



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

204854

(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
G 01 F 1/68

/22/ Přihlášeno 05 05 79
/21/ /PV 3092-79/

(40) Zveřejněno 31 03 80

(45) Vydáno 15 12 82

(75)
Autor vynálezu

RUDIŠ MIROSLAV ing. CSc., PAPEŽ JIŘÍ ing. a JEZDINSKÝ VLADIMÍR ing. CSc.,
PRAHA

(54) Sonda pro měření vektorů místních rychlostí tekutých médií

Předmětem vynálezu je sonda k měření složek střední rychlosti v proudu tekutého média, tj. plynů, kapalin, včetně suspenzí a emulzí. U kapalných médií lze měřit rychlost média i za přítomnosti plynné fáze. Měřitelný rozsah zahrnuje i velmi malé rychlosti od cca 1 mm/s výše. Jediné omezení použití je v druhu suspenze, jejíž částice nesmí způsobovat abrazi.

Dosavadní sondy pro měření rychlostí v tekutinách jsou uspokojivé pro čisté tekutiny. Rychlosti je možno měřit například termoanemometrem, založeným na měření změny elektrického proudu nebo napětí při ochlazení žhaveného elementu, kterým může být drát nebo film. Tímto zařízením je možno měřit fluktuace rychlostí, ze záznamu fluktuací na magnetofon je možno vyhodnotit statistické momenty fluktuací, časové korelační funkce, integrální měřítka turbulence, energetická spektra apod. Takové zařízení je ideálním prostředkem ke stanovení pole rychlosti v naprosto čistých tekutinách a v takových modelových zařízeních, kde je vyloučeno uvolnění částic nečistot do měřeného proudu.

Nalepení jakýchkoli částic na žhavený element vede ke změnám cejchovních charakteristik zařízení a posléze k havárii žhaveného elementu. Termoanemometry však nelze použít v proudu tekutiny, obsahující jakékoliv částice.

Střední rychlosti tekutin je možno měřit co do směru a velikosti méně nákladným způsobem, a to Pitotovými sondami, což jsou sondy založené na měření celkových hydraulických tlaků v několika otvorech v obtékaném tělese, nebo přímo v trubičkách nastavených v proudu pod různým úhlem. Jsou to například kulová sonda, která měří 3 složky, válcová sonda, která měří dvě složky a různé takzvané drápkové sondy, kterými lze rovněž měřit tři složky. Všechny Pitotovy sondy je třeba cejchovat pod různými úhly za Reynoldsova čísla v autodelové

oblasti, která vyplývá z funkčního vztahu mezi odporem a Reynoldsovým číslem pro dané těleso. U drápkových sond je třeba tuto oblast stanovit individuálně, protože každá má jiný tvar a jsou problémy se stanovením jednotné délkové charakteristiky její citlivé části. S Pitotovými sondami byly dosaženy dobré výsledky v běžných hydraulických modelech, v suspenzích jsou však nepoužitelné vzhledem k ucpávání otvorů.

Další možnosti měření rychlostí skýtají stopovací metody. Tyto metody je možno použít i v suspenzích a jiných anomálních tekutinách, kde ostatní metody selhávají. Princip těchto metod záleží v tom, že se do proudu umístí zdroj stopovací látky, kterou může být radioaktivní izotop, chemický roztok nebo barvivo. Stopovací látku může při použití stejného principu nahradit teplo ze zdroje časově omezeného nebo trvalého. Určitý objem stopovací látky nebo určité množství tepla se ze zdroje přivede do proudu během krátkého časového úseku. Odpovídající čidlo umístěné v pevné vzdálenosti od zdroje, pak zaznamenává časový průběh intenzity záření, koncentrace nebo teploty, tj. takzvanou křivku odezvy. Doba mezi okamžikem injekce a těžiskem křivky odezvy je rozhodující pro výpočet rychlostí, která je daná vzdáleností zdroj-čidlo a uvedenou dobou. Touto metodou je možno měřit však pouze rychlost zestrředněnou nejen časově, ale i místně. Je-li vzdálenost mezi zdrojem a čidlem dostatečná, vztahuje se místní zestrřednění na celý průtočný profil, což se dá s výhodou použít pro stanovení průtoku proudu nepravidelně omezeného, například proud horské bystřiny nesoucí splaveniny. Metodu však nelze použít pro stanovení rozdělení rychlostí v průtočném profilu.

Uvedené nevýhody odstraňuje sonda podle tohoto vynálezu. Její podstata spočívá v tom, že žhavený element a tepelné čidlo jsou umístěny na obtékané sondě v místě neodtržené mezní vrstvy a lícují s pláštěm sondy.

Sonda podle vynálezu poskytuje výhodu, že měří buď dvě, nebo tři složky střední rychlosti, přičemž místní zestrřednění je malé a ve větších zařízeních zcela zanedbatelné, neboť citlivá část sondy může být miniaturizována až na průměr 6 mm, přičemž nezáleží na čistotě měřeného média. Naopak, zařízení měří i v suspenzích, emulzích a vícefázových médiích, s tím omezením, že částice nesmí způsobovat abrazi zařízení.

Sonda podle vynálezu je znázorněna na přiložených dvou výkresech, z nichž obr. 1 představuje uspořádání měřicích elementů na válcové sondě a obr. 2 znázorňuje kulovou sondu s měřicími elementy.

Sonda podle vynálezu může mít tvar koule, válce nebo destičky atd. Je vhodné zvolit takový tvar sondy, pro který je známa závislost odporu proti proudění na Reynoldsově čísle a rozdělení tlaků při obtékání. Z poslední závislosti je možno stanovit, kde je při obtékání stabilní mezní vrstva a kde nastává její odtržení. V oblasti stabilní mezní vrstvy se do povrchu sondy zabudují za sebou jednak žhavený element 1, jednak tepelné čidlo 2 nebo více tepelných čidel 2 tak, aby lícovaly s jejím povrchem. Žhavený element 1 je spojen s neznázorněným elektronickým zdrojem, zesilovačem a zdrojem tepelných impulsů. Tepelné čidlo 2 je spojeno s neznázorněným převodníkem a některým vyhodnocovacím a časoměrným zařízením. Je třeba dodržet podmínku, že uvedený žhavený element 1 a tepelné čidlo 2 musí ležet v oblasti stabilní mezní vrstvy. Vzdálenost mezi žhaveným elementem 1 a tepelným čidlem 2 je možno stanovit pomocí úhlu posunutí vzhledem k hlavnímu směru proudu a průměru obtékaného tělesa na základě znalosti rozdělení tlaků na plášti obtékané sondy. V mezích stabilní mezní vrstvy je možno tuto vzdálenost přizpůsobovat potřebnému rozsahu měřených rychlostí. Pro menší očekávané rychlosti je vhodné volit vzdálenost menší, pro větší rychlosti vzdálenost větší. Pro měřitelný rozsah platí, že tepelný tok vzhledem k difúzi je zanedbatelný oproti tepelnému toku vzhledem ke konvekci.

Měření pomocí této sondy je založeno na principu zjišťování doby, která uplyne od okamžiku vypuštění tepelného impulsu do měřené tekutiny do okamžiku vyvolání elektrického signálu na tepelném čidlu. Pro stanovení úhlu a velikosti vektoru rychlosti je třeba natáčením sondy zjistit minimum časového údaje. Naměřená rychlost, kterou měřená tekutina unáší vy-

slaný tepelný impuls v mezní vrstvě, se liší od skutečné nerušené rychlosti kapaliny v poměru, který je třeba stanovit cejchováním v definovaném proudu buď stejné, nebo simulační kapaliny o stejných fyzikálních vlastnostech. Tepelný impuls je možno vyvolat buď ruční obsluhou zařízení, nebo v daném časovém intervalu na povel řídícím počítačem.

Impuls zároveň spouští elektrické stopky nebo čítač. Měření času se zastavuje náběžnou hranou transformovaného a zesíleného signálu odezvy na tepelném čidlu 2. Poměr skutečné rychlosti a rychlosti stanovené na základě zjištěného času s přihlédnutím ke vzdálenosti žhavený element-tepelné čidlo se zjišťuje cejchováním ve stejné kapalině, např. v hydraulickém kanálu v potencionálním jádru za tryskou.

Obtákaná sonda měří rychlosti v rovině kolmé na její osu otáčení. Úhel hlavního směru proudu se stanovuje natáčením sondy. Úhel hlavního směru proudu je pak ten úhel natočení sondy, při němž měřicí přístroj ukazuje minimální časovou odchylku, mezi okamžikem impulsu a počátkem signálu tepelného čidla 2. Použije-li se válcové sondy se žhaveným elementem 1 uprostřed a dvěma tepelnými čidly 2 umístěnými symetricky v plášti ve stejné vodorovné rovině - viz obr. 1, stanovují se úhlové závislosti dob odezvy pro obě čidla 2 při natáčení sondy kolem svislé osy. Místo, kde se obě závislosti obou čidel 2 protnou, přísluší úhlu hlavního směru proudu.

Kulová sonda se žhaveným elementem 1 na průsečíku rovníku a hlavního meridiánu kulové části sondy, a se čtyřmi tepelnými čidly 2 umístěnými symetricky po dvou na rovníku a hlavním meridiánu - viz obr. 2, může měřit velikost a úhel vektoru rychlosti ve dvou rovinách, má-li sonda možnost natáčení nejen ve vodorovné, ale i ve svislé rovině.

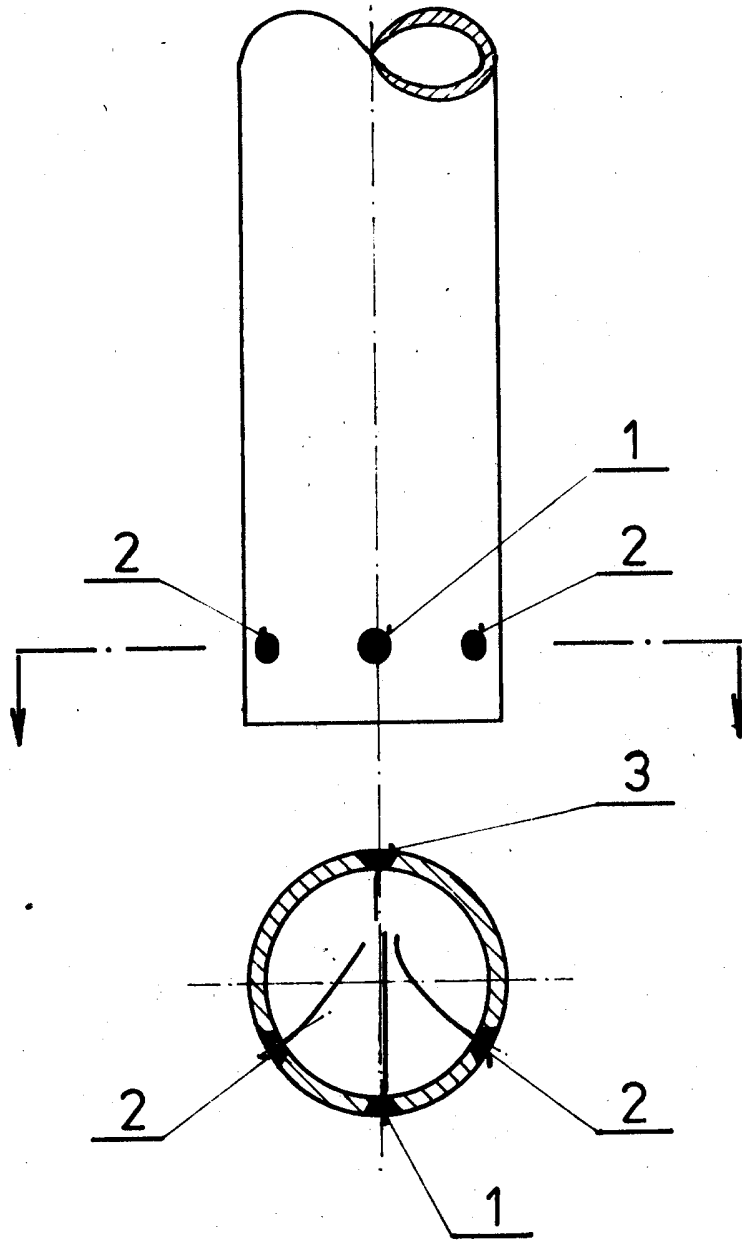
Pro současně měření teplot vody, například na hydrotermických modelech, je možno umístit další tepelné čidlo 2, například termistor, na opačnou stranu obtékaného tělesa sondy, než je umístěn žhavený element 1 - viz obr. 1. Toto čidlo 2 se tudíž nachází v úplavu za obtékaným tělesem sondy. Pro stanovení teploty se měří jeho odpor některým komerčním zařízením, například multimetrem, a z naměřených hodnot odporu se podle cejchovní závislosti termistoru stanovuje teplota. Měření teploty se provádí malým konstantním proudem, který nezpůsobuje vlastní ohřev termistoru. Je-li sonda například umístěna trvale v nějakém zařízení, může termistor v úplavu sloužit k regulaci teploty procesu.

Sonda podle vynálezu umožňuje měřit rozdělení středních rychlostí co do velikosti a směru, a teplotu v tekutých médiích, a to i v těch, v nichž dosud nebylo možno měřit obvyklými způsoby a zařízeními, jako jsou přístroje založené na principu ochlazování žhaveného elementu, měření celkového hydraulického tlaku v otvorech tělesa například u Pitotových sond, a stopovací metody. Umístění zdroje tepelných impulsů a tepelných čidel do líce pláště sondy umožňuje měřit ve stabilní mezní vrstvě, což má tu výhodu, že se částice na nich nezachycují a nemění tudíž jejich přestupové parametry. Rovněž dodávání tepla pomocí velmi krátkých tepelných impulsů zabráňuje napékání částic na tepelném zdroji. Sondou je tedy možno měřit rozdělení rychlostí v tekutých médiích, jako jsou například kromě čistých kapalin a plynů různé emulze, suspenze, biologicky aktivní suspenze, vícefázová média s plynnou fází, newtonské kapaliny atd., tedy všechna, kromě suspenzí s pevnými částicemi, jejichž charakter by způsoboval abrazi materiálu sondy.

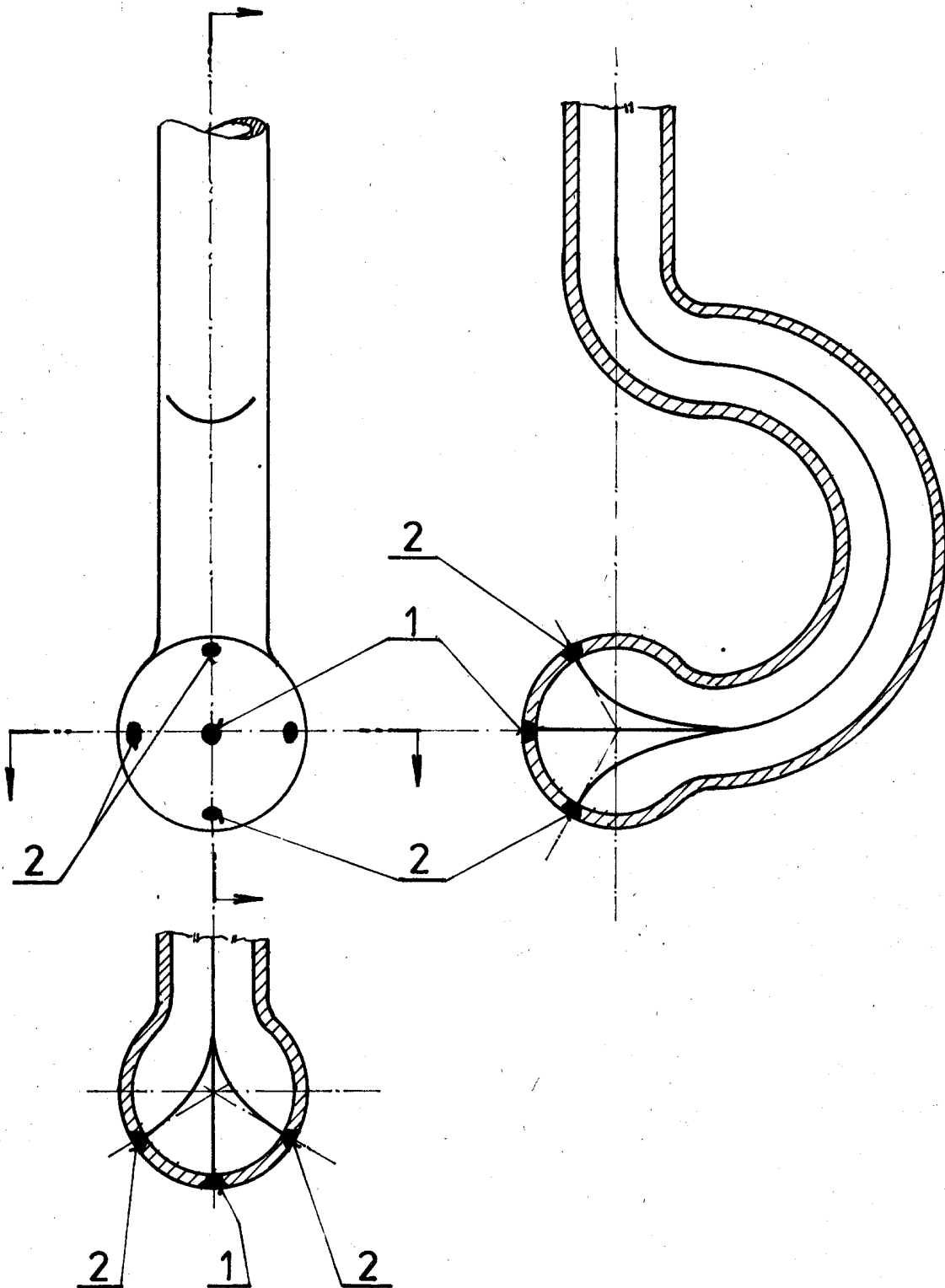
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Sonda pro měření vektorů místních rychlostí tekutých médií, sestávající ze žhaveného elementu a tepelného čidla, které jsou umístěny v dané vzdálenosti v proudu měřeného tekutého média, vyznačená tím, že žhavený element (1) a tepelné čidlo (2) jsou umístěny na obtékané sondě v místě neodtržené mezní vrstvy a lícují s pláštěm sondy.

2 listy výkresů



Obr. 1



Obr. 2.