

FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

272 903

(11)

(13) B1

(51) Int. Cl.⁵
F 28 D 7/00

(21) PV 5814-88.G

(22) Přihlášeno 29 08 88

(40) Zveřejněno 14 05 90

(45) Vydáno 16 12 91

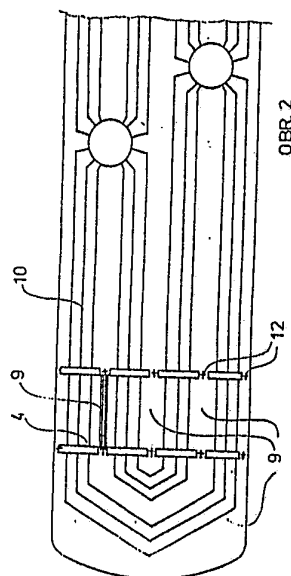
(75) Autor vynálezu

MATAL OLDŘICH ing. CSc.,
STRAKA JOSEF, BRNO,
TOMÁŠ ZDENĚK ing., BÍLOVICE NAD SVITAVOU,
KLIMEŠ PAVEL ing., OSTRAVA,
KAWALEC MIROSLAV RNDr., HAVÍŘOV,
GRATZA JINDŘICH ing., KRAVARE

(54)

Sestava svědečných trubek výměníku
tepla, zejména parního generátoru

(57) Řešení se týká sestavy svědečných trubek (4) výměníku tepla, zejména parního generátoru, pro sledování a hodnocení stavu jeho trubkového svazku. Sestava obsahuje dva ploché nosníky (1) sevřené alespoň dvěma upínkami (3) a opatřeny alespoň na jednom konci čelním prvkem (2); k němuž jsou v rovině rovnoběžné s rovinou plochého nosníku (1) upevněny alespoň dvě svědečné trubky (4) s roztečí shodnou s roztečí trubek v témže směru v trubkovém svazku (10). Ve vnitřním prostoru (5) svědečných trubek (4) bočně vymezeném k svědečným trubkám (4) s těsně a tlakově pevně zachycenými dny (6) se nachází pracovní látky o hustotě úměrné poměrům pracovních tlaků a teplot teplotonosných látek. Svědečné trubky (4) jsou vyrobeny z téhož materiálu jako teplosměnné trubky výměníku se shodnými průměry i poloměry ohybu a jsou ve shodných roztečích situovány do míst výměníku se zvýšenou koncentrací provozních nečistot, kde jsou vystaveny účinkům zatížení, které jsou v čase i intenzitě blízké kombinovanému účinku zatěžování trubkového svazku výměníku.



Vynález se týká sestavy svědečných trubek; zejména parního generátoru.

U některých výměníků tepla, ke kterým patří i horizontální parní generátory; užívané na jaderných elektrárnách s vodovodním reaktorem typu VVER; je trubkový svazek řešen jako kompaktní bez možnosti případného vyjmutí zvolené teplosměnné trubky pro kontrolu a hodnocení stavu při odstávce zařízení; protože u jaderných zařízení se klade na přední místo spolehlivost a bezpečnost provozu po dobu projektované životnosti; jsou spolehlivé informace o stavu jednotlivých komponent, z nichž je zařízení sestaveno; velmi důležité a potřebné. To platí zejména pro teplosměnné trubky trubkového svazku parních generátorů, kdy jejich stěny o tloušťce jeden až dva milimetry oddělují primární, aktivní okruh jaderné elektrárny od sekundárního, neaktivního okruhu. Vlastnosti teplosměnných trubek za provozu výměníku závisí jednak na použitém materiálu pro jejich výrobu, a to jak z hlediska struktury, způsobu technologického zpracování a podobně. Kromě toho závisí na druhu a způsobu jejich tlakového, teplotního a vibračního namáhání za provozu v kombinaci s korozním vlivem pracovních látek za provozu výměníku. Ke zjišťování stavu trubek trubkového svazku výměníků tepla se až dosud využívají následující postupy a metody. K relativně nejprostším patří vyjmutí zvolené trubky z výměníku tepla při jeho odstávce a podrobení trubky všestranné analýze. Podle míry degradace vlastností materiálu; podle stupně zeslabení stěny trubky a podle míry korozního napadení se usuzuje na stav reaktoru a životnost trubkového svazku, a tím zpravidla i na životnost výměníku tepla. Pokud nenastávají jiné situace, odebírají se k analýze vybrané trubky po určitých obdobích provozu celého výměníku. Obtíže však nastanou v případě výměníků s kompaktním trubkovým svazkem, u kterých lze při odstávce vyjmout jen některé trubky ze svazku, a to zpravidla z oblastí, které jsou za provozu méně exponovány a z jiných, mnohem exponovanějších míst trubku nelze vůbec demontovat a vyjmout z výměníku. Takovým případem výměníků jsou i ležaté parní generátory typu VVER. U nich lze při odstávce jaderného bloku vyjmout k analýze prakticky jen trubky horní řady trubkového svazku. To v podstatě omezuje na minimum možnosti široké a spolehlivé analýzy stěn trubkového svazku parních generátorů po určitých obdobích provozu jaderné elektrárny. Navíc je třeba otvory v trubkovnicích nebo trubkových kolektorech po odebrané a vyjmuté trubce velmi kvalitně a pečlivě zaslepit. To samo o sobě je v provozních podmínkách část problematiky.

Jiná možnost analýzy nebo také diagnostiky stavu trubkového svazku výměníku tepla při odstávce je využití a zpracování informací ultrazvukových sond a sond s vířivými proudy postupně zaváděných do každé teplosměnné trubky trubkového svazku výměníku tepla. K zavádění sond a ke zpracování signálů sond jsou dnes užívána nákladná a komplikovaná zařízení. Tak se získá zpravidla informace o zeslabení síly stěny trubky, o stupni korozního napadení nebo o míře usazenin na vnějším povrchu trubek. Sond lze použít u trubek vyrobených jen z určitých materiálů. Signály sond neposkytují informace o degradaci vlastností materiálů trubek a jsou schopny zachytit výše zmíněné geometrické anomálie a nehomogenity jen od určité jejich velikosti. Lze tedy tímto způsobem získat velmi cenné informace o stavu celého trubkového svazku; avšak nikoliv z hlediska příčin vzniku anomálií a pravděpodobných příčin chemického korozního napadení exponovaného povrchu trubek.

Uvedené nedostatky dosud známých metod a postupů nebo zařízení pro sledování; hodnocení a kontrolu stavu trubkového svazku výměníku tepla řeší sestava svědečných trubek výměníku tepla, zejména parního generátoru podle vynálezu; jehož podstata spočívá v tom, že je tvořena dvěma plochými nosíky; sevřenými alespoň dvěma upínkami a opatřenými alespoň na jednom konci čelním prvkem, ke kterému jsou v rovině rovnoběžně s rovinou plochého nosíku upevněny alespoň dvě svědečné trubky s roztečí shodnou s roztečí trubek v téže směru v trubkovém svazku výměníku tepla. Současně ve vnitřním prostoru svědečné trubky bočně vymezeném k svědečné trubce s těsně a tlakově pevně zachycenými dny se nachází pracovní látka. Alternativně je svědečná trubka vložena do obálky a vytváří s čelními kroužky, k nim těsně a tlakově pevně připevněnými vnitřní prostor, ve kterém je pracovní látka.

Přitom je svědečná trubka provedena z téhož materiálu a s tímž vnějším a vnitřním průměrem jako teplosměnné trubky trubkového svazku výměníku. U horizontálního parního generátoru je alespoň jedna svědečná trubka uspořádána v alespoň jedné vertikální mezeře vytvořené trubkovým svazkem horizontálního parního generátoru, přičemž konce plochých nosníků obepínají svislé žebro stojiny systému distancování trubkového svazku. Alternativně je svědečná trubka provedena s alespoň jedním ohybem, jehož poloměr je shodný s alespoň jedním poloměrem ohybu teplosměnných trubek trubkového svazku. Dále jsou alternativně svědečné trubky na jednom konci uloženy v distančních prvcích zachycených na plochém nosníku a ve stykových plochách se svědečnou trubkou shodně řešených jako distanční prvky trubkového svazku. Dále je alespoň jedna svědečná trubka uspořádána v mezitrubkovém prostoru výměníku tepla, u kterého je teplota stěny teplosměnných trubek vyšší, než teplota teplosměnné látky v mezitrubkovém prostoru a ve vstupní komoře teplotonosné látky výměníku tepla, u kterého je teplota stěny teplosměnných trubek nižší, než teplota teplosměnné látky v mezitrubkovém prostoru. Alternativně jsou v čelním prvku provedeny průchozí díry, jejichž osa je shodná s osou svědečných trubek.

Předností uspořádání sestavy svědečných trubek výměníku tepla; zejména parního generátoru; podle vynálezu je, že lze zakládat originální teplosměnné trubky upevněné na koncích do sestavy svědečných trubek do zvolených míst výměníku; především do míst zvýšené koncentrace nečistot v pracovní látce za provozu. Podstatné je však přitom, že svědečná trubka není jen vystavena vlivu korozního prostředí teplotonosné látky, ale i vlivu teplotní a tlakové zátěže vyvolané pracovní látkou, to je svědečná trubka je vystavena kombinovanému účinku zatížení, který je v čase i intenzitě blízký skutečnému kombinovanému zatěžování trubkového svazku výměníku. Další výhodou je možnost vyjmutí svědečných trubek z výměníku ve zvoleném čase při odstávce k analýze stavu bez narušení celistvosti trubkového svazku. Vzhledem k výše uvedenému představuje výsledek analýzy svědečných trubek poznatky platné pro pravděpodobný stav celého trubkového svazku. Přitom lze odebrat ze sestavy k analýze stavu jen některé trubky a ostatní v sestavě ponechat a opět založit na původní místo do výměníku. Tak lze postupně získat skutečný histogram stavu trubkového svazku i z hlediska mechanických vlastností trubkového materiálu, z hlediska jeho struktury, změn chemického složení, typu korozního napadení atd., což až dosud v takovém rozsahu možné není. Provedení sestavy umožňuje také sledovat postupně stav trubek v místě uložení v distančních prvcích a změnu vlastností materiálu trubek v ohybech. Provedení sestavy je ekonomicky nenáročné. Její aplikaci u parních generátorů jaderných elektráren lze získat věrohodný obrázek o stavu trubkového svazku, který odděluje zpravidla aktivní a neaktivní okruh elektrárny bez zásahu do něj, o degradaci vlastností materiálu trubek v čase, což lze u ležatých parních generátorů typu VVER provádět jen omezeně v prostoru, ale vždy se zásahem do integrity trubkového svazku. To podstatně zvyšuje bezpečnost provozu jaderné elektrárny a umožňuje definovat pracovní a technologické vlivy, které způsobují degradaci materiálu trubek po určité době provozu.

Příklady provedení jsou znázorněny na připojeném výkrese, kde na obr. 1 je řešení sestavy ve vertikální mezeře vytvořené trubkovým svazkem horizontálního PG typu VVER, na obr. 2 je pohled shora na trubkový svazek téhož parního generátoru s uloženou sestavou, na obr. 3 je alternativní provedení svědečné trubky a na obr. 4 je alternativní uložení svědečných trubek v distančních prvcích.

Sestava svědečných trubek 4 je tvořena dvěma plochými nosíky 1, které jsou sevřeny dvěma upínkami 3 a které jsou opatřeny čelním prvkem 2. K čelnímu prvku 2 jsou v rovině rovnoběžné s rovinou plochého nosíku 1 upevněny svědečné trubky 4 s roztečí shodnou s roztečí trubek v téže směru v trubkovém svazku 10 výměníku tepla. Vnitřní prostor 5 svědečné trubky 4 je bočně vybaven dny 6, které jsou k svědečné trubce 4 těsně a tlakově pevně zachyceny a je v něm pracovní látka o hustotě úměrné poměru pracovního tlaku a pracovní teploty první teplotonosné látky výměníku tepla, například u parních generátorů typu VVER primární voda. V alternativním provedení je svědečná trubka 4 vložena do obálky 7 a vnitř-

ni prostor 5 je potom uzavřen čelními kroužky 8, které jsou k svědečné trubce 4 a obálce 7 těsně a tlakově pevně připevněny. Ve vnitřním prostoru 5 je opět pracovní látka o hustotě úměrné poloměru pracovního tlaku a pracovní teploty druhé teplosměnné látky výměníku tepla, například u regeneračních vysokotlakých ohříváků topné páry. Svědečná trubka 4 je vyrobena z téhož materiálu, v téže kvalitě a s týmiž rozměry jako teplosměnné trubky trubkového svazku 10 výměníku. Alternativně může být svědečná trubka 4 ohnuta s poloměrem ohybu shodným s jedním z poloměrů ohybu teplosměnných trubek trubkového svazku 10. Také mohou být alternativně svědečné trubky 4 uloženy v sestavě v distančních prvcích 11, které se zachycují na plochem nosníku 1 a jsou shodně řešeny ve stykových plochách se svědečnou trubkou 4 a jako distanční prvky trubkového svazku 10. Současně lze v čelním prvku 2 provést průchozí díry, jejichž osa je shodná s podélnou osou svědečných trubek 4. U horizontálních parních generátorů typu VVER je sestava svědečných trubek 4 situována ve vertikální mezeře 9 vytvořené trubkovým svazkem 10. Přitom konce plochých nosníků 1 sestavy obepínají svislé žebro 13 stojiny 12 systému distancování trubkového svazku 10. U výměníků tepla, u kterých je teplota stěny teplosměnných trubek vyšší, než teplota teplosměnné látky v mezitrubkovém prostoru, je sestava situována v mezitrubkovém prostoru výměníku tepla. Naopak u výměníků tepla, u kterých je teplota stěny teplosměnných trubek nižší, než teplota teplosměnné látky v mezitrubkovém prostoru je sestava situována ve vstupní komoře teplosměnné látky.

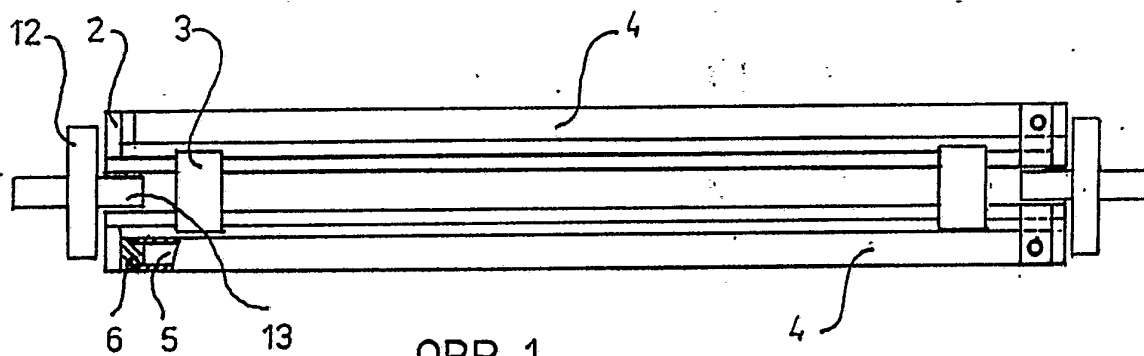
PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Sestava svědečných trubek výměníku tepla; zejména parního generátoru; vyznačující se tím, že je tvořena dvěma plochými nosníky (1) sevřenými alespoň dvěma upínkami (3) a opatřenými alespoň na jednom konci čelním prvkem (2); ke kterému jsou v rovině rovnoběžné s rovinou plochého nosníku (1) upevněny alespoň dvě svědečné trubky (4) s roztečí shodnou s roztečí trubek v téže směru v trubkovém svazku (10) výměníku tepla.
2. Sestava podle bodu 1, vyznačující se tím, že ve vnitřním prostoru (5) svědečné trubky (4) bočně vymezeném k svědečné trubce (4) s těsně a tlakově pevně zachycenými dny (6) se nachází pracovní látka.
3. Sestava podle bodu 1, vyznačující se tím, že svědečná trubka (4) je vložena do obálky (7) a vytváří s čelními kroužky (8) k nim těsně a tlakově pevně připevněnými vnitřní prostor (5); ve kterém je pracovní látka.
4. Sestava podle bodů 1, 2 a 3, vyznačující se tím, že svědečná trubka (4) je provedena z téhož materiálu a s tímž vnějším a vnitřním průměrem jako teplosměnné trubky trubkového svazku (10) výměníku.
5. Sestava podle bodů 1 a 2, vyznačující se tím, že alespoň jedna svědečná trubka (4) je uspořádána v alespoň jedné vertikální mezeře (9) vytvořené trubkovým svazkem (10) horizontálního parního generátoru, přičemž konce plochých nosníků (1) obepínají svislé žebro (13) stojiny (12) systému distancování trubkového svazku (10).
6. Sestava podle bodů 1 a 2, vyznačující se tím, že svědečná trubka (4) je provedena s alespoň jedním ohybem, jehož poloměr je shodný s alespoň jedním poloměrem ohybu teplosměnných trubek trubkového svazku (10).
7. Sestava podle bodů 1 a 2, vyznačující se tím, že svědečné trubky (4) jsou na jednom konci uloženy v distančních prvcích (11), zachycených na plochem nosníku (1) a ve stykových plochách se svědečnou trubkou (4) shodně řešených jako distanční prvky trubkového svazku (10).
8. Sestava podle bodu 1, vyznačující se tím, že alespoň jedna svědečná trubka (4) je uspořádána v mezitrubkovém prostoru výměníku tepla, u kterého je teplota stěny teplosměnných

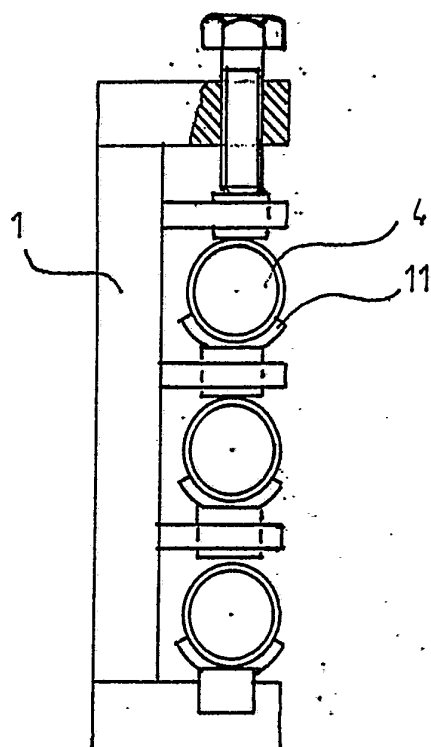
trubek vyšší, než teplota teplosměnné látky v mezitrubkovém prostoru.

9. Sestava podle bodu 1; vyznačující se tím, že alespoň jedna svědečná trubka (4) je uspořádána ve vstupní komoře teplosměnné látky výměníku tepla, u kterého je teplota stěny teplosměnných trubek nižší, než teplota teplosměnné látky v mezitrubkovém prostoru.
10. Sestava podle bodů 1 a 3, vyznačující se tím, že v čelním prvku (2) jsou provedeny průchozí díry, jejichž osa je shodná s osou svědečných trubek (4).

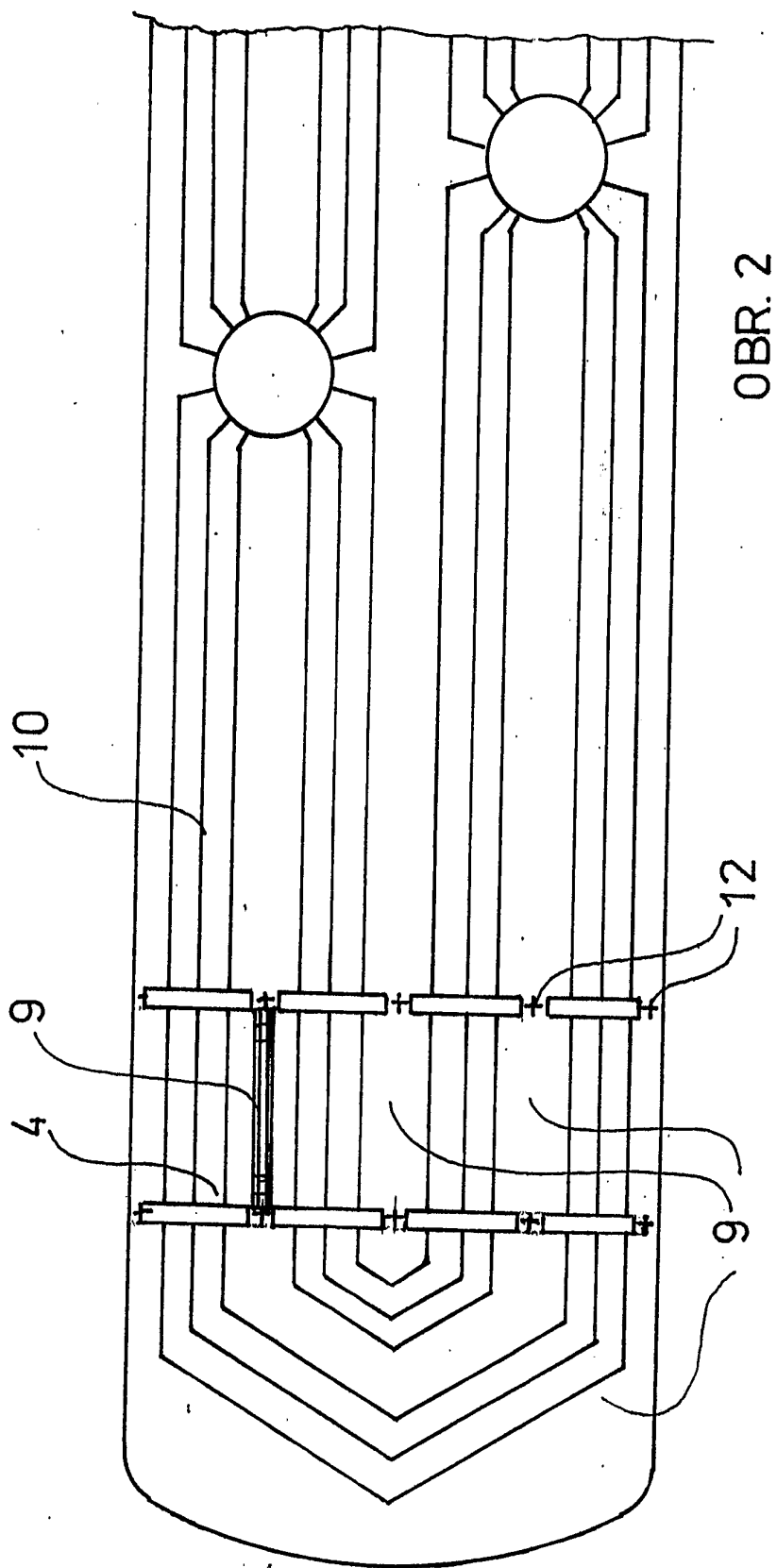
3 výkresy

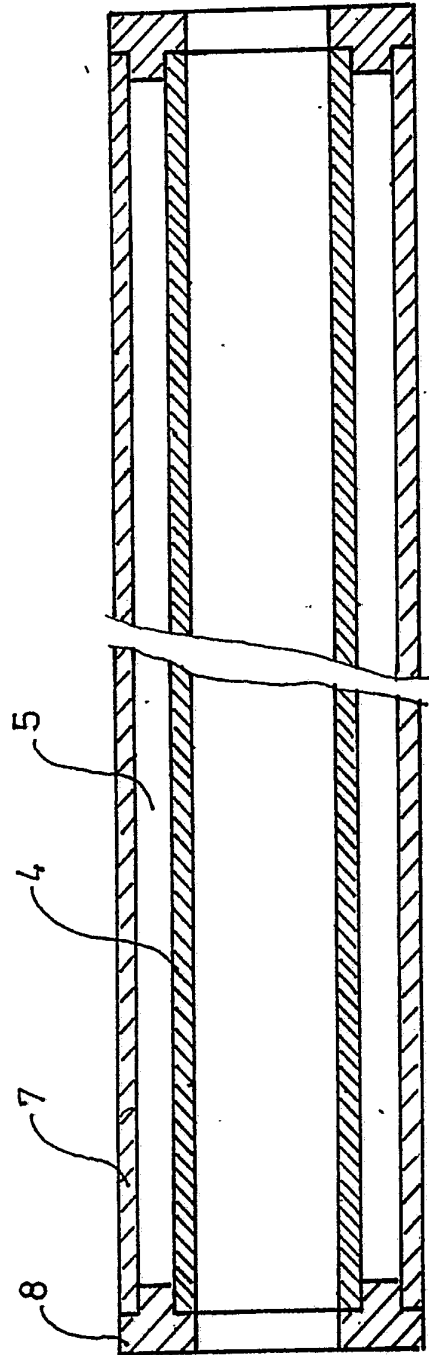


OBR.1.



OBR.4.





OBR. 3.