

# Vývěvy s transportem molekul z čerpaného prostoru

## Paroproudové vývěvy

Molekuly plynu získávají dodatečnou rychlost ve směru čerpání prostřednictvím proudu pracovní látky (voda, pára, plyn).  
Většinou je nutné tyto vývěvy předčerpávat.

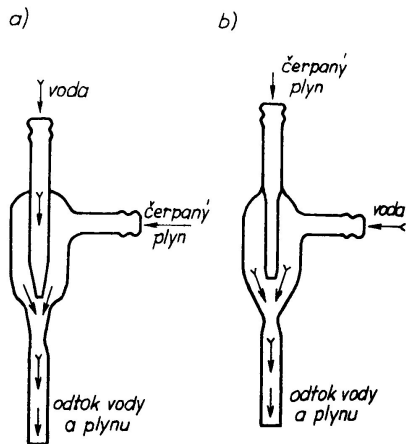
# Vodní vývěva

Rychlost proudící kapaliny je dána Bernoulliovou rovnicí:

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h + p' = konst$$

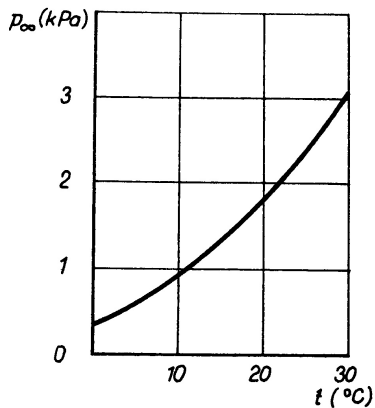
$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + p'_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + p'_2$$

$p'_2$  závisí na rozdílu rychlostí a může být menší než atmosférický tlak.  
Proudící látka nasává okolní prostředí.



Obr. 4.35. Vodní vývěva:  
 a) s vnitřním proudem, b) s vnějším proudem

J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981



Obr. 4.38. Závislost mezního tlaku  $p_\infty$  vodní vývěvy na teplotě vody

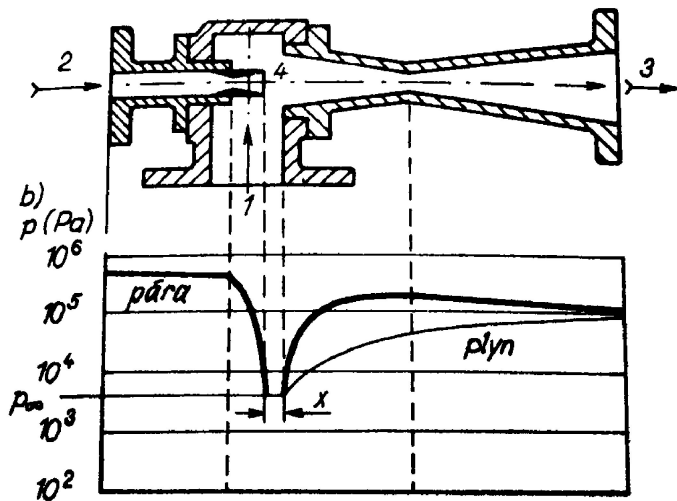
J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981

# Vodní vývěva

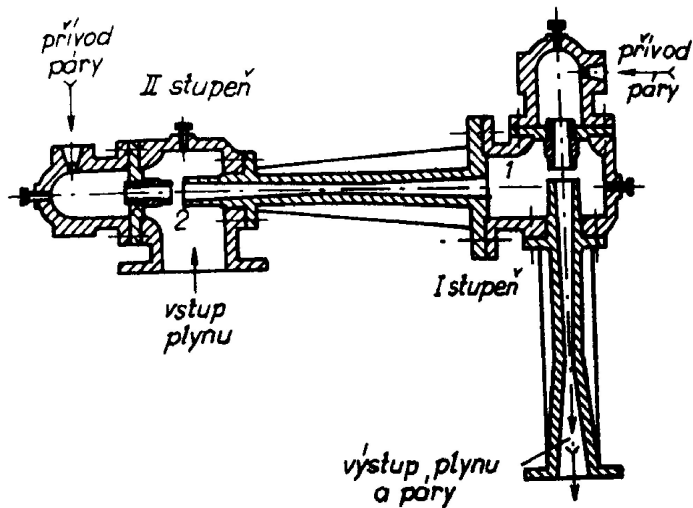
- pracuje od atmosférického tlaku
- mezní tlak  $\sim 10^3$  Pa
- velká spotřeba vody
- může čerpat vodní páru
- malá čerpací rychlost

# Ejektorové vývěva

Jako pracovní tekutinu používají páru ( $\text{H}_2\text{O}$ , Hg, olej), nebo plyn. Pára se přivádí do speciální trysky (Lavalova tryska), kde získává nadzvukovou rychlost. Při mezním tlaku roste zpětný proud páry. Několika stupňové provedení (1 – 6). Vlastnosti závisí na pracovním mediu.



J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981



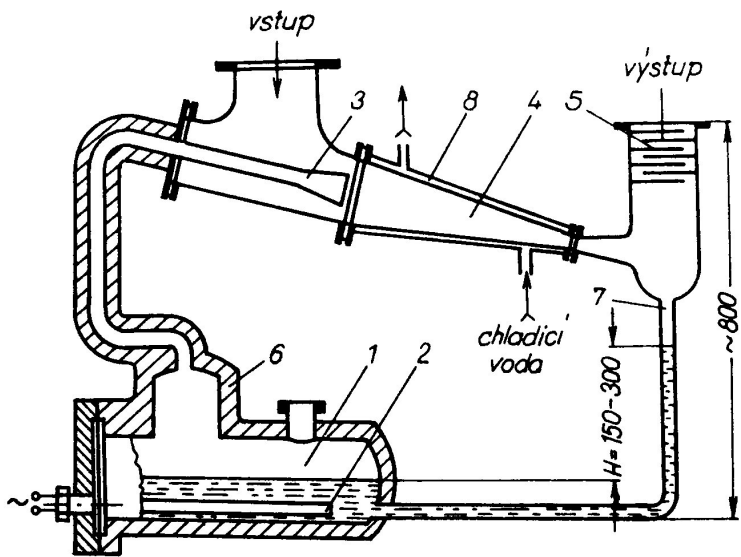
J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981



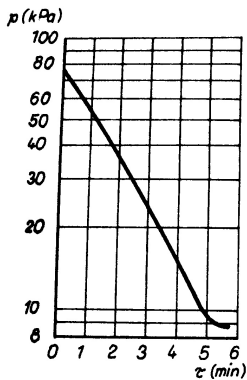


Figure 4.2 First stage of a steam jet vacuum pump for a steel degassing plant.

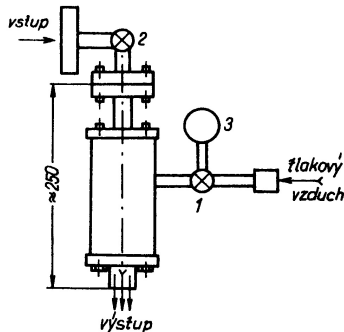
W.Jorish: Vacuum Technology in the Chemical Industry, Wiley, 2015



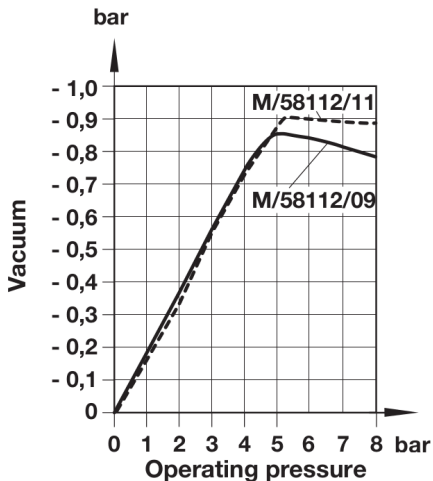
J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981



Obr. 4.39. Čerpací charakteristika vývěvy s proudem vzduchu. (Objem čerpaného systému 100 l, tlak čerpaného vzduchu 600 kPa, spotřeba vzduchu 5 až 8 kg h<sup>-1</sup>, čerpací rychlost 0,6 l s<sup>-1</sup>)



Obr. 4.40. Vývěva s proudem vzduchu (firma Varian)  
1, 2 – ventily; 3 – manometr

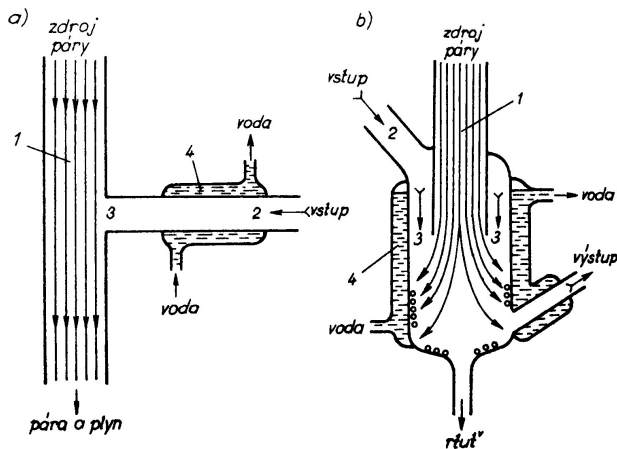


M/58112/11 - 62 x 30 x 30 mm, 157 g; objem 1 liter vyčerpá za 8 s  
materiály firmy IMI Norgren

# Ejektorová vývěva

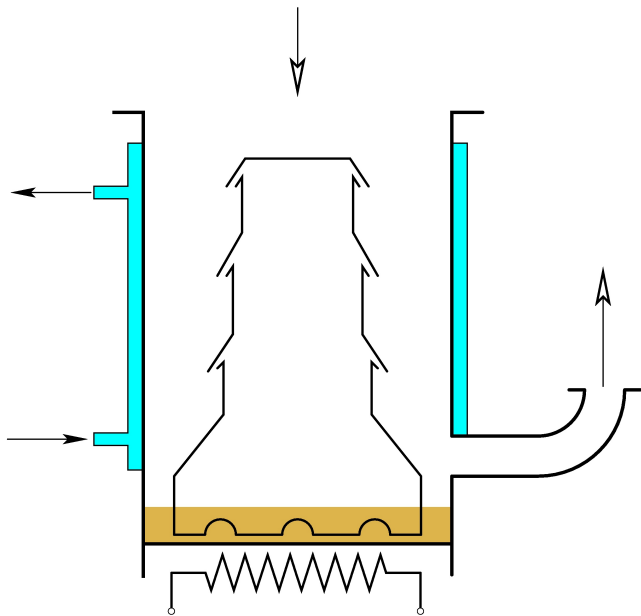
- mezní tlak, závisí na pracovním médiu a počtu stupňů
- velká rychlost proudění media
- velká hustota proudu páry
- parametry závisí na použité pracovní kapalině

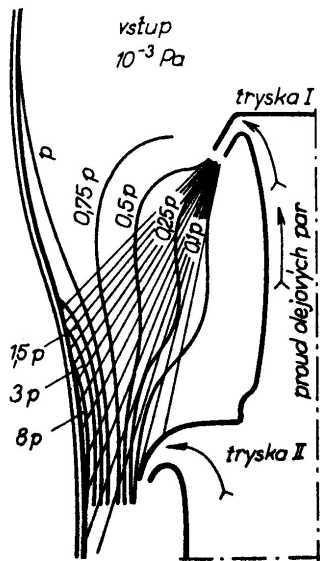
# Difúzní vývěva



Obr. 4.47. Difúzní vývěvy: a) Gaedeho, b) Langmuirova

J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981





J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981



Mezní tlak je dán  $P'_0 = P_0 + P_p$ , závisí na rychlosti proudu páry, ale  $P_p$  je funkcí teploty. Pro tlak  $p \gg p_0$  lze čerpací rychlost vyjádřit jako:

$$S = G \frac{1}{1 + \frac{G}{A_0 v_p}} = \frac{1}{\frac{1}{G} + \frac{1}{A_0 v_p}}$$

čerpací rychlost nemůže být větší než vodivost vstupní části vývěvy. Pokud za vodivost dosadíme vodivost otvoru pak

$$G = \frac{1}{4} v_a A_0 \Rightarrow S = \frac{1}{4} v_a A_0 \frac{1}{1 + \frac{v_a}{4v_p}}$$

při  $v_p \gg v_a$  by byla čerpací rychlost rovna vodivosti  $G$ , ale víme, že  $v_p \sim v_a \Rightarrow S < G$ .

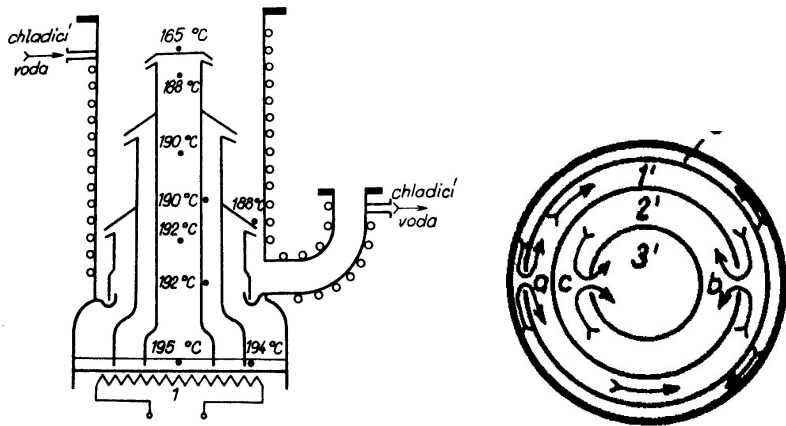
# Pracovní kapaliny difúzních vývěv

v minulosti Hg, parafín,..

dnes se používají oleje, požadujeme nízkou tenzi par, stálost při provozu (odolnost vůči štěpení), odolnost proti oxidaci

- minerální oleje
  - směs uhlovodíků
  - dochází k částečnému rozkladu v důsledku vysoké teploty
  - zlepšení mezního tlaku použitím frakčních difúzních vývěv
- silikonové oleje
  - olejové sloučeniny křemíku, polysiloxanové řetězce
  - tenze par  $\sim 10^{-8}$  Pa
  - chemická odolnost a stálost, dlouhá životnost

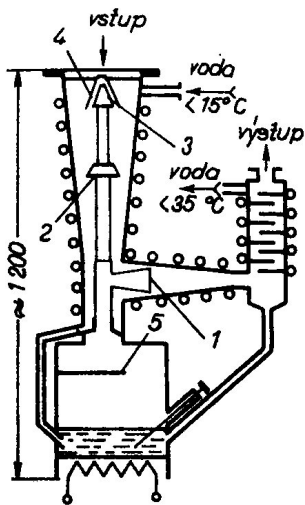
# Frakční difúzní vývěvy



J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981

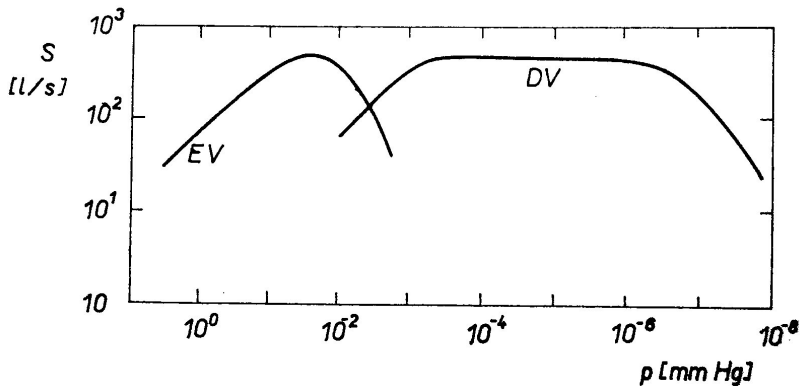
# Difúzní vývěvy

- potřebuje předčerpát nejčastěji rotační vývěvou
- mezní tlak  $\sim 10^{-7}$  Pa
- pracovní kapalina Hg, parafín, nejčastěji olej
- požadavky na pracovní kapalinu
  - nízká tenze par
  - stálost při provozu - odolnost proti štěpení
  - odolnost proti oxidaci
- jednoduchá konstrukce; jedno, nebo vícestupňové provedení



## Kombinace difuzní a ejektorové vývěvy

J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981



Kombinace difuzní a ejektorové vývěvy

L. Pátý: Fyzika nízkých tlaků, Academia, Praha 1968

# Zamezení vniku olejových par do čerpaného prostoru

Mechanismus vniku par:

- přímé vstřikování páry
- difúze páry

K zamezení vniku olejových par do čerpaného prostoru se používají:

- srážeče par
- lapače par - zpravidla chlazené

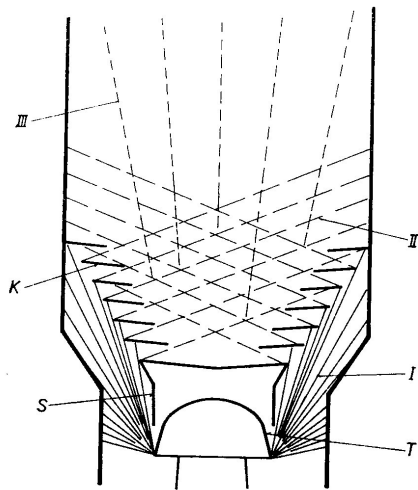
Použití těchto zařízení snižuje čerpací rychlost vývěvy.

V současné době je trend nahradit rotační olejové vývěvy suchými vývěvami (membránové, Scroll,... ), které nepoužívají při čerpání olej, nebo jiné kapaliny a nahradit difúzní vývěvy turbomolekulárními vývěvami.

# Srážče par

- zamezují přímému vniku par
- umisťují se blízko vývěvy, aby zkondenzované páry odtékaly do vývěvy
- většinou chlazené vodou
- snížení čerpací rychlosti o 40 – 60 %



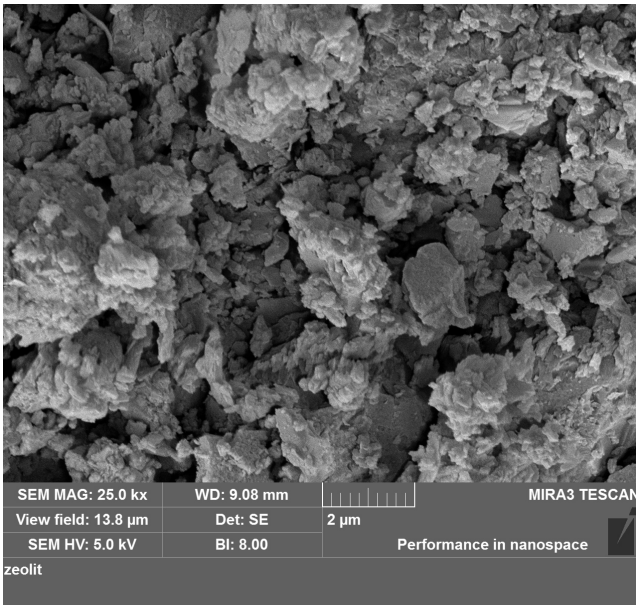


L. Pátý: Fyzika nízkých tlaků, Academia, Praha 1968

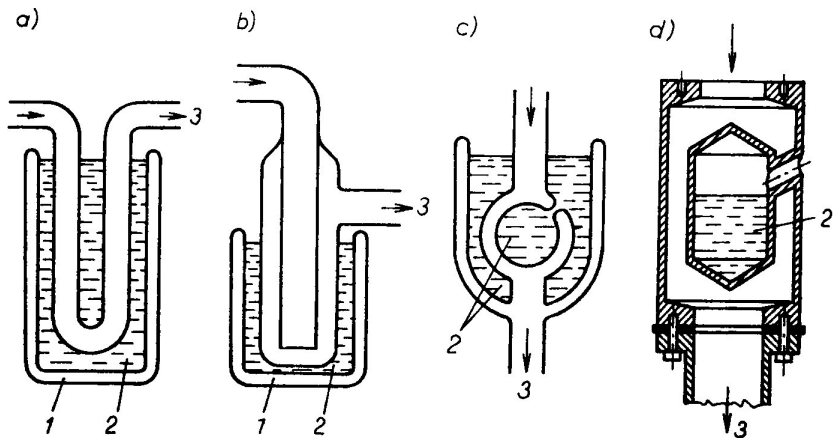
# Lapače par

Zamezují vstupu difundujících molekul páry do čerpaného prostoru, umístění blízko čerpaného prostoru. Princip činnosti:

- povrch na nízké teplotě - vymrazovačky, nejčastější chlazení pomocí tekutého dusíku  $\sim 77$  K
  - nastává čerpání vlivem nízké teploty
  - hladina chladící kapaliny nesmí kolísat
  - molekuly zůstávají na povrchu - difúze po povrchu
- povrch pokrytý absorpční látkou
  - měděná folie
  - molekulová síta - zeolity, obsahují dutina a kanálky o velikosti  $\sim 1$  nm, 1 g této látky má povrch až  $1000$  m<sup>2</sup>

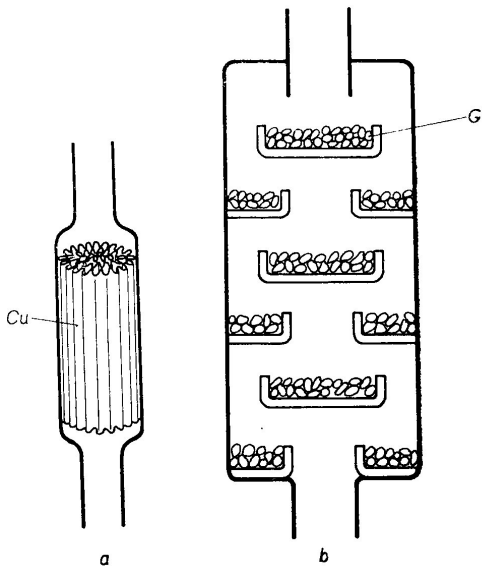


## Zeolit



## Lapače par

J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981

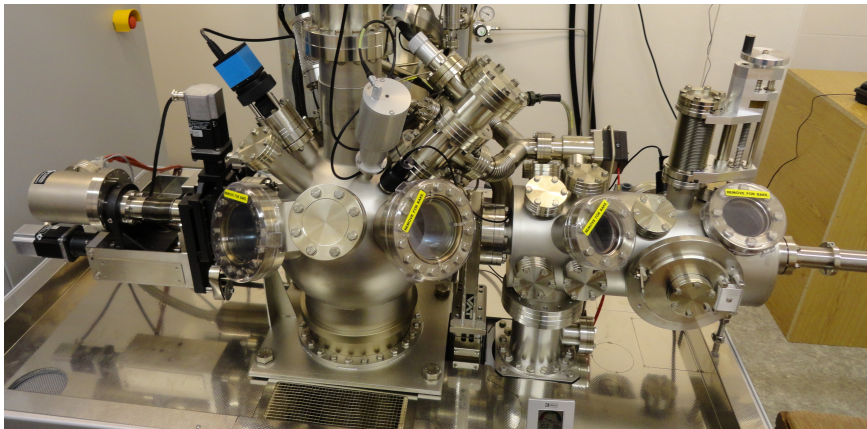


## Lapače par

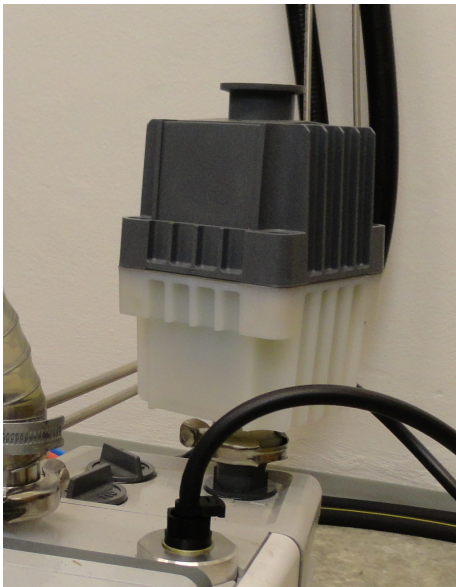
L. Pátý: Fyzika nízkých tlaků, Academia, Praha 1968

# Čerpací systém XPS

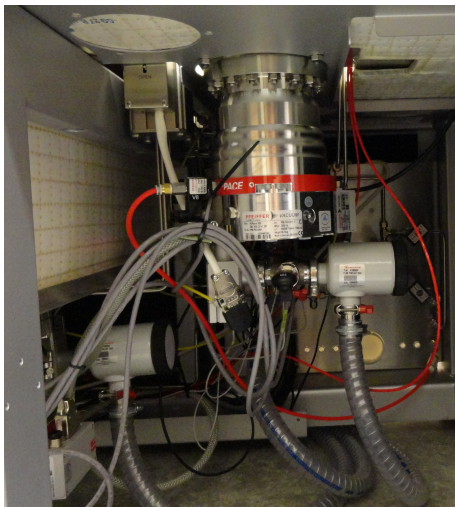
praktická ukázka lapačů a srážeců par



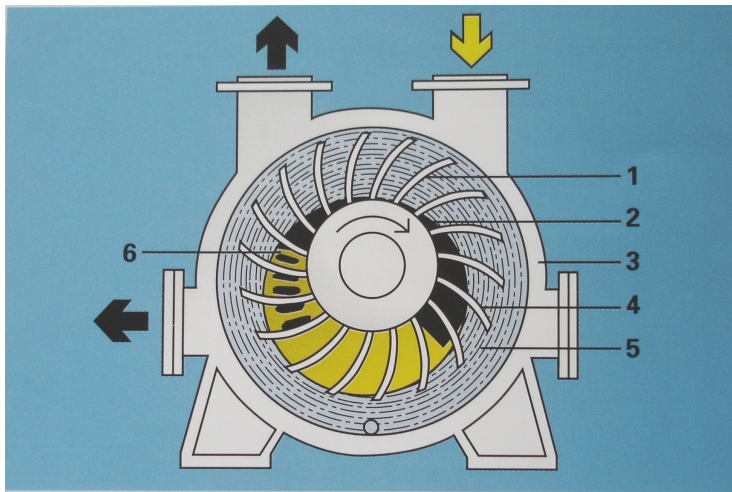




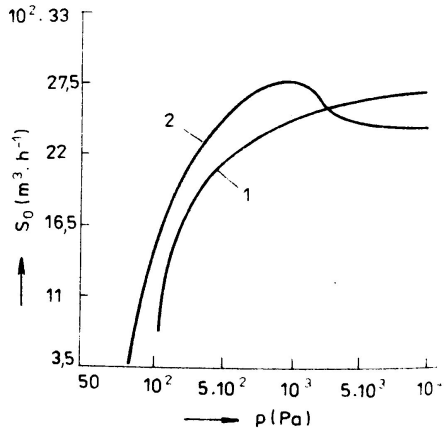
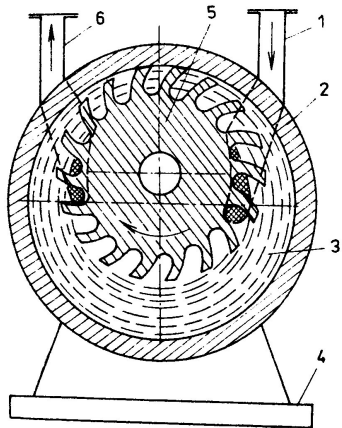




# Vodokružní vývěva



materiály firmy Pfeiffer



J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981

# Vodokružní vývěva

- pracuje od atmosférického tlaku
- mezní tlak  $\sim 10^2$  Pa
- velká spotřeba vody, zpravidla uzavřený okruh
- může čerpat vodní páru
- velká čerpací rychlost
- využití zejména v průmyslu
- chemicky odolná, nevadí ji drobné částice - metalurgie
- vícestupňové provedení

# Suché rotační vývěvy

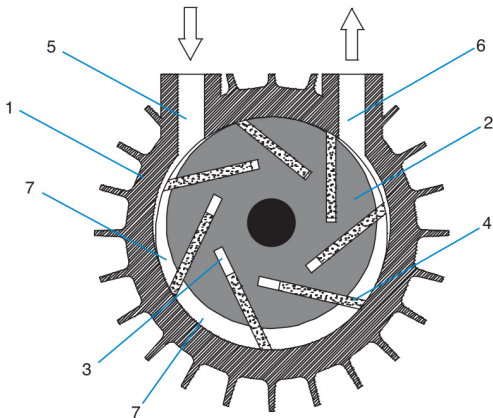
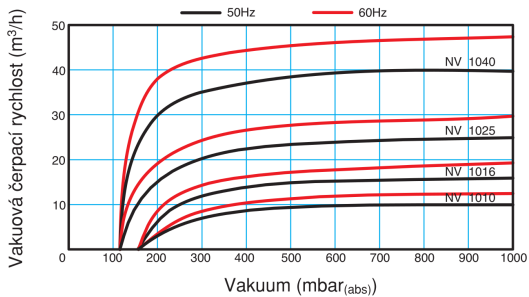


Schéma rotoru:

- 1) válec
- 2) rotor
- 3) štěrbina rotoru
- 4) uhlíková lamela
- 5) sání
- 6) výfuk
- 7) vzduchové komory

materiály firmy Vacuum Bohemia, Busch



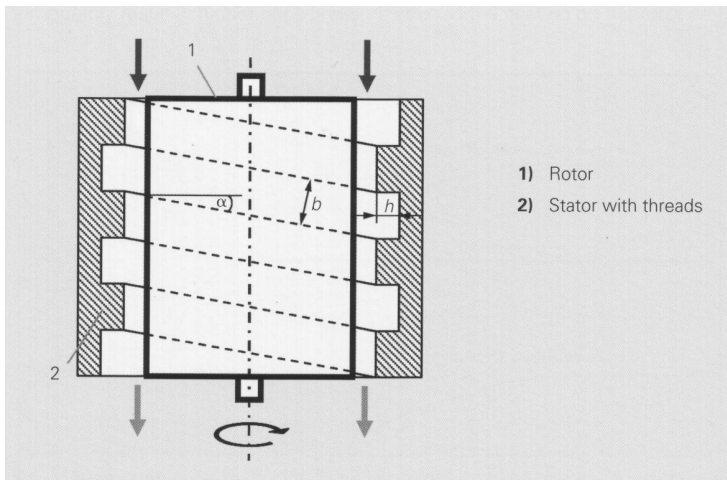
materiály firmy Vacuum Bohemia, Busch

# Suché rotační vývěvy

- čerpací rychlost 3 – 500 m<sup>3</sup>/h
- mezní tlak  $\sim 10^4$  Pa
- využití
  - vakuová manipulace a upínání
  - dřevozpracující průmysl
  - papírenský průmysl
  - potravinářský průmysl

# Modifikovaná Holweckova vývěva

Holweckova molekulární vývěva

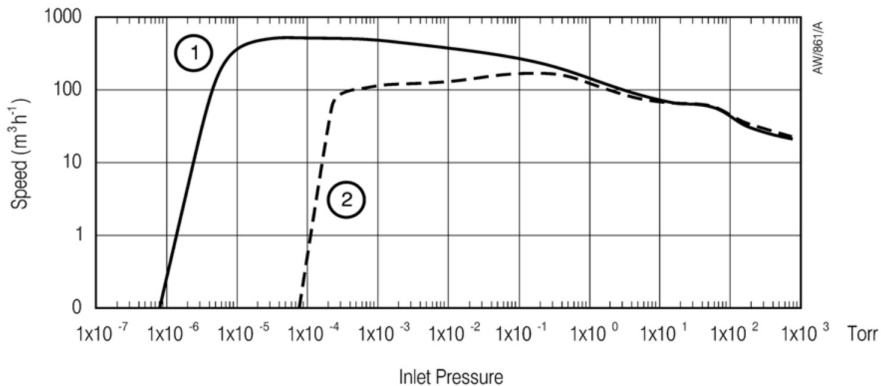


materiály firmy Pfeiffer





materiály firmy Edwards



1. EPX500
2. EPX180

materiály firmy Edwards

# Modifikovaná Holweckova vývěva

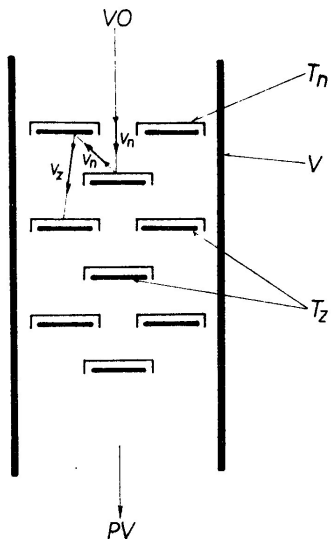
- čerpací rychlost 170 – 500 m<sup>3</sup>/h
- mezní tlak 10<sup>-2</sup> Pa – 10<sup>-4</sup> Pa
- využití
  - destilace, sušení
  - povlakování
  - litografie

# Vývěvy s transportem molekul z čerpaného prostoru

vývěvy, které mají zajímavý princip, ale dnes se v praxi nepoužívají

## Vývěvy založené na tepelné rychlosti molekul

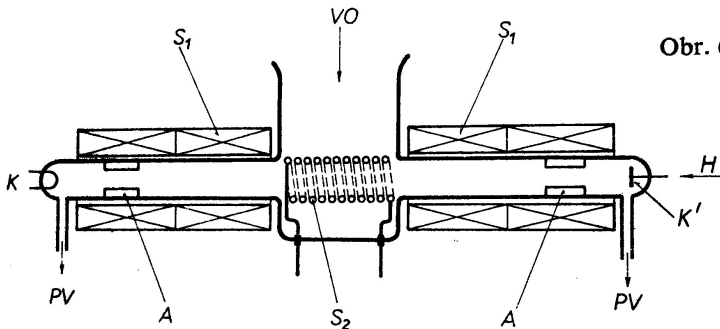
Plochy s nízkou teplotou  $T_1$  a vysokou teplotou  $T_2 = 600\text{ °C}$ , vyhřívané plochy směrem k výstupu, chlazené plochy směrem ke vstupu. Nemá pohyblivé části, nemá pracovní kapalinu.



J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981

## Vývěvy založené na ionizaci molekul plynu

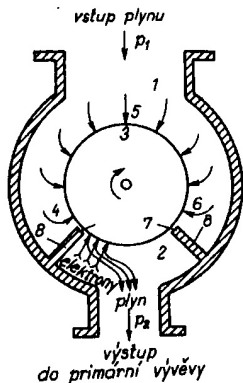
ionizace a urychlení elektrickým polem, neutralizace iontu blízko katod



L. Pátý: Fyzika nízkých tlaků, Academia, Praha 1968

- doutnavý výboj
- magnetické pole prodlužuje dráhu elektronu, větší pravděpodobnost ionizace
- potřebuje předčerpat na tlak  $\sim 10^{-1}$  Pa
- mezní tlak  $\sim 10^{-4}$  Pa
- značný příkon - neekonomické
- žádná pracovní kapalina
- žádné vibrace

## Adsorpčně transportní vývěva



Obr. 4.83. Adsorpčně transportní vývěva  
1, 2 – komory; 3 – válec; 4, 5, 6 – body povrchu válce;  
7, 8 – přepážky

J. Groszkowski: Technika vysokého vakua, SNTL, Praha 1981