



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(22) Přihlášeno 08 10 84
(21) (PV 7591-84)

(40) Zveřejněno 13 06 85

(45) Vydáno 15 09 87

242037
(11) (B1)

(51) (Int. Cl.⁴
G 01 L 7/02

(75)

Autor vynálezu

ŠULC JIŘÍ ing. CSc.; SMETANA CTIRAD ing. CSc., PRAHA

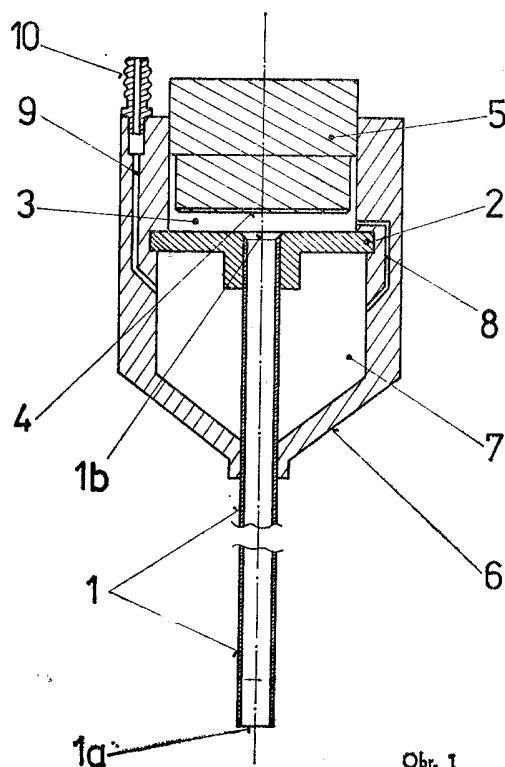
(54) Tlaková sonda

1

Tlaková sonda je určena pro současné měření střední složky p a časové proměnné, to je fluktuační složky p tlaku ve vyšetřovaném prostoru, kde je hledán okamžitý tlak P . $p = \bar{p} + p$, přičemž obě složky se mohou měřit současně, avšak odděleně.

Tlaková sonda je v podstatě upravená mikrofonní sonda. Její podstata spočívá v tom, že z distanční komůrky (3) nad citlivým prvkem (4) je vyvedeno spojení pro utlumení fluktuace tlaku a pro vytvoření stejných středních složek tlaku v distanční komůrce (3) a ve vyrovnávací komůrce (7) pro měření této složky.

2



Obr. 1

Vynález se týká tlakové sondy, určené pro současné měření střední složky $\bar{p}$ a časově proměnné, to je fluktuální složky p tlaku ve vyšetřovaném prostoru, kde je hledán okamžitý tlak $P \cdot \bar{p} = \bar{p} + p$, přičemž obě složky $\bar{p}$ a p se mohou měřit současně, avšak odděleně. Principu vynálezu je možno využít v sondách složek $\bar{p}$ a p celkového i statického tlaku v proudu plynu i v sondách složek okamžitého tlaku v nesnadno přístupných místech.

Dosud známé tlakové sondy nejsou uzpůsobeny pro současné měření obou složek tlaku, to je střední a časově proměnné složky v jediném úzce omezeném místě prostoru. Sondy měří odděleně střední tlak $\bar{p}$, například Pitotova trubka, sonda statického tlaku či jejich kombinace, nebo měří časově proměnný tlak p , například mikrofonní sonda, kryty mikrofonu s odběry fluktuací statického tlaku a podobně. Sondy středních složek tlaku $\bar{p}$ jsou vytvořeny z trubek, připojených k měřicímu přístroji, nejčastěji kapalinovému manometru. Dosud známé mikrofonní sondy časově proměnných složek tlaku p využívají citlivý tlakový měnič, nejčastěji kondenzátorový mikrofon, který je uzpůsoben tak, že tlak na obou stranách membrány je vyrovnáván pomocí kapiláry, která je nedílnou součástí mikrofonu, takže měnič zpracovává pouze časově proměnný tlak p . Ten je k membráně měniče přiváděn buď vlnovodem, to je trubicí stálého nebo proměnného průřezu, jako je tomu u mikrofonní sondy, nebo je měnič opatřen vhodně tvarovaným krytem s odběry tlaku. Nevýhodou mikrofonních krytů jsou relativně velké rozměry, což neumožňuje rozlišení fluktuací tlaku v případě, kdy okamžitý tlak P je prostorově silně proměnný, jako je tomu například v turbulentním proudu.

U mikrofonních sond obvyklé konstrukce s válcovým vlnovodem dochází v důsledku odrazu zvukové vlny od výstupního ústí vlnovodu k nežádoucím interferencím mezi postupující a odraženou zvukovou vlnou ve vlnovodu. Kmitočtová charakteristika pro přenos časově proměnné složky tlaku z ústí vlnovodu k membráně mikrofonu může vykazovat nežádoucí zvlnění, které však lze zčásti vyrovnat, například ztlumením ústí vlnovodu porézní nebo vláknitou zátkou.

Omezení dosud známých tlakových sond pouze na měření jediné složky tlaku nedovoluje současné měření těchto složek v jednom úzce omezeném místě prostoru. Měření složek tlaku $\bar{p}$ a p je nutno provádět buď postupně, kdy se však může s časovým odstupem změnit charakter měřeného jevu, nebo současně dvěma dosud známými sondami, přičemž ústí sond však musí být od sebe dostatečně vzdálena tak, aby se sondy vzájemně neovlivňovaly, což zejména v případech proudění s velkými gradienty, na-

příklad ve smykových proudech, vede ke značným chybám.

Mají-li být obě složky tlaku $\bar{p}$ a p ve výsledcích měření okamžitého tlaku P odděleny při současném dodržení požadavku na co nejmenší odběr tlaku, situovány v jediném místě, je nutné realizovat tlakovou sondu, zdokonalenou podle tohoto vynálezu. Podstata nové tlakové sondy spočívá v tom, že mezi krytem a přepážkou je vytvořena vyrovnávací komůrka spojená spojovacím prostředkem pro útlum fluktuací tlaku ve vyrovnávací komůrce, opatřené vývodem pro měření střední složky tlaku.

Spojovací prostředek může být vytvořen kapilárou. Vyrovnávací komůrka může být vyplněna akusticky tlumícím materiálem.

Provedení tlakové sondy upravené podle tohoto vynálezu je znázorněno na dvou příložených výkresech. Obr. 1 představuje řez tlakovou sondou. Obr. 2A představuje vlnovod se vstupním ústím, určeným pro měření složek celkového tlaku. Obr. 2B znázorňuje vlnovod se vstupním ústím pro měření složek statického tlaku.

V příkladu provedení obsahuje tlaková sonda vlnovod 1, který může mít stálý průřez a/nebo průřez měnící se směrem od vstupního ústí 1a k výstupnímu ústí 1b. Vlnovod 1 je pevně uložen v přepážce 2 a ústí do distanční komůrky 3 mezi přepážkou 2 a citlivým prvkem 4, například membránou tlakového měniče 5, například mikrofonu. Roviny citlivého prvku 4 a přepážky 2 jsou přibližně paralelní. Tlakový měnič 5 společně s přepážkou 2 a v ní upevněným vlnovodem 1 jsou uloženy ve vhodně tvarovaném krytu 6 s vyrovnávací komůrkou 7 dostatečně velkého objemu, případně vyplněnou tlumícím materiálem. Vyrovnávací komůrka 7 nemusí být integrální součástí tlakové sondy. Použije-li se jako tlakového měniče 5 mikrofonu, propojí se distanční komůrka 3 před membránou s prostorem za membránou neznázorněným kanálkem. Komůrky 3, 7 jsou propojeny spojovacím prostředkem 8, například alespoň jednou kapilárou, která může být provedena v přepážce 2, v krytu 6 nebo na jejich rozhraní a případně je vyplněna vhodným tlumícím materiálem. Kapilárové spojení lze nahradit průlinčitým materiálem. V důsledku nevyznačené kapiláry a spojovacího prostředku 8 vytvoří se po obou stranách membrány a přepážky 2 rovnotlaká soustava. Spojovací prostředek 8 je volen tak, aby dovolil dostatečně rychlé vyrovnání pomalu se měnící střední složky tlaku $\bar{p}$ v soustavě, a aby současně neovlivnil kvalitu měření časově proměnné složky p mikrofonem. Tlak z vyrovnávací komůrky 7 je kanálkem 9 veden k vývodu 10 tlaku, jenž se obvyklým způsobem připojí na měřič tlaku, zpravidla kapalinový manometr. Tlakový měnič 5 se předepsaným způsobem připojí na obvyklé měřicí přístroje.

Činnost tlakové sondy podle vynálezu lze popsat takto: Ve vstupním ústí **1a** vlnovodu **1**, umístěném do proudu plynu nebo v prostoru, kde je měřen tlak, působí okamžitý tlak P , sestávající z časově střední složky tlaku p a z časově proměnné složky tlaku p , přičemž $P = \bar{p} + p$. Časově střední složka tlaku $\bar{p}$, která má ustálenou nebo jen velmi zvolna se měnící hodnotu, se vyrovnává v celém vnitřním prostoru tlakové sondy, sestávající z vnitřního prostoru vlnovodu **1** a obou komůrek **3**, **7**, jakož i z prostoru za membránou. Velikost časově střední složky tlaku $\bar{p}$ se stanoví tlakoměrným přístrojem, umístěným buď přímo ve vyrovnávací komůrce **7**, nebo připojeným k vývodu **10**, spojenému kanálkem **9** s rovnotlakým vnitřním prostorem sondy. Časově proměnná složka tlaku p , působící na ústí **1a** vlnovodu **1**, vyvolá ve vlnovodu **1** postupující akustické vlny, šířící se od vstupního ústí **1a** k tlakovému měniči **5**. Fluktuace tlaku p , působící na vstupní ústí **1a**, představují časově proměnnou sílu, která vyvolá časové změny hybnosti, jež se vlnovodem **1** šíří vlnovými procesy rychlosti zvuku.

K proudění plynu vlnovodem **1**, pokud $p = \text{konstantní}$, nedochází. Časově proměnná složka tlaku p , působící na ústí **1a** sondy, se v důsledku předání hybnosti mění na akustický tlak, přičemž časové změny p a akustického tlaku v trubce jsou prakticky stejné, až na důsledky odrazu zvukové vlny ve výstupním ústí **1b** vlnovodu **1**. V důsledku vyrovnání středního tlaku po obou stranách membrány měří tlakový mikrofón **5** pouze časově proměnnou složku tlaku p , působící na vstupní ústí **1a** sondy.

Akustická impedance spojovacího prostředku **8**, spojujícího distanční komůrku **3** před citlivým prvkem **4** s vyrovnávací komůrkou **7** v krytu **6** sondy, zčásti vyhlazuje časově proměnnou složku tlaku p , přicházející spojovacím prostředkem **8** do vyrovnávací komůrky **7**. Zbytkové fluktuace tlaku ve vyrovnávací komůrce **7** dále případně tlumí tlumicí materiál, například pěnový nebo vláknitý, jímž může být vyrovnávací komůrka **7** vyplněna.

Tlakovou sondu podle vynálezu je možno použít pro měření střední složky p a časově proměnné složky p celkového anebo statického tlaku v proudu plynu, což závisí na umístění vstupního ústí **1a** vlnovodu **1**. Některé varianty uspořádání vstupního ústí **1a** tlakové sondy, určené pro měření složek

celkového či statického tlaku v proudu plynu, jsou pro znázornění uvedeny na obr. 2. Má-li být tlaková sonda použita pro měření složek celkového tlaku, je vstupní ústí **1a** pro odběr tlaku, ať přímé, nebo zahnuté, ponecháno na konci vlnovodu **1** dle obr. 2A, přičemž rovina vstupního ústí **1a** sondy je zhruba kolmá ke směru proudění. Má-li být tlaková sonda použita pro měření složek statického tlaku, je vstupní ústí **1a** pro odběr tlaku na boku vlnovodu **1**, k čemuž slouží například úprava znázorněná na obr. 2B. Je nutno vždy dodržet obvyklé geometrické uspořádání pro tvar vlnovodu **1** a polohu vstupních otvorů **1a**.

Tlaková sonda podle vynálezu skýtá více možností použití: především umožňuje měřit současně střední a časově proměnnou složku tlaku v proudu plynu, a to podle umístění vstupního ústí pro odběr tlaku na tělese vlnovodu, tlaku celkového anebo tlaku statického, přičemž složky tlaku jsou měřeny v jediném velmi úzce omezeném místě v prostoru. Dále je možno měřit obě složky v prostředí se zvýšenou, popřípadě sníženou teplotou a v prostředí s hodnotou celkového tlaku značně se lišící od tlaku atmosférického. Vlnovod pro odběr tlaku lze podle potřeby chladit či ohřívát. Sondu lze použít pro měření zvuku šířícího se proudem plynu či v dalších prostředích, kde nelze použít měřicí mikrofón, dále lze sondu použít pro měření složek tlaku v místech obtížně dostupných, v místech s nebezpečným zářením nebo v horkém, agresivním či znečištěném prostředí.

Specifickou předností sondy podle vynálezu jsou možnosti měření obou složek tlaku v jediném, velmi malém místě prostoru, řádově desetiny mm, z čehož vyplývá vysoká rozlišovací schopnost tlakových změn v poli se silně proměnnými parametry v prostoru a vysoká rozlišovací schopnost fluktuací tlaku od pohybů malých měřitek ve vířivém proudu plynu.

V důsledku popsaných vlastností a specifických předností má tlaková sonda podle vynálezu uplatnění jak v základním a aplikovaném výzkumu, tak i v průmyslové oblasti a ve zkušebnictví. Uplatnění sondy je možné v experimentech v mechanice plynů, ve vnitřní i vnější aerodynamice a v technické diagnostice. Z hlediska průmyslu je využití sondy možné zejména v automobilovém, leteckém a vzduchotechnickém průmyslu, ve stavbě motorů a při diagnostice procesů s proměnnými tlaky plynů a par.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

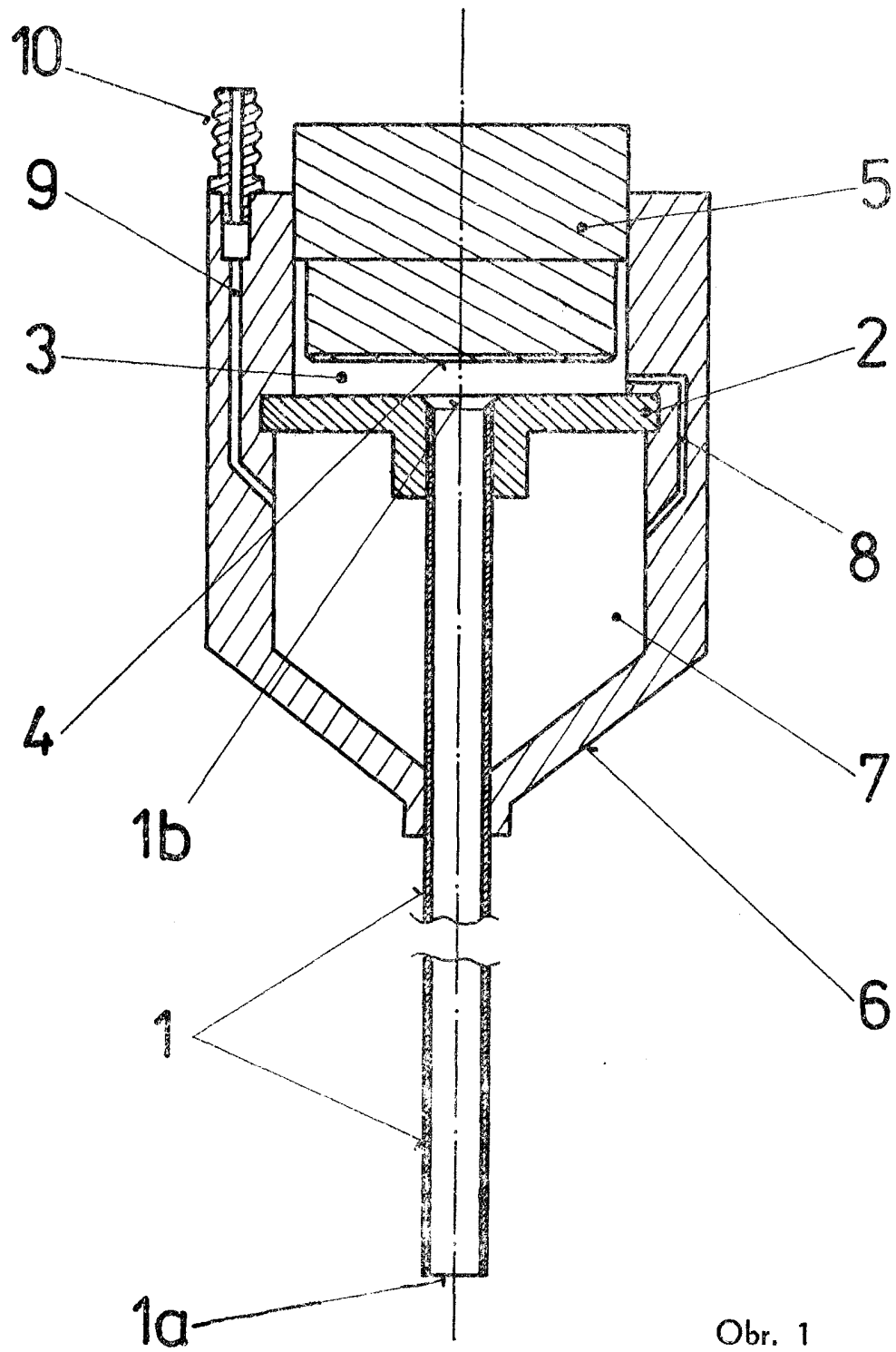
1. Tlaková sonda obsahující za sebou řazené: tlakový měnič, distanční komůrku a přepážku, uzavřené krytem, a obsahující vlnovod procházející krytem a přepážkou, vyznačená tím, že mezi krytem (6) a přepážkou (2) je vytvořena vyrovnávací komůrka (7) spojená spojovacím prostředkem (8) pro útlum fluktuací tlaku a pro vytvoření stejné střední složky tlaku ve vyrovnávací

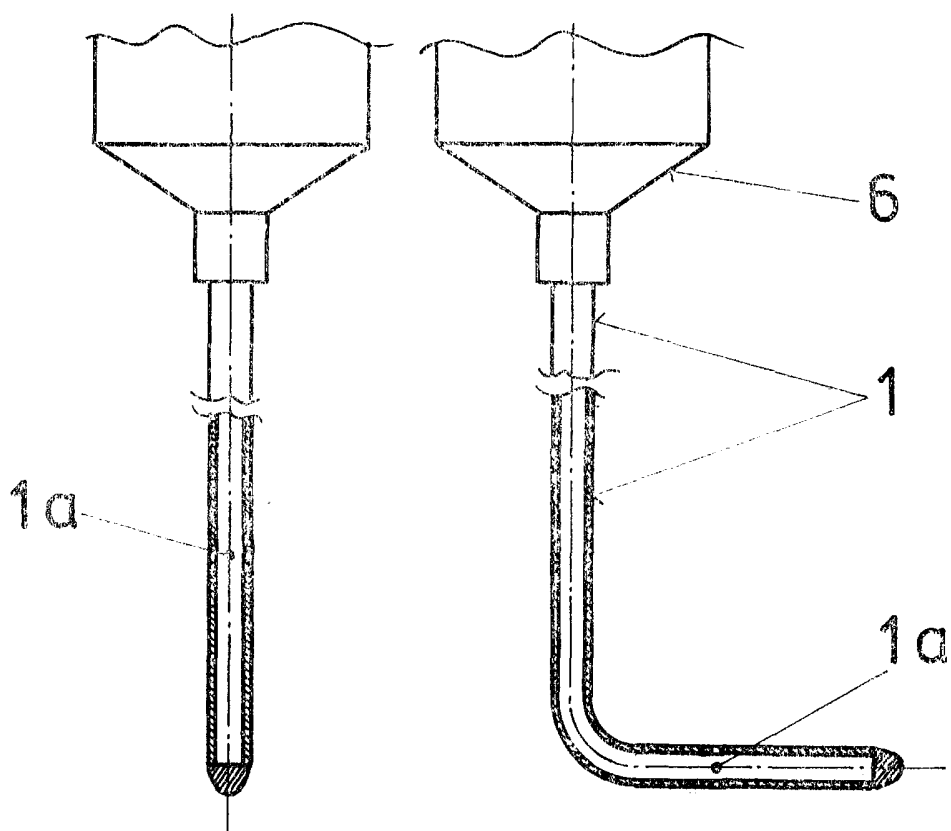
komůrce (7), opatřené vývodem (10) pro měření střední složky tlaku.

2. Tlaková sonda podle bodu 1, vyznačená tím, že spojovací prostředek (8) je tvořen kapilárou.

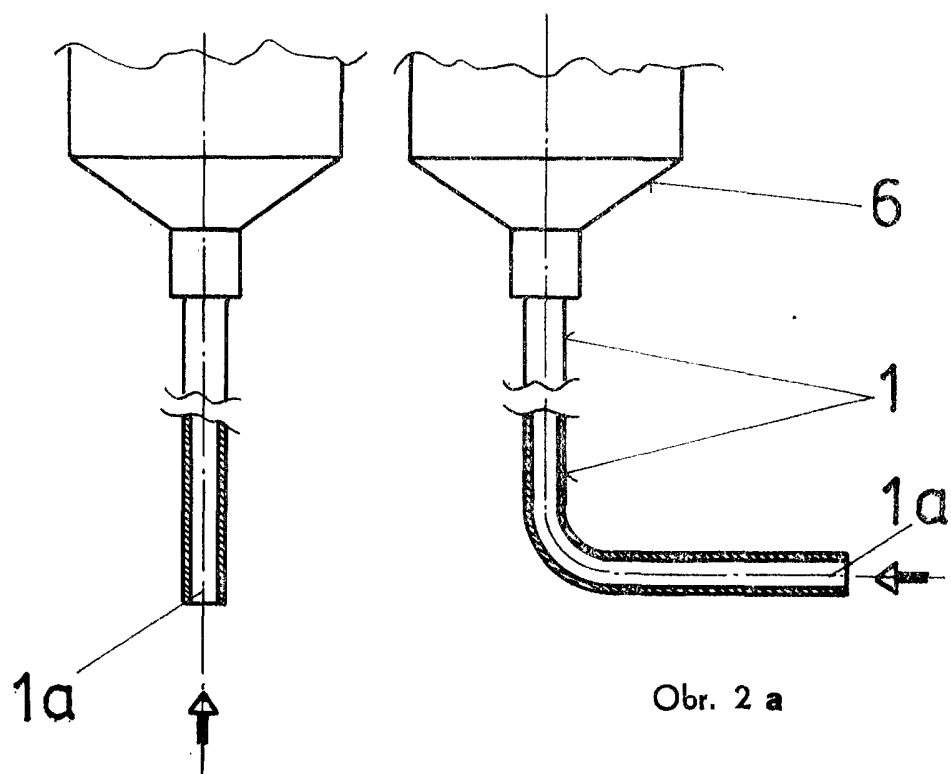
3. Tlaková sonda podle bodu 1, vyznačená tím, že vyrovnávací komůrka (7) je vyplněná akusticky tlumícím materiálem.

2 listy výkresů





Obr. 2 b



Obr. 2 a