

Čerpání turbomolekulární vývěvou

Jakub Kákona, kaklik@mlab.cz

19.11.2010

Abstrakt

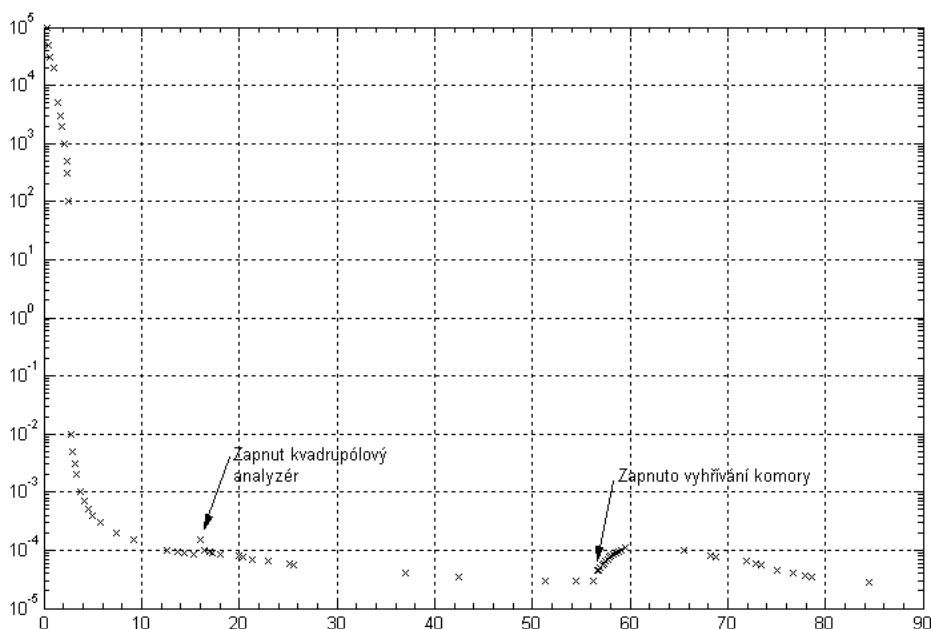
1 Úvod

1. Aparatura je napuštěna vzduchem na atmosférický tlak. Zavřít napouštěcí ventil.
2. Zapnout a nechat ustálit vakuometr.
3. Zapnout hlavní vypínač vakuového stojanu. Sledovat vývoj na display. Nastavit display na skutečné otáčky. Sledovat časový průběh tlaku v recipientu a zaznamenávat $p=p(t)$.
4. Po dosažení tlaku $p < 10^{-3}$ Pa možno zapnout hmotnostní analyzátor - ovládání přes počítač.
5. Nastavení režimu ... sejmout hmotností spektrum. Možno několikrát opakovat a uložit do paměti pro ilustraci v protokolu. Určit hlavní - převládající - prvky či molekulární fragmenty.
6. Nastavit režim "TREND" a sledovat časový průběh tlaku vybraných plynů. Uložit do paměti.
7. Změřit vliv ohřátí recipientu na parciální tlaky v aparatuře. Při měření v režimu "TREND":
 - (a) Zapnout ohřev recipientu.
 - (b) Sledovat průběh parciálních tlaků až do fáze jejich všeobecného poklesu.
 - (c) Zaznamenat rovněž celkový tlak $p_{tot}(t)$.
 - (d) Uložit v paměti.
 - (e) Vypnout ohřev a ještě chvíli zaznamenávat časový průběh tlaků.
8. Zaznamenat průnik lehkého plynu - helia - zpětnou difusí čerpací soustavu do vakua: Okolí výfuku z turbo-molekulární vývěvy zahltit heliem a sledovat parciální tlak He v aparatuře v režim "TREND".
9. Zaznamenat vliv otáček vývěvy na čerpání různých plynů:

10. V režimu "TREND". Vypnout napájení čerpací sestavy na dobu než tlak vystoupí na cca 10^{-3} Pa. Při cca 10^{-3} Pa opět napájení zapnout (! Aby se nespálila katoda iontového zdroje). Zaznamenat vzrůst parciálních tlaků s klesajícími otáčkami.
11. Odstavit hmotností analyzátor (vypnout žhavení katody)
12. Odstavit vakuovou aparaturu.

2 Postup měření

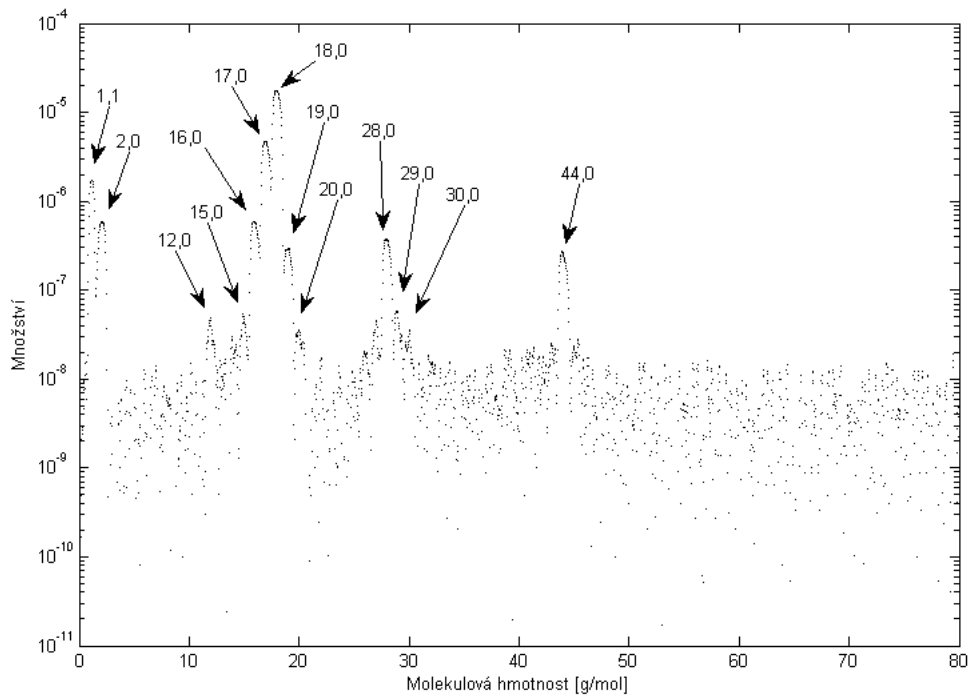
Na začátku měření byla celá aparatura napuštěna vzduchem na atmosférický tlak. Zavřeli jsme proto napouštěcí ventil a aktivovali automatiku pro čerpání. Průběh tlaku při čerpání membránovou a následně i turbo-molekulární vývěvou je vidět v grafu.



Obrázek 1: Průběhy tlaku v recipientu během čerpání.

Po dosažení odpovídajícího tlaku jsme zapnuli kvadrupólový hmotnostní spektrometr a změřili hmotnostní spektrum zbytkové atmosféry. Spektrum je opět uvedeno v grafu.

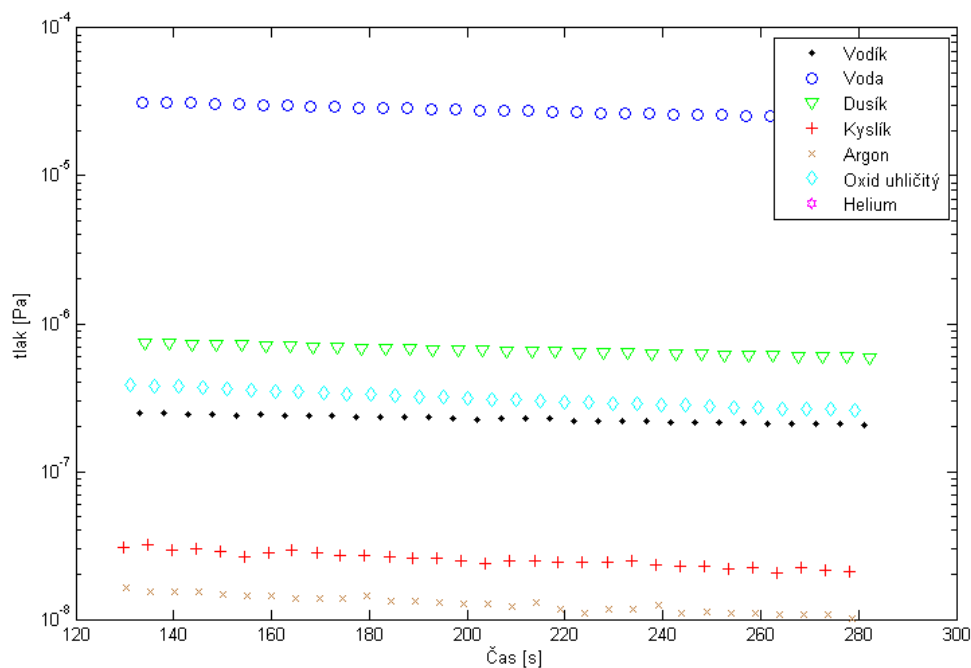
Po změření hmotnostního spektra jsme se zaměřili na rychlost čerpání jednotlivých plynů a ovládací software při čtení dat z hmotnostního spektrometru přenastavili tak, aby zaznamenával vývoj parciálních tlaků několika hlavních typů plynů v aparatuře. Časový vývoj tohoto záznamu je uveden v grafu. Je vidět, že různé plyny mají odlišné parciální tlaky, což je způsobené jednak jejich nestejným zastoupením v atmosféře na začátku čerpání a potom i rozdílnou čerpací rychlostí pro různé relativní hmotnosti plynů.



Obrázek 2: Hmotnostní spektrum zbytkové atmosféry v aparatuře

Tabulka 1: Hlavní plyny ve zbytkové atmosféře

M_r [g/mol]	Ionty	Molekuly
1,1	H^+	H_2, H_2O, C_xH_y
2,0	H_2^+, He^{++}	H_2, He
12,0	C^+	CO, CO_2, C_xH_y
15,0	CH_3^+, NH^+	C_xH_y, NH_3
16,0	O^+, CH_4^+, NH_2^+	O_2, H_2O, CH_4, NH_3
17,0	OH^+, NH_3^+	H_2O, NH_3
18,0	H_2O^+	H_2O
20,0	$HF^+, 2ONe^+, Ar^{++}$	$HF, 2ONe, Ar$
28,0	$N_2^+, C_2H_4^+, CO^+$	N_2, C_xH_y, CO, CO_2
29,0	$C_2H_5^+, 14N15N^+$	C_xH_y, N_2
30,0	$C_2H_6^+, NO^+$	C_2H_6, NO
44,0	$C_3H_8^+, CO_2^+, C_2H_4OH^+, N_2O^+$	$C_3H_8, CO_2, C_2H_5OH, N_2O$



Obrázek 3: Průběh parciálních tlaků jednotlivých plynů při čerpání turbo-molekulární vývěvou

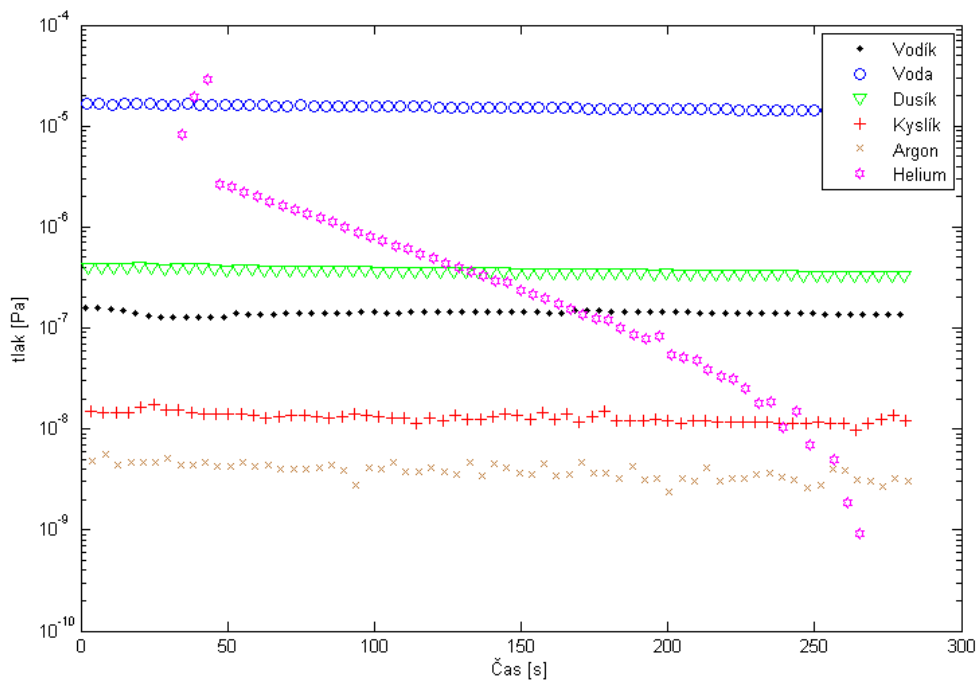
Při dosažení již prakticky konstantní hodnoty tlaků jsme zkusili demonstrovat snadný průnik lehkého plynu zpět skrz lopatky turbo-molekulární vývěvy. Za tímto účelem jsme mírně pootevřeli napouštěcí ventil, který do TMV ústí zhruba ve dvou třetinách lopatkového kola a vstup ventilu ofoukli Heliem z balonku. Následně byl zřejmý silný nárůst parciálního tlaku helia, jak je vidět v grafu.

Dalším krokem bylo zahřátí aparatury a opět záznam desorpce a změny parciálních tlaků v recipientu. V grafu je dobře vidět nárůst prakticky všech parciálních tlaků plynů, avšak u vodíku nejmenší, díky jeho obecně nízké vazbě na povrch aparatury.

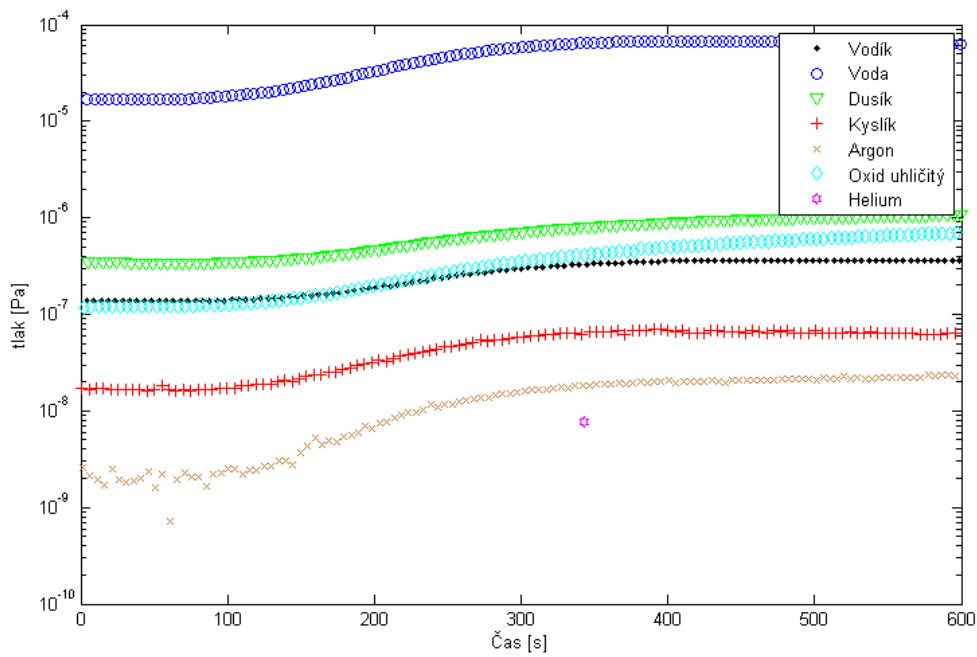
Prakticky posledním měřením bylo zjištění vlivu otáček TMV na tlak v aparatuře. K tomu jsme v řídicím softwaru snížili otáčky z původních 1500Hz na 600Hz, díky setrvačnosti rotoru se tato změna na vývěvě aplikovala velmi pozvolna bylo tak možné sledovat, jak se mění průběh tlaku v aparatuře. Opět jsou naměřené hodnoty vyneseny do grafu pro jednotlivé hlavní plyny.

3 Závěr

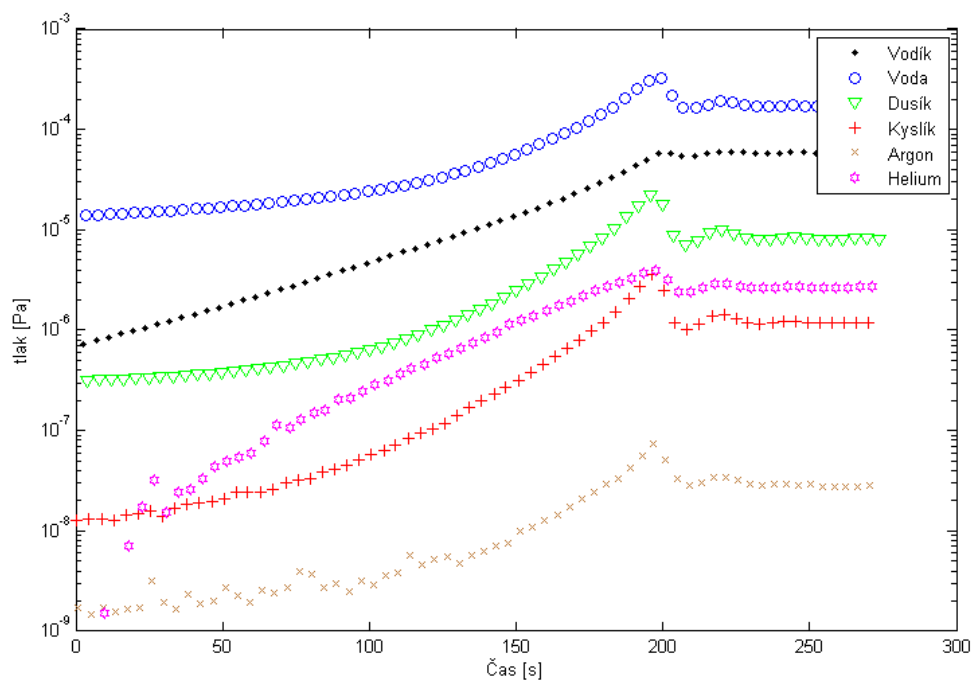
Úloha ukázala výhody turbo-molekulární vývěvy vůči ostatním typům vývěv, což je zvláště její rychlost náběhu a i čerpací rychlost vzhledem k příkonu. Ale zároveň i její nepříjemnou vlastnost a to její omezenou schopnost čerpání lehkých plynů, jako je například helium.



Obrázek 4: Difuze helia zpět skrz lopatky turbo-molekulární vývěvy



Obrázek 5: Průběh parciálních tlaků po zapnutí ohřevu aparatury



Obrázek 6: Růst parciálních tlaků po snížení otáček lopatkového kola vývěvy