



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

217722
(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
G 01 K 7/02

(22) Přihlášeno 27 12 79
(21) (PV 9379-79)

(40) Zveřejněno 28 05 82

(45) Vydáno 15 02 85

(75)
Autor vynálezu ČÁSLAVA FRANTIŠEK ing., BRNO

(54) Zařízení pro indikaci lokálních hodnot součinitele přestupu tepla

1

2

Vynález se týká zařízení pro indikaci lokálních hodnot součinitele přestupu tepla, zejména z povrchu trubek výměníku tepla, popřípadě jeho modelů.

Účelem vynálezu je zajišťovat snadno a levně hodnoty součinitele přestupu tepla v libovolně zvoleném místě uvažovaného výměníku tepla, nejlépe na geometricky podobném funkčním modelu, který je výrobně levnější. Odpadá potřeba zvláštního zdroje tepelného toku chladičem či jeho modelem a vystačí se s jedním zdrojem vyvíjení průtoku chladiva vně trubek a nahradí se drahé speciální plošné snímače, zkreslující svými přírůdky tepelněhydraulické poměry u proměřovaných výměníků.

Uvedeného účelu se dosáhne tím, že se k měření použije zařízení sestávající z kovového měřicího tělesa opatřeného na povrchu termočlánekem a uvnitř elektrickým topným tělesem. Měřicí těleso je umístěno mezi dvěma obdobnými tělesy, kompenzujícími ztrátový tepelný tok. Součinitel přestupu tepla se stanoví z přiváděného tepelného toku do měřicího tělesa, jeho povrchu a teplotního spádu mezi tímto povrchem a okolo proudícím chladivem.

Vynález se týká zařízení pro indikaci lokálních hodnot součinitele přestupu tepla, zejména z povrchu trubek výměníku tepla, popřípadě jeho modelů.

Znamé metody zjišťování tepelných poměrů u trubkových výměníků tepla se vyznačují jednou základní společnou vlastností, a to, že mohou být aplikované pouze na skutečném vyrobeném výměníku, popřípadě na některé z jeho funkčních částí. V určitém místě obvodu trubkového výměníku musí být vždy umístěn zdroj tepelného toku představující skutečné ztráty odváděné trubkovým výměníkem tepla. Stávající metody měření tepelných poměrů se tedy doposud uplatňují buď přímo na zatíženém stroji, například na elektrickém stroji točivém opatřeném trubkovým výměníkem tepla, nebo na speciálním zařízení simulujícím termodynamické poměry ve výměníku tepla při jeho provozování, tzv. aerodynamickém tunelu, který je pro vyvozování tepelného toku odpovídající skutečným ztrátám ve stroji, opatřen topným tělesem. V obou uvažovaných případech měření jsou získávány pouze hodnoty celkového tepelného toku převáděného výměníkem tepla. Je jisté, že pro další optimalizační proces návrhu strojních zařízení zaměřený na docílení maximálních hodnot výstupních parametrů při minimalizaci zastavovacích rozměrů zařízení je potřebné se více podrobněji zabývat i místními poměry ve výměnících tepla tak, aby jeho převáděný tepelný výkon, související s procesem optimalizace termodynamických procesů přestupu tepla, byl co největší.

Tento cíl současně a užívané metody zjišťování hodnot tepelných poměrů ve výměnících tepla nezaručují hned z několika důvodů. Jednak tedy umožňují pouze zjistit celkovou hodnotu převáděného tepelného toku, přičemž je vždy potřeba provádět měření buď na skutečném zařízení opatřeném výměníkem tepla, nebo na náhradním modelu stejných rozměrů jako uvažované zařízení, popřípadě části tohoto modelu a k tomuto účelu bude vždy nutné vyvozovat takovou hodnotou tepelného toku, odpovídající skutečným provozním poměrům zařízení. Tepelný tok je v těchto případech tedy představován buď přímo, a to plně skutečným provozním podmínkám odpovídajícím zatížením daného zařízení, například elektrického stroje točivého opatřeného trubkovým výměníkem tepla nebo nepřímo prostřednictvím topného tělesa, vyvozujícího potřebný tepelný tok u zařízení simulujících skutečné termodynamické stavy ve výměníku tepla. U stávajících metod prakticky nelze zjišťovat hodnoty přestupu tepla v určitém zvoleném místě teplosměnného povrchu výměníku tepla s ohledem na to, že dosud převážně užívané speciální snímače, alfametry pro měření hodnoty přístupu tepla na určitém místě povrchu trubek výměníku tepla se obtížně uchycují na zakřive-

ných plochách, přičemž pro získání objektivních poznatků o skutečných fyzikálních termodynamických poměrech ve výměníku tepla, ke kterým je nutné užití většího počtu těchto snímačů, je třeba v každém případě korigovat výsledky měření získané pomocí alfametrů s ohledem na jejich objem zaujímající ve funkčním prostoru výměníku tepla a rovněž s ohledem na objem a způsob uspořádání vývodů alfametrů ve výměníku, které současně s vlastními rozměry alfametrů ovlivňují charakter proudění chladiva ve výměníku tepla. V určitých speciálních případech se pro získání hodnot součinitele přestupu tepla uplatňuje metoda využívající aplikaci tepelného etalonu, tj. předem zahřátého měrného tělesa s obrysovým tvarem ve tvaru trubky chladiče, u kterého se prostřednictvím průběhu ochlazovací křivky vyhodnocuje hodnota součinitele přestupu tepla. Pro objektivní charakter výsledků je třeba zajistit požadavek izotermického charakteru ochlazování tepelného etalonu, což je hlavním limitujícím faktorem pro stanovení vnějších rozměrů etalonu. Tento faktor současně limituje i jeho užití u velkých trubkových výměníků tepla, kdy požadavek izotermického charakteru průběhu ochlazovací křivky tepelného etalonu je u délkově rozměrných chladičích kanálů velmi obtížně splnitelný. V praxi se potvrdilo, že efektivní užití tepelného etalonu je možné pouze u výměníků tepla, u kterých se rozměr chladičích kanálů, resp. trubek pohybuje řádově v centimetrech, max. v decimetrech. V souhrnu lze tedy konstatovat, že uvedené skutečnosti představují podstatné nevýhody stávajících metod zjišťování tepelných poměrů u výměníků tepla tím, že jsou jednak charakterizovány menší mírou objektivnosti získaných výsledků měření a rovněž kladou značné nároky na odbornou zkušenost a zručnost obsluhy při samotném průběhu měření a vyhodnocování výsledků měření. Ve svém komplexu se pak všechny známé metody jeví jako časově dosti zdoluhavé.

Uvedené nevýhody jsou odstraněny zařízením pro indikaci lokálních hodnot součinitele přestupu tepla, jehož podstata spočívá v tom, že tepelně izolujícím nosičem je nesené duté kovové měřicí těleso stejného obvodu jako měřený člen, uzavřené na koncích čelními stěnami a opatřené uvnitř prvním elektrickým topným tělesem, jako zdrojem tepelného toku představujícího měrné ztráty, spojeným s indikačním přístrojem topného příkonu, měřicí těleso je umístěno mezi s ním sousedícími kompenzačními tělesy, s výhodou s ním stejného konstrukčního a materiálového provedení, přičemž kompenzační tělesa jsou od měřicího tělesa tepelně odizolována a jsou opatřena druhými elektrickými topnými tělesy, jako zdroji tepelného toku pro kompenzaci ztrátového tepelného toku vystupujícího z čel-

ních stěn měřicího tělesa, měřicí těleso je ve svém povrchu opatřeno alespoň jedním prvním termočlánkem, s výhodou napojeným na alespoň jeden indikační přístroj termoelektrického napětí, a čelní stěny měřicího tělesa a k nim přivrácené čelní stěny kompenzační těles jsou opatřeny druhými termočlánky, napojenými na alespoň jeden indikační přístroj termoelektrického napětí.

U zařízení pro indikaci lokálních hodnot součinitele přestupu tepla podle vynálezu lze výhody spatřovat v tom, že jeho prostřednictvím lze podle potřeby zjistit hodnotu součinitele přestupu tepla v libovolně zvoleném místě uvažovaného výměníku tepla. Přitom pro získání objektivních poznatků o reálných tepelných poměrech není vůbec nutné provádět měření na skutečně vyrobeném výměníku tepla, nýbrž zcela postačí provést měření na geometricky podobném funkčním modelu, pro jehož vyrobení budou evidentně menší pořizovací náklady. Rovněž se současně ušetří náklady na zařízení, vyvozující potřebný tepelný tok. V případě použití zařízení podle vynálezu nebude třeba vůbec použít zvláštního zdroje tepelného toku procházejícího chladičem nebo jeho modelem. Rovněž se vystačí pouze s jedním zdrojem vyvíjení průtoku chladiva vně trubek výměníku tepla. Podstatnou výhodou je třeba spatřovat také v tom, že výrobní náklady na zhotovení zařízení podle vynálezu budou podstatně nižší, než při použití speciálních snímačů, alfametrů. Při použití maket výměníků tepla je možné prostřednictvím představitelných přepážek a za použití předmětného zařízení pro indikaci lokálních hodnot součinitele přestupu tepla snadno optimalizovat proces vývoje nejvhodnějšího řešení konstrukce reálného výměníku tepla s ohledem na maximální odvod tepla z funkčních částí provozovaného zařízení, například elektrického stroje točivého opatřeného výměníkem tepla.

Na připojeném výkrese je znázorněn příklad provedení zařízení pro indikaci lokálních hodnot součinitele přestupu tepla podle vynálezu, přičemž na výkrese je schematicky znázorněno možné uspořádání zařízení v podélném řezu.

Zařízení pro indikaci lokálních hodnot součinitele přestupu tepla podle vynálezu je tvořeno tepelně izolujícím nosičem 1, který nese duté kovové měřicí těleso 2, zhotovené například z mosazi stejného obvodu jako měřený člen, trubka nebo chladič kanál trubkového výměníku tepla, nebo geometricky podobného modelu. Z výkresu je patrné, že měřicí těleso 2 je opatřeno uvnitř prvním elektrickým topným tělesem 4 jako zdrojem tepelného toku představujícího měrné tepelné ztráty. Pro indikaci nastavení hodnoty tepelného toku je v obvodu prvního elektrického topného tělesa 4 zapojen indikační přístroj topného příkonu 5 v konkrétním, na výkrese naznačeném

případě je indikační přístroj topného příkonu 5 představován měřičem napětí a měřičem proudu, s ohledem na docílení maximální přesnosti nastavení hodnoty topného příkonu, jehož hodnoty budou poměrně nízké. Měřicí těleso 2 je umístěno mezi s ním souosými kompenzačními tělesy 6, která jsou v naznačeném příkladě provedení stejně tělesně vytvořená. Jejich tělesné vytvoření bude vždy odpovídat skutečnému tvaru trubky nebo kanálu ve zvoleném místě indikace lokálních hodnot součinitele přestupu tepla. Tento teoretický předpoklad je v praxi jednoduše splnitelný, jelikož trubky nebo chladič kanály jsou převážně provedeny se stejným profilem přes celý jejich axiální rozměr. Kompenzační tělesa 6 jsou od měřicího tělesa 2 tepelně odizolována z důvodu vytvoření spolehlivě měřitelného teplotního spádu mezi čelními stěnami 3 měřicího tělesa 2 a čelními stěnami 7 kompenzačního tělesa 6. U uvedeného zařízení je tepelně odizolování realizováno prostřednictvím tepelně izolačních vložek 9.

Kompenzační tělesa 6 jsou uvnitř opatřena druhými elektrickými topnými tělesy 8 jako zdroji tepelného toku pro kompenzaci ztrátového tepelného toku vystupujícího z čelních stěn 3 měřicího tělesa 2. Pro zjišťování teploty vnějšího povrchu měřicího tělesa 2 je měřicí těleso 2 opatřeno ve svém povrchu nejméně jedním prvním termočlánkem 10, jehož vývody se připojí na alespoň jeden indikační přístroj 12 termoelektrického napětí. Pro docílení přesné kompenzace ztrátového tepelného toku vystupujícího z čelních stěn 3 měřicího tělesa 2 a tím nastavení patřičných hodnot kompenzačního tepelného toku vyvíjeného druhými elektrickými topnými tělesy 8 uvnitř kompenzačních těles 6, jsou čelní stěny 3 měřicího tělesa 2 a k nim přivrácené čelní stěny 7 obou kompenzačních těles 6 opatřeny druhými termočlánky 11, které jsou obecně připojeny na alespoň jeden indikační přístroj 12 termoelektrického napětí. U příkladného provedení zařízení pro indikaci lokálních hodnot součinitele přestupu tepla podle vynálezu jsou oba druhé termočlánky 11, z nichž jeden je uspořádán v čelní stěně 3 měřicího tělesa 2 a druhý je uspořádán v přivrácené čelní stěně 7 kompenzačního tělesa 6, připojeny k jednomu z indikačních přístrojů 12 termoelektrického napětí v sérii, se vzájemnou opačnou polaritou. Při předpokladu, že oba druhé termočlánky 11 jsou stejně tělesně vytvořeny, pak stav kompenzace ztrátového tepelného toku vystupujícího z čelních stěn 3 měřicího tělesa 2 je pro uvedený způsob zapojení obou druhých termočlánků 11 indikován nulovou hodnotou termoelektrického potenciálu, indikovaného indikačním přístrojem 12 termoelektrického napětí.

Nosič 1, jehož prostřednictvím jsou měřicí těleso 2 a kompenzační tělesa 6 zavá-

děna do zvoleného místa výměníku tepla, se zhotovuje podle skutečného vytvoření trubek nebo chladicích kanálů výměníků tepla. Na výkrese je znázorněno jedno z řešení nosiče **1**, kdy tento je tvořen dvěma dutými nosnými tyčemi **13** z tepelně izolačního materiálu, vytvořenými o stejném průměru jako měřicí těleso **2** a kompenzační těleso **6**. Nosné tyče **13** jsou připevněny ke krajním čelním stěnám **7** obou kompenzačních těles **6**. Z důvodů zachování tvaru teplosměnných ploch u zařízení pro indikaci tepla podle vynálezu a nezkreslení tepelněhydraulických poměrů v okolí těchto povrchů a z důvodů zpřesnění měření, jsou přívody k prvnímu elektrickému topnému tělesu **4** ke druhým elektrickým topným tělesům **8**, jakož i k prvním termočláncům **10** a ke druhým termočláncům **11** s výhodou vyvedeny dutým tepelně izolačním nosičem **1** na svorkovnici či konektor, ke kterému se pak připojují příslušné elektrické přístroje.

Vlastní hodnoty lokálních hodnot součinitele přestupu tepla v libovolně zvoleném místě výměníku tepla se stanoví ze známého vztahu pro součinitel přestupu tepla, kde platí

$$\alpha = \frac{P}{\Delta \theta \cdot F}$$

kde

α je součinitel přestupu tepla,

$P = U \cdot I$ je přiváděný tepelný tok do měřicího tělesa **2**, přičemž ve vztahu pro tepelný tok symbol U definuje přiložené napětí a symbol I definuje proud protékající prvním elektrickým topným tělesem **2** a dále

$\Delta \theta$ je teplotní gradient mezi teplotou povrchu měřicího tělesa **2**, indikovanou alespoň jedním prvním termočláncem **10** a teplotou vně měřicího tělesa **2** proudícího chladiva a

F je teplosměnná plocha daná vnějším povrchem měřicího tělesa **2**.

Zařízení podle vynálezu pracuje tak, že se nosičem **1** zavede do prostoru, v němž se bude zjišťovat místní hodnota součinitele přestupu tepla. Vinutí prvního elektrického topného tělesa **4** i druhých topných elektrických těles **8** se připojí na zdroj elektrického proudu a regulováním elektrického příkonu do jednotlivých druhých elektrických topných těles **8** se vykompenzuje ztrátový tepelný tok, odváděný jednotlivými čelními stěnami **3** měřicího tělesa **2** na nulovou hodnotu. Tento tepelně rovnovážný stav je indikován stejnými hodnotami teplot druhých termočlánců **11** v jednotlivých sousedních čelních stěnách **3** a **7** měřicího a kompenzačních těles **2** a **6** a v případě zapojení obou druhých termočlánců **11** sousedních čelních stěn **3** a **7** v sérii se vzájemně opačnou polaritou, k indikačnímu přístroji **12** termoelektrického napětí, bude tento indikovat nulovou výchylku. To znamená, že obě sousední čelní stěny **3** a **7** měřicího a kompenzačního tělesa **2** a **6** mají stejné teploty, nulový teplotní spád, neprochází jimi v tomto směru žádný tepelný tok a veškerý přiváděný výkon do prvního elektrického topného tělesa **4** se odvádí povrchem měřicího tělesa **2** do okolního chladicího prostředí. Ze známé hodnoty tohoto tepelného toku měřeného indikačním přístrojem topného příkonu **5**, známé teploty povrchu měřicího tělesa **2**, měřené prvními termočlánci **10**, známé teploty okolního chladicího prostředí, kterou lze stanovit např. také termočlánci a známé velikosti povrchu měřicího tělesa **2** se stanoví hodnota součinitele přestupu tepla α podle již uvedeného vztahu.

Tato principiálně jednoduchá metoda indikace lokálních hodnot součinitele přestupu tepla umožní indikovat tepelné poměry v kterémkoliv zvoleném místě výměníku tepla, čímž bude možné navrhovat optimální konstrukční řešení výměníků tepla s ohledem na maximální odvod tepla z funkčních částí zařízení opatřených trubkovými výměníky tepla.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Zařízení pro indikaci lokálních hodnot součinitele přestupu tepla, zejména z povrchů trubek výměníků tepla, popřípadě jeho modelů, založené na principu vyhodnocování tohoto součinitele ze změřené hodnoty tepelného toku, vystupujícího z teplosměnného povrchu, teploty tohoto povrchu a teploty jeho okolí, při použití přídavných elektricky vytápěných topných těles pro kompenzaci ztrátového tepelného toku, jejichž příkon je regulován na základě údajů termočlánků, měřících teplotní spád mezi k sobě přilehlými stěnami těchto topných kompenzačních těles a měrného tělesa, vyznačující se tím, že nosičem (1) je neseno duté kovové měřicí těleso (2) stejného obvodu jako měřený člen, uzavřené na koncích čelními stěnami (3) a opatřené uvnitř prvním elektrickým topným tělesem (4), jako zdrojem tepelného toku představujícího měrné ztráty, spojeným s indikačním přístrojem topného příkonu (5), měřicí těleso (2) je umístěno mezi s ním souosými kompenzačními tělesy (6), přičemž kompenzační tělesa (6) jsou od měřicího tělesa (2) tepelně odizolována a jsou opatřena dru-

hými elektrickými topnými tělesy (8), jako zdroji tepelného toku pro kompenzaci ztrátového tepelného toku vystupujícího z čelních stěn (3) měřicího tělesa (2), měřicí těleso (2) je ve svém povrchu opatřeno nejméně jedním prvním termočlánkem (10) napojeným na alespoň jeden indikační přístroj (12) termoelektrického napětí a čelní stěny (3) měřicího tělesa (2) a k nim přivrácené čelní stěny (7) kompenzačních těles (6) jsou opatřeny druhými termočlánky (11), napojenými na nejméně jeden indikační přístroj (12) termoelektrického napětí.

2. Zařízení podle bodu 1, vyznačující se tím, že nosič (1) je tvořen dvěma dutými nosnými tyčemi (13) o stejném průměru jako měřicí těleso (2), souose připevněnými ke krajním čelním stěnám (7) kompenzačních těles (6).

3. Zařízení podle bodu 1, vyznačující se tím, že oba druhé termočlánky (11) jsou k indikačnímu přístroji (12) termoelektrického napětí zapojeny v sérii se vzájemně opačnou polaritou.

1 list výkresů

