

Vakuová fyzika a technika

Vakuum turbomolekulární vývěvy

Číslo úlohy:	5
Jméno:	Vojtěch HORNÝ
Spolupracovali:	Jaroslav Zeman, Jiří Slabý
Datum měření:	26. 11. 2010
Skupina:	3. ročník, pátek 11:45
Klasifikace:	

Úvod

Turbomolekulární vývěva je transportní vývěva, v níž molekuly plynu získávají přídavnou složku hybnosti přenosem impulsu od povrchu lopatek rychle s pohybujícího rotoru a jsou transportovány v systému střídajících se lopatek rotoru a statoru. Otáčky této pumpy jsou velmi vysoké, v našem případě až 1500 Hz. Tento typ vývěvy je velmi náročný na výrobu a tudíž drahý, ale dokáže čerpat až do velmi nízkého vakua (10^{-11} Pa).

Vakuum je velmi čisté. Mezi další výhody patří zejména malý příkon, pohotovost po spuštění, slabou stránkou je nízký kompresní poměr pro lehké molekuly. Proto je vhodné zajistit nízký parciální tlak lehkých plynů jinými způsoby.

Zadání

1. Sledujte čerpání uzavřeného objemu turbomolekulární vývěvou. Zaznamenejte závislost $p=f(t)$.
2. Sejměte hmotnostní spektrum zbytkového plynu a určete hlavní převládající plyny ve zbytkové atmosféře.
3. Sledujte časový vývoj tlaku vybraných plynů.
4. Při zapnutém vyhřívání sledujte časový průběh tlaků vybraných plynů. Vypněte ohřev a poté dále sledujte vývoj
5. Ofukujte napouštěcí špunt heliem a sledujte $p(\text{He})=f(t)$.
6. Sledujte vliv otáček na parciální tlaky zbytkové atmosféry.

Pracovní postup a pozorované jevy

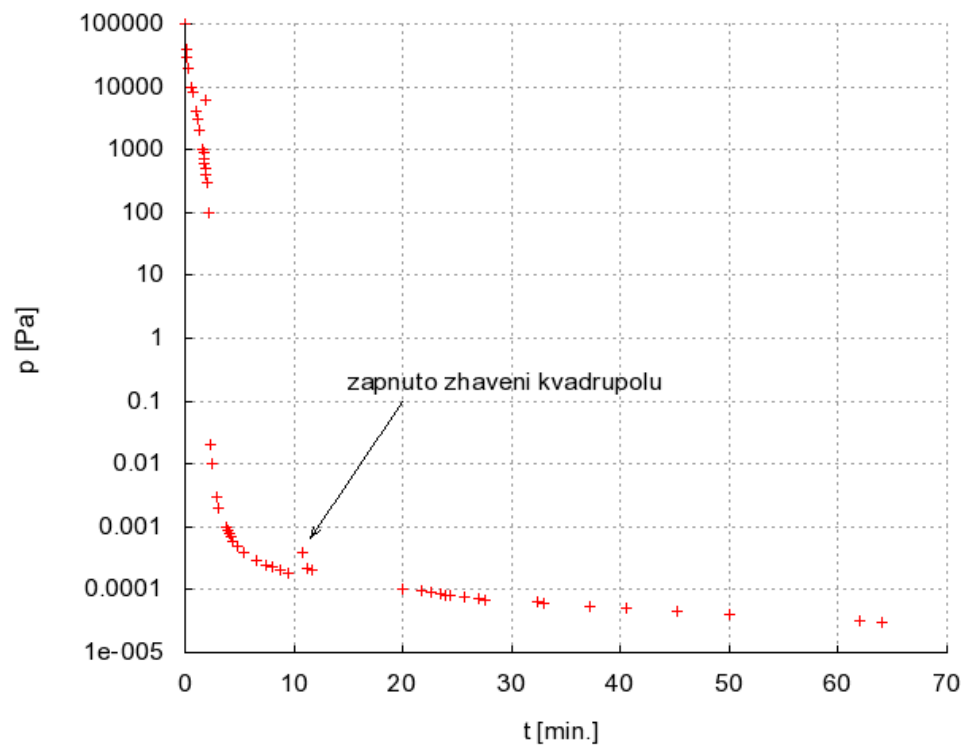
S pomocí asistenta jsme ověřili, že aparatura je připravena k měření. Spustili jsme čerpání na plný výkon (1 500 Hz) a zaznamenávali jsme časový vývoj tlaku. Na konci páté minuty dosáhl rotor maximálních otáček. V jedenácté minutě jsme zapnuli žhavení kvadrupólu. Mělo to za následek krátké zvýšení tlaku. Tento vývoj je znázorněn v grafu 1.

Hmotnostní spektrum zbytkového plynu

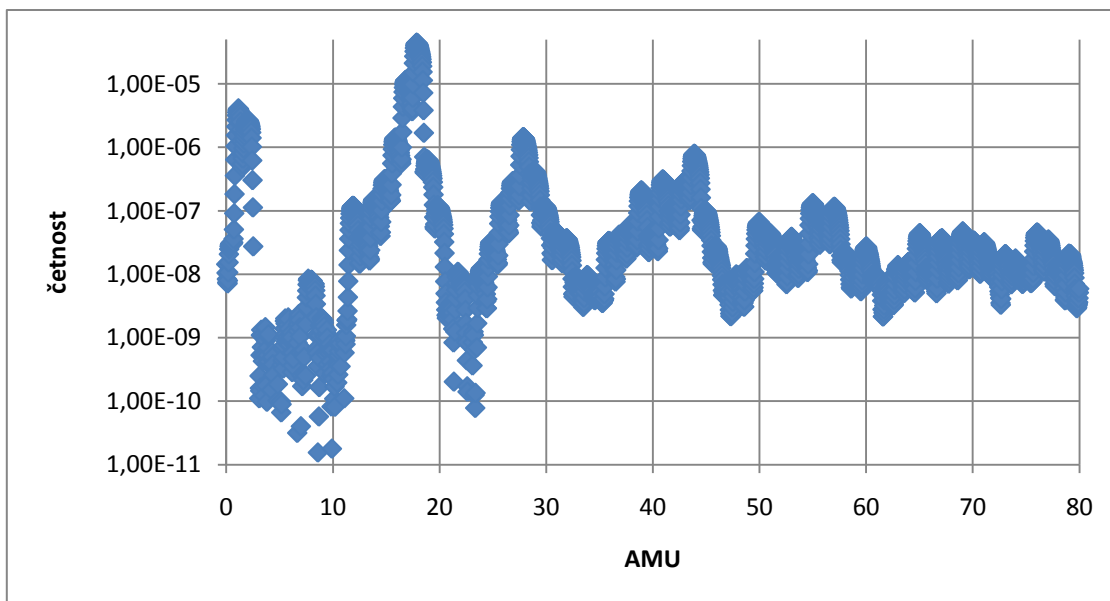
Několikrát jsme změřili hmotnostní spektrum zbytkového plynu. Výsledky jsou si velmi podobné. Graf 2 ukazuje naměřené spektrum pro tlak přibližně $6 \cdot 10^{-5}$ Pa. Jsou patrné peaky:

• vodík	H	1
• molekulární vodík	H ₂	2
• hélium ++	He ⁺⁺	2
• hélium	He	4
• kyslík ++	O ⁺⁺	8
• uhlík	C ⁺	12
• CH ⁺	CH ⁺	13

• dusík	N+	14
• CO++	CO+	14
• kyslík +	O	16
• voda	H ₂ O	18
• molekulární dusík	N ₂	28
• CO+	CO+	28
• kyslík	O ₂	32
• argon	Ar+	38
• oxid uhličitý	CO ₂	44
• C ₄ H ₇ +	C ₄ H ₇ +	55
• C ₄ H ₉ +	C ₄ H ₉ +	57



Graf 1 - čerpání turbomolekulární vývěvou

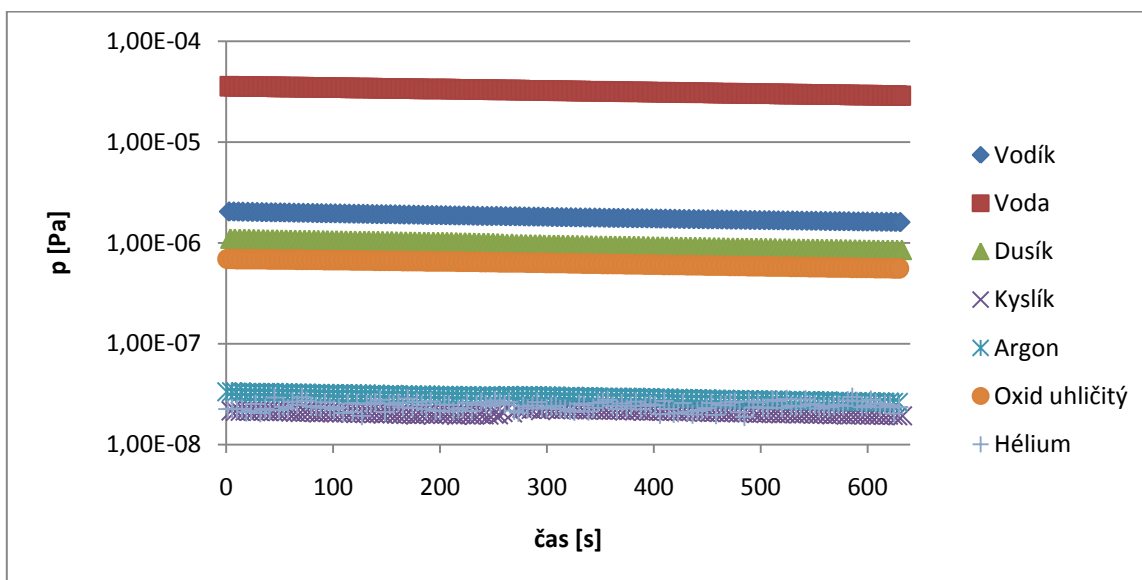


Graf 2- Hmotnostní spektrum zbytkového plynu pro tlak $6 \cdot 10^{-5}$ Pa

Časový vývoj parciálních tlaků jednotlivých plynů

Graf 3 ukazuje časový vývoj tlaků vybraných plynů. Ukazuje se, že turbomolekulární vývěva čerpá nejrychleji těžší částice. Měření probíhalo opakovaně, graf 3 ukazuje stav pro rozmezí celkového tlaku od $6 \cdot 10^{-5}$ Pa po $4,5 \cdot 10^{-5}$ Pa.

Nejvíce je ve zbytkové atmosféře obsažena voda, přibližně desetkrát nižší parciální tlak mají vodík, dusík a oxid uhličitý. Potvrzuje se, že vodík je velmi obtížně čerpatelný turbomolekulární vývěvou.

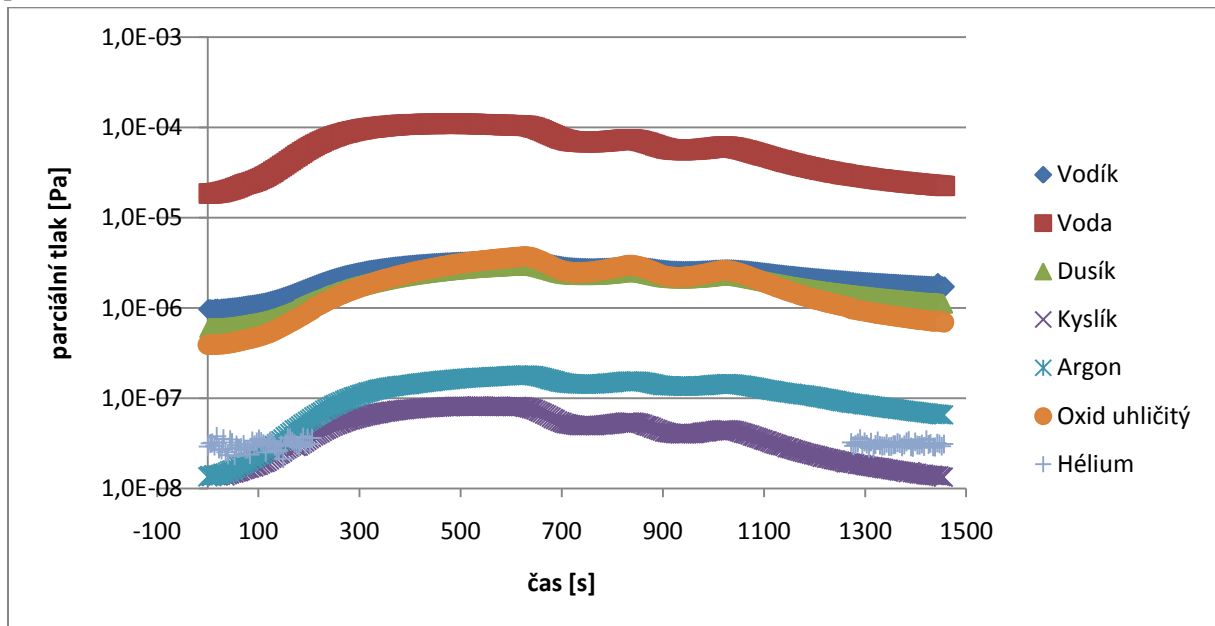


Graf 3 - časový vývoj parciálních tlaků jednotlivých plynů pro celkový tlak od $6 \cdot 10^{-5}$ Pa po $4,5 \cdot 10^{-5}$ Pa.

Vypékání aparatury

Při tlaku $3 \cdot 10^{-5}$ Pa jsme zapnuli vyhřívání aparatury. Pozorovali jsme poměrně rychlý nárůst tlaku, maximální tlak nastal po deseti minutách, kdy tlak dosáhl hodnoty $1,9 \cdot 10^{-4}$ Pa. Poté jsme ještě vypékání několikrát zapnuli a vypnuli. Při ukončení měření byl celkový tlak $1,1 \cdot 10^{-5}$ Pa.

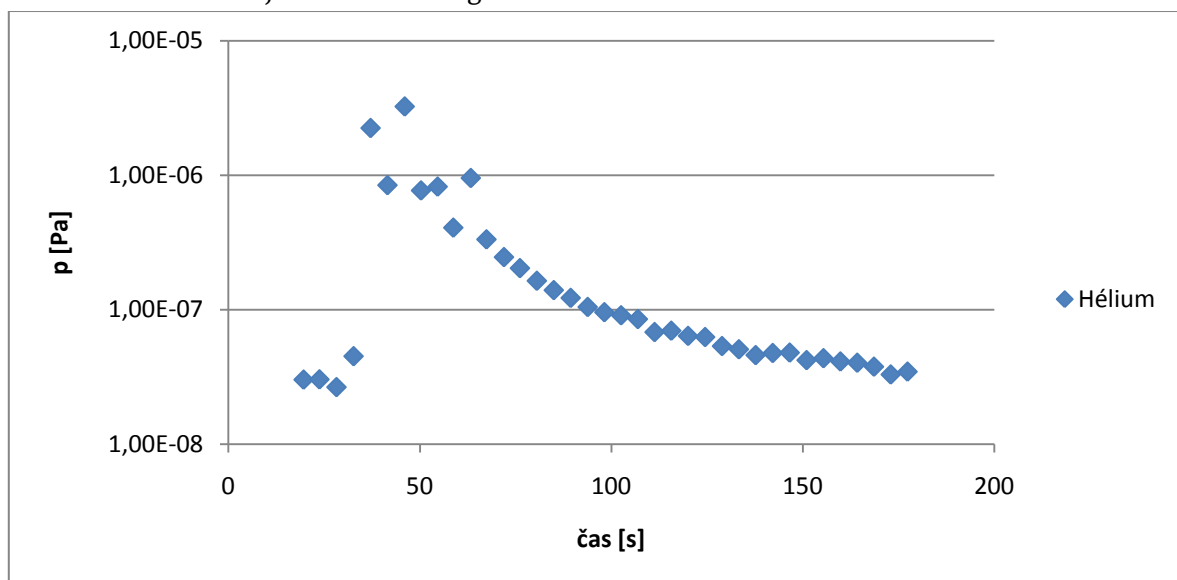
Graf 4 ukazuje závislost jednotlivých parciálních tlaků na čase. Stojí za povšimnutí prudší nárůst parciálního tlaku CO₂ oproti dusíku a vodíku. Bohužel se nepodařilo věrohodně měřit celou dobu parciální tlak hélia.



Graf 4 - vypékání aparatury; závislost jednotlivých parciálních tlaků na čase.

Parciální tlak hélia

Nepatrně jsme pootevřeli zavzdušňovací ventil a ofoukli vzniklou netěsnost heliem. Pozorovali jsme mohutný vzestup parciálního tlaku hélia, zatímco celkový tlak a aparatury se měřitelně nezměnil. Pozorování je znázorněno v grafu 5.



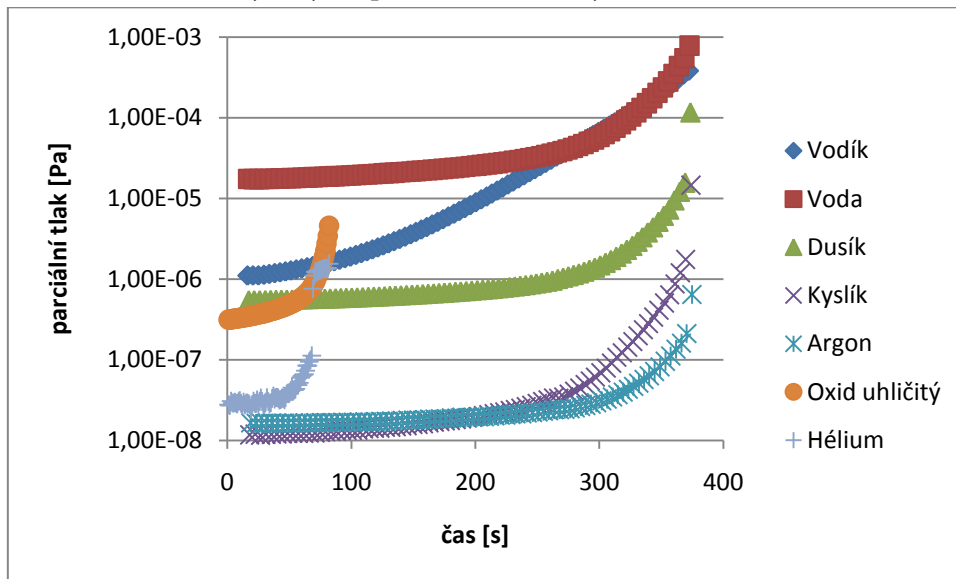
Graf 5 - Vzestup parciálního tlaku hélia

Vliv otáček na čerpání jednotlivých plynů

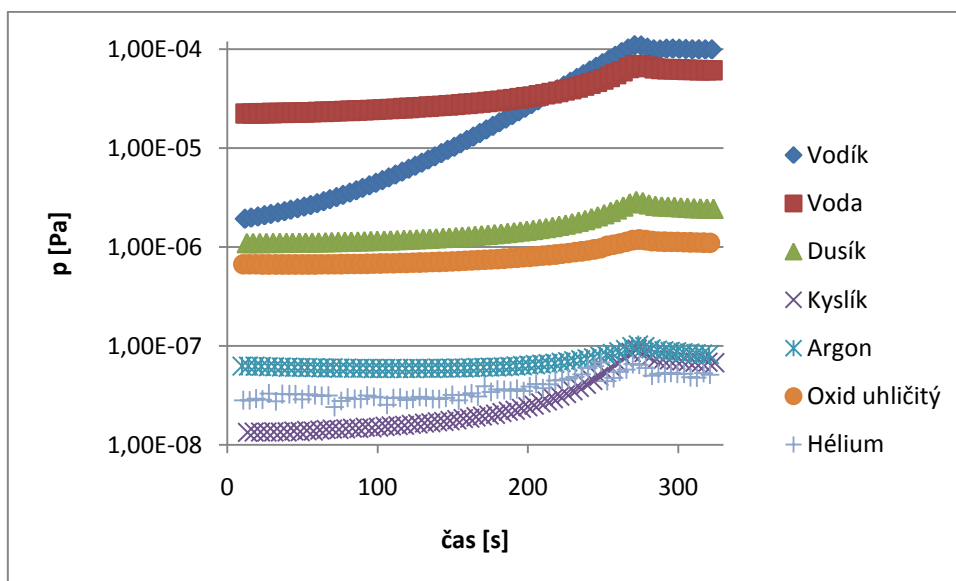
Na vývěvě jsme nastavili změnu frekvence otáček rotoru. Zaznamenali jsme tři měření:

- snížení frekvence z 1 500 Hz na 300 Hz graf 6
- snížení frekvence z 1 500 Hz na 750 Hz graf 7
- zvýšení frekvence ze 750 Hz na 1 500 Hz graf 8

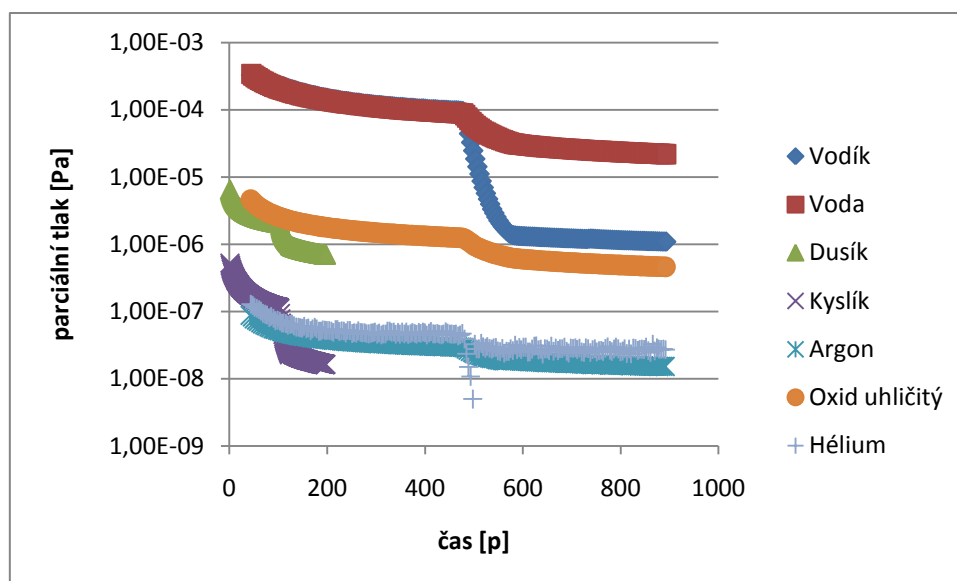
Se zvyšující se hmotností molekul klesá změna parciálního tlaku při snížení otáček. Nejhůře jsou tedy čerpány lehké molekuly. Je pozorovatelná i mezní hodnota otáček, kdy se výrazně mění schopnost turbomolekulární vývěvy čerpat lehké molekuly.



Graf 6 - Snížení otáček z 1 500 Hz na 300 Hz. Otáčky neklesly až na 300 Hz, protože celkový tlak by byl příliš vysoký na měření kvadrupólovým spektrometrem.



Graf 7 - Snížení otáček z 1 500 Hz na 300 Hz.



Graf 8 – Zvýšení otáček ze 750 Hz na 1 500 Hz.

Závěr

1. Seznámili jsme se s turbomolekulární vývěvou. Pozorovali jsme její čerpací proces. Čerpací rychlost náběhu je ve srovnání s difúzní olejovou vývěvou vysoká.
2. Pomocí kvadrupólového hmotnostního spektrometru jsme určili hlavní složky zbytkového plynu. Jednalo se zejména o vodu, dále vodík, dusík a oxid uhličitý.
3. Pozorovali jsme časový vývoj jednotlivých parciálních tlaků při vypnutém i zapnutém vypékání aparatury. Pozorovali jsme uvolňování adsorbovaných plynů při zvyšování teploty aparatury. Při vypnutí vypékání jsme naopak pozorovali usazování molekul na stěnu recipientu.
4. Přesvědčili jsme se o vysoké citlivosti kvadrupólového spektrometru vzhledem k přítomnosti hélia.
5. Ověřili jsme vliv frekvence otáček rotoru na čerpání vybraných plynů. Potvrdilo se, že u lehkých plynů dochází při snížení otáček ke zdatnému nárůstu parciálního tlaku.

Použitá literatura

1. KRÁL, J.: *Cvičení z vakuové techniky*, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1996
2. Kolektiv KF FJFI ČVUT: *Návody k přístrojům*, [online], [cit. 24. dubna 2010], <http://praktika.fjfi.cvut.cz/ProvPokyny/chybynav/CHYBY1n.pdf>
3. ERBEN, M.: *Vakuová technika, učební text* FCHT UP, Pardubice, 2008 [online], [cit. 17. listopadu 2010], webak.upce.cz/~koanch/DOWNLOAD/Ucebni%20texty/Skriptum_vacuum.pdf