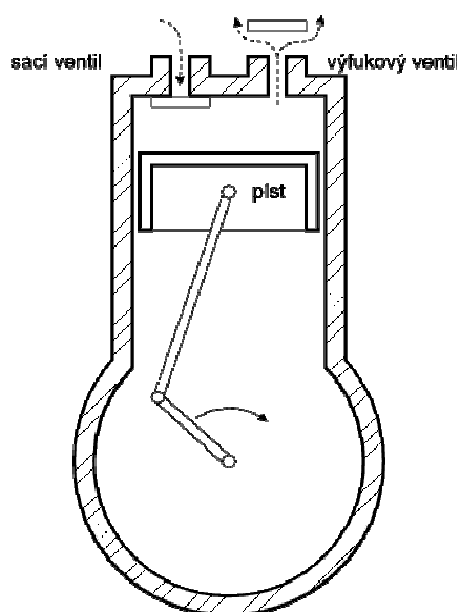


Transportní vývěvy

Mechanické vývěvy

Základem těchto vývěv je pracovní komora, periodicky zvětšující a zmenšující svůj objem. Historicky nejstarší vývěva tohoto typu je:

1. Pístová vývěva



Výpočet čerpací rychlosti je jednoduchý:

Nechť n je počet otáček rotor za jednotku času a V zdvihový objem pístu. Pak objem plynu přenesený ze vstupu na výstup za jednotku času - tedy čerpací rychlost vývěvy (jmenovitá) je:

$$S_o = V \cdot n$$

Jednou z nevýhod těchto vývěv je poměrně vysoký zpětný proud plynu, způsobený jak netěsnostmi ventilů a pístu, tak i zbytkovým prostorem v horní úvrati.

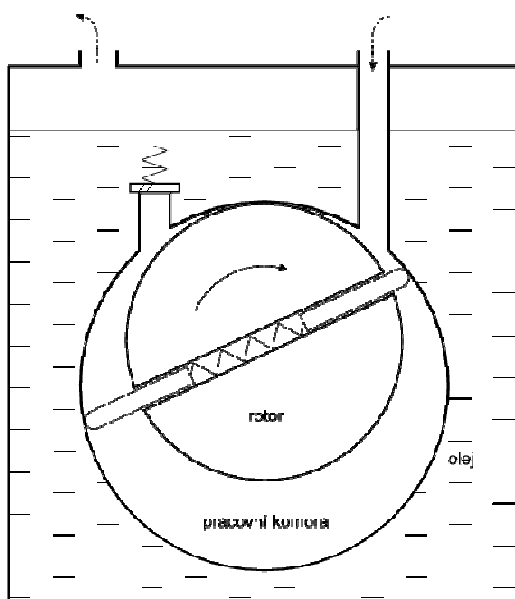
Hlavní nevýhodou je však nízká čerpací rychlost, protože kmitavý pohyb pístu nelze příliš zrychlovat. Řešení tohoto problému přineslo použití rotačního pohybu.

2. Rotační olejové vývěvy

Tyto vývěvy jsou základním druhem vývěv pro získávání hrubého vakua nebo pro předčerpání vývěv pro vysoké vakuum.

Nejběžnější provedení:

Rotační vývěva s rotorovými křídly



Lopatky (křídla) vytváří v pracovní komoře tři periodicky proměnné objemy. Nejprve se objem zvětšuje (vzduch se nasává), pak se objem zmenšuje (vzduch se stlačuje) a nakonec stlačený vzduch otevře výfukový ventil a opustí vývěvu.

Vztah pro výpočet čerpací rychlosti je opět velmi jednoduchý:

$$S_o = V \cdot n$$

kde musíme dosadit objem pracovní komory těsně po ukončení sání plynu.

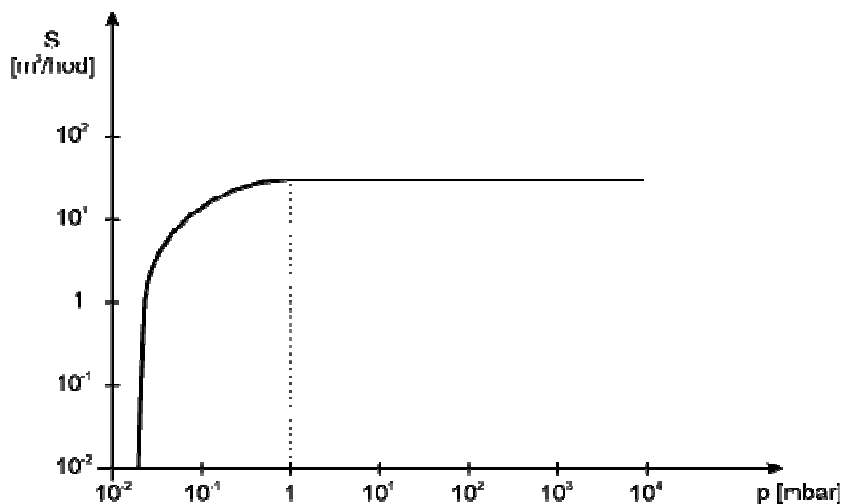
Vývěvy pracují za otáček 300 - 1 500 za min. (výjimečně až 3 000 za min.). Dosahují jmenovité čerpací rychlosti jednotky až desítky l/s (jednotky až desítky, výjimečně stovky $m^3/hod.$).

Mezní tlak bývá několik Pa .

Zpětný proud je u těchto vývěv tvořen zpětným tokem čerpaného plynu (všemi netěsnostmi mezi sacím a výfukovým hrdlem, zejména nejkratší cestou – na styku rotoru a statoru – je to kritické místo vývěvy) a zpětným tokem olejových par.

Olej se vypařuje značně intenzivně, neboť teplota vývěvy je dosti vysoká a v místech tření je olej lokálně přehříván, až se spaluje. Vzniklý kouř vystupující z vývěvy obsahuje rakovinotvorné složky, na výstupu vývěvy proto bývá umístěn filtr nebo je kouř odváděn mimo laboratoř.

Mezní tlak a čerpací rychlost jako základní technické parametry vývěvy udává výrobce, většinou také křivku skutečné čerpací rychlosti:



Olejová náplň vývěvy má několik funkcí :

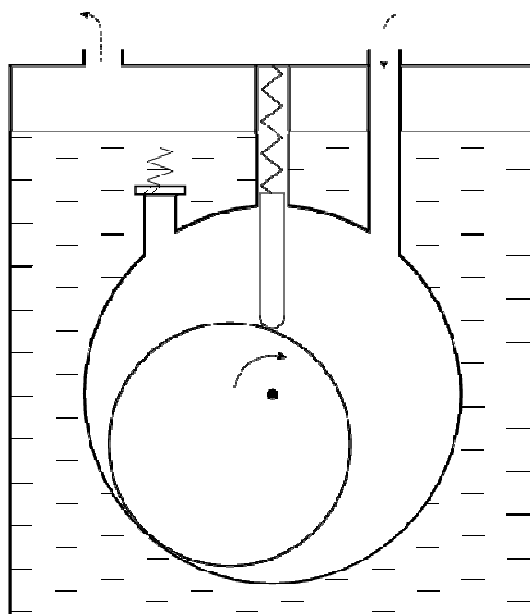
- **Maže** (všechny pohyblivé části, zejména styk lopatek a statoru)
- **Těsní** (zejména styk lopatek se statorem a styk rotoru se statorem, u moderních konstrukcí bývá celý stator vývěvy ponořen do olejové lázně - olej tak těsní celou komoru, do níž vniká mazacími kanálky a netěsnostmi, ven z komory je pak vytlačován spolu se vzduchem výfukovým ventilem – vzniká koloběh oleje ve vývěvě - vývěva přitom vlastně funguje jako dosti výkonné olejové čerpadlo)
- **Chladí** (přenáší velké množství tepla, které vzniká třením lopatek o stator, na vnější žebrovaný plášť - provozní teplota je dosti vysoká 70–90 °C).

Používají se buď přírodní **minerální** (ropné) oleje nebo **syntetické oleje** (jsou velmi drahé) pro čerpání agresivních plynů :

- estery se strukturou C, H, O (Thor-oil)
- perfluorované polyethery C, F, O (PFPE, Fomblin)
- fluoro-chlorokarbony se strukturou C, F, Cl (Halovac)
- silikony (vazby Si-O) (DC705)

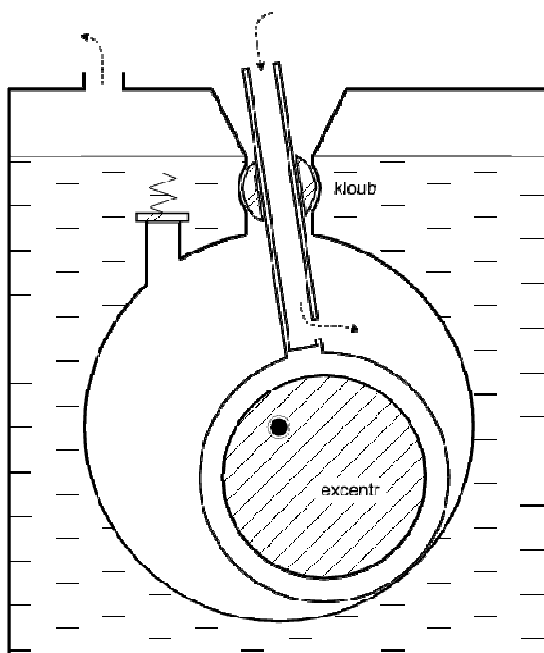
Méně časté konstrukce rotačních olejových vývěv jsou například :

Rotační vývěva se statorovým křídlem



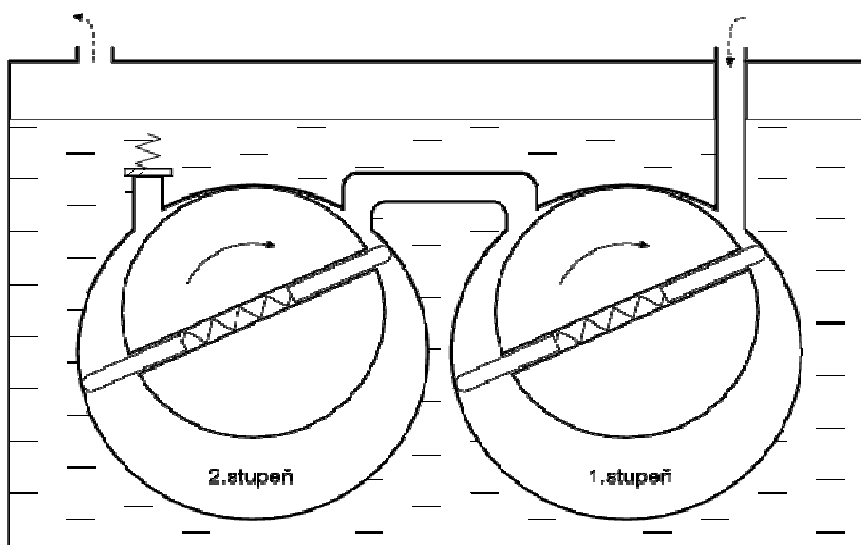
Principem je excentricky kolující rotor, který není v přímém styku se statorem (nedochází ke tření), pouze s přepážkou – statorovým křídlem. Má prakticky stejné parametry jako rotační vývěva s rotorovými křídly.

Rotační vývěva s kolujícím rotorem a se čtyřhrannou trubicí



Kolující rotor se opět netře o stator. Ke tření dochází pouze v kloubu, v němž se pohybuje dutá trubice, kterou plyn vstupuje do vývěvy. Výhodou menšího tření je možnost zvyšování otáček a tedy dosažení vyšší čerpací rychlosti (až několik stovek $m^3/hod.$)

Rotační vývěvy se vyrábějí velmi často **dvoustupňové** (tj. dvě pracovní komory v sérii) :



Oběma rotory otáčí společná hřídel, jejich pohyb je sfázovaný – druhý stupeň přejímá plyn vytlačovaný prvním stupněm - soustava má pouze jeden výfukový ventil.

Čerpací rychlost se oproti jednostupňové konstrukci nezmění (je to možné ?), podstatně se ale zmenší zpětný tok čerpaného plynu (delší dráha od výstupu na vstup).

Mezní tlak proto může klesnout až o dva řády. Záleží také na druhu oleje :

- u minerálního oleje např. $0,5 Pa$
- syntetické oleje umožní např. $0,05 Pa$

Problém čerpání vodní páry

Nasyčený tlak vodní páry při pracovní teplotě $80^{\circ}C$ je $470 mbar$. Po dosažení tohoto parciálního tlaku ve fázi stlačování proto vodní páry **kondenzují** a jejich tlak už dále nestoupá - celkový tlak ovšem stoupá až do otevření výfukového ventilu (tj. do hodnoty asi $1 bar$).

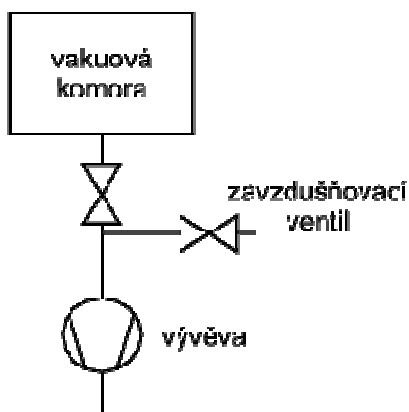
Zkondenzovanou vodu v pracovní komoře absorbuje olej - vzniklá emulze má špatné mazací vlastnosti, navíc při koloběhu oleje ve vývěvě se voda dostane také do prvního stupně, tam se vypaří a zvýší zpětný proud plynu do vakuové komory.

Řešení :

Ve fázi stlačování se do komory připouští přes speciální ventil (tzv. **gasbalast**) malé množství vzduchu z atmosféry, tím rychleji stoupá celkový tlak v při stlačování plynu a výfukový ventil se otevře dříve, než parciální tlak páry dosáhne hodnoty $470 mbar$. Gasbalast mají dnes všechny rotační vývěvy (malý šroubek nebo gumová krytka na tělesu vývěvy). Jeho použití zvyšuje zpětný proud plynu, proto se používá pokud možno jen ne počátku čerpání.

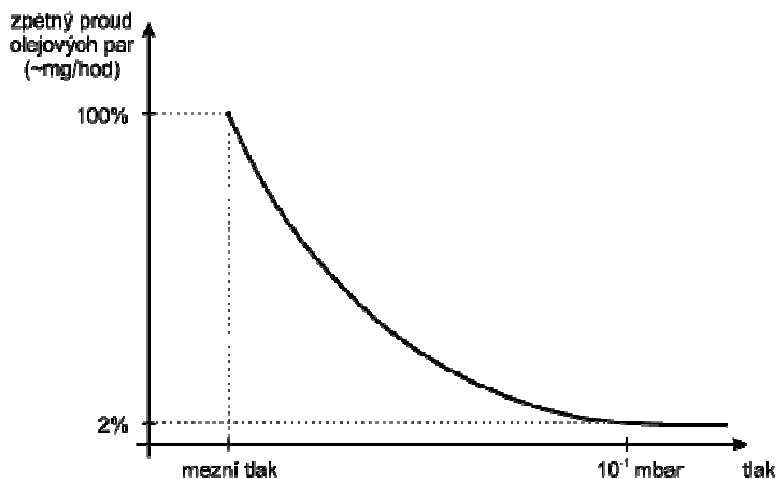
Praktické poznámky k provozu rotační vývěvy:

1. Pozor na správný smysl otáčení rotoru vývěvy (třífázový motor).
2. Pozor na dostatečné množství oleje a jeho včasnou výměnu.
3. Vysoká teplota vývěvy není důvod ke znepokojení. Obvyklá pracovní teplota je kolem $80\text{ }^{\circ}\text{C}$.
4. Po zastavení je třeba vývěvu zavzdušnit, nejlépe automaticky, neboť v komoře je vakuum a vzduch, který pronikne z atmosféry výfukovým ventilem do vývěvy vytlačí olejovou náplň sacím otvorem do aparatury.



5. Zpětný proud olejových par, který vlastně znečišťuje prostor vakuové komory, je možno výrazně omezit několika způsoby:

- Rotační vývěvu provozovat za vyšších tlaků, co nejdále od mezního tlaku – pak je zpětný proud olejových par „strháván“ větším proudem čerpaného plynu, proudícího z vakuové komory (viz obr.).



- Použít filtr se sorpční látkou (molekulová síta) na vstupu vývěvy. Nevýhodou je výrazné snížení čerpací rychlosti a nasycení filtru olejovými parami, případně čerpanými plyny po určité době provozu. (nutná výměna nebo jeho regenerace). Pro zvýšení životnosti filtru lze použít obtokové potrubí, kterým vyřadíme filtr z činnosti, dokud je v aparatuře vyšší tlak.

- Použít olej s nižší tenzí páry – zejména syntetické oleje mají tenzi až stokrát nižší než přírodní minerální oleje.

Problémy s olejovou náplní rotačních vývěv, zejména zmíněné znečišťování vakuové komory a poškozování oleje při čerpání agresivních plynů, vedly v posledních několika desetiletích k intenzivní vývoji nového druhu vývěv :

3. Suché (bezolejové) vývěvy

Je využíváno několik principů:

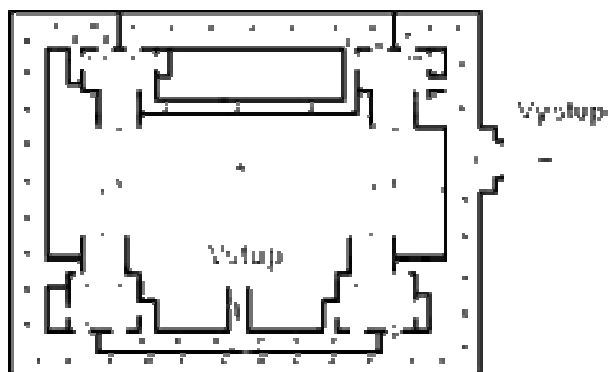
Pístová vývěva

(Dry piston vacuum pump)

Jde o návrat k principu prvních vakuových čerpadel - ale bez olejového mazání – proto bylo nutno řešit dva problémy :

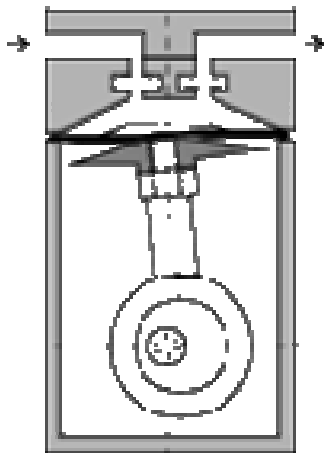
- se **třením a těsněním pístu a válce** – je nutno použít takové materiály, aby koeficient tření byl co nejmenší - na styčných plochách silné kluzné vrstvy PTFE (polytetrafluorethylen - teflon), případně v kombinaci se tvrdou vrstvou (oxid hliníku)
- s **odvodem tepla** vzniklého třením – těleso válců z hliníku, menší stupňovité duté písty s malým zdvihem, nižší otáčky

Běžně se používá vícestupňová seriová – paralelní konstrukce jak ukazuje následující obrázek. Tento typ dosahuje čerpací rychlosti několik desítek $m^3 \cdot hod^{-1}$ a mezního tlaku kolem $1 Pa$.



Membránová vývěva

(Diaphragm pump)



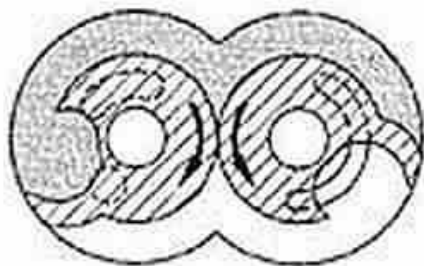
Napodobuje princip pístové vývěvy – ale píst nahrazuje pružná membrána (viz obr.), je zcela vyloučeno tření. Membrána je nejvíce namáhaný díl, vyrábí se z chloroprenu, v případě čerpání agresivních plynů z PTFE.

Čerpací rychlost je několik $m^3 \cdot hod^{-1}$, ale mají vyšší mezní tlak - několik $mbar$.

Zubová rotační vývěva

(Hook & Claw vacuum pump, Claw vacuum pump)

[hák a dráp (zub)]



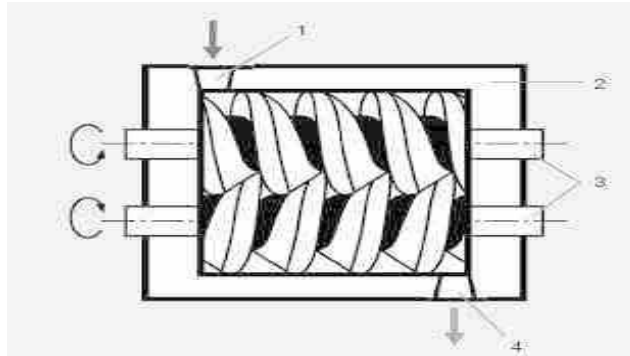
Dva rotory se zuby ve tvaru drápů se bez tření otáčejí synchronně proti sobě. Nejsou zde žádné ventily, sací a výfukové otvory se odkrývají a zakrývají pouze pohybem rotorů

Vyrábí se v několikastupňovém provedení, někdy spojené se vstupním Rootsovým stupněm.

Vysoké čerpací rychlosti až $1000 m^3 \cdot hod^{-1}$ a nízký mezní tlak desetiny Pa .

Šroubová vývěva

(Dry screw pump)



Dva šroubové rotory se synchronně otáčejí ve společném statoru (žádné tření), jejich závity do sebe vzájemně zapadají, objemy plynu, které se uzavírají ve drážkách šroubů oproti statoru, se posunují od vstupu k výstupu vývěvy.

Velmi vysoké otáčky - desítky tisíc za minutu.

Vysoké čerpací rychlosti až tisíce $m^3 \cdot hod^{-1}$ a mezní tlak jednotky až desítky Pa .

Spirálová (šneková) vývěva, Scroll vývěva

(Scroll vacuum pump, scroll compressor)

(firma Normetex, 1973)



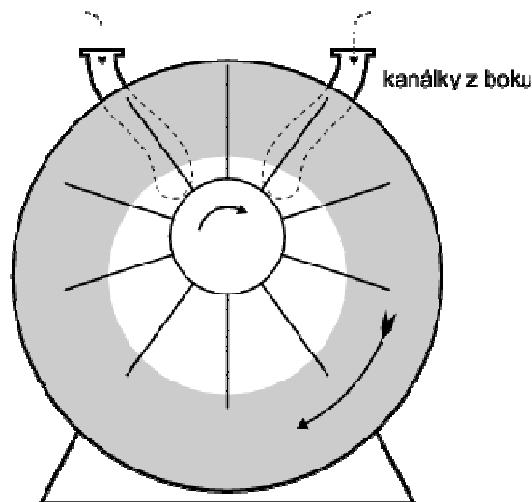
Dvě stěny, svinuté do tvaru Archimédovy spirály (rovnoměrně se rozvíjející spirála), vzájemně do sebe zasunutě, z obou stran spojené s rovinnými čelními plochami.

Jedna stěna je pevná, druhá provádí kruhový translační pohyb (tj. bez vlastní rotace) tak, že klouže po druhé čelní ploše, ale spirálové plochy se vzájemně nedotýkají - přitom mezi nimi vznikají srpkovité objemy, které se přesunují od obvodu (vstup vývěvy) ke středu (výstup).

Plyn je silně stlačován – vývěva má vysoký kompresní poměr, dosahují se vysoké čerpací rychlosti až stovky $m^3 \cdot hod^{-1}$ a nízký mezní tlak kolem $1Pa$.

Na závěr uvedme ještě jeden typ transportní vývěvy, na první pohled vypadající velmi primitivně:

Vodokružní vývěva



Excentrický rotor s lopatkami je utěsněn vodním prstencem, který vzniká odstředivou silou při rotaci. Mezi lopatkami vzniknou komůrky s proměnným objemem. Vzhledem k tomu, že se lopatky nedotýkají stěn statoru, lze použít **velkých rychlostí** otáčení a čerpací rychlost vývěvy je tudíž vysoká (až $25\,000\text{ m}^3/\text{hod}$).

Mezní tlak vývěvy odpovídá tenzi vodních par ($2\,000\text{ Pa}$). Často se však do vývěvy připouští vzduch, aby se zmenšily rázy na lopatky a mezní tlak pak stoupne na $5\,000\text{ Pa}$.

Vývěva je vhodná a široce používaná v papírenském a v metalurgickém průmyslu, neboť bez problémů čerpá vodní páru a nevádí jí vniknutí drobných částic prachu.