

Úloha č. 3

Měření čerpací rychlosti vývěvy, hledání netěsností vakuové aparatury

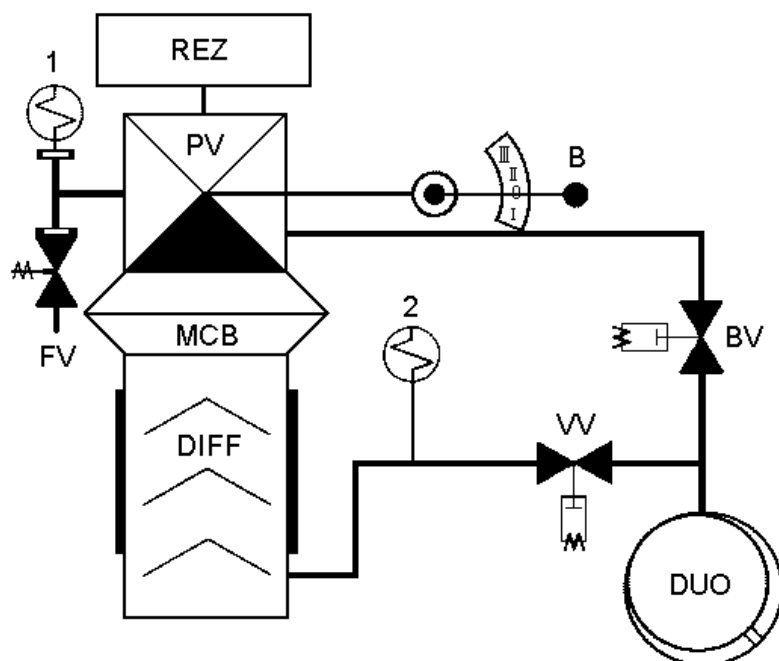
Úkoly:

- 1) Sledujte průběh čerpání uzavřené aparatury, stanovte efektivní čerpací rychlost S_{ef} , mezní tlak p_m rotační vývěvy a stanovte velikost efektivní netěsnosti aparatury q_N .
- 2) Studujte vliv skutečné netěsnosti q_S na čerpací proces.
- 3) Odhadněte vliv vodivosti připojovací hadice na S_{ef} .

Zařízení a pomůcky

Vakuová aparatura Baltzers BAE 121 s dokumentací
Odporový manometr Pirani
Zapisovací zařízení SE561
Multimetr
Posuvné měřítko

Schéma aparatury Balzers



Vysvětlivky:

DUO	Rotační vývěva
DIFF	Difuzní vývěva
MCB	Chladicí okruh
PV	Vstupní víčko
VV	Ventil čerpání difuzky
BV	Bypass-ventil
FV	Ventil napouštění komory
REZ	Komora aparatury
B	Páka voliče
1	Měření tlaku v komoře
2	Měření tlaku na difuzce

Poznámky k vybavení

Měření se provádí na jednoduché vakuové aparatuře Balzers čerpané jednostupňovou rotační vývěvou. Tlak v komoře je sledován Piraniovou měrkou, průběh tlaku je během čerpání zaznamenáván na zapisovacím zařízení. Aparatura je pro regulovatelné napouštění plynu opatřena jehlovým ventilem s mikrometrickým šroubem. Rotační vývěva nedisponuje

automatickým zavzdušněním při vypnutí, při zastavení čerpání je nutno vývěvu ihned zavzdušnit!!

Postup měření

1) Spust'íte rotační vývěvu a páku nastavte do polohy 0 (vývěva čerpá pouze přívodní hadici), stisknutím tlačítka aparaturu zavzdušněte a uzavřete jehlový ventil i ventil zavzdušnění vývěvy. Krok na zapisovacím zařízení nastavte na 1s a spust'íte zápis. Páku voliče nastavte do polohy 1 (ventil 1 otevřen) a sledujte průběh tlaku v komoře v závislosti na čase tak dlouho, až dojde k výraznému zpomalení poklesu tlaku (tlak v komoře se blíží své limitní hodnotě – meznímu tlaku p_m). Poté přesuňte páku voliče do polohy 0 a sledujte pozvolný nárůst tlaku (vliv zdánlivé netěsnosti).

Záznam ze zapisovacího zařízení je průběhem výstupního napětí U manometru na posuvu média. Pomocí kalibrační křivky manometru $U=U(p)$ převedete údaje v několika bodech na hodnoty tlaku, rychlost posuvu média stanovte z příložené tabulky. Vyhodnoťte v několika bodech efektivní čerpací rychlost S_{ef} [l.s^{-1}], z průběhu natékání aparatury stanovte velikost efektivní netěsnosti q_N [Pa.l.s^{-1}].

2) Skutečnou netěsnost aparatury q_S simulujte pootevřením jehlového ventilu. Páku voliče nastavte do polohy 0 a zavzdušněte aparaturu. Mikrometrický šroub jehlového ventilu nastavte na 0,2mm, krok zapisovacího zařízení nastavte na 1s a spust'íte zápis. Páku přesuňte opět do polohy 1 a sledujte průběh tlaku až do dosažení mezní hodnoty tlaku p_{m1} . Poté jehlový ventil nastavte postupně na 0,15mm, 0,1mm a 0,05mm a zaznamenejte vždy pokles a vyrovnaní tlaku na hodnotách p_{m2} , p_{m3} a p_{m4} . Z naměřeného průběhu $U=U(t)$ z úkolu 1 vyhodnoťte efektivní čerpací rychlosti S_{ef1} , S_{ef2} , S_{ef3} a S_{ef4} [l.s^{-1}], odpovídající mezním tlakům p_{m1} , p_{m2} , p_{m3} a p_{m4} . Hodnoty efektivních čerpacích rychlostí S_{efi} lze považovat za rychlosti průtoku jehlovým ventilem S_{Si} , protože při hodnotě mezního tlaku p_{m1} je $\frac{dp}{dt} = 0$.

Z vypočtených hodnot S_{Si} stanovte velikosti skutečných netěsností q_{Si} [Pa.l.s^{-1}]. Vyneste závislost $q_{Si}=q_{Si}(x)$ a diskutujte charakter závislosti velikosti efektivní netěsnosti q_{Si} na poloze mikrometrického šroubu x .

3) Stanovenou hodnotu efektivní čerpací rychlosti S_{ef} [l.s^{-1}] z úkolu 1 konfrontujte s hodnotou čerpací rychlosti vývěvy S [l.s^{-1}] uvedenou v technické dokumentaci k vakuové aparatuře. Výpočtem stanovte vodivost C [l.s^{-1}] přípojovací hadice a její velikost porovnejte s hodnotou S . Proveďte diskusi vlivu vodivosti na čerpací proces.

Výpočtové vztahy

Čerpací rychlost S_{ef} **bez natékání a bez odporu přípojovací hadice** je dána jako

$$S_{ef} = \frac{V}{t_2 - t_1} \cdot \ln \frac{p_1}{p_2} \quad [\text{l.s}^{-1}],$$

kde V je čerpaný objem a $[t_1; p_1]$ a $[t_2; p_2]$ jsou libovolné body lineární části záznamu čerpání.

Efektivní netěsnost q_N stanovte podle vztahu

$$q_N = V \cdot \frac{p_4 - p_3}{t_4 - t_3} \quad [\text{Pa.l.s}^{-1}]$$

Čerpací rychlost S_{efi} **s natékáním a bez odporu přípojovací hadice** určete ze vztahu

$$S_{efi} = \frac{V}{t_{mi}} \cdot \ln \frac{p_0 - p_m}{p_{mi} - p_m} \quad [\text{l.s}^{-1}],$$

kde V je čerpaný objem, p_0 je počáteční (atmosférický) tlak, p_m je mezní tlak **uzavřené aparatury** a $[t_{mi}; p_{mi}]$ je bod záznamu čerpání odpovídající meznímu tlaku p_{mi} .

Při výpočtu skutečné netěsnosti předpokládáme, že $S_{efi} = S_{Si}$. Velikost skutečné netěsnosti stanovte jako

$$q_{Si} = p_{mi} \cdot S_{Si} \quad [\text{Pa.l.s}^{-1}]$$

Vliv vodivosti připojovací hadice posuďte podle vztahu

$$S_{ef} = \frac{C \cdot S}{C + S} \quad [\text{l.s}^{-1}],$$

kde C [l.s^{-1}] je vlastní vodivost připojovací hadice, přes kterou je aparatura čerpána a S [l.s^{-1}] je čerpací rychlost vývěvy uvedená v technické dokumentaci.