



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

212 097

(11) (B1)

(61)

(23) Výstavní priorita
(22) Přihlášeno 10 09 80
(21) PV 6121-80

(51) Int. Cl.³

F 28 D 15/00

(40) Zveřejněno 31 07 81
(45) Vydáno 01 12 83

(75)

Autor vynálezu HORVATH LADISLAV ing., KAMENICKÝ JAN ing.CSc., KRATOCHVÍL ARNOŠT ing.,
POLÁŠEK FRANTIŠEK ing. CSc., SCHNELLER JIŘÍ ing. DrSc. člen korespondent ČSAV,
SVOBODA MIROSLAV, ŠTULC PETR ing., PRAHA

(54)

Výměník tepla z kapilární tepelné trubice s čelním ohřevem

1

Vynález se týká výměníku tepla z kapilární tepelné trubice s čelním ohřevem, u kterého se řeší kapilární systém na vnitřním povrchu čela a způsob napojení tohoto kapilárního systému na kapilární soustavu na vnitřním povrchu pláště tepelné trubice.

V různých oblastech techniky se používají vysoce tepelně exponované stroje a zařízení, ve kterých je nutno odvádět vysoké měrné tepelné toky $q > 10^5 \text{ W.m}^{-2}$ i při nízkých teplotách, např. kolem 100°C . Jako příklad mohou být uvedeny výkonové polovodičové součástky, u kterých se neustále zvyšují výkonové parametry při přibližně stejných rozměrech. Zvyšují se tím i požadavky na odvod vznikajícího tepla při provozu polovodičových součástek. V současné době se k odvodu tepla o vysokém měrném tepelném toku používá zpravidla tří typů výměníků tepla :

První typ zastupují masivní vzduchové výměníky z materiálu o dobré tepelné vodivosti, obvykle z mědi, resp. hliníku. Výměníky mají žebrovaním zvětšenou teplosměnnou plochu na vzduchové straně, aby se zlepšil přístup tepla z výměníku do chladícího vzduchu. Předností těchto výměníků je jednoduché provedení a spolehlivost. Nevýhodou jsou velké rozměry výměníků, protože odvod tepla z výměníků závisí na jejich objemu přibližně exponenciálně. To má za následek velkou spotřebu materiálu s problémy s umisťováním např. výkonových polovodičových součástek s výměníky v zařízeních.

Druhý typ zastupují kapalinové výměníky tepla, které využívají vysokých hodnot součinitelů přestupu tepla při nuceném proudění teplotněsložného média kanály. Předností kapalinových výměníků je malý zastavěný objem, velká tepelná setrvačnost, která umožňuje krátkodobé teplotní přetížení zařízení bez znatelného vzrůstu teploty, nižší provozní teplota zařízení a nižší hlučnost proti vzduchovým výměníkům tepla. Nevýhody kapalinových chladičů jsou zvýšené pořizovací a provozní náklady nansložitý chladicí okruh a stálé nebezpečí úniku chladicí kapaliny netěsnostmi s možností elektrického zkratu.

Třetí typ zastupují uzavřené odparné výměníky tepla, využívající příznivých tepelných vlastností při fázových změnách teplotněsložných médií. Mohou být jednak v gravitačním provedení s návratem kondenzátu z kondenzační do výparné části působením zemské tíže. Tyto výměníky mohou pracovat pouze za předpokladu, že kondenzační část je umístěna nad částí výparnou. Druhý univerzální provedení je kapilární, tzv. systém tepelné trubice (heat pipe). Princip činnosti tepelné trubice spočívá v tom, že ve výparné části nastává, vlivem tepelného toku z tepelného zdroje, vypařování teplotněsložného média. Vytvořená pára proudí parním prostorem tepelné trubice do vně chlazené kondenzační části a tam kondenzuje. Latentní teplo teplotněsložného média se sdílí stěnou trubky na vnější, obvykle rozšířenou plochou opatřenou, povrch kondenzační části a dále do chladicího prostředí. V klasických kapilárních tepelných trubicích je na celém vnitřním povrchu pláště trubice vytvořena kapilární soustava, která při styku s kondenzátem teplotněsložného média vyvíjí kapilární tlak, vlivem kterého kondenzát proudí z kondenzační do výparné části tepelné trubice.

Předností výměníku tepla z tepelných trubic je velký tepelný výkon (jde o přenos latentního výparného tepla teplotněsložného média) při malém rozdílu teplot. U klasických konstrukcí výměníků tepla z kapilárních tepelných trubic se teplo ze zdroje sdílí do trubice radiálně (kolmo na osu) trubice a výparná část je tvořena úsekem pláště tepelné trubice. Zbylý úsek pláště tepelné trubice je zvnějšku chlazen a tvoří kondenzační část tepelné trubice. U nových konstrukcí výměníků tepla z kapilárních tepelných trubic s čelním ohřevem se teplo sdílí z tepelného zdroje ve směru osy tepelné trubice buď jedním nebo oběma čely tepelné trubice a čela trubice tvoří výparnou část. Plášť trubice je vně chlazen a tvoří kondenzační část tepelné trubice. Rozhodující vliv na funkci výměníků tepla z kapilární tepelné trubice s čelním ohřevem má vyřešení kapilární soustavy na čele tepelné trubice a způsob napojení této kapilární soustavy na kapilární soustavu pláště tepelné trubice. U dosavadních známých konstrukcí výměníků tepla z tepelné trubice s čelním ohřevem pro vysoké měrné tepelné výkony je kapilární soustava na čelech i plášti tvořena sintrovanými (spékanými) kovy. Nevýhodou těchto známých řešení výměníků tepla z kapilárních tepelných trubic s čelním ohřevem je skutečnost, že kapilární soustavy ze spékaného (sintrovaného) kovu mají hydraulický odpor proti proudění kapalně fáze teplotněsložného média a tím i nižší hodnoty tepelného výkonu tepelné trubice. Jak bylo experimentálně prokázáno, jsou rovněž limitní hodnoty měrných tepelných toků při vypařování teplotněsložného média ze spékaných kovů nízké.

Výše uvedené nevýhody popsaných typů jsou odstraněny výměníkem tepla podle vynálezu, jehož podstatou je takové provedení, že vnitřní povrch čel tepelné trubice je pokryt systémem drážek tvořících intenzifikovanou kapilární soustavu a mezi tímto systémem drážek

na vnitřním povrchu čel tepelné trubice a kapilární soustavou na vnitřním povrchu pláště tepelné trubice je vytvořena kapilární spojka. Kapilární spojka je tvořena kapilární mezerou nebo porézní vložkou.

Takto řešený kapilární systém na vnitřním povrchu čel tepelné trubice a jejich propojení na kapilární soustavu na plášti tepelné trubice zajišťuje účinné a rovnoměrné proudění kapalně fáze teplotnosného media, s malým hydraulickým odporem, zkondenzovaného na plášti tepelné trubice na tepelně zatěžované čelo tepelné trubice, čímž se zvyšují hodnoty kritických měrných tepelných toků při vypařování kapalně fáze teplotnosného media na čelo tepelné trubice.

Na připojených obrázcích 1 až 14 jsou zobrazeny příklady provedení výměníku tepla z tepelné trubice s čelním ohřevem podle vynálezu. Na obr. 1 je průřez výměníkem tepla, na obr. 2 je znázorněn detail kapilární mezery mezi pláštěm tepelné trubice a čelem, na obr. 3 detail uložení porézní vložky na obvodě čela, na obr. 4 detail uložení porézní vložky na čele, na obr. 5 jsou znázorněny pravoúhlé drážky, na obr. 6 jsou znázorněny trojúhelníkové drážky, na obr. 7 jsou znázorněny lichoběžníkové drážky, na obr. 8 drážky polokruhové a na obr. 9 drážky polouzavřené. Na obr. 10 je znázorněn systém protínajících se podélných a příčných drážek, na obr. 11 systém sbíhajících se drážek, na obr. 12 systém protínajících se středově soustředěných a sbíhajících se drážek, na obr. 13 systém protínajících se spirálových a sbíhajících se drážek a na obr. 14 systém protínajících se soustředěných drážek.

Výměník tepla je tvořen kapilární tepelnou trubicí (obr. 1), která se skládá z pláště 2 a dvou čel 3. Vnější povrch pláště 2 tepelné trubice má rozšířenou teplosměnnou plochu radiálními žebry 8. K plášti 2 tepelné trubice je připojena plnicí trubička 7, pomocí které se provádí odplynění vnitřního prostoru tepelné trubice, plnění teplotnosným mediem a evakuování vzduchu z parního prostoru tepelné trubice. Čela 3 tepelné trubice jsou ve styku se zdroji 9 tepla. Na vnitřním povrchu pláště 2 tepelné trubice je zhotovena kapilární soustava 1 a na vnitřním povrchu čel 3 tepelné trubice je zhotoven systém drážek 4. Napojení kapilární soustavy 1 vnitřního povrchu pláště 2 na systém drážek 4 na čele tepelné trubice je provedeno pomocí kapilární spojky 6. Kapilární spojka 6 je tvořena kapilární mezerou 10 (obr. 2) nebo porézní vložkou 11 (obr. 3 a 4). Při provozu výměníku tepla podle vynálezu se teplo z tepelného zdroje 9 sdílí vedením čelem 3 tepelné trubice ke dnu 22 drážky 12, která je naplněna kapalnou fází teplotnosného media 14. Ze dna 22 drážky 12 se teplo vede zubem 13 drážky 12 a kapalnou fází teplotnosného media 14 k mezifázovému rozhraní 15 na čele 3 tepelné trubice. U mezifázového rozhraní 15 čela 3 tepelné trubice dochází k vypařování kapalně fáze teplotnosného media 14, vzniklá pára 5 proudí z mezifázového rozhraní 15 čela 3 parním prostorem tepelné trubice do kondenzační části tepelné trubice, která je ohraničena pláštěm 2 tepelné trubice, kde nastává kondenzace proudící páry 5. Vzniklé kondenzační teplo se sdílí z mezifázového rozhraní 15 na plášti 2 tepelné trubice zubem 13 drážky 12 a kapalnou fází teplotnosného media 14, dále pláštěm 2 tepelné trubice a radiálními žebry 8 na vnějším povrchu pláště 2 do chladicího prostředí. Kapalná fáze teplotnosného media 14 se vrací z pláště 2 tepelné trubice k jejímu čelu 3 působením kapilárního tlaku, který se tvoří při styku kapalně fáze teplotnosného media 14 s kapilární soustavou 1 na vnitřním povrchu pláště 2 tepelné trubice. Rozhodující

212 097

vliv na intenzivní a rovnoměrnou distribuci kapalně fáze teplotního média 14 na čelo 3 tepelné trubice má kapilární spojka 6, která účinně a rovnoměrně propojuje kapilární soustavu 1 na vnitřním povrchu pláště 2 tepelné trubice se systémem drážek 4 na čele 3 tepelné trubice. Tato kapilární spojka 6 musí vyvíjet dostatečný kapilární tlak a její hydraulický odpor při proudění kapalně fáze teplotního média 14 musí být co nejmenší. Nejvhodnější je tudíž kapilární mezera 10 nebo vložka 11 z vhodného porézního materiálu, která vyvíjí při styku s kapalnou fází teplotního média 14 velký kapilární tlak, má malý hydraulický odpor a zároveň zajišťuje dostatečný průtok kapalně fáze teplotního média 14 z pláště 2 na čelo 3 tepelné trubice. Systém drážek 4 umožňuje dosáhnout extrémně vysokých hodnot měrných tepelných toků při vypařování kapalně fáze teplotního média 14 na čele 3 tepelné trubice. Systémy drážek 4 jsou tvořeny převedlými drážkami (obr. 5; šířka drážky a /od 0,2 do 0,8 mm/, hloubka drážky h /od 0,2 do 1,0 mm/, šířka zubů b /od 0,2 do 0,8 mm/) nebo trojúhelníkovými drážkami (obr. 6; šířka drážky a /od 0,2 do 0,8 mm/, úhel drážky α /od 30° do 60°, šířka zubů b /od 0,2 do 0,8 mm/) nebo lichoběžníkovými drážkami (obr. 7; šířka drážky a /od 0,3 mm do 0,8 mm/, úhel drážky α /od 30° do 60°, hloubka drážky h /od 0,3 do 1,0 mm/, šířka zubu b /od 0,3 do 0,8 mm/) nebo polokruhovými drážkami (obr. 8; poloměr drážky R /od 0,1 do 0,4 mm/, hloubka drážky h /od 0,2 do 1,2 mm/, šířka zubu b /od 0,4 do 1,2 mm/) a nebo polouzavřenými drážkami (obr. 9; šířka mezery a /od 0,1 do 1,2 mm/, volná polouzavřená plocha F /od 0,01 mm² do 3 mm²). Z těchto tvarů drážek 4 jsou tvořeny systémy drážek 4 jejíž varianty jsou na obr. 10, 11, 12, 13 a 14. Na obr. 10 je systém protínajících se podélných drážek 16 a příčných drážek 17. Na obr. 11 je systém sbíhajících se drážek 18 do středu čela 3 tepelné trubice. Úhel mezi sbíhajícími se drážkami 18 je v rozmezí 3 až 15°. Na obr. 12 je kombinovaný systém protínajících se soustředných drážek 19 a sbíhajících se drážek 18. Úhel mezi sbíhajícími se drážkami 18 je v rozmezí od 5° do 90°. Na obr. 13 je kombinovaný systém protínajících se spirálovitých drážek 20 a sbíhajících se drážek 18. Úhel mezi sbíhajícími se drážkami 18 je v rozmezí od 5° do 90°. Na obr. 14 je systém protínajících se soustředných drážek 21 se středy křivosti mimo střed čela 3 tepelné trubice.

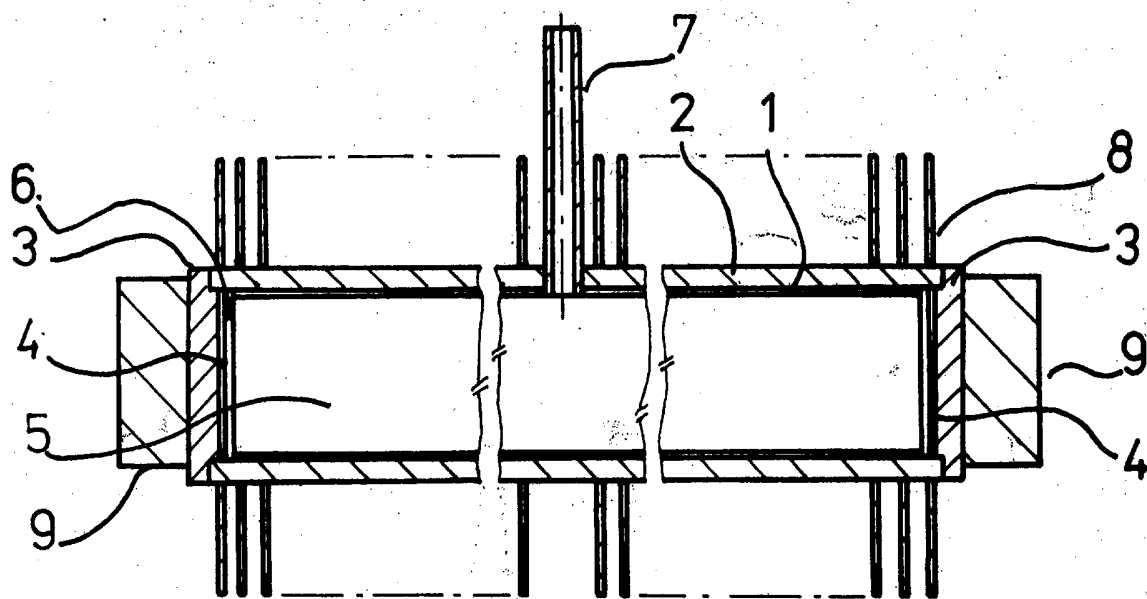
Výměníku tepla podle vynálezu lze použít k chlazení vysoce tepelně exponovaných strojů a zařízení při vysoké koncentraci tepelného toku. V závislosti na vybraných konstrukčních materiálech pláště a čela tepelné trubice a teplotního média lze výměníku tepla použít v širokém rozmezí pracovních teplot. Např. hliníkovou tepelnou trubicí se čpavkovou náplní lze použít v rozmezí pracovních teplot od 0 do 80 °C, měděnou tepelnou trubicí s vodní náplní v rozmezí pracovních teplot od 60 do 200 °C, ocelovou tepelnou trubicí s náplí difenylu lze použít v rozmezí pracovních teplot od 150 do 300 °C.

Jako příklady možného použití výměníku tepla podle vynálezu v technické praxi lze uvést chlazení výkonových polovodičů, chlazení spínačů a vypínačů, chlazení plazmové katody, chlazení zařízení jaderné techniky a podobně.

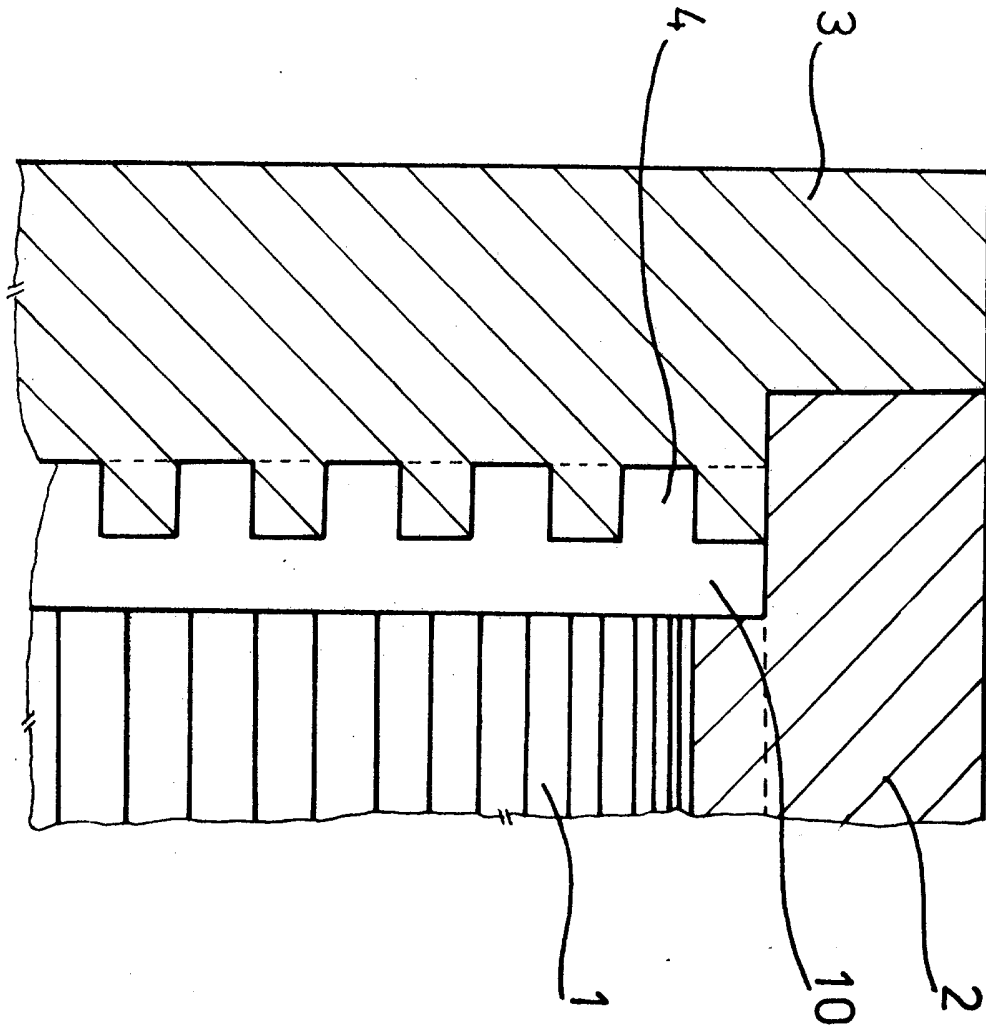
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Výměník tepla z kapilární tepelné trubice s čelním ohřevem, jejíž čela jsou umístěna v prostoru tepelného zdroje a plášť v prostoru chladicího media, vyznačující se tím, že vnitřní povrch čel (3) tepelné trubice je pokryt systémem drážek (4) tvořících intenzifikovanou kapilární soustavu a mezi tímto systémem drážek (4) na vnitřním povrchu čel (3) tepelné trubice a kapilární soustavou (1) na vnitřním povrchu pláště (2) tepelné trubice je vytvořena kapilární spojka (6).
2. Výměník tepla podle bodu 1, vyznačující se tím, že kapilární spojka (6) je tvořena kapilární mezerou (10).
3. Výměník tepla podle bodu 1, vyznačující se tím, že kapilární spojka (6) je tvořena poréz-
ní vložkou (11).

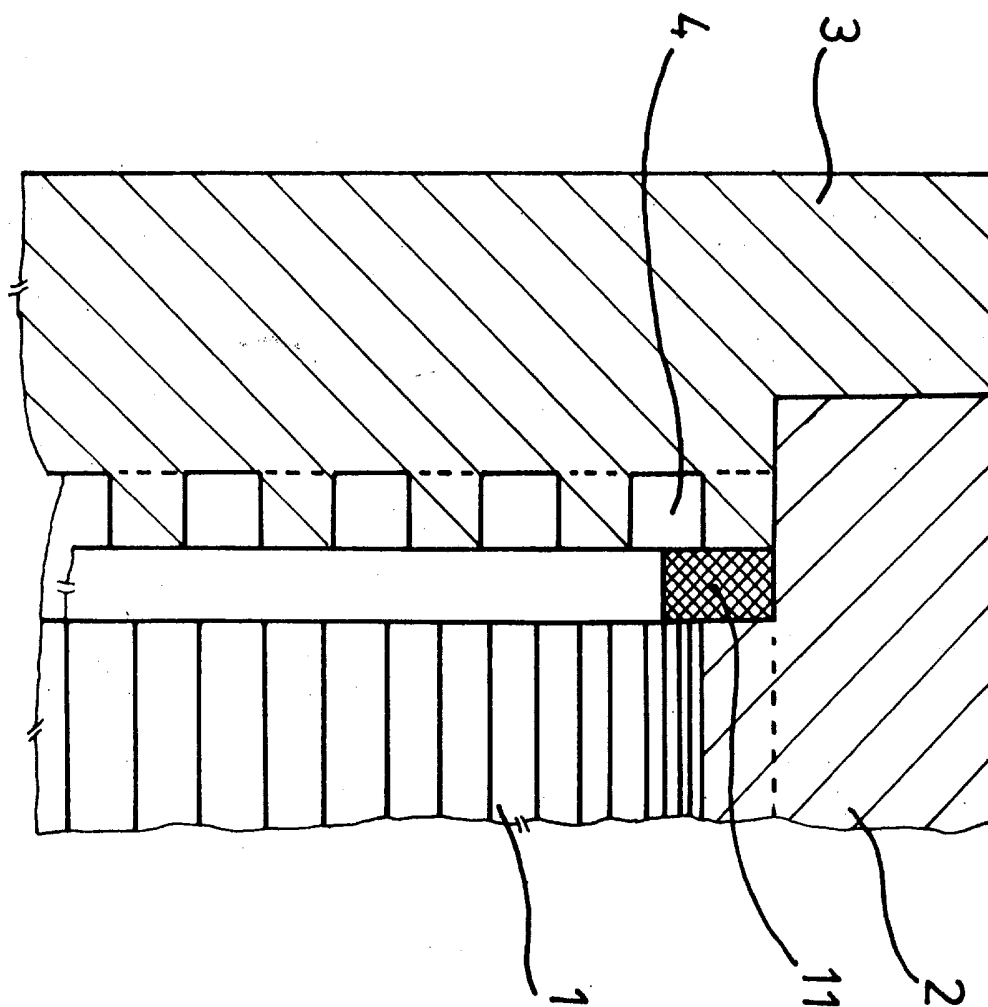
10 výkresů



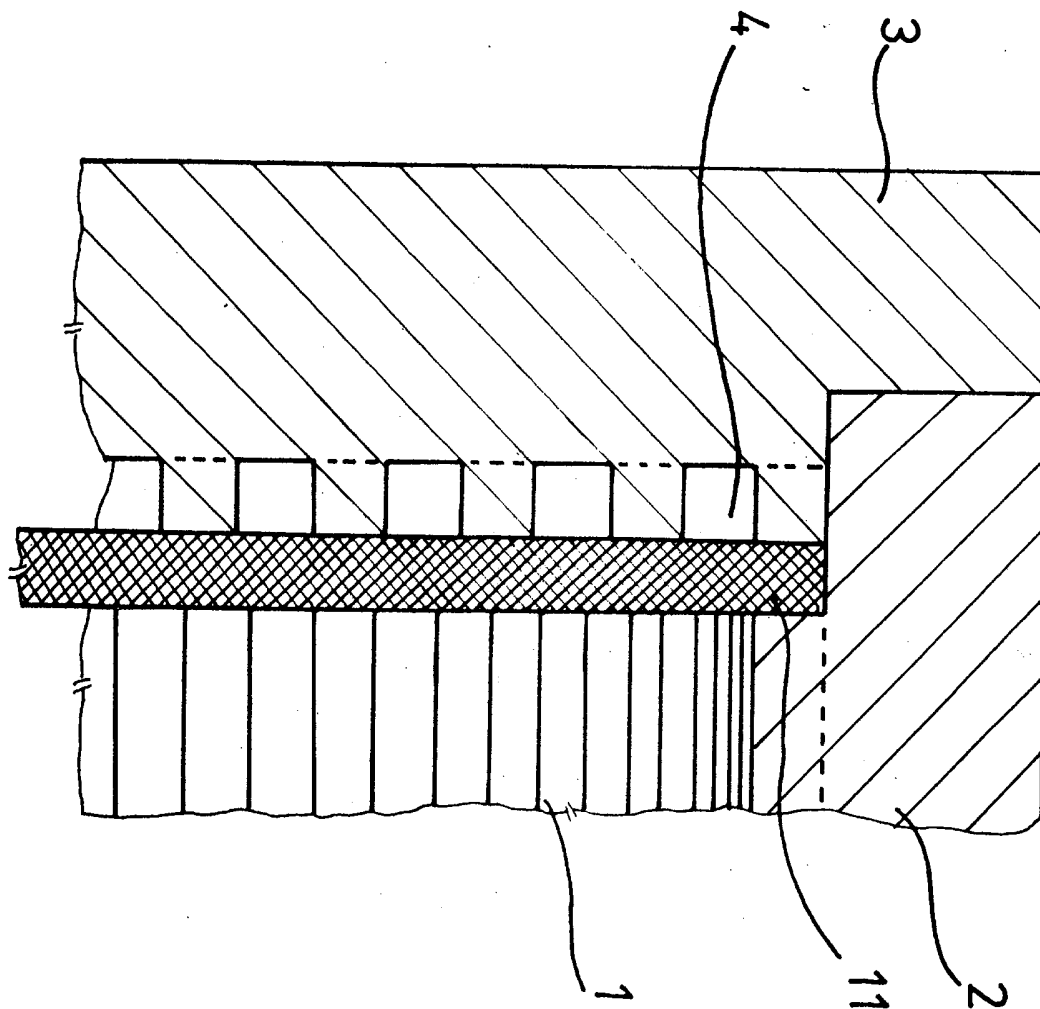
Obr. 1



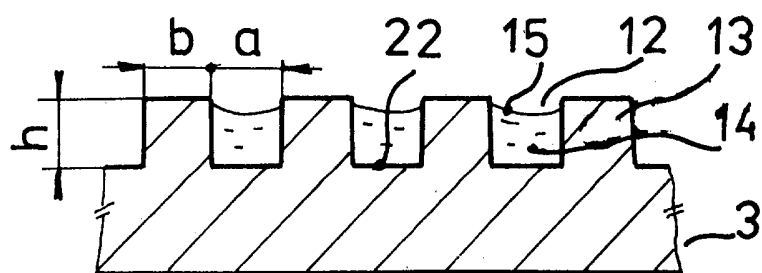
Obr. 2



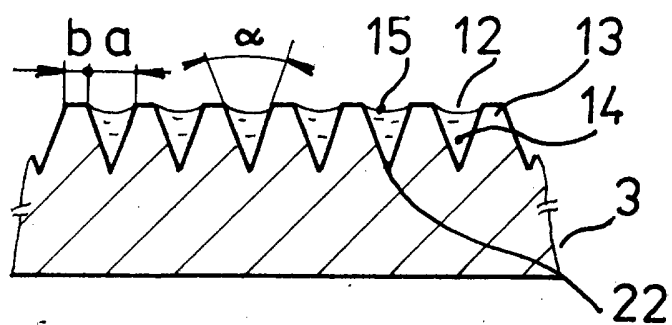
Obr. 3



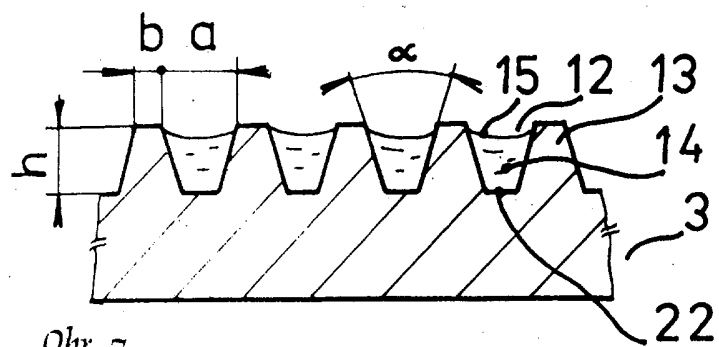
Obr. 4



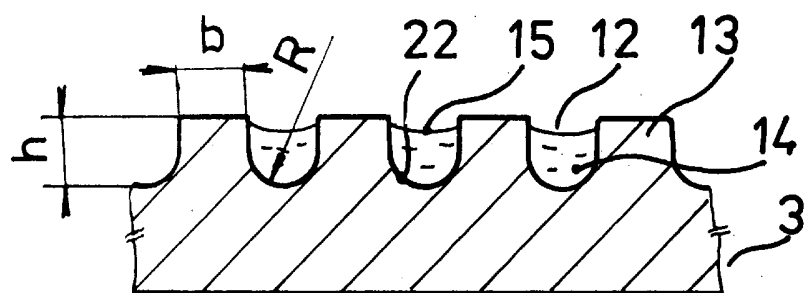
Obr. 5



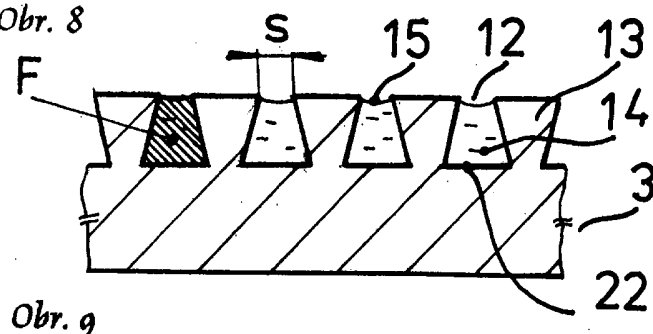
Obr. 6



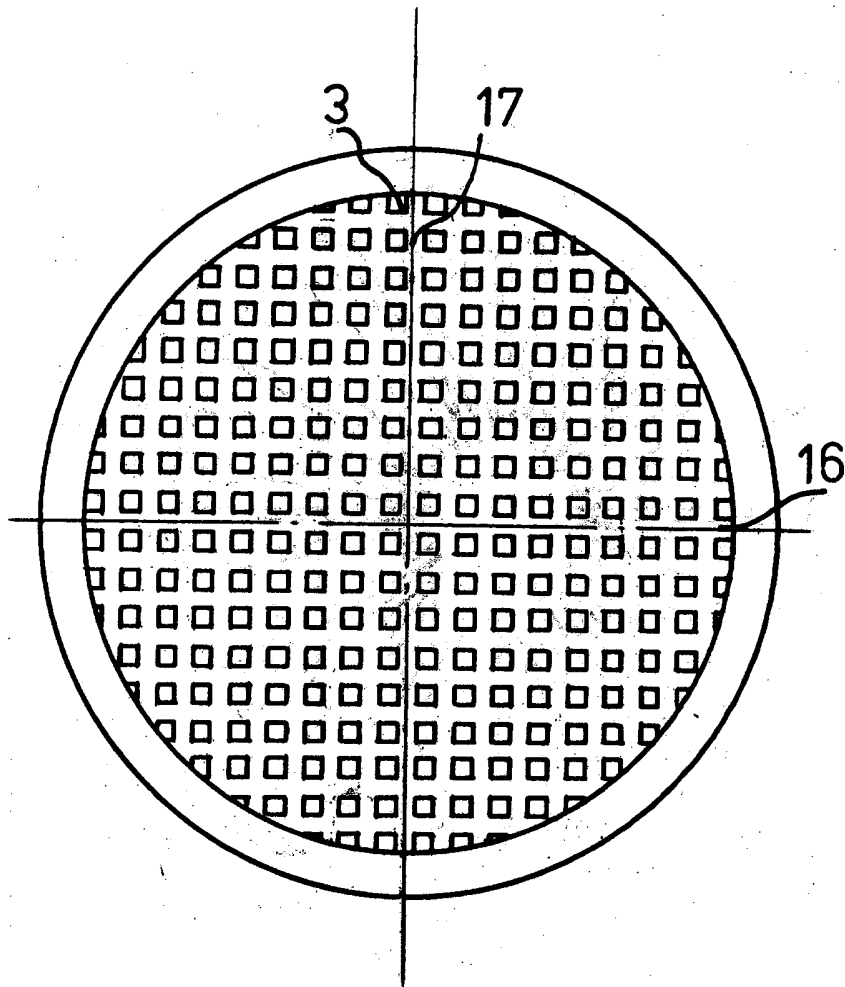
Obr. 7



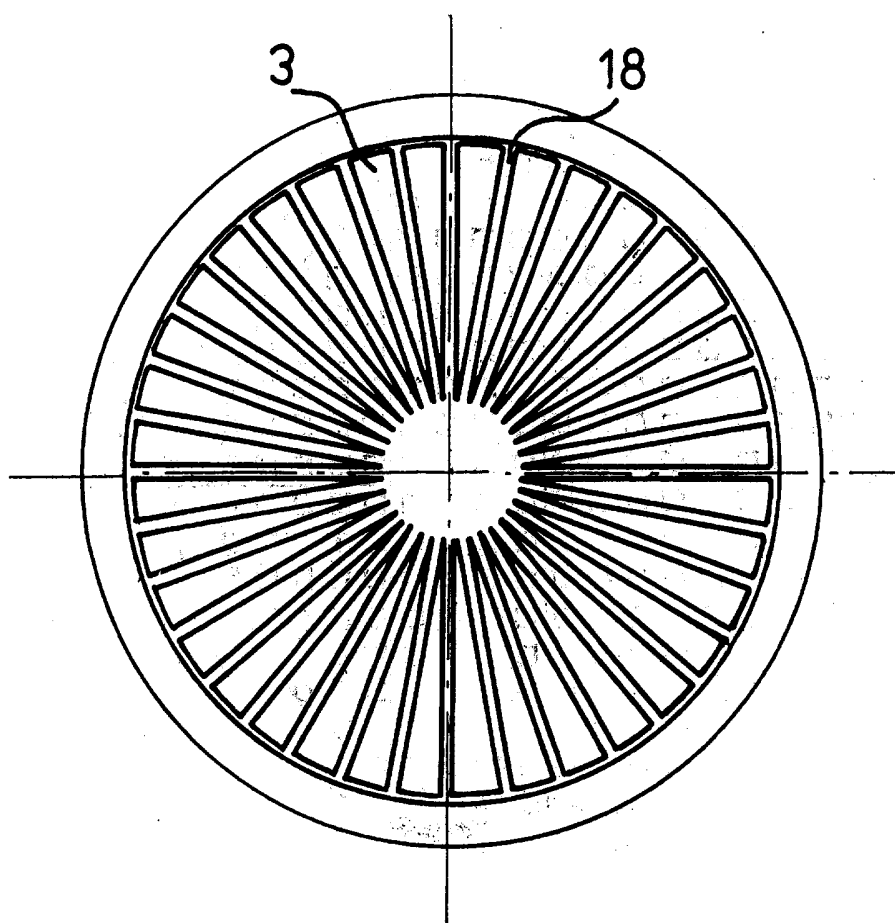
Obr. 8



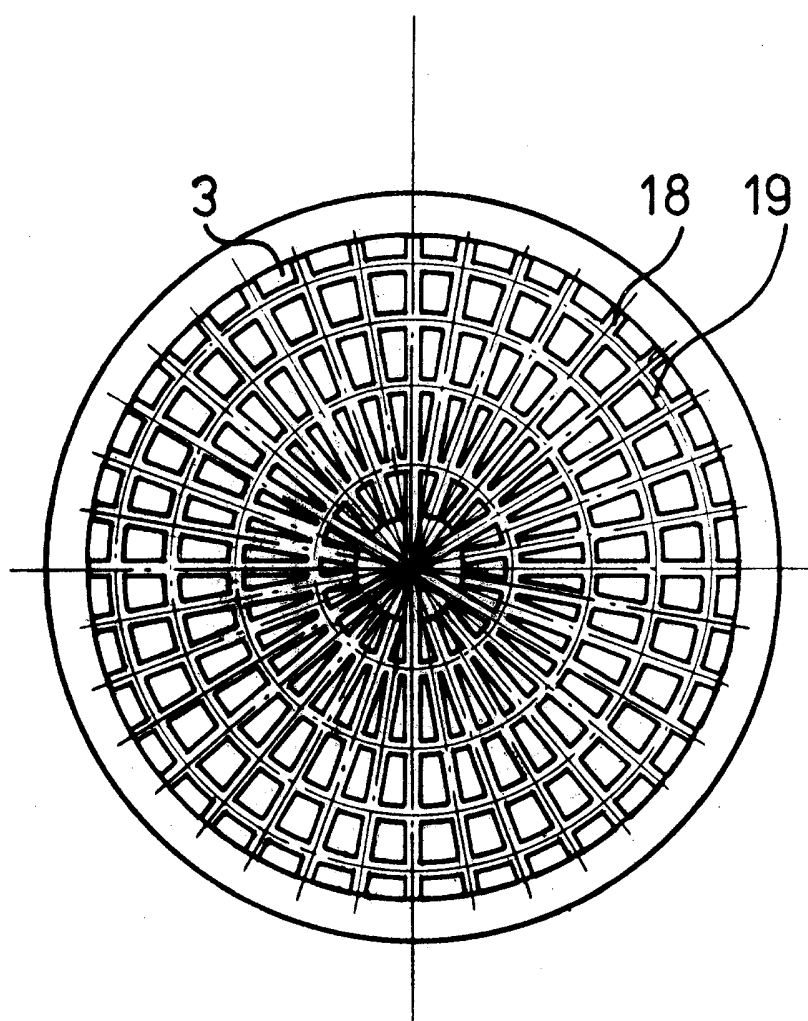
Obr. 9



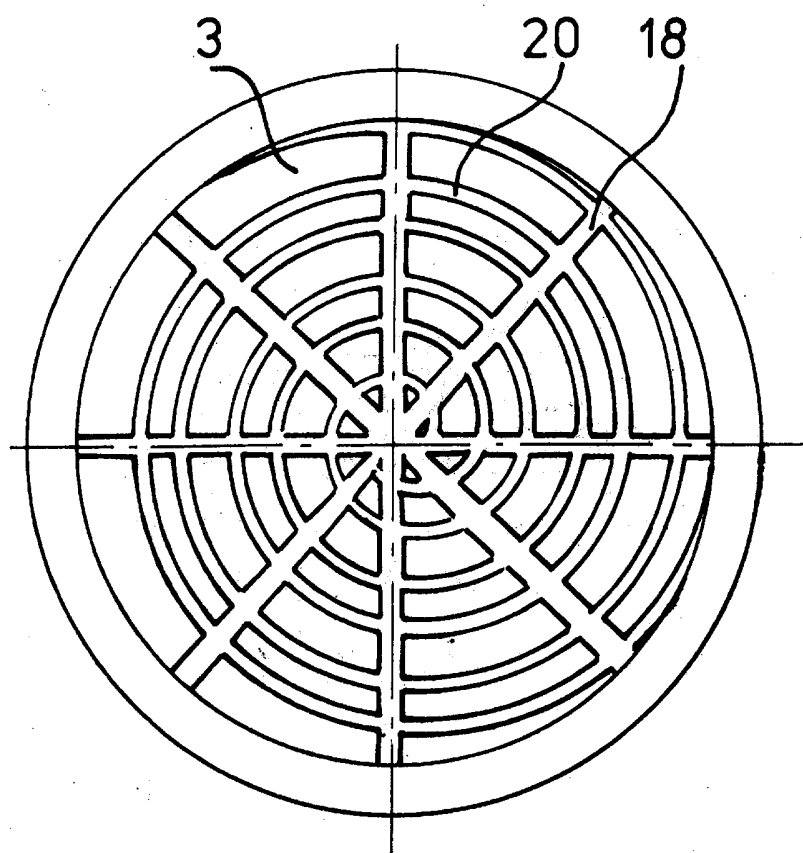
Obr. 10



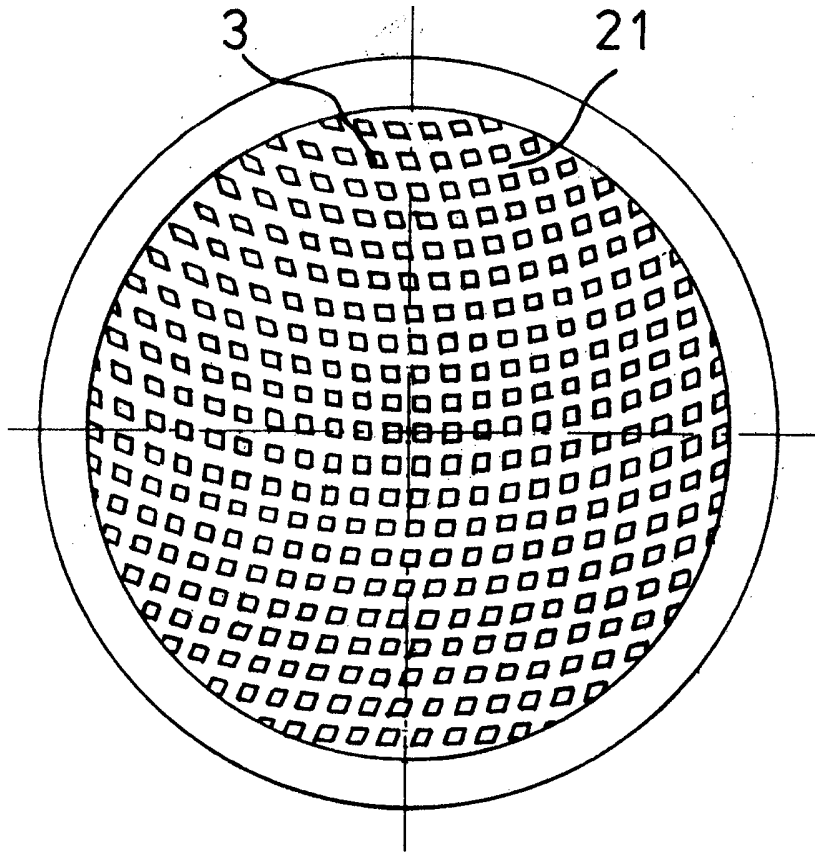
Obr. 11



Obr. 12



Obr. 13



Obr. 14