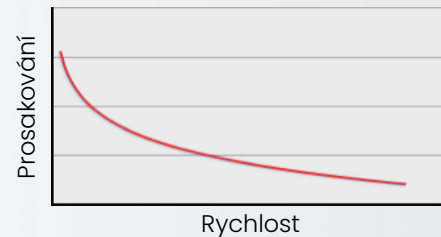
Situace se stává obzvláště kritickou, když jsou fáze nízkého tlaku spojené s vysokou rychlostí. V takovém případě je těsnění vystaveno deformaci. Za takových podmínek je nutno volit těsnění, které zajistí dostatečnou těsnost i při nedostatku tlaku.

TEPLOTA

Teplota systému je kritickým faktorem, který se musí brát v potaz při volbě těsnění a má důležitý vliv na rozsah ztrát. Následkem tření je teplota na okrajích těsnění vyšší než teplota systému, i když to nelze přesně předem předurčit, protože to závisí na mnohých dalších faktorech, počínaje materiálem, profilem těsnění, typem kapaliny a kvalitou povrchu. Protože viskozita kapaliny je nepřímo úměrná teplotě, lze považovat prosakování za úměrné druhé odmocnině převrácené hodnoty teploty (viz kapitola „Mechanika těsnění“):

Prosakování

$$\sim \sqrt{\frac{1}{T}}$$



NÍZKÁ TEPLOTA

Při nízké teplotě kapaliny se zvyšuje tvrdost těsnícího materiálu a těsnění ztrácí pružnost, čímž umožňuje průchod nadměrné vrstvy kapaliny.

STŘEDNÍ TEPLOTA

Toto je ideální situace, kdy má kapalina ideální viskozitu pro prevenci ztrát pomocí dostatečné lubrikace.

Materiály při této teplotě nemění své mechanické vlastnosti natolik, aby ovlivnily výkon těsnícího systému.

VYSOKÁ TEPLOTA

Těsnící materiál se stává elastičtější, objem těsnění se zvyšší a viskozita kapaliny se sníží, čímž omezí ztráty. Současně ale dochází k nedostatečné lubrikaci a zvyšuje se opotřebení a riziko nepravidelného pohybu.

Je nutno věnovat zvýšenou pozornost teplotním limitům materiálů. Při limitních hodnotách dochází ke ztrátě pružnosti těsnění.

TŘENÍ

Tření mezi dynamickým těsněním a těsnícím povrchem závisí na mnoha faktorech jako je návrh těsnění a materiál, kapalina, tlak, teplota, rychlost a úprava povrchu.

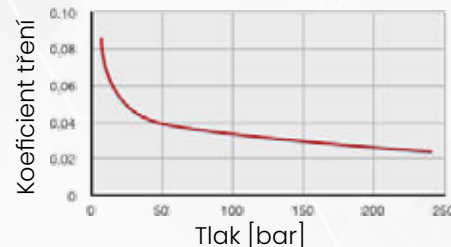
Výsledná třecí zátěž nemusí být pro mnoho aplikací důležitá (kromě pneumatických válců, kde je třeba minimálního tření pro dosažení optimálního výkonu), ale tření samotné může být nebezpečné z hlediska tvorby tepla, které může způsobit degradaci těsnícího materiálu a filmu maziva a nebo zvýšit prosakování snížením viskozity. Výkon těsnění je v tomto smyslu těžké analyzovat v rámci obecných termínů, protože zde záleží na větším počtu empirických faktorů, které jsou typické pro návrh těsnění.

Obecně lze ale říci, že tření je úměrné tlaku, ale koeficient tření se může měnit s rychlostí, teplotou, materiálem a povrchovou úpravou.

$$\text{Tření těsnění} = K \cdot \mu \cdot (Pe)^2 \cdot V \cdot A$$

- K - empirický faktor specifický pro tvar instalovaného těsnění
- μ - koeficient tření
- P_e - Ekvivalentní tlak odpovídající tlakům působícím v systému
- V - rychlost
- A - kontaktní povrch těsnění ($\approx \pi \cdot \text{Průměr} \cdot \text{Radiální průřez}$)

Specifické hodnoty K faktoru je těžké získat, pokud nejsou hodnoceny na empirických linkách nebo na základě komparativních údajů. Tento vzorec lze použít pouze přímo pro zjišťování možných rozdílů ve výkonu a tření na kompresních těsnění stejného typu a materiálu, ale s rozdílnou velikostí.



Koeficient suchého tření typických těsnících materiálů, které se otírají o hladkou a suchou těsnící plochu může být od $\mu=0,4 \div 1$. U mazaných povrchů je rozsah mnohem nižší, například $\mu=0,02 \div 0,10$. Toto platí obzvláště u elastomerů. Látkové materiály a impregnované látky vykazují podobnou hodnotu „ μ “, ale s menšími rozdíly, například $\mu=0,04 \div 0,08$ při promazání.

Obecně platí, že čím tvrdší je materiál, tím je vyšší tření, a čím je materiál měkčí, tím je nižší tření, ovšem toto je dobře udržitelné za nízkého tlaku.

Koeficient tření „ μ “ je také ovlivněn tlakem, ale přímý vztah není jasně určen. Obecně platí, že tření bude nejvyšší za nízkého tlaku, nejmenší hodnoty budou dosaženy při vyšším tlaku (viz. tabulka).

Změna tření při různém tlaku také závisí na úpravě povrchu, obzvláště výrobní metodě v případě těsnění válců a pístů. Nejvýraznější zvýšení tření se stoupajícím pracovním tlakem se vyskytuje u drsnějších povrchů a struktur kovaných za studena, oproti vybroušeným a naleštěným povrchům.

Běžné provedení válců je broušené, což vede k přesnému povrchu s průměrnou drsností mezi $0.25 \mu\text{m}$ a $0.625 \mu\text{m}$. Největším problémem pro konstruktéra těsnění představuje současná tendence používat hydraulické válce vyrobené přímo z tažené trubky bez jakékoliv pozdější úpravy.

TŘENÍ A RYCHLOST

Změny tření s rychlostí tření jsou jasně definovány a probíhají ve třech fázích (viz obrázek):

- **Statické tření** (přímý kontakt mezi těsněním a těsněným povrchem)
- **Smíšené tření** (smíšené suché a kapalné tření)
- **Kapalné tření** (kapalný mazací film mezi těsněním a těsněným povrchem)

Při spuštění je tření vyšší, protože musí překonat koeficient statického tření (oblast 1).

Po zvýšení rychlosti se mezi těsnění a dynamický povrch vloží kapalný film, čímž se sníží dotekový povrch a tím i tření (oblast 2).

S dalším zvýšením rychlosti dotekový povrch mizí a tření se zvyší (oblast 3) v důsledku smykového napětí.



Rychlost

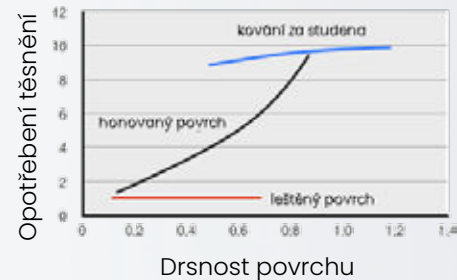
OPOTŘEBENÍ A ŽIVOTNOST TĚSNĚNÍ

Z důvodu různých návrhů a výroby z různých materiálů mají těsnící systémy různá schémata chování při navyšujícím se tlaku.

Při použití tvrdého materiálu se snižuje nebezpečí poškození kompresí. Na druhou stranu nemá tvrdý materiál tak dobré těsnící vlastnosti jako měkký materiál, obzvláště při nízkém provozním tlaku.

Pro nejlepší těsnící systém, který bude efektivní při vysokých a nízkých provozních tlacích, je třeba použít těsnění vyrobené z několika typů materiálů s různými vlastnostmi. Ideální by bylo pevné těsnění vyrobené z několika materiálů, které mají rostoucí tvrdost a mohou dosáhnout maximální tvrdosti v zadní části těsnění, kde je spára. Ovšem toho není možné zcela dosáhnout, i když jsou naše návrhy těsnění konstruované na principu mnoha fází (multi-stage) se snahou o dosažení ideálu.

Těsnění ztrácí svou schopnost provozu z důvodu běžného opotřebení těsnícího materiálu. Toto je největší při spuštění, při nízkých rychlostech a dále při erozi těsnícího materiálu vzniklé průtokem kapaliny přes povrch těsnění a nárazy v místě degradace.



První příznaky lze vysledovat při nízkém tlaku, kdy z důvodů opotřebení není těsnění schopné udržet požadovaný kontakt s těsnícím povrchem. Při vysokém tlaku je deformace znatelnější a těsnění vyhovuje požadavkům, dokud je tlak udržován na stejné úrovni.

Životnost těsnění nelze přesně určit, protože to závisí na mnoha dalších faktorech, počínaje vhodnou volbou těsnění pro určitou práci a správnou instalací.

Opotřebení se může zvyšovat při nedostatku promazání, nekvalitní zástavbě, nadměrné třecí teplotě, příliš měkké části těsnění, atd. Běžná životnost těsnění se bude dost lišit podle způsobu použití, protože se doporučené přijatelné podmínky a typ těsnění také liší. Pokud je životnost těsnění výrazně nižší než je průměr pro určité zařízení, bylo zřejmě zvoleno nesprávné těsnění a provozní podmínky se ukázaly být výrazně náročnější než se očekávalo při volbě těsnění.

Opotřebení těsnění závisí na povrchové úpravě, proti které se těsnění otírá; je tedy velkou měrou ovlivněné způsobem výroby zástavby. Tabulka ukazuje opotřebení těsnění u povrchů válců dosaženými třemi způsoby obrábění. Opotřebování těsnění je odstupňováno od 0 pro žádné viditelné opotřebování do 10 pro opotřebované těsnění. Tyto jednotlivé údaje byly získány po 100 000 cyklech provozu válce při pracovním tlaku 250 bar.

Z tabulky je zřejmé, že při leštěném povrchu válce v rozsahu Ra od 0,08 μm do 0,7 μm je opotřebení téměř nulové. Naproti tomu u válců kovaných za studena s povrchem Ra od 0,4 μm do 1,25 μm je opotřebení maximální.

MATERIÁLY

TVRDOST

Obecně řečeno, materiály s malou tvrdostí (měkké materiály) jsou ohebnější a proto mnohem snadněji těsní na hrubším povrchu či mají lepší schopnost přizpůsobit se, přestože jsou náchylnější k opotřebení, oděru a vytlačení. Při nižší tvrdosti lze také očekávat snížení brzdného tření dynamickým těsněním, nicméně provozní tření se sníží zvýšenou tvrdostí (za předpokladu, že zatížení povrchu těsnění je sníženo pomocí snížení tlaku). Platí tedy, že při vyšší tvrdosti těsnění by mělo docházet k nižšímu tření v jakémkoli dynamickém těsnění. Při zachování stejného tlaku a zvýšení tvrdosti elastomeru může vzrůst jak brzdné, tak provozní tření.

Standardní stupnice pro tvrdost elastomeru jsou:

IRHD (International Rubber Hardness Degrees–Mez.stup. tvrdosti kaučuku),

BS (British Standard – Britská norma)

Shore A.

První dvě jsou identické, avšak tvrdost Shore A může být měřena jako okamžitá hodnota či jako 30 sekundový údaj. V předchozím případě je obdržena hodnota asi o pět stupňů vyšší než IRHD.

Tvrdost jakéhokoli elastomeru může být modifikována slučováním. Tvrdost je důležitý faktor u elastomeru pro jeho použití. Hodnoty tvrdosti používané pro těsnící materiály mohou být v rozsahu od 40 až 50°ShA až po velmi tvrdá těsnění o 95°ShA.

Tvrdost (a tedy i tření) jsou také ovlivněny bobtnáním vrs-⁹tev. Bobtnání má sklon snižovat tvrdost a ve stejné chvíli zvyšuje odpor. Podobně je tvrdost ovlivněna teplotou, snižuje se zvyšující teplotou a naopak, tato podmínka platí jen do limitní teploty materiálu. Zároveň je tlak modifikován rozpínáním či smršťováním těsnění.

TVAROVÁ PAMĚŤ

Tvarová paměť je údaj o schopnosti elastomeru navrátit se do svého původního tvaru poté, co bylo odstraněno stlačující zatížení. V ideálním případě by těsnění mělo mít dobrou tvarovou paměť, která může být dobře řízena díky slučování. Ačkoli pro mnohé elastomery je příznačné, že se tvarová paměť může velmi lišit v závislosti na teplotě, s jasně definovanou minimální hodnotou, která se běžně objevuje v rozsahu od -20 do +20 °C. Některé elastomery, jmenovitě silikony, si drží v podstatě konstantní tvarovou paměť v širokém rozsahu teplot.

Vysoká hodnota je žádoucí pro dynamická těsnění, kde je zotavení důležité. Hodnota trvalé deformace je mírou trvalé změny původních rozměrů, k níž došlo po stlačení či natažení, tedy při tlakovém či tahovém zatížení. Tlakové zatížení je významný faktor, neboť většina těsnění je zatěžována tlakem a mohou se objevit některé trvalé změny rozměrů či úbytek těsnění, v rozsahu charakteristickém pro tento materiál. Toto nicméně může být vykompenzováno pomocí jiných faktorů, jako je např. bobtnání těsnění při kontaktu s kapalinou nebo může být zahrnuto již v návrhu těsnění.

Nadměrné zatížení v tahu může mít za následek, že těsnící kroužek, poté co byl přetažen na píšť, bude příliš volný, protože se těsnění nenavrtí do svého původního vnitřního průměru tak, aby pasoval do drážky. Tato deformace je kompenzována při kompletaci zástavby kdy dojde ke zkaličování těsnění. Proto je toto napětí normálně zanedbatelné. Toto může být zvláště významné u plastomerů, které mají nízkou elongaci a pomalou návratnost, zvláště v případě, jsou-li přetažené. Nicméně jak elastomery, tak plastomery, v případě, že jsou zatíženy tahem či při zbytkovém tažném napětí, mají tendenci se, při vzrůstající teplotě, stahovat.

MODUL PRUŽNOSTI

Protažení je reciproční údaj tuhosti materiálu. Je definován jako nárůst v délce jako procentuální podíl z původní délky, který v konečném případě, je elongací dosaženou v bodě zlomení/roztržení. Elongace je také užívána pro definici elastomeru, což je materiál schopný 100% elongace. Povolená elongace (procentuální podíl natažení, jehož lze dosáhnout bez trvalého poškození či trvalého ustrnutí) určuje o kolik může být těsnící kroužek natažen při osazování na místo.

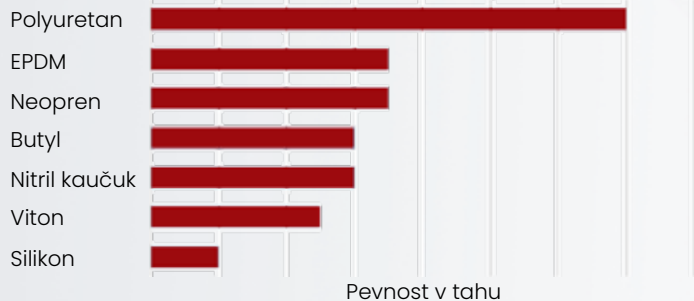
Termín koeficient/modul je také používán ve spojení s elongací a je obecně brán jako odkaz na modul (v tahu) či napětí vzniklé v materiálu při předem určené elongaci, například, 10% elongace. Toto lze použít jako míru pro řízení kvality. Koeficient/modul může odkazovat také na napětí při daném zkroucení ve smyku a stlačení (koeficient ve smyku a koeficient ve stlačení, jednotlivě). Změna koeficientu materiálu naznačuje změnu v materiálové charakteristice, ztráta koeficientu například znamená snížení kvality produktu.

Jako obecné bezpečnostní pravidlo by mělo platit, aby elastomerová těsnění nebyla permanentně natažena o více než 5%, neboť jinak může výsledné zbytkové napětí způsobit brzké poškození, dále urychlované jakýmkoliv nárůstem teploty. Toto se vztahuje především k obecněji užívaným elastomerům jako je Nitril a přírodní kaučuky. Některé elastomery, jmenovitě etylén-propylen, se mohou přizpůsobit relativně vysoké míře permanentního natažení bez nepříznivých efektů.

PEVNOST V TAHU

Pevnost v tahu je míra mechanické pevnosti materiálu a v případě elastomerů může být brána jako obecný údaj o odolnosti vůči poškození při napětí, například proti opotřeбенí a popraskání. Nicméně zde není žádný přímý vztah mezi pevností v tahu a odolností vůči opotřebování. Další faktory, jako je drsnost povrchu, či provozní teplota mohou být v praxi mnohem významnější.

Pevnost v tahu u elastomerů je obecně nízká až střední, polyuretanové kaučuky jsou výjimkou (viz obr.). Pevnost v tahu se také zhoršuje se vzrůstající teplotou. Aktuální hodnota pevnosti v tahu nemá normálně zásadní důležitost u těsnění, vyjma oněch materiálů, které mají pevnost pod 70 kg/cm², tyto nejsou vhodné pro dynamická těsnění.



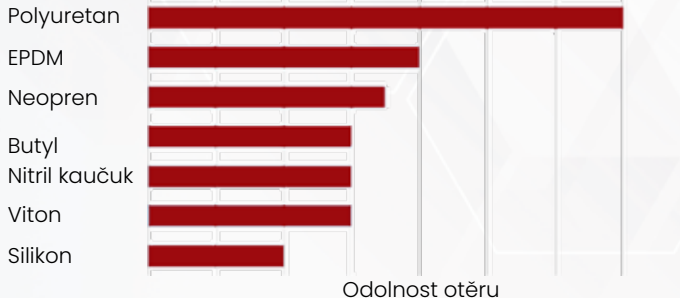
ODOLNOST PROTI VZNIKU TRHLIN

Obecně lze říci, že odolnost vůči vzniku trhlin má tendenci být střední až nízká u elastomerů a vysoká u uměle vyrobených materiálů a kůže.

Čím vyšší je odolnost proti vzniku trhlin, tím menší je pravděpodobnost, že dojde k selhání těsnění, jestliže náhodou dojde k poškrábání a vrypům, což se může během montáže stát. Tyto materiály s nízkou odolností proti vzniku trhlin vyžadují při manipulaci a montáži zvláštní péči proto, aby se předešlo těmto poškozením.

ODOLNOST PROTI OTĚRU

Toto je důležitý parametr pokud se jedná o dynamická těsnění, ale je těžké ho stanovit jinak než na čistě empirických základech. Zkušenost ukazuje, že jisté materiály jako je přírodní kaučuk, polyuretan a kůže, mají pozoruhodnou odolnost proti oděru, přičemž jiné, například silikonová pryž, mají v tomto ohledu špatné vlastnosti. Obecně, pokud se týče elastomerů, se odolnost vůči oděru zlepšuje s narůstající tvrdostí pro jednotlivé základní elastomery a může být dále zvýšena pomocí slučováním. Dobrá odolnost vůči oděru je často spojena s vysokou odolností vůči roztrhnutí a naopak.



PROVOZNÍ TEPLOTA

Provozní teplota těsnění je podstatný faktor, protože jakýkoli podstatný rozdíl mezi touto a běžnou teplotou prostředí v normálním případě modifikuje charakteristiku materiálu, zvláště v případě elastomerů. Změny, které se objeví při nízkých teplotách jsou výrazně odlišné od těch, které mohou nastat při zvýšených teplotách. Při snižující se teplotě mají všechny elastomery tendenci stávat se výrazně tvrdší a s tím je spojen úbytek ohebnosti a pomalejší návratnost z deformovaného stavu. Křivka tvrdost/teplota nemá žádnou vypovídací hodnotu, neboť tvrdost může dosáhnout nominální či aktuální maximální hodnoty, zatímco

si materiál stále podrží svoji dobrou ohebnost. Přímá měření ohebnosti či torzní tuhosti jsou mnohem významnější a je-li toto vykresleno do grafu vůči teplotě, ukáže se křivka s charakteristickým zakřivením, např. bod T2. Z toho pak může být odvozen bod křehnutí, kdy nastává očividná ztráta ohebnosti.

Za tímto bodem narůstá tuhost při dalším poklesu teploty velmi rapidně, dokud není dosaženo bodu lámavosti, což znamená, že materiál křehne a při ohnutí se láme.

Pro účely návrhu může být bod křehnutí určen jako teplota, při níž se původní tuhost (při 20°C) násobí dvěma (2x bod křehnutí). Ekvivalent bodu křehnutí k nárůstu tuhosti na desetinásobek původní může být také uveden (10x bod křehnutí) jako přibližný ukazatel teploty, při níž se materiál stává zcela nepoužitelným pro ohýbání a blíží se tedy výrazně stavu lámavosti. 2x bod křehnutí představuje minimální bezpečnou teplotu pro provoz.

U jistých elastomerů může pokles teploty, vedle normální tuhosti, podpořit konečnou krystalizaci materiálu. Toto se může vytvářet pomalu či dokonce může být lokalizováno jako plochá skvrna na těsnění. Materiál může být stále použitelný i při těchto podmínkách díky faktu, že se nenachází blízko svého bodu lámavosti, ačkoli v těchto případech je nutné, aby byla nezbytná pružnost zajištěna přidavnou pružinou, není-li možná žádná bezprostřední či ekonomická volba alternativního elastomeru.

U jakéhokoli základního elastomeru mohou být nízkoteplotní charakteristiky do jisté míry modifikovány pomocí slučování. Zvýšením pevnosti se obvykle sníží bod křehnutí, nicméně učiní materiál obecně méně ohebným, přičemž zlepšení chemické odolnosti často bod křehnutí zvýší. Je třeba také zdůraznit, že laboratorní testy na samotném materiálu při nízkých teplotách nemusí být nutně charakteristické pro materiál použitý jako těsnění. To je zejména díky tomu, že kapalina při kontaktu s těsněním může ovlivnit stupeň plastifikace. Kapalina může být například

absorbována a navýšit tak stupeň plastifikace, či naopak vyluhovat původní podíl plastifikátoru. Při zvýšených teplotách ztrácí veškeré elastomery pevnost a mají tendenci měknout a stávat se ohebnějšími.

V běžném případě je při snížení teploty zotavení materiálu úplné, avšak v případě, že je teplota příliš vysoká, některé změny mohou být trvalé. Také vlastnosti stárnutí materiálu jsou teplem urychlovány. Normálně se projevují výrazným nárůstem tvrdosti se ztrátou elastomerních vlastností. Dalšími důležitými efekty, které je třeba uvážit v případě, že se provozní teplota podstatně liší od pokojové teploty, je relativní tepelné roztahnutí či stažení těsnění a zástavby. Koeficient teplotní roztahnosti je mnohem vyšší než u kovů (přibližně 10x více než u oceli). To je běžně významné při zvýšených teplotách, kde je teplotní roztahnost těsnění podstatně vyšší než u jeho okolí a aktuální objemová roztahnost může být dále zvýšena bobtnáním, způsobeným kontaktem s kapalinou.

Materiál	Rozsah provozní teploty	
	Min (°C)	Max (°C)
Butyl kaučuk (IIR)	-40	+150
Etylenopropylenový kaučuk (EPDM)	-50	+150
Hydrogenát acrylonitrilebut.(HNBR)	-25	+150
Nitrile kaučuk (NBR)	-30	+110
Fenolformaldehyd (PF)	-40	+120
Polyacetal (POM)	-40	+110
Polytetrafluoretylén (PTFE)	-200	+200
Polyuretan (PUR)	-40	+100
Silikonový kaučuk (MQ)	-60	+230
Viton (FKM)	-20	+220

TERMOPLASTICKÝ POLYURETAN [PUR]

Název	PUR
Tvrdość	PUR 93 = 93 °Sh.A PUR 97 = 97 °Sh.A
Provozní teplota	-40 až 100°C
Fyzikální vlastnosti	Pevnost - velmi vysoká Pružnost - dobrá Odolnost proti otěru - výborná Odolnost proti stárnutí/zvětrávání - střední
Odolnost kapalinám a chemikáliím	Odolné minerálním olejům a mazivům Není odolné automobilovým brzdovým kapalinám, vodě nebo kyselinám.

Polyuretan je jeden z nově vyvinutých elastomerů s výjimečnou pevností, odolností proti vzniku trhlin a oděru (lepší než všechny ostatní kaučuky) a drží si vynikající ohebnost při nízkých teplotách. Je to organický materiál o vysoké molekulární hmotnosti, jehož chemické složení je charakterizováno velkým počtem uretanových skupin. Složení materiálu je určeno třemi složkami: polyolem, diizokyanátem a řetězovým extenderem. Typ a množství těchto používaných materiálů a reakční podmínky jsou rozhodující pro určení vlastností výsledného polyuretanového materiálu.

Odolnost je dobrá vůči ropným produktům, uhlovodíkům, ozónu a zvětrávání. Výkon je zpravidla neuspokojivý v kontaktu s vodnými roztoky kyselé či zásadité povahy, chlorovanými uhlovodíky, ketony, horkou vodou, párou či glykolem. Polyuretanové kaučuky jsou tedy nejatraktivnější z hlediska jejich mechanické pevnosti spíše než díky chemickým či teplotním vlastnostem. Přednostně mohou být použity, je-li to vhodné, při abrazi (především u stíracích kroužků).

NITRIL BUTADIENE KAUČUK [NBR]

Název	NBR
Tvrdość	NBR 70 = 70 °Sh.A NBR 75 = 75 °Sh.A
Provozní teplota	-30 až 110°C
Fyzikální vlastnosti	Pevnost - střední Pružnost - střední Odolnost proti otěru - střední Odolnost proti stárnutí/zvětrávání - střední
Odolnost kapalinám a chemikáliím	Odolné minerálním olejům a mazivům vodě a mnoha dalším chemikáliím, uhlovodíkovým palivům, atd. Není odolné syntetickým automobilovým brzdovým kapalinám.

Nitrilové kaučuky tvoří nejvýznamnější skupinu elastomerů pro obecné těsnící použití.

Chemicky je Nitril kopolymer butadienového a akrylonitrilového obsahu, typicky kolísající mezi asi 18% a 48%. Nominální označení jsou nízký, střední a vysoký Nitril. Odolnost vůči olejům na bázi ropy a uhlovodíkům vzrůstá s narůstajícím obsahem Nitrilu, avšak zároveň se snižuje ohebnost při nízké teplotě. Abychom u nitrilových kaučuků dosáhli dobrého provozu při nízké teplotě, je obvykle nutné vzdát se odolnosti vůči vysokoteplotnímu palivu a oleji. Nitrilové kaučuky mají dobré fyzikální vlastnosti a jsou lepší než většina ostatních kaučuků. Nejsou zvláště odolné vůči ozónu, zvětrávání a slunečnímu svitu, ale jejich vlastnosti mohou být v tomto ohledu vylepšeny slučováním. Kvůli jejich citlivosti vůči ozónu by nitrilové kaučukové těsnění nemělo být skladováno nikde v blízkosti možného zdroje ozónu (např. v blízkosti elektrického motoru či elektrického vybavení) nebo na přímém slunci.

HYDROGENÁT NITRIL BUTADIENE KAUČUK [H-NBR]

Název	H-NBR
Tvrdość	H-NBR 85 = 85 °Sh.A
Provozní teplota	-20 až 150°C
Fyzikální vlastnosti	Pevnost - vysoká
	Pružnost - střední
	Odolnost proti otěru - vysoká
	Odolnost proti stárnutí/zvětrávání - střední
Odolnost kapalinám a chemikáliím	Odolné minerálním olejům a mazivům vodě a mnoha dalším chemikáliím, HFA, HFB, HFC kapalinám, uhlovodíkovým palivům, atd.
	Není odolné rozpouštědlům, koncentrovaným kyselinám a zásadám.

Oproti běžnému NBR se materiál H-NBR vyznačuje zvýšenou odolností vysokým teplotám (při použití u vzduchových aplikací má krátkodobou teplotní odolnost až +180°C), vyšší odolností opotřebení a otěru při zachování vysoké elasticity.

Materiál je odolný nepolárním a nízkopolárním kapalinám (rostlinné a živočišné tuky), minerálním olejům a mazivům, alifatickým uhlovodíkům, kapalinám HFA-, HFB- a HFC-, ozonu, zředěným kyselinám a zásadám.

ETHYLEN – PROPYLEN [EPDM]

Název	EPDM
Provozní teplota	-50 a+ 150°C
Fyzikální vlastnosti	Pevnost - střední
	Pružnost - střední
	Odolnost proti otěru - střední
	Odolnost proti stárnutí/zvětrávání - dobrá
Odolnost kapalinám a chemikáliím	Odolná proti syntetickým olejům, automobilovým brzdovým kapalinám, fosfát-esterovým kapalinám, vodě / páře a mnoha dalším chemikáliím
	Není odolná minerálním olejům a mazivům, uhlovodíkovým palivům

Etylen-propylen je jeden z nejlepších syntetických kaučuků pro všeobecné využití. Polymerizace a nyní používané katalyzační technologie poskytují možnost navrhovat polymery tak, aby splňovaly specifické a pro jejich užití požadované potřeby. EPDM kaučuky jsou oceňované pro jejich vynikající odolnost vůči horku, oxidaci, ozónu a působení počasí díky své stabilní struktuře základního řetězce satureovaného polymeru.

Odolnost vůči tlaku je dobrá, zvláště při vysokých teplotách. Mají dobrou odolnost vůči polárním rozpouštědlům jako je voda, kyseliny, zásady, fosfátové estery a množství ketonů a alkoholů.

POLYTETRAFLUORETYLÉN [PTFE]

Název	PTFE
Provozní teplota	-200 až 200°C
Fyzikální vlastnosti	Pevnost - střední
	Pružnost - střední
	Odolnost proti otěru - střední
	Odolnost proti stárnutí/zvětrávání - vynikající
Odolnost kapalinám a chemikáliím	Odolnost proti bobtnání je dobrá v téměř všech médiích. Chemická odolnost převyšuje všechny ostatní termoplasty a elastomery

Polytetrafluoroetylen (PTFE) je polymer tetrafluoroethylenu. Tento neelastický polymerický materiál může být použit jako podpůrný článek s elastomerovým těsněním.

Je charakterizován řadou výjimečných vlastností: Koefficient tření vůči povrchům vytvořeným z jiných materiálů je velice nízký, chemická odolnost je vyšší než u všech ostatních termoplastů a elastomerů, odolnost vůči bobtnání je tedy dobrá téměř u všech médií, při provozních teplotách do 200°C je netoxický, povrch je kluzký a odpuzuje většinu médií, jeho použití je upřednostňováno ve všech případech, kdy je třeba vyhnout se zadržování usazenin, elektrické izolační vlastnosti jsou výjimečně dobré, jsou téměř nezávislé na frekvenci, teplotě a vlivech zvětrávání.

Teplotní rozsah pro použití je mezi -200 °C a + 200 °C. Dokonce i při 200°C si PTFE udrží jistou elasticitu, a proto ho lze použít pro těsnění a konstrukční části, například u kapalných plynů. Při použití částí z čistého PTFE by mělo být pamatováno na to : že nad určitou úroveň tlaku se materiál trvale deformuje, což je způsobeno plastickým tečením neboli tečením za studena, že odolnost vůči oděru je nízká, že tepelné roztažení, jako u většiny plastů, je asi 10x větší než u kovů, že tepelná vodivost je nízká, takže odvádění tepla z ložisek a dalších pohyblivých těsnění může vést k problémům, že materiál není elastomerický, ale je tvrdý jako polyetylen.

Poslední zmíněné může znamenat problémy při montáži, například dostatečné natažení kroužku, aby ho bylo možné umístit do jeho drážky. Také návratnost z roztažení bude pomalá, proto je třeba ponechat smontovaným kroužkům značnou dobu, než se navrátí ke své původní velikosti, tento návratný proces lze nicméně urychlit mírným zahříváním. Z těchto důvodů je nemožné v sestavách jednoduše nahradit elastometrické těsnění PTFE těsněním. U přírubového těsnění musí být vytvořena rezerva pro konstantní přídavný dosedací tlak pomocí pružin či jinými prostředky. PTFE je plněn grafitem, skleněnými vlákny, bronzem a uhlíkem proto, abychom dosáhli speciálních vlastností.

POLYACETALOVÁ PRYSKYŘICE [POM]

Název	POM
Provozní teplota	-40 až 110°C
Fyzikální vlastnosti	Pevnost - velmi vysoká
	Odolnost proti otěru - výborná
	Odolnost proti stárnutí/zvětrávání - dobrá
Odolnost kapalinám a chemikáliím	Odolná proti benzínu, vlhkosti, mazacím olejům, ředidlům a mnoha dalším neutrálním chemikáliím
	Není odolná silným kyselinám nebo zásadám mimo rozsah pH 4 až 9, při stálém působení horké vody nebo páry

Tento materiál je celosvětově uznávaný pro svou spolehlivost při strojírenských aplikacích.

Je charakterizován celou řadou výjimečných vlastností: vysoká tažná pevnost, odolnost proti nárazům a tuhost, dobrá odolnost vůči únavě materiálu, nemíchaný s jinými plasty, vynikající rozměrová stabilita, odolnost vůči tečení, nízké tření, široký rozsah pracovní teploty, až k velmi nízkým teplotám.

Nízká absorpce vody je zvláště významná, protože je takto zaručena lepší rozměrová stabilita ve vlhkých podmínkách.

FLUOROELASTOMER [FKM / FPM]

Název	Viton
Provozní teplota	-20 až 220°C
Fyzikální vlastnosti	Pevnost - střední
	Pružnost - malá
	Odolnost proti otěru - malá
	Odolnost proti stárnutí/zvětrávání - vynikající
Odolnost kapalinám a chemikáliím	Výborně odolný minerálními oleji a uhlovodíkovými palivy. Odolný mnoha kapalinám, alkoholu a kyselinám
	Není odolný ketonům, horké vodě a páře

Fluoroelastomerový kaučuk je dobře známý pro svou vynikající odolnost vůči vysokým teplotám (220 °C) a nabízí vynikající odolnost vůči agresivním palivům a chemikáliím.

Mnoho typů fluoroelastomerových kaučuků bylo vyvinuto tak, aby splňovaly potřeby specifického konečného užití a zpracování. Jsou zde rozdíly mezi jednotlivými typy kaučuků z hlediska chemické odolnosti a mechanických vlastností. Typy pro všeobecné využití se liší od speciálních typů ve své chemické odolnosti. Skladba fluoroelastomerových kaučuků může být v rozumném rozsahu upravena tak, aby vyhovovala potřebám vysoké odolnosti vůči teplotám, olejům a chemickým látkám, zároveň snese i nízké teploty.

Jde o jeden z nejdolnějších elastomerů vůči vysokým teplotám.

SILIKON [MQ / MVQ]

Název	Silikon
Provozní teplota	-60 až 230°C
Fyzikální vlastnosti	Pevnost - malá
	Pružnost - střední
	Odolnost proti otěru - malá
	Odolnost proti stárnutí/zvětrávání - vynikající
Odolnost kapalinám a chemikáliím	Odolný vzduchu, ozonu, horké vodě, kyselinám
	Nevhodný pro oleje a maziva

V zásadě mají silikonu malou pevnost a odolnost vůči vzniku trhlin a oděru, avšak jejich mechanický výkon může být rozšířen speciálním slučováním.

Odolnost vůči zásadám je obecně dobrá, chemické vlastnosti mohou být rozšířeny speciálním slučováním tak, aby byla zajištěna například lepší odolnost vůči olejům a palivům.

Obecně však nejsou silikonové kaučuky doporučovány pro použití s uhlovodíky jako je například benzín a petrolej (parafinický uhlovodík), s lehčími minerály a s párou při vysokém tlaku, neboť to může vést k bobtnání a změkčení elastomeru.

Hlavní výhodou tohoto typu elastomerů je, že si drží svou ohebnost až do velmi nízkých teplot a zároveň mohou bez vytvrnutí odolat i velmi vysokým teplotám, což je činí vhodnými pro výrobu jak vysokoteplotních, tak nízkoteplotních těsnění, v měřítku širším než mohou pokrýt ostatní elastomery. Dále mohou být použity jako vysokorychlostní těsnění (např. rotačních těsnění), kde může být provozní teplota vyšší, než je povolena u konvenčních elastomerů. Teplota narůstá třením, ke kterému zde dochází, a zde opět může být odpovědí silikonový kaučuk. Nicméně cena silikonového kaučuku je vyšší než u většiny elastomerů.

FLUORSILIKON [FMQ]

Název	FMQ
Provozní teplota	-50 až 200°C
Fyzikální vlastnosti	Pevnost - malá
	Pružnost - střední
	Odolnost proti otěru - malá
	Odolnost proti stárnutí/zvětrávání - výborná
Odolnost kapalinám a chemikáliím	Dobře odolná minerálním olejům, mazadlům a uhlovodíkovým palivům

Pracovní charakteristika fluorosilikonových kaučuků je obecně shodná jako u normálních silikonů, mají nicméně mnohem zmenšený rozsah provozních teplot.

Hlavní výhodou je, že fluorosilikonové kaučuky mohou mít odolnost vůči olejům srovnatelnou či těsně se blížíci nitrilovým kaučukům. Mohou tak být použity pro provoz v teplotách přesahujících možnosti nitrilových kaučuků, kde také obyčejné silikonové elastomery nemají nezbytnou kompatibilitu s kapalinou.

TERMOPLASTOVÁ POLYESTER. PRYSKYŘICE [TPE-E]

Název	TPE-E
Tvrdość	TPE-E 55 = 55 °Sh.D
	TPE-E 55 = 63 °Sh.D
Provozní teplota	-40 až 140°C
Fyzikální vlastnosti	Pevnost - velmi vysoká
	Pružnost - vysoká
	Odolnost proti ořeru - vyjimečná
	Odolnost proti stárnutí/zvětrávání - vynikající
Odolnost kapalinám a chemikáliím	Odolné rozpustným uhlovodíkovým kapalinám včetně benzínu a mazacím olejům.

Termoplastická polyesterová pryskyřice je středně modulový materiál užívaný hlavně ve výrobě opěrných kroužků pro podporu těsnících prvků. Poskytuje výbornou kombinaci pro mnohé součástky a komponenty: kombinuje ohebnost kaučuků, tvrdost plastů a zpracovatelnost termoplastů.

Poskytuje mimořádnou míru výkonu a provozní životnosti při využití tam, kde jsou zásadní vlastnosti jako je odolnost vůči ořeru a vzniku trhlin. Poskytuje lepší výkon v prostředích s nízkou teplotou, přičemž si podrží dobré vlastnosti (plastické tečení, odolnost vůči nárazu, únavová životnost) i při vysoké teplotě.

Jeho chemické vlastnosti jej činí vysoce odolným vůči uhlovodíkům a mnoha dalším kapalinám.

FENOL FORMALDEHYD [PF]

Název	PF
Provozní teplota	-40 až 120°C
Fyzikální vlastnosti	Pevnost - výborná
	Pružnost - výborná
	Odolnost proti ořeru - výborná
	Odolnost proti stárnutí/zvětrávání - dobrá
Odolnost kapalinám a chemikáliím	Odolné proti minerálním olejům, mazivům, organickým ředidlům, slabým kyselinám a zásadám a slaným roztokům

Fenolformaldehyd je vysoce modulový materiál používaný hlavně při výrobě vodících kroužků.

Je to syntetická pryskyřice tvořená z eliminační reakce fenolu s formaldehydem. Je charakterizován celou řadou výjimečných vlastností: Vynikající odolnost vůči zatížení, vysoká tažnost, prodloužená životnost, nízké tření, odolnost vůči opotřebením, odolnost vůči nárazu a tuhost, odolnost vůči tečení, samohásící schopnost, široký rozsah pracovních teplot od -40°C do +120°C, vynikající rozměrová stabilita. V krátkých časových úsecích je schopen tolerovat i teploty nad +300°C. Při normální teplotě je fenol bledě nažloutlý, barevná stabilita fenolu je snížena působením světla, vzduchu a oxidů železa během uskladnění. Díky své chemické struktuře není vhodný pro využití v potravinářství.

CHLOROPREN [CR]

Název	Neopren
Provozní teplota	-30 až 80°C
Fyzikální vlastnosti	Pevnost - střední
	Pružnost - střední
	Odolnost proti otěru - malá
	Odolnost proti stárnutí/zvětrávání - výborná
Odolnost kapalinám a chemikáliím	Středně odolný minerálním olejům a mazadlům
	Není odolný syntetickým automobilovým brzdovým kapalinám

Chloropren je jedna z nejlepších obecně používaných pryží. Její aplikace pro těsnění je však v současnosti poněkud limitována.

Její hlavní výhodou je výborná odolnost vlivu počasí a stárnutí. Vykazuje lepší výkon ve vysokých teplotách než přírodní kaučuk. Má však tendenci tvrdnout a tuhnout při nízkých teplotách a může také krystalizovat pokud je pod zátěží. Tato tendence může být redukována správným výběrem polymeru a slučováním.

POLYAMID [PA]

Název	Polyamid
Provozní teplota	-40 až 110°C
Fyzikální vlastnosti	Pevnost - vysoká
	Odolnost proti otěru - výborná
	Odolnost proti stárnutí/zvětrávání - střední
Odolnost kapalinám a chemikáliím	Odolný mazivům, palivům, olejům, vodě, esterům, ketonům.
	Není odolný koncentrovaným kyselinám a louhům

Polyamid je technický plast, který vyniká pevností, tvrdostí, výbornými kluznými vlastnostmi, schopností absorbovat vibrace, elektroizolačními vlastnostmi a dobrou teplotní odolností.

Vzhledem k jeho poměrně velké nasákavosti však není vhodný pro aplikace, u kterých dochází ke kontaktu s vodou (pro tyto případy je vhodnější použít POM nebo jiné materiály).

SROVNÁNÍ VLASTNOSTÍ BĚŽNÝCH ELASTOMERŮ

Hodnocení Výborné 1 Dobré 2 Příjemné 3 Sporné 4 Nevyhovující 5	IIR Butyl	EPDM Ethylen-propylen	FKM Viton	FMQ Fluorsilikon	CSM Hypalon	FFKM Kalrez	CR Neopren	NBR Nitrile kaučuk	PUR Polyuretan	MQ silikon	SBR Styrene-butadiene	PTFE Teflon
Náklady	3	2	3	5	3	5	2	1	1	3	1	5
Teplotní rozsah [°C]	-40 +150	-50 +150	-20 +200	-50 +220	-20 +120	-45 +300	-30 +80	-30 +110	-40 +100	-60 +230	-50 +100	-200 +200
Pevnost v tahu	-	2	3	5	2	3	3	2	1	5	2	3
Prodloužení max. [%]	800	600	300	600	500	150	600	600	500	800	600	250
Rozsah tvrdosti [°Sh.A]	40 80	40 90	50 95	50 80	50 90	65 95	40 90	40 90	50 94	25 80	40 90	98
Odrazová pružnost - odraz	5	2	3	2	3	-	1	2	1	3	2	5
Odolnost tlaku	3	3	2	1	3	2	3	2	3	1	2	5
Přílnavost ke kovu	2	3	2	4	1	-	1	1	3	2	1	1
Odolnost proti oděru	3	2	2	5	1	-	1	1	1	5	1	3
Odolnost proti vzniku trhlin	2	3	3	4	3	-	2	1	1	5	3	5
Odolnost počasí	1	1	1	1	1	-	1	4	2	1	5	1
Odolnost proti ozonu	1	1	1	1	1	-	1	5	1	1	5	1
Absorpce vody	1	1	5	1	3	1	3	2	5	1	1	1
Odolnost proti páře	2	1	1	5	5	1	5	5	5	4	5	-
Plynová těsnost	1	3	1	5	2	-	1	1	1	5	3	2
Odolnost proti kyselinám	1	2	3	2	1	1	3	2	5	3	3	1

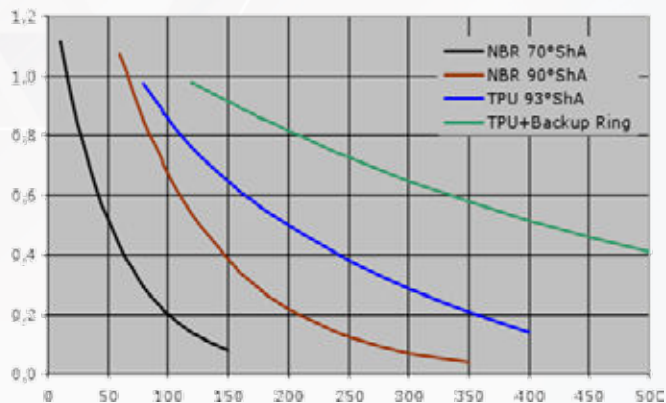
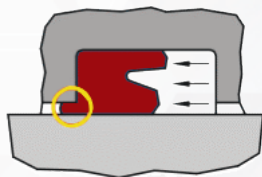
Hodnocení													
Výborné	1												
Dobré	2												
Přijatelné	3												
Sporné	4												
Nevyhovující	5												
	IIR Butyl	EPDM Ethylen-propylen	FKM Viton	FMQ Fluorilikon	CSM Hypalon	FFKM Kalrez	CR Neopren	NBR Nitrile kaučuk	PUR Polyuretan	MQ Silikon	SBR styrene-butadiene	PTFE Teflon	
Odolnost proti zásadám	1	1	3	3	1	1	1	2	3	1	3	2	
Alkohol	1	1	1	2	1	1	1	1	5	1	1	1	
Minerální oleje	5	5	1	1	3	1	2	1	2	5	5	1	
Alifatické uhlovodíky	5	5	1	3	3	1	3	1	3	5	5	1	
Aromatické uhlovodíky	5	5	1	3	4	1	5	5	3	5	5	1	
Halogenové uhlovodíky	5	5	1	4	4	3	5	4	3	5	5	1	
Fosfát estery	2	1	5	1	5	1	5	5	5	5	5	-	
Polární rozpouštědla	2	1	5	1	5	1	5	5	5	5	5	1	

KONSTRUKCE ZÁSTAVBY

ŠÍŘKA SPÁRY

Hraniční hodnoty pro spáru na straně těsnění, kde nepůsobí tlak, jsou určeny tlakovou zátěží, typem těsnění a těsnícím materiálem.

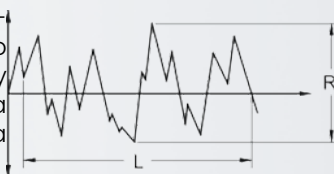
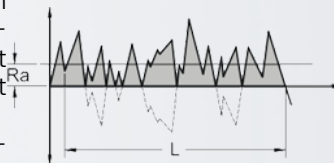
Při kalkulaci šířky spáry je třeba brát v potaz rozsah výrobní tolerance a elastické napínání vnitřního průměru válce pod tlakem. Jinak může dojít k překročení povolená velikosti spáry. Pokud jsou povolené velikosti spáry překročeny, dojde k vytlačení při tahu (viz obrázek) na zadní části těsnění.



STRUKTURA POVRCHU – OBECNÉ INFORMACE

Struktura povrchu po kterém se pohybuje těsnění je určujícím faktorem pro velikost tření, opotřebení a životnost těsnění.

Struktura povrchu zahrnuje jak vzor povrchu tak i jeho drsnost. Vzor povrchu lze popsat pouze empiricky. Drsnost povrchu je určena jako průměrná hodnota odchylky povrchu od středové linie na referenční délce L (metoda CLA).



Průměrná drsnost se označuje obvykle R_a (μm).

Drsnost povrchu může být také vyjádřena dle maximální drsnosti, hloubky nebo vzdálenosti mezi vrcholem a základovou linií měřenou na referenční délce.

Maximální drsnost je značena jako R_t (μm).

DOPORUČENÉ ÚPRAVY POVRCHU

Účelem veškerých úprav povrchu je zajistit povrch, který způsobí co nejmenší opotřebení těsnění.

Těsnění pístnice, které utěšňuje v protilehlé poloze vůči pohybujícímu se povrchu, lze poškodit jemnými abrazivními částicemi, které mohou přilnout k drsnému povrchu.

Tyče by proto měly mít nízkou hodnotu drsnosti povrchu a povrch by měl být podobný tvrdému chromu a nerezavějící. Ideální drsnost povrchu je někde kolem $0,3 \mu\text{m}$ (R_a) nebo $2,3 \mu\text{m}$ (R_t). Těsnění pístů, které těsní proti vnitřnímu povrchu válce, není vystaveno stejnému rozsahu působení

brusných částech, které vnikají z atmosféry, a proto zvládne hrubší povrch. Ideální drsnost povrchu je někde kolem $0,5 \mu\text{m}$ (Ra) nebo $3,7 \mu\text{m}$ (Rt). Provozní tlak musí být brán v potaz při hodnocení vlastností povrchu. Při vyšším provozním tlaku je film mezi těsněním a těsnícím povrchem tenčí a tření je větší. Za takových provozních podmínek, by se měla volit co nejmenší drsnost povrchu. Kvalita povrchu pro statické těsnění, by měla být kolem $1 \mu\text{m}$ (Ra) nebo $7 \mu\text{m}$ (Rt).

DOPORUČENÉ PROVEDENÍ POVRCHU

Pístní tyče pro posuvné aplikace

Materiál	42CrMo4V, K3 - Din 50602
Indukčně zakaleno	min. 45 HRC
Hloubka kalení	min. 2,5 mm
Drsnost povrchu	Ra = 0,1 - 0,3 μm

Funkční plochy – rotační aplikace

Tvrдость	min. 55 HRC / 600 HV
Tvrдость do hloubky	min. 0,3 mm
Drsnost povrchu	Ra = 0,2 - 0,5 μm
	Rz = 1,2 - 3,0 μm
	Rmr = 50 - 70%, c = 0,25 x Rz

Čím vyšší je obvodová rychlost, tím vyšší musí být tvrдость funkčních povrchů.

Při rychlosti 10 m/s je doporučená tvrдость min. 60 HRC.

POVRCHY Z RŮZNÝCH OBRÁBĚČÍCH PROCESŮ

Jak drsnost, tak vzor úpravy povrchu se může značně lišit podle postupu obrábění. Následující tabulka ukazuje běžné hodnoty, které mohou být dosaženy u různých technologií. Optimální životnost u těsnění pístnice hydraulického pístu je dosažena rotačním broušením (nebo leštěním) při dosažení drsnosti lepší než $0,2 \mu\text{m}$ (Ra).

Technologie obrábění	Povrch. úprava Ra [μm]	Technologie obrábění	Povrch. úprava Ra [μm]
Hoblování	1,5 ÷ 12,5	Vrtání + soustružení	0,25 ÷ 0,5
Obrázení	1,5 ÷ 12,5	Broušení	0,125 ÷ 1,75
Frézování	0,9 ÷ 6,25	Honování	0,125 ÷ 0,1625
Protahování	0,9 ÷ 3,00	Leštění, vyhlazování	0,125 ÷ 0,5
Vystružování	0,9 ÷ 3,00	Lapování	0,05 ÷ 0,5
Vrtání	0,5 ÷ 6,25	Leštění	0,05 ÷ 0,5
Soustružení	0,5 ÷ 6,25	Super finišování	0,025 ÷ 0,25

NÁBĚHOVÉ HRANY

Je velmi důležité, zajistit dostatečné zkosení hran (viz. obr.) bez ostrých hrotů a otřepů, aby se předešlo poškození těsnících břitů během montáže.

U každé položky v tomto katalogu jsou uvedeny doporučené hodnoty pro úhel a délku zkosení. Snížení těchto hodnot by mohlo způsobit problémy během montáže.



Náběhová hrana (mm)
ve válci usnadňuje zasunutí pístu

Náběhová hrana (mm)
na pístnici usnadňuje její
zavedení do hlavy válce

INSTALACE

OBECNÉ POKYNY PRO MONTÁŽ

Následující základní doporučení platí pro vhodnou montáž všech typů těsnění:

Zástavba musí mít dostatečné zkosení, abyste předešli poškození břitů těsnění. Ostré hrany a otřepy v instalační oblasti je třeba odstranit.

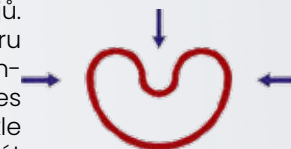
- Zkontrolujte náběhové hrany a absenci ostrých okrajů.
- Promažte těsnění a posuvné povrchy během montáže a to pomocí stejné kapaliny, která bude použita v hydraulickém systému, nebo použijte jiný shodný typ.
- Dodržujte tolerance a kvality povrchů, které jsou uvedeny v tomto katalogu, abyste zajistili snadné osazení těsnění a předešli poškození při montáži.
- Veškeré části musí být dokonale čisté, bez kovových částí, okují po sváření nebo jiných defektů.
- Během instalace se vyvarujte užití špičatých a ostrých kovových nástrojů.
- Zkontrolujte správný směr těsnění v souladu se směrem toku kapaliny.
- Po montáži doporučujeme testovat válec, protože během prvních cyklů může dojít k prosakování určitého množství kapaliny v důsledku nastavení těsnění.
- Po dokončení montáže válce nepřekračujte teplotu 80 °C během operací jako např. natírání, tepelném tvrzení atd., abyste předešli stálému poškození těsnění.

SMĚRNICE PRO INSTALACI TĚSNĚNÍ NA PÍSTNICI

Těsnění na pístnici lze obvykle osadit bez použití speciálních nástrojů.

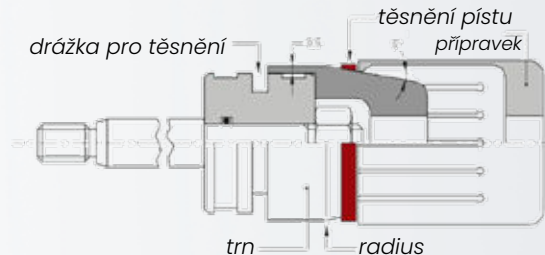
Těsnění pístnic o malém průměru vyžadují použití jednoduchých instalačních přípravků, které proces usnadní. Tyto přípravky obvykle vyrobené z kovu, by měly být přizpůsobeny ostatním nástrojům

potřebným pro montáž válce. Těsnění na pístnici lze také snadno osadit do drážek v uzavřených zástavbách tím, že je ručně deformujete nebo použijete speciální nástroj, abyste získali kroužek ledvinového tvaru (viz obrázek).



POKYNY PRO INSTALACI TĚSNĚNÍ NA PÍSTY

Těsnění na písty lze obvykle osadit bez použití speciálních přípravků. Pístová těsnění s velkým průřezem ve spojitosti s průměrem by se měli postupně zvětšovat a osazovat pomocí jednoduchého přípravku, který může montáž usnadnit. Tyto přípravky obvykle vyrobené z kovu, by měly být přizpůsobeny ostatním nástrojům potřebným pro montáž válce (viz. obrázek). Výhodné je předehřívání na 50 až 60 °C v hydraulickém oleji.




NEJČASTĚJŠÍ PORUCHY U HYDRAULICKÉHO TĚSNĚNÍ A ZPŮSOBY JEJICH OPRAVY

Porucha	Příčina	Doporučení
Vysoké tření	Nesprávná montáž	Znovu zkontrolujte doporučenou montáž pro určitý typ těsnění. Pokud to bude nutné snižte předpětí nebo tlak.
	Špatná velikost těsnění	Zkontrolujte geometrické specifikace.
	Špatná úprava povrchu	Vylepšete úpravu povrchu nebo použijte těsnicí materiál, který zvládne tření o hrubší povrch.
	Nadměrná třecí rychlost	Použijte jiný typ těsnění.
	Nadměrný tlak pro utěsnění	Vyměňte těsnění za jiný typ nebo použijte jiný typ elastomeru.
Stick - slip	Těsnění pracuje na sucho	
	Špatná úprava povrchu	Vylepšete úpravu povrchu nebo použijte těsnicí materiál, který zvládne tření o hrubší povrch.
	Špatný mazací film	Upravte provozní podmínky nebo vyměňte typ těsnění (např. použijte PTFE složené těsnění).
Nadměrné prosakování	Těsnění je umístěno opačným směrem	Zkontrolujte nebo použijte dvojčinné těsnění, je-li třeba.
	Nedostatečné předpětí	Zkontrolujte geometrii a specifikace předpětí.
	Úbytek těsnění	Zkontrolujte, zda jsou těsnicí materiály vhodné pro danou kapalinu; pokud ne, změňte materiál.
	Opotřebením těsnění	Vyměňte těsnění; pokud je životnost nízká, použijte jiný typ těsnění. Zkontrolujte příčinu poškození těsnění.
Poškození těsnění	Nesprávná počáteční montáž	Vyměňte těsnění podle montážního návodu od výrobce.
	Selhání pružiny (platné pro těsnicí kroužek)	Zkontrolujte geometrii a zda je těsnicí kroužek vhodný pro aplikaci.
	Poškození vytlačením	Snižte těsnicí vůli; nebo použijte opěrný kroužek.
	Třením (odírání)	Zkontrolujte geometrii, je-li to nutné snižte těsnicí vůli.


KONTAKT


REONTECH CZ s.r.o.

Sídlo společnosti

 Nedvědice 414
592 62 Nedvědice


Provozovna, výroba

 Ujčov 97
592 62 Nedvědice

 777 250 895

 info@reontech.cz

 www.reontech.cz

 IČ: 02560259
DIČ: CZ02560259

Václav Ondra

Jednatel společnosti

777 250 895



vaclav.ondra@reontech.cz

Martin Ondra

Výroba hydraulického těsnění

773 161 969



martin.ondra@reontech.cz

Ing. Jan Ondra

Obchodní manažer

775 964 928



jan.ondra@reontech.cz



REONTECH CZ s.r.o.
Nedvědice 414, 592 62 Nedvědice

www.reontech.cz
2021