

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLového
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **07.02.2011**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **30.03.2011**
(Věstník č. 13/2011)

(21) Číslo dokumentu:

2011-71

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

G03G 21/00 (2006.01)

G03G 21/14 (2006.01)

F24H 1/22 (2006.01)

F28G 7/00 (2006.01)

(71) Přihlašovatel:

Ústav Termomechaniky AV ČR, v.v.i., Akademie věd
České republiky, Praha 8, CZ
Vackář Jiří RNDr. CSc., Praha 6, CZ
Chládek Martin, Zdiby, CZ
Skružný Marek, Praha 8, CZ

(72) Původce:

Vackář Jiří RNDr., CSc., Praha 6, CZ
Chládek Martin, Zdiby, CZ
Skružný Marek, Praha 8, CZ
Plešek Jiří Ing., CSc., Praha 10, CZ

(74) Zástupce:

Ing. Jaroslav Novotný, Římská 45/2135, Praha 2, 12000

(54) Název přihlášky vynálezu:

Způsob zabránění námrazy

(57) Anotace:

Při způsobu zabránění námrazy se do teplosměnných komponent ochlazované konstrukce, které jsou ve styku s ovzduším, zavedou ultrazvukové vlny, přičemž další časový průběh a intenzita působení zdroje ultrazvuku se optimalizuje na základě vyhodnocení lokálních fyzikálních podmínek pro tvorbu námrazy. Způsob zabránění námrazy se provádí také tak, že frekvence ultrazvukových vln, působících na teplosměnné komponenty na nichž má být zabráněno vzniku námrazy, se zvolí v pásmu, které vyvolá rezonanci povrchu těchto komponent. Způsob zabránění námrazy se provádí rovněž tak, že frekvence ultrazvukových vln, působících na teplosměnné komponenty na nichž má být zabráněno vzniku námrazy, se zvolí s ohledem na vlastnosti chemické vazby mezi teplosměnným povrchem a vznikající námrazou; případně s ohledem na vlastnosti chemické vazby mezi hydrofobizující vrstvou a námrazou, je-li teplosměnný povrch takovou vrstvou opatřen.

Způsob zabránění námrazy

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu zabránění tvorby námrazy na ochlazovaných konstrukcích pomocí ultrazvukových vln, například na venkovních výměnících tepelných čerpadel.

Dosavadní stav techniky

Použití ultrazvukových vln, šířících se konstrukcí, pro zabránění tvorby námrazy na konstrukcích vystavených vzdušné vlhkosti se v oblasti techniky nevyskytuje. Námraza na výměnících se odstraňuje například tak, že se u tepelných čerpadel cyklicky přepíná reverzní chod, kterým se výměník ohřeje a námraza odtaje. Tím však dochází ke značným ztrátám energie. Navíc dochází k postupnému snižování účinnosti v celém cyklicky se opakujícím procesu, protože tvořící se námraza zhoršuje přestup tepla. Mechanické odstraňování námrazy nízkofrekvenčními vibracemi se používá v letectví. Tento způsob však nelze použít u některých konstrukcí, například jemných lamel výměníků, pro riziko mechanického poškození.

V minulosti bylo zaregistrováno několik patentů, které navrhuji rozechřívání námrazy v různých aplikacích za pomoci ultrazvuku, které však nedošly praktického naplnění a nelze je považovat za realizovatelné, protože vykazují základní nedostatky v respektování fyzikálních zákonů.

Například japonský patent z roku 2006, JP 2006200334, navrhuje rozechřívání sněhu a ledu ultrazvukem na vodovodních trubkách, na povrchu vozovek a u automobilových skel. Tento patent ignoruje skutečnost, že pro uvolnění meziatomových vazeb celé krystalové struktury ledové vrstvy je nutné do struktury přenést fyzikálními zákony determinované množství kinetické (vibrační) energie, a že tento proces za pomoci ultrazvuku bude energeticky stejně náročný nebo náročnější, než kdyby bylo stejného cíle dosaženo klasickým tepelným ohřevem. Navíc tento patent ignoruje praktickou nerealizovatelnost efektivního vedení ultrazvuku některými materiály (např. živičnou vrstvou vozovky), otázky vedení a rovnoměrné distribuce ultrazvukové energie a nutnost použití nebezpečně vysokých hustot ultrazvukové energie.

Japonský patent z roku 2009, JP 2009018604, navrhuje využití ultrazvuku proti námraze na podvozcích železničních vozidel. Ve skutečnosti však řeší pouze odstraňování námrazy z kapotáže podvozku a pro deklarovaný účel nemá praktický význam.

Patent US 5475530 z roku 1995 navrhuje využití vibrací pro odstraňování cizích substancí ze skel automobilových zrcátek, jako např. kapek vody, ledu a námrazy. K rozehrátí a uvolnění ledu však současně využívá klasického ohřevu odporovým tepelným členem. Stejně jako předchozí dva patenty, neřeší otázku optimální frekvence vibrací.

Patent US 2008271730 navrhuje ultrazvukové rozmrazování v potravinářských a medicínských aplikacích. Jako jediný z uvedených patentů řeší otázku vedení ultrazvuku, a to sice vodní lázní (rozehríváním pod vodou). Navrhuje využití širokopásmových ultrazvukových zdrojů, což pro biologické vzorky může mít opodstatnění.

Poslední uvedený patent US 2008271730 nelze s předloženým vynálezem dobře porovnávat, protože je orientován ke zcela odlišné třídě aplikací. Pro cíle předloženého vynálezu, tj. zabránění námrazy na teplosměnných plochách výměníků, je nevyužitelný (výměník není biologický vzorek, nemůže být např. ponořen do vody).

Podstata vynálezu

Uvedené nedostatky eliminuje způsob zabránění námrazy podle tohoto vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že do komponent ochlazované konstrukce, které nesou teplosměnné plochy a jsou ve styku s ovzduším, například teplosměnných lamel, se zavedou ultrazvukové vlny, přičemž další působení ultrazvuku, specificky jeho časový průběh a intenzita, se optimalizuje na základě vyhodnocení lokálních fyzikálních podmínek pro tvorbu námrazy.

Fyzikálními podmínkami se rozumí vektorové pole proudění vzduchu v okolí konstrukce, rozložení teplot a relativní vlhkosti a rozložení konvektivních a radiačních tepelných toků. Tyto veličiny jsou determinovány jednak atmosférickou situací a jednak místními podmínkami, jako jsou utváření terénu v okolí a z toho plynoucí termicko-radiační bilance lokality, převládající lokální atmosférické konvektivní efekty, fyzikální parametry podloží, zejména tepelná kapacita, vodivost, nasákavost, vzlinavost a další. Pro optimální nastavení je proto nezbytné, aby samooptimalizující řídicí algoritmus byl naprogramován tak, že upravuje provozní parametry pro každou instalaci výměníku a provozní situaci.

Časový průběh působení v pulsním režimu se optimalizuje vzhledem k velikosti odstraňovaných mikrokystalů, tak, aby byly bezpečně odnášeny prouděním vzduchu z teplosměnných ploch.

Způsob zabránění námrazy se provádí také tak, že frekvence ultrazvukových vln, působících na teplosměnné komponenty konstrukce, na nichž má být zabráněno vzniku námrazy, se zvolí v pásmu, které vyvolá rezonanci těchto komponent.

Způsob zabránění námrazy se provádí také tak, že frekvence ultrazvukových vln, které působí na teplosměnné komponenty konstrukce, na nichž má být zabráněno vzniku námrazy, se zvolí s ohledem na vlastnosti chemické vazby mezi povrchem teplosměnných ploch a vznikající námrazou; případně s ohledem na vlastnosti chemické vazby mezi hydrofobizující vrstvou snižující adhezi námrazy a námrazou, je-li povrch teplosměnných ploch takovou vrstvou opatřen. Informace o vlastnostech chemické vazby lze získat výpočtem, měřením, případně vyhledáním již existujících výpočtů a měření v odborné literatuře. Hydrofobizace povrchu se realizuje známými způsoby, například teflonem, přípravky na bázi silikonu nebo samoorganizující se monomolekulární organickou hydrofobizující vrstvou (self-assembled monolayer – SAM).

Výhodou způsobů zabránění námrazy podle tohoto vynálezu je to, že uvedené způsoby eliminují nutnost cyklického odstraňování vzniklé námrazy za cenu energetických ztrát. V případě výměníků navíc tím, že udržují teplosměnné plochy trvale bez námrazy, eliminují cyklicky vznikající námrazu, která brání přestupu tepla. Obojím, tj. eliminováním nutnosti opakovaného rozmrazování i trvalým udržováním teplosměnných ploch bez námrazy, se zvyšuje účinnost.

V porovnání s třemi uvedenými patenty JP 2006200334, JP 2009018604 a US 5475530 řeší předložený vynález kvalitativně náročnější úkol: totiž zabránění námrazy na aktivně ochlazované komplikované lamelové konstrukci, např. výměníku tepelného čerpadla, a nikoliv pouze samovolně vznikající námrazy na prostém povrchu vlivem atmosférických podmínek. Dále předložený vynález obsahuje novou kvalitu v otázce energetické efektivity, tím, že nerozehřívá meziatomové vazby ve struktuře ledu, ale pouze vazby mezi námrazou a teplosměnným povrchem. Na rozdíl od uvedených patentů obsahuje metodu, jak stanovit optimální, energeticky nejvýhodnější frekvence a časový průběh působení ultrazvuku za pomoci fyzikálních zákonů.

Příklady provedení vynálezu

Příklad 1

Venkovní výměník, zařazený v primárním okruhu tepelného čerpadla otopného systému o výkonu 24 kW, opatřený ventilátory o celkovém výkonu 200 W, s tenkostěnnými hliníkovými lamelami o teplosměnné ploše 40 m², vnějších rozměrů 1400x800x380 mm, je orientovaný horizontálně, s vertikální orientací lamel. Lamely jsou propojeny potrubím, jímž protéká teplosměnné médium, a navíc nosným svařovaným rámem z hliníkových profilů.

Způsob zabránění námrazy se provádí tak, že rám se v nosných bodech opatří čtyřmi ultrazvukovými piezoelektrickými měniči o frekvenci 25 MHz s regulovatelným výkonem max. 10 W v rozsahu 50 dB. Akustický kontakt měničů na konstrukci zajišťuje přenos ultrazvukových vln konstrukcí na teplosměnné plochy. Celkový výkon měničů a časový průběh jejich aktivity v případném pulsním režimu se operativně upravuje inteligentní programovatelnou řídicí jednotkou podle zpětné vazby ze senzorů tvorby námrazy a fyzikálních podmínek pro tvorbu námrazy, například podle údajů čidel teploty a relativní vlhkosti. Měníče jsou mezi sebou elektronicky synchronizovány. Silentbloky z pěnové pryže v závěsech výměníku brání nežádoucímu přenosu ultrazvuku do vnějšího pláště a nosné konstrukce.

Obecně platí a z fyzikální podstaty jevu tvoření námrazy vyplývá, že s klesající teplotou, rostoucí relativní vlhkostí a rostoucím předávaným tepelným tokem přes teplosměnné plochy, tj. s klesajícím rozdílem mezi teplotou výměníku a rosným bodem, se zvyšuje výkon ultrazvuku potřebný k zabránění námrazy a doba jeho působení v případném cyklickém/pulsním provozním režimu. V popisovaném příkladu je použita inteligentní řídicí jednotka s algoritmem optimalizujícím průběžně provozní parametry tak, aby výkon ultrazvukových měničů byl minimalizován. V praxi to znamená, že řídicí jednotka snižuje výkon až na hranici, kdy senzory zaregistrují tvorbu námrazy, poté výkon postupně zvyšuje s konstantní logaritmickou derivací o dynamicky určený faktor $(1+\delta)$ až k vymizení námrazy a hodnoty fyzikálních veličin ze senzorů uloží do paměti. Řídicí algoritmus matematicky zpracovává uložené hodnoty jako body v mnohodimenzionálním prostoru, kde údaj každého z čidel tvoří jednu dimenzi. Na základě interpolace uložených hodnot nashromážděných za dobu provozu od posledního resetu jednotky, procesor stanovuje výchozí hodnoty optimalizační procedury pro podmínky ležící mimo uložené body.

Kromě zmíněných základních fyzikálních parametrů závisí optimální nastavení na mnoha faktorech, jako je např. utváření terénu v okolí a z toho plynoucí termicko-radiační bilanci lokality, převládajících lokálních atmosférických konvektivních efektech, fyzikálních parametrech podloží, zejména tepelné kapacity, vodivosti, nasákavosti, vzlínivosti a dalších. Pro optimální nastavení je proto nezbytné, aby samooptimalizující řídicí algoritmus neprogramován tak, že upravuje provozní parametry pro každou instalaci výměníku a provozní situaci.

Příklad 2

Výměník je stejného typu a ve stejné situaci jako v příkladu 1. Tenkostěnné lamely mají vlastní experimentálně zjištěnou rezonanční frekvenci 2860 Hz. Pro zabránění námrazy se využije budící vlna o násobku této frekvence, která vytvoří na povrchu lamel stojaté vlny. V tomto příkladu se volí piezoelektrické měniče pro násobek 99, tj. 283140 Hz. Rezonance lamel brání vzniku námrazy.

Volba konkrétního násobku základní rezonanční frekvence se provádí tak, aby ležela v pásmu vhodném z hlediska hygienických norem, komerční dostupnosti ultrazvukových měničů a namáhání konstrukce v místech spojů. Volba násobku frekvence, včetně volby lichého/sudého násobku, a fázové posunutí kmitů přicházejících od jednotlivých synchronizovaných měničů určují geometrii rezonančních obrazců, což ovlivňuje mj. i síly a momenty sil ve spojích lamel s nosnými prvky, což je podstatné pro trvanlivost konstrukce.

Příklad 3

Výměník je stejného typu a ve stejné situaci jako v příkladu 1. Lamely jsou na povrchu opatřeny teflonovou vrstvou. Pro zabránění námrazy se frekvence ultrazvukových vln sladí s vlastní rezonanční frekvencí vazby vznikající při tvorbě námrazy mezi povrchem z teflonového polymeru a molekulou kondenzátu H_2O . Tím se vznikající vazba mezi kondenzátem a povrchem naruší okamžitě poté, co je vytvořena, a tím dojde k zabránění vytvoření námrazy na povrchu lamely. Jsou použity piezoelektrické měniče s laditelnou frekvencí v rozsahu 10 až 200 MHz a výkonem max. 1 W nastavitelným v rozsahu 50 dB ve dvojnásobném počtu, tj. 8 ks. Elektronická budicí jednotka měničů je vybavena zpětnou vazbou stabilizující vyzařovaný výkon a poskytující inteligentní řídicí jednotce informaci o míře absorpce výkonu. Řídicí jednotka, navíc k funkcím uvedeným v příkladu 1, optimalizuje frekvenci ultrazvuku podle maximální míry absorpce při pozitivní hodnotě signálu senzoru

informujícího o tvorbě námrazy. Časový průběh působení v pulsním režimu nastavuje řídicí jednotka na základě optimalizace velikosti odstraňovaných mikrokystalů, tak, aby střední hodnota velikosti krystalů byla 0,05 mm.

Vazba mezi atomy obecně, ať už v molekule, krystalu, mezi povrchem a adsorbátem apod., je tvořena elektronovými stavy, které lze analyzovat teoreticky pomocí počítačových simulací a matematického formalismu kvantové teorie i experimentálně zkoumat pomocí různých metod, např. spektroskopických. Vazba se chová, velmi zjednodušeně řečeno, jako pružina. Mírné přiblížení atomů stejně jako jejich oddálení způsobí zvýšení celkové (vnitřní) energie systému a vyvolá sílu, která vrací vazbu do rovnovážné polohy. Oddálení atomů přes určitou mez způsobí rozdělení elektronového „oblaku“ a vymizení síly mezi atomy. V rámci přirovnání k pružině by se dalo říci, že pružina se přetrhla.

Vlastní rezonanční frekvence vazby je dána silou vracející atomy do rovnovážné polohy a jejich hmotností, podobně, jako u kmitajícího závaží na pružině. Při měření nebo výpočtu rezonančních frekvencí se ukazuje, že rezonanční, tzv. fononové frekvence tvoří pásy, podobně jako elektronové stavy, v závislosti na vlnovém vektoru, mj. určujícím směr. Rezananční frekvence kromě toho závisí na vazbách k dalším okolním atomům, pokud jsou přítomny, na modu kmitání, tj. longitudální versus transversální vzhledem k orientaci vazby, a dalších faktorech. Pojem fononu jako částice, nezbytný pro správné pochopení vibračních stavů na mikroskopické úrovni, nelze dobře vysvětlit mimo rámec kvantové teorie.

Povrch teflonu je tvořen molekulami polymeru $-(CF_2CF_2)-$ většinou s nepravidelnou orientací. Molekula H_2O může slabě navázat na povrch přes vodíkový atom. Námraza se může tvořit v mnoha různých strukturních modifikacích, tj. vzájemné vazby molekul H_2O mohou nabývat mnoha různých geometrických uspořádání, což určují mj. atmosférické podmínky. To ovlivňuje vazbu k povrchu několika mechanismy. Rezananční frekvenci ovlivňuje i orientace CF_2 , která není na všech místech povrchu stejná, a dále ji ovlivňuje i kvalita teflonové vrstvy, tj. například příměsi, poruchy struktury a mikroskopické nerovnosti jejího povrchu.

Způsob určení vhodné ultrazvukové frekvence v daném případě je automatizované hledání lokálního maxima absorpce při dolním okraji akustického spektra, při diferenciálním odlišení signálu pocházejícího od námrazy od případných artefaktů pocházejících od konstrukce.

Časový průběh působení v pulsním režimu nastavuje řídící jednotka na základě optimalizace velikosti odstraňovaných mikrokryсталů, s ohledem na rychlost nuceného proudění vzduchu výměníkem a hustotu lamel tak, aby proud vzduchu mikrokryсталy bezpečně odnášel mimo prostor výměníku.

Příklad 4

Hydrofobizaci povrchu lze realizovat kromě teflonu i jinými známými metodami, například přípravky na bázi silikonu nebo některými typy samoorganizujících se monomolekulárních organických vrstev (self-assembled monolayer – SAM).

Uspořádání v tomto příkladu je stejné jako v příkladu 3, s tím rozdílem, že v konstrukci výměníku jsou použity namísto hliníkových lamel měděné lamely na povrchu ošetřené samoorganizující se hydrofobizující organickou monomolekulární vrstvou. Nižší adheze námrazy k povrchu se projeví nižší rezonanční frekvencí vazby mezi povrchem a molekulou vody i nižší rezonanční frekvencí vazby mezi povrchem a mikrokryсталem ledu. Tomu se přizpůsobí frekvenční rozsah použitých piezoelektrických laditelných měničů, například 2.5 až 50 MHz, a odpovídající nastavení řídící jednotky.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob zabránění námrazy, v y z n a č u j í c í s e t í m, že do komponent ochlazované konstrukce, které nesou teplosměnné plochy a jsou ve styku s ovzduším, se zavedou ultrazvukové vlny, přičemž další časový průběh a intenzita působení zdroje ultrazvuku se optimalizuje na základě vyhodnocení lokálních fyzikálních podmínek pro tvorbu námrazy.
2. Způsob zabránění námrazy podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že frekvence ultrazvukových vln, působících na teplosměnné komponenty konstrukce, na nichž má být zabráněno vzniku námrazy, se zvolí v takovém pásmu, které vyvolá rezonanci těchto komponent.
3. Způsob zabránění námrazy podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m, že frekvence ultrazvukových vln, působících na teplosměnné komponenty konstrukce, na nichž má být zabráněno vzniku námrazy, se zvolí s ohledem na vlastnosti chemické vazby mezi teplosměnným povrchem a vznikající námrazou; případně, s ohledem na vlastnosti chemické vazby mezi hydrofobizující vrstvou a námrazou, je-li teplosměnný povrch takovou vrstvou opatřen.