

Sorpční vývěvy

Využívají adsorpce, tedy vazby molekul na povrch pevných látek. Lze je rozdělit do dvou skupin:

1. vývěvy využívající fyzikální adsorpce
2. vývěvy využívající chemisorpce

1. Vývěvy využívající fyzikální adsorpce (kryogenní vývěvy)

Využívají procesů probíhajících za velmi nízkých teplot:

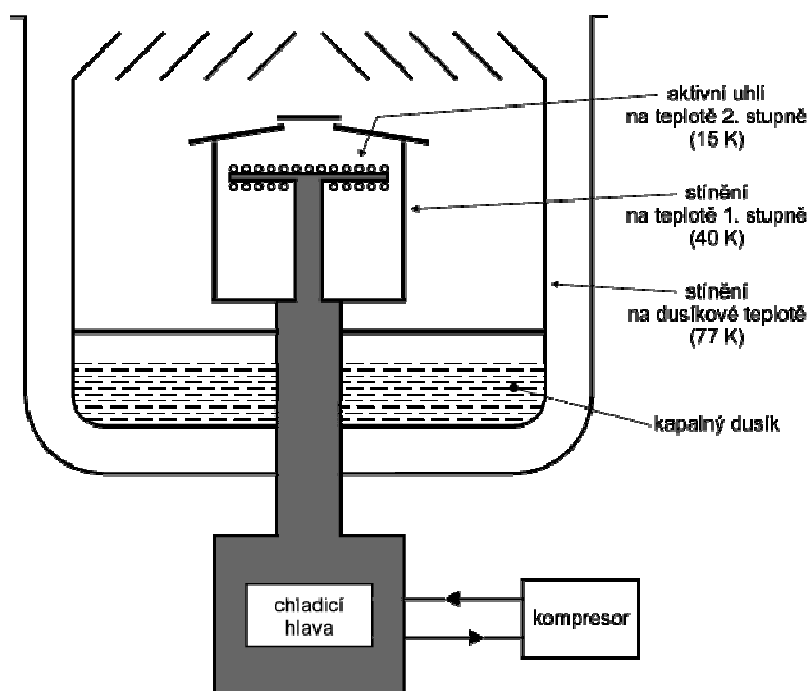
- adsorpce na porézních látkách (kryosorpční vývěvy)
- kondenzace plynu (kryokondenzační vývěvy)

Typická kryogenní vývěva využívá obou těchto procesů. V různých průmyslových aplikacích se k získání nízkých teplot využívá kapalný dusík a helium. Pro kryogenní vývěvu je ale teplota kapalného dusíku (tzv. **dusíková teplota** 77,4 K) většinou nedostatečná a manipulace s kapalným heliem (4,2 K) je drahá a komplikovaná (používá se pouze v kosmickém a jaderném výzkumu).

V běžné vakuové technice postačí chladicí stroj (refrigerator) s plyným heliem, většinou typu Gifford – McMahon, skládající se ze dvou částí, spojených tlakovými hadicemi:

- kompresor - stlačuje plyné helium na tlak asi 20 atmosfér a ochlazuje ho na běžnou teplotu
- chladicí hlava - zde se stlačené helium rozpíná (většinou dvoustupňově), a vrací se zpět do kompresoru

Tímto procesem je dosaženo teploty 30-80 K na prvním stupni chladicí hlavy a teploty 8-20 K na stupni druhém. Teplota prvního stupně se využívá k tepelnému stínění druhého stupně.



Výkon kompresoru je několik kW, chladicí výkon na druhém stupni chladicí hlavy je několik W. Typická čerpací rychlost kryogenních vývěv dosahuje až desítek tisíc $l \cdot s^{-1}$

V tabulce jsou uvedeny parametry, významné při čerpání plynů obsažených ve vzduchu:

Plyn	Parciální tlak P_{parc} [Pa]	Poměrné zastoupení $P_{parc} P_{celk}$ [%]	Teplota kapal. T_k [K]	Teplota tuhnutí T_i [K]	Tenze par při 20 K [Pa]	Čerpací rychlost S_0 [$lscm^2$]
He	$5,00 \cdot 10^{-1}$	$5,00 \cdot 10^{-4}$	4,2	-	$>10^5$	30,50
H ₂	$1,00 \cdot 10^1$	$1,00 \cdot 10^{-2}$	20,4	14,2	$1 \cdot 10^5$	44,00
Ne	2,20	$1,80 \cdot 10^{-3}$	27,3	24,2	$6 \cdot 10^3$	13,90
N ₂	$7,89 \cdot 10^4$	$7,81 \cdot 10^1$	77,4	63,2	$3 \cdot 10^{-9}$	11,62
CO	0	0	81,2	66,2	$5 \cdot 10^{-11}$	11,624
Ar	$9,44 \cdot 10^2$	$9,33 \cdot 10^{-1}$	87,2	83,9	$6 \cdot 10^{-11}$	9,90
O ₂	$2,11 \cdot 10^4$	$2,09 \cdot 10^1$	80,2	54,2	$1 \cdot 10^{-11}$	11,00
Kr	$1,00 \cdot 10^{-1}$	$1,00 \cdot 10^{-4}$	120,2	116,2	$1 \cdot 10^{-15}$	6,80
Xe	$9,00 \cdot 10^{-3}$	$9,00 \cdot 10^{-6}$	164,2	161,4	0	5,40
CO ₂	$2,93 \cdot 10^1$	$3,00 \cdot 10^{-2}$	-	195,2	0	9,40

Je vidět, že kdyby vývěva čerpala například pouze dusík, její mezní tlak by byl roven tenzi par dusíku při 20 K ($3 \cdot 10^{-9}$ Pa). Ve vzduchu jsou však obsaženy dva plyny (vodík a helium), které při 20 K nezkapalní. Kdyby tedy vývěva čerpala libovolný systém od atmosférického tlaku, byl by její mezní tlak roven součtu parciálních tlaků právě helia a vodíku ($0,5 + 10 = 10,5$). Kryogenní vývěva se proto předčerpává (např. rotační vývěvou) na tlak 1 – 10 Pa .

Těžce kondenzovatelné plyny se čerpají pomocí sorbentů (aktivní uhlí, molekulová síta) ochlazených na teplotu druhého stupně (*kryosorpce*). Při čerpání vodíku a helia lze také využít toho, že tyto plyny snadněji adsorbují při vzájemné interakci (tj. ve směsi) s jinými, snadno kondenzujícími plyny (tzv. *kryotrapping* efekt).

Kryovývěvy vyžadují pravidelnou *regeneraci* – odplynění nasycených sorbentů a všech vnitřních ploch vývěvy pokrytých adsorbovanými a kondenzovanými plyny - to lze ovšem zakomponovat do pracovního cyklu

Výhoda vývěvy – eventuální drobné částice uvolněné při technologických procesech ve vakuové komoře nejsou pro vývěvu nebezpečné.

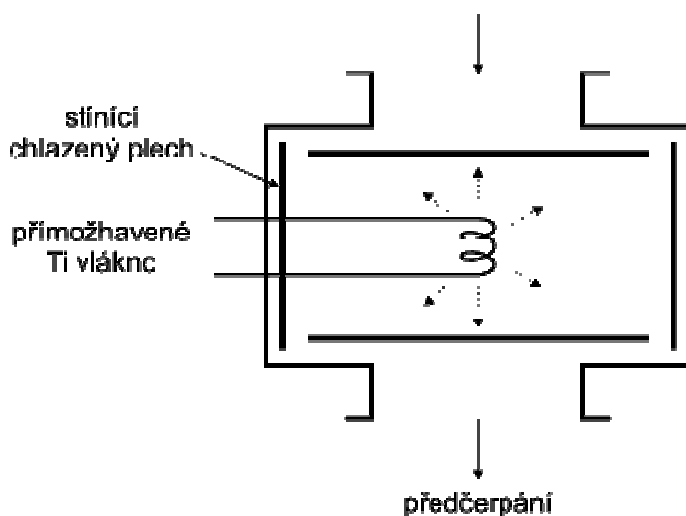
2. Vývěvy využívající chemisorpce

Vývěvy využívají chemických vazeb plynů s povrchy pevných látek. Tyto sorpční vlastnosti se projevují v největší míře u kovů. Praktické použití našel např. Ti, Al, Ba, Mg, ... a jejich slitiny. Tyto látky bývají používány také jako pomocné prostředky pro udržování vakua (tzv. *getry*).

Jako nejvýhodnější z výše popsaných prvků se jeví titan, který má největší getrovací kapacitu. Na vnitřních stěnách vývěvy využívající titan (nebo jiný vhodný kov), se musí neustále vytvářet vrstvy tohoto čistého kovu. Vytváření vrstev se provádí buď *sublimací* kovu (zahřátím na vysokou teplotu) nebo jeho *rozprašováním* (bombardováním ionty).

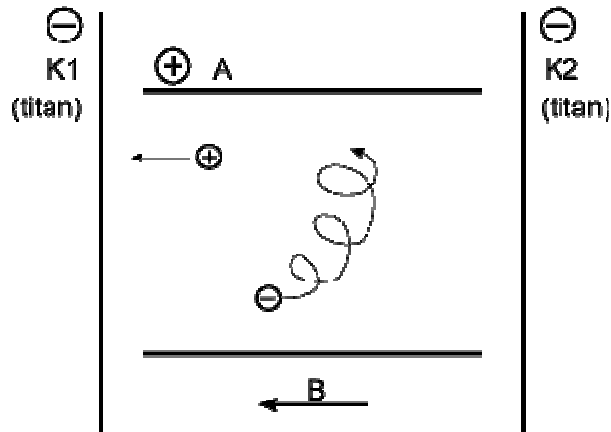
Titanová sublimační vývěva

Titanový drát je zahříván přímým průchodem elektrického proudu. Titan sublimuje na okolní stěny, které bývají často chlazené. Čerpací rychlost těchto vývěv je v rozmezí desítek až desítek tisíc l/s. Pro sublimaci je potřebný tlak menší než 0,1 Pa, proto i tato vývěva potřebuje předčerpání. Titanová sublimační vývěva bývá často používána ve spojení s turbomolekulární vývěvou. Zlepší její mezní tlak o jeden řád.



Titanová iontová vývěva v diodovém uspořádání

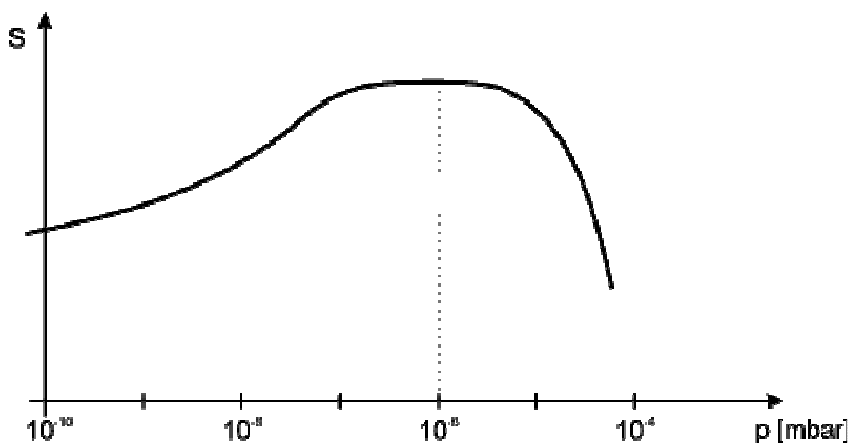
Na obrázku vidíme tzv. *Penningovu buňku* (diodu). Celá vývěva je tvořena mnoha takovými buňkami. Diodu tvoří válcová anoda a dvě deskové katody z titanu, mezi nimiž je napětí 4 - 7,5 kV a jsou umístěny v magnetickém poli ($B = 0,1-0,2$ T).



V tomto uspořádání vzniká tzv. **Penningův výboj**. Elektrony konají v magnetickém poli dlouhé složité dráhy, ionizují plyn a vzniklé ionty, urychlené vysokým napětím, dopadají na katody. Probíhá tzv. **iontové čerpání**, tvořené dvěma procesy:

- 1) Katody se po dopadu iontů rozprašují, titan se nanáší na všechny okolní plochy (anody) a probíhá chemisorpce plynu.
- 2) Ionty jsou implantovány do katody, (do hloubky desítek atomových vrstev), zabudovávají se do krystalové mřížky titanu a tím jsou odčerpávány z prostoru vývěvy.

Čerpací rychlost je opět v rozmezí desítek až desítek tisíc l/s. Mezní tlak těchto vývěv bývá menší než 10^{-10} Pa .



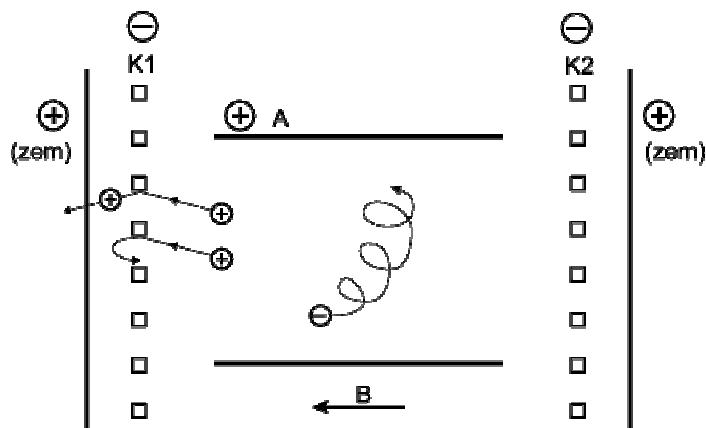
Při rozprašování katod se uvolňují kromě titanu také dříve implantované částice čerpaného plynu a vracejí se zpět do vývěvy. Vzniká zpětný proud plynu, závislý na dřívějším čerpání (tzv. **paměťový efekt** vývěvy).

Tento jev má výrazný vliv při čerpání netečných plynů (Ar, He, ...), které se díky své netečnosti neváží chemisorpcí, ale pouze implantací a zpětný proud dříve implantovaných částic plynu podstatně snižuje jejich čerpací rychlost v konečném výsledku je čerpací rychlost netečných

plynů pouze několik procent obecné čerpací rychlosti.

Jediný způsob, jak zabránit rozprašování katod, je zmenšení jejich povrchu v následujícím uspořádání.

Titanová iontová vývěva v triodovém uspořádání



Katody z titanu mají tvar mřížky. Ionty dopadají na mřížku většinou šikmo, proces rozprašování probíhá, ale dochází pouze k malé implantaci. Ionty při styku s katodou často ztratí kladný náboj a po nepružném odrazu jako neutrály dopadají na stěnu vývěvy. Tam dojde k implantaci a pouze k nepatrnému rozprašování. Pokud náboj neztratí, elektrické pole je zabrzdí, případně obrátí zpět ke katodě a proto také téměř nezpůsobí rozprašování stěny.

Díky tomu vzroste čerpací rychlost netečných plynů až na 20-30 % jmenovité čerpací rychlosti.