

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2003 - 1343

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **03.10.2001**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **18.10.2000**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **2000/691767**

(33) Země priority: **US**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **14.01.2004**
(Věstník č. 1/2004)

(86) PCT číslo: **PCT/US01/30873**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO02/032614**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. C1. ⁷:

B 23 K 26/38

(71) Přihlašovatel:
CHROMALLOY GAS TURBINE CORPORATION,
San Antonio, TX, US;

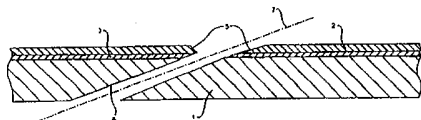
(72) Původce:
Loringer Gary, Stuart, FL, US;

(74) Zástupce:
Hakr Eduard Ing., Přístavní 24, Praha 7, 17000;

(54) Název přihlášky vynálezu:
**Způsob vrtání otvoru do kovového obrobku
majícího vrstvu tepelné bariéry**

(57) Anotace:

Vrtání otvoru do kovového obrobku (1) majícího vrstvu tepelné bariéry s keramickou vrchní vrstvou (2) se provádí tak, že se laserem vyvrtá protiotvor (5) do hloubky, která sahá skrz keramickou vrchní vrstvu (2), ale ne podstatně do kovového obrobku (1) a potom se laserem vyvrtá otvor (6) skrz obrobek (1), který je souosý s protiotvorem (5), přičemž protiotvor (5) má průměr větší než otvor (6).



CZ 2003 - 1343 A3

181438/HK

Způsob vrtání otvoru do kovového obrobku majícího vrstvu tepelné bariéry

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu vrtání otvoru do kovového obrobku majícího vrstvu tepelné bariéry.

Dosavadní stav techniky

V leteckých nebo pozemních turbinách se na ochranu před spalováním používá výstelka, do které se laserem vrtá pod úhlem řada otvorů, aby se dosáhlo chladícího účinku během provozu. Chladicí otvory vrtané laserem se nazývají efuzní otvory. Typická součástka bude mít několik tisíc efuzních otvorů, aby se usnadnilo řádné chlazení. Efuzní otvory jsou charakteristické tím, že jsou vrtány pod velmi příkrým úhlem (viz obr.) vůči povrchu součástky, například 17° až 25° . Tyto efuzní otvory mohou být vrtány laserem třemi rozdílnými způsoby, trepanováním, perkusním vrtáním a laserovým vrtáním letmo (tj. typu on-the-fly). Trepanační způsob laserového vrtání, při kterém skrz materiál pronikne soustředěný paprsek, který potom prochází kolem obvodu otvoru k jeho vytvoření, je oproti jiným způsobům o mnoho časově náročnější. Vytvoření jednoho otvoru trepanováním laserem může trvat 8 až 12 sekund, v závislosti na tloušťce materiálu a úhlu vstupu. Perkusní způsob vrtání laserem používá k vytvoření otvoru nesoustředěný laserový paprsek využitím řady pulsních laserových dávek do kovu až do úplného vytvoření otvoru. Vyvrtání jednoho otvoru perkusním způsobem může trvat 1 až 5 sekund, v závislosti na tloušťce materiálu a úhlu vstupu. Způsob vrtání laserem letmo používá nesoustředěný laserový paprsek, přičemž se synchronizuje rychlost rotačního zařízení a impulsy laseru při vrtání otvorů během rotačního cyklu, přičemž

se v jednom okamžiku vždy vrtá jeden otvor (viz patent US 6 130 405). Vytvoření jednoho otvoru způsobem laserem letmo může trvat 0,3 až 2 sekundy.

Typickým materiálem, který se používá jako výstelka ve spalovací komoře je vysokoteplotní nerezová ocelová slitina s bodem tání přibližně 1316 °C (2400 °F). K zvýšení životnosti těchto součástí konstruktéři přidali k této součásti vrstvu povlaku, tvořícího tepelnou bariéru, který má navrchu keramický povlak. Jak je to patrné na obr. 4, vrstva tepelné bariéry obecně zahrnuje pojíci vrstvu 3 k připojení keramické vrchní vrstvy 2 ke kovovému substrátu obrobku 1. Pojící vrstva 3 může být pojíci vrstva 3 typu MCrAlY, kde M je Ni, Co nebo Fe nebo kombinace Co a Ni, aluminidová pojíci vrstva nebo platino-aluminidová pojíci vrstva. Keramická vrchní vrstva 2 může být například ze zirkonia stabilizovaného ytrem. Pojící vrstva 3 typu MCrAlY může být nanášena různými způsoby, včetně plazmového stříkání, fyzickým ukládáním par elektronovým paprskem nebo rozprašováním. Keramická vrchní vrstva 2 může být nanášena různými způsoby, včetně plazmového rozprašování, fyzickým ukládáním par elektronovým paprskem, rozprašováním a chemickým ukládáním par. Keramická vrchní vrstva 2 má vysoký bod tání například 2482 °C (4500 °F).

Přidání této vrstvy tepelné bariéry sice zvyšuje životnost součástky a výkonnost motoru, ale vytváří problém při operaci vrtání laserem. Když se provádí vrtání laserem skrz keramický vrchní povlak 2 do základního kovu obrobku 1 tak, jak je to znázorněno na obr. 4, vytvoří se velká oblast 4 přetaveného materiálu na rozhraní základního kovu substrátu obrobku 1 a vrstvy tepelné bariéry. Tato oblast 4 přetaveného materiálu je tlustá až 0,61 mm (0,024"). Konstrukční parametry pro spalovací výstelky několika výrobců původního vybavení stanovují maximální dovolenou úroveň tloušťky oblasti 4 přetaveného materiálu 0,1 mm

(0,004"). Je-li tloušťka vrstvy 4 přetaveného materiálu větší, než jsou přijatelné meze, škodí to životnosti součástky, protože se může nakonec vytvořit kvůli vrstvě 4 přetaveného materiálu v důsledku napětí trhlinka. Přímým důsledkem interakce laseru je kapsa přetaveného materiálu tam, kde se vrstva tepelné bariéry setkává se základním kovem. Protože má základní kov bod tání 1316 °C (2400 °F), což je mnohem méně než je 2482 °C (4500 °F) keramické vrchní vrstvy 2, roztavený materiál má tendenci vytvořit malou kapsu v místě spojení (viz obr. 3). Když se využívá perkusní nebo letmý způsob vrtání laserem, vytváří se kapsa mezi prvním a druhým impulsem. Během následujících laserových impulsů, které jsou třeba k plnému vytvoření otvoru, se roztavený materiál vytlačí směrem ven. Jak se materiál vytlačuje směrem ven, tak se část roztaveného materiálu znovu ukládá do vytvořené kapsy. Ztuhnutí toho materiálu v kapse vytváří "bublinu" v oblasti 4 přetaveného materiálu (viz obr. 4).

Bylo vyzkoušeno mnoho různých nastavení parametrů a kombinací pomocného plynu k snížení "bubliny" oblasti roztaveného materiálu. Výsledky byly podobné, jako u všech kombinací, které byly vyzkoušeny u jasně přítomné "bubliny" oblasti přetaveného materiálu. Když se používá trepanační způsob laserového vrtání, byla "bublina" oblasti přetaveného materiálu vyloučena tak, jak laserový paprsek cestoval podél obvodu, ale v důsledku extrémně dlouhého časového cyklu, který by bylo potřeba na výrobu součástek trepanační metodou to nebylo přijatelné řešení.

Podstata vynálezu

Způsob vrtání otvoru do kovového obrobku majícího vrstvu tepelné bariéry s keramickou vrchní vrstvou laserovým vrtáním spočívající v tom, že se laserem vyvrtá protiotvor do hloubky, která sahá skrz keramickou vrchní vrstvu, ale nepodstatně do

kovového obrobku, a potom laserem vyvrtá otvor skrz obrobek, který je souosý s protiotvorem, přičemž protiotvor má průměr větší než otvor.

Přehled obrázků na výkrese

Vynález bude blíže popsán na příkladu s odkazem na přiložené výkresy na kterých je na obr. 1 znázorněn schématicky obrobek s vyvrtaným protiotvorem, na obr. 2 je schématicky znázorněn obrobek s vyvrtaným otvorem podle předmětného vynálezu a na obr. 3 je pomocné vyobrazení otvoru z obr. 2 v pohledu směrem dolů ve směru osy. Na obr. 4 je znázorněn schématicky obrobek s otvorem vyvrtaným způsobem podle známého stavu techniky. Na obr. 5 je pomocné vyobrazení otvoru z obr. 4 v pohledu směrem dolů ve směru osy.

Příklady provedení vynálezu

Při vrtání laserem, využívajícím jak perkusní, tak i letmé (Laser-on-the-Fly) způsoby vrtání leteckých součástí, které byly předtím pokryty vrstvou tepelné bariéry, se vytváří kapsa laserem způsobeného přetavení materiálu, která může být až 0,61 mm (0,024") tlustá. Způsob podle tohoto vynálezu podstatně snižuje nebo vylučuje vytváření této kapsy přetaveného materiálu, způsobené laserem tím, že se používá laserový paprsek k vytvoření protiotvoru 5 do vrstvy tepelné bariéry před vrtáním efuzního chladicího otvoru 6.

Tento způsob dovoluje, aby se provádělo vrtání otvoru skrz kovový obrobek 1 mající vrstvu tepelné bariéry s keramickou vrchní vrstvou 2. I když se uvádí jako konkrétní příklady výstelky spalovacích komor plynových turbin, které jsou z nerezavějící ocelové slitiny (např. GTD 222, Haynes 188 nebo AMS

5878), dají se tímto způsobem vrtat i jiné součásti plynové turbíny, jako jsou například lopatky turbíny a výstupní trysky výfukových plynů. Tento způsob se dá výhodně použít také u obrobků 1 z jiných slitin, včetně superslitin na bázi niklu nebo kobaltu. Jak je to znázorněno na obrázcích, vrstva tepelné bariéry na obrobku se obecně skládá z pojící vrstvy 3 k spojení keramické horní vrstvy 2 s kovovým substrátem 1 a může zahrnovat kompozice pro pojící vrstvu 3 a pro keramickou vrchní vrstvu 2, které se nanášejí způsoby známými v oboru. Zpravidla může být tloušťka vrstvy tepelné bariéry pro spalovací výstelku 0,0762 až 0,254 mm (0,003" až 0,010") u pojící vrstvy a 0,2286 mm až 0,508 mm (0,009" až 0,020") u keramické vrchní vrstvy.

Při vrtání otvorů se nejprve laserem vyvrtá protiotvor 5 (viz obr. 1). Protiotvor 5 je vrtavý otvor, který má větší průměr než primární otvor 6, ale je s ním soustředný nebo souosý. Protiotvor 5 vytvořený vrtáním laserem má zakřivený nebo zaoblený povrch tak, jak je to znázorněno na obr. 1. Průměr protiotvoru 5 je větší než jak je tomu u otvoru 6, která se má vrtat, aby se zabránilo vytvoření "bubliny" přetaveného materiálu během vrtání otvoru 6. Protiotvor 5 sahá až ke keramické vrchní vrstvě 2 nebo prochází skrz keramickou vrchní vrstvu 2, ale ne podstatně, až do kovového substrátu obrobku 1. Protiotvor 5 sahá zpravidla do pojící vrstvy 3, přičemž pojící vrstva 3 působí jako mezivrstva, která zabraňuje poškození kovového substrátu obrobku 1 během vrtání protiotvoru 5. Průměr protiotvoru 5 bude obecně o 50 až 150 % větší než je průměr otvoru 6, s výhodou o 75 až 125 % větší. U chladicího otvoru 6 pro výstelku spalovací komory je průměr otvoru 6 zpravidla 0,48 až 0,61 mm (0,019" až 0,024"), zatímco průměr protiotvoru 5 je 1,02 až 1,27 mm (0,040" až 0,050").

Po vyvrtání protiotvoru 5 se laserem vyvrtá otvor 6 tak, že má společnou osu 7 s protiotvorem 5 (viz obr. 2). Protože je protiotvor 5 větší než otvor 6, vytvoření bubliny přetaveného materiálu na průniku vrstvy tepelné bariéry a substrátu obrobku 1 se buď v podstatné míře sníží nebo se jí zabrání.

Příklad

Výstelka válcové spalovací komory z vysokoteplotní nerezavějící ocelové slitiny (AMS 5878) se pokryla vrstvou tepelné bariéry, která měla pojící vrstvu 3 z NiCrAlY (Mectco Amdry 964) o tloušťce 0,0762 až 0,2032 mm (0,003" až 0,008") a ytrem stabilizovanou zirkonovou (Mectco 204 NS) keramickou vrchní vrstvu 2 s tloušťkou 0,2286 mm až 0,3556 mm (0,009" až 0,014") nanesenou plasmovým rozprašováním. Výstelka spalovací komory vyžadující řadu efusních chladících otvorů 6 byla připevněna k rotačnímu zařízení. Rotační zařízení bylo částí centra pro obrábění laserem, které bylo řízeno numericky řízeným zařízením a bylo spojeno s impulsním ND:YAC laserem. Laserový způsob vrtání může být buď perkusní vrtání nebo laserové letmé vrtání (Laser-on-the-fly) v závislosti na konstrukci co do rozmístění otvorů 6. Strana součásti s vrstvou tepelné bariéry byla vstupní stranou efuzního otvoru 6.

Laserová hlavička byla nastavena na požadovaný vstupní úhel efuzního otvoru 6 (20°). Laserová hlavička byla rozostřena v definované míře, aby se vytvořil průměr 1,016 mm (0,040") protiotvoru 5 pro efusní otvor 6 o průměru 0,508 mm (0,020"). Použil se laser Lumonics JK-704 ND:YAG a nastavil se do režimu činnosti LD1 zaostřovacími čočkami 200 mm. Počáteční operace vrtání protiotvoru 5 používala jako pomocný plyn stlačený vzduch. Za rozostření na přibližně 17,7 mm (0,5") se dvěma laserovými impulsy vytvořil požadovaný průměr 1,016 mm (0,040")

a hloubka 0,254 až 0,381 mm (0,010" až 0,015") protiotvoru 5, pronikající do keramické vrchní vrstvy 2 a do pojící vrstvy 3, ale ne do substrátu 1. Vytvořil se protiotvor 5 tak, jak je znázorněn na obr. 1. Vrtání laserem se provádělo k odstranění jenom keramické vrchní vrstvy 2 na větší průměr než má efusní otvor 6. Po dokončení celé řady otvorů 6 s protiotvory 5 se potom laserová hlavice rozostřila zpět do stanovené polohy k vytvoření požadovného průměru efusního chladicího otvoru 6, který je 0,508 mm (0,020"). Pomocným plynem pro operaci vrtání efusního otvoru 6 byl kyslík. Efusní otvory 6 byly potom vyvrtány souose s protiotvory 5 perkusním nebo letmým vrtáním laserem. Vytvořené efusní chladicí otvory 6 měly sníženou vrstvu přetaveného materiálu tlustou 0,0254 až 0,0508 mm (0,001" až 0,002").

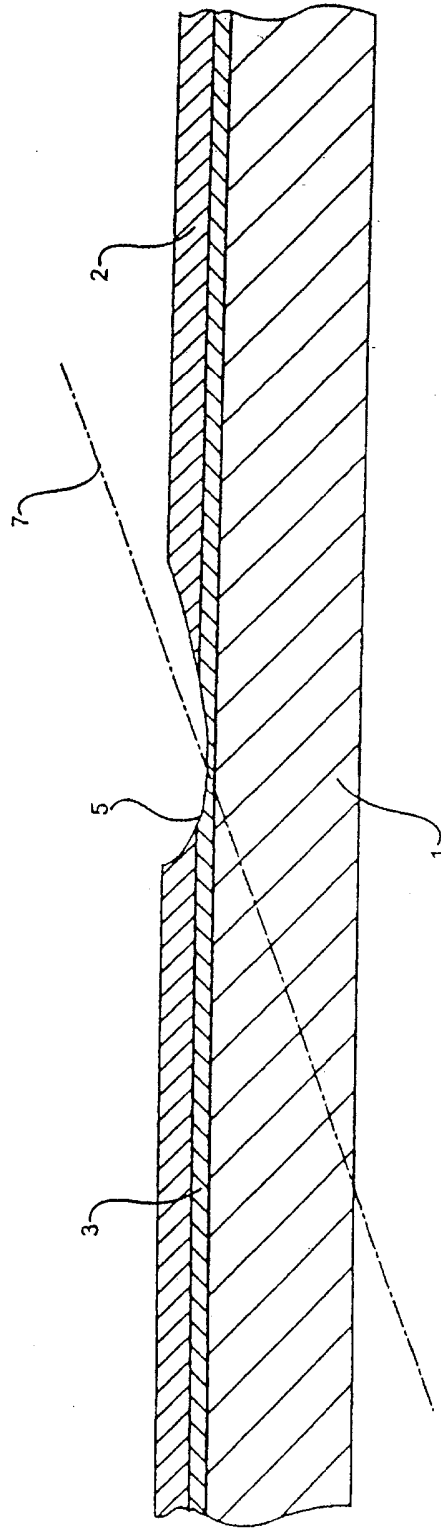
Srovnávací operace vrtání efusního chladicího otvoru 6 bez protiotvoru 5 vytvořila bublinu vrstvy přetaveného materiálu tlustou 0,254 až 0,508 mm (0,010" až 0,020") a dlouhou 1,27 mm (0,050").

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob vrtání otvoru do kovového obrobku majícího vrstvu tepelné bariéry s keramickou vrchní vrstvou (2) vyznačující se tím, že se laserem vyvrtá protiotvor (5) do hloubky, která sahá skrz keramickou vrchní vrstvu (2), ale nepodstatně do kovového obrobku (1) a potom se laserem vyvrtá otvor (6) skrz obrobek (1), který je souosý s protiotvorem (5), přičemž protiotvor (5) má průměr větší než otvor (6).
2. Způsob podle nároku 1, vyznačující se tím, že kovovým obrobkem (1) je výstelka spalovací komory plynové turbíny a otvory (6) jsou chladicí otvory.
3. Způsob podle nároku 2, vyznačující se tím, že protiotvor (5) a otvor (6) se vrtají perkusním vrtáním.
4. Způsob podle nároku 2, vyznačující se tím, že protiotvor (5) a otvor (6) se vrtají způsobem letmého laserového vrtání.
5. Způsob podle nároku 1, vyznačující se tím, že vrstva tepelné bariéry dále zahrnuje pojící vrstvu (3) spojující keramickou vrchní vrstvu (2) s kovovým obrobkem (1).
6. Způsob podle nároku 2, vyznačující se tím, že kovový obrobek (1) je z nerezavějící ocelové slitiny.
7. Způsob podle nároku 2, vyznačující se tím, že protiotvory (5) a chladicí otvory (6) se vrtají v úhlu 17° až 25° k povrchu obrobku (1).

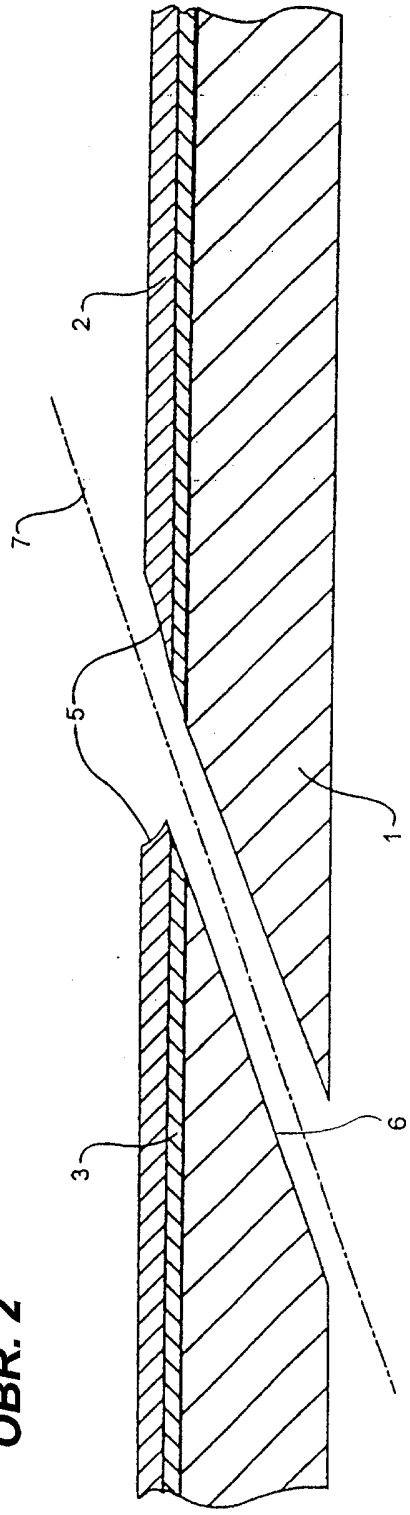
8. Způsob podle nároku 5, vyznačující se tím, že průměr protiotvoru (5) je o od 50 % do 150 % větší než průměr otvoru (6).
9. Způsob podle nároku 8, vyznačující se tím, že protiotvor (5) sahá do pojící vrstvy (3).
10. Způsob podle nároku 9, vyznačující se tím, že protiotvor (5) má zakřivený povrch.
11. Způsob podle nároku 10, vyznačující se tím, že keramická vrchní vrstva (2) je z itriem stabilizovaného zirkonia.
12. Způsob podle nároku 11, vyznačující se tím, že pojící vrstva (3) je z materiálu zvoleného ze skupiny skládající se z MCrAlY, přičemž M je Ni, Co, Fe nebo kombinace Ni a Co, platinový aluminid a aluminid.

1/3

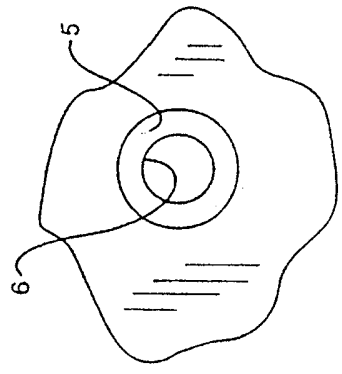


OBR. 1

OBR. 2

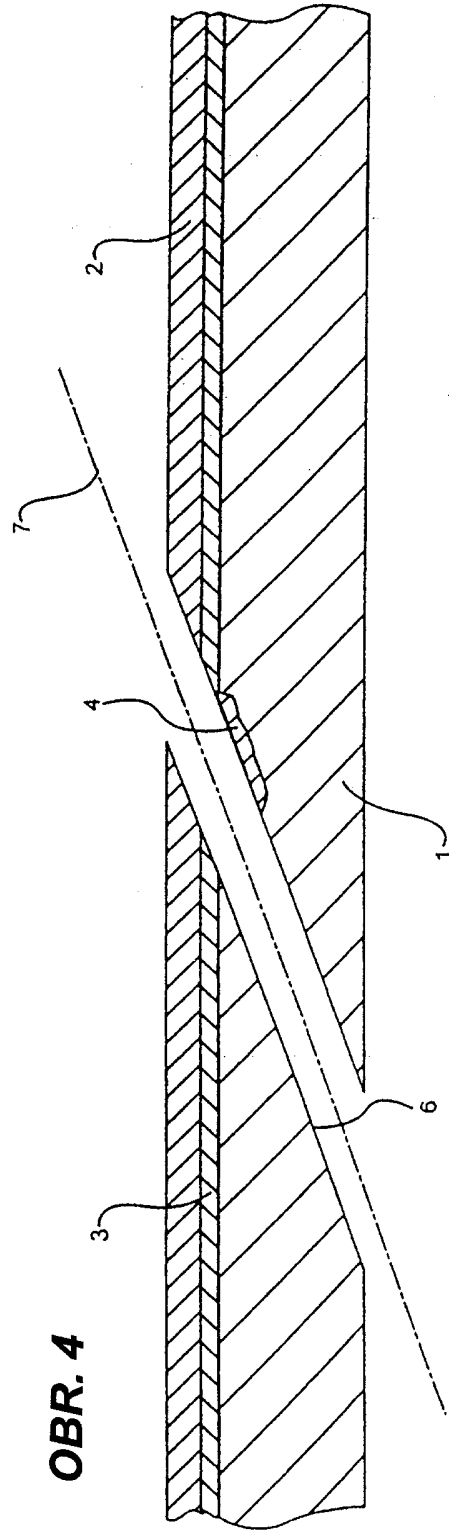


OBR. 3



3/3

OBR. 4



OBR. 5

