



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

254878

(11) (B1)

(51) Int. Cl.⁴

B 01 D 53/18

B 01 J 19/00

(22) Přihlášeno 16 07 85

(21) PV 5275-85

(40) Zveřejněno 11 06 87

(45) Vydáno 15 09 88

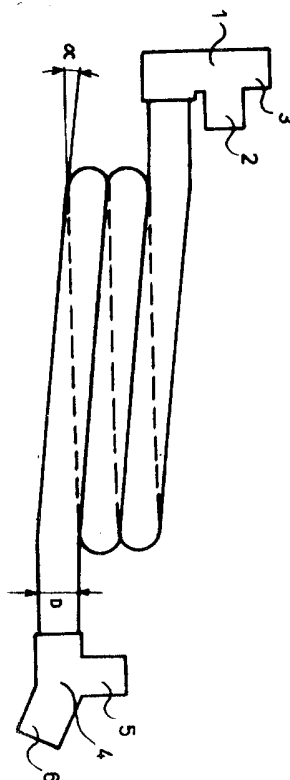
(75)

Autor vynálezu

KAŠTÁNEK FRANTIŠEK ing. CSc., URBÁNEK BEDŘICH ing.,
KRATOCHVÍL JAN ing., PRAHA, ČERMÁK JAN ing. DrSc., HLÁSNÁ TŘEBÁN

(54) Zařízení pro provádění absorpce a chemické nebo biochemické reakce
v systému nízkotlaký plyn-kapalina

Zařízení pro provádění absorpce a chemické nebo biochemické reakce v systému nízkotlaký plyn-kapalina spočívající v tom, že je tvořeno trubkou, jejíž stěny jsou zvlněné, přičemž tvar vrcholové části vln má podobu části kružnice, elipsy, sinusoidy, čtverce, obdélníku, lichoběžníku nebo trojúhelníku, přičemž trubka je spirálovitě stočená a na sebe navrstvena a je opatřena vstupním elementem s příívodem plynu a příívodem kapaliny a je zakončena výstupním elementem s odvodem plynu a odvodem kapaliny. Trubka je rozdělena na úseky, které jsou spojeny sifonovými spoji, opatřenými vstupem kapaliny a výstupem plynu a sifonovým uzávěrem a vstupem čerstvého plynu a přepadem kapaliny, přičemž takových úseků může být libovolný počet a poslední úsek je zakončen výstupním elementem. Trubka je tvořena z plastů a může být pokovena. Trubka je tvořena slitinou s přísávkem Fe a/nebo Al. Vzhledem k investiční nenáročnosti, jednoduchosti obsluhy a nepatrným nárokům na údržbu je zařízení mimořádně vhodné zejména v oblasti úpravy vod.



Vynález se týká zařízení pro provádění absorpce a chemické nebo biologické reakce v systému nízkotlaký plyn-kapalina.

V chemickém nebo potravinářském průmyslu, v zemědělské praxi, příp. při řešení problematiky odpadních vod chemicky nebo biologicky znečištěných je často nutné kontaktovat plynnou fází s kapalinou pro selektivní vypírku škodlivých plynů, provádět chemické nebo biochemické reakce složek v plynu se složkami v kapalině pro výrobu nových užitečných produktů nebo naopak rozkládat škodliviny v kapalně fázi reakcí s plynem. Ve všech těchto případech je nutné, aby zařízení, ve kterém dochází ke styku plynu s kapalinou, umožnilo vhodným způsobem přechod aktivní složky z plynu přes mezifázové rozhraní do kapaliny, kde dochází k požadovanému procesu. Velmi častý je případ, kdy plyn, který je nositelem aktivní reagující složky, má jen nepatrný přetlak vůči okolní atmosféře.

Je tomu tak například u bioplynu, tj. směsi převážně metanu s kyslíčkem uhličitým, tvořícím se ve fermentorech za nízkého přetlaku, obvykle do 2 kPa nebo v případech ozonu, kdy konstrukce ozonizátoru nedovolují vyšší přetlak než asi 30 kPa nebo při kontaktu kapalin se vzduchem, např. pro oxidaci některých složek v kapalině, kdy je nutno použít energeticky náročných kompresorů nebo ventilátorů případně vodokružných čerpadel, nemá-li vzduch obsahovat stopy olejů. V každém případě je nutné vytvořit mezifázové rozhraní.

Dosavadní zařízení pro tvorbu účinného kontaktu - mezifázového rozhraní mezi plynnou a kapalnou fází - můžeme rozdělit do tří skupin:

- zařízení, ve kterých se tvoří disperse bublin plynu v kontinuální kapalně fázi
- zařízení, ve kterých dochází k dispergaci kapaliny do kontinuální plynné fázi
- zařízení s filmovým tokem kapaliny.

V prvním typu zařízení je nezbytné pro dispergaci plynu dodat plynu příkon k překonání odporu částí zařízení, např. v otvorech rozdělovače plynu a zejména k překonání hydrostatického sloupce kapaliny. Tuto část příkonu můžeme vyjádřit vztahem $\dot{V} \cdot h_L \cdot \rho_L \cdot g$, kde $\dot{V}$ je průtok plynu, h_L výška sloupce kapaliny, ρ_L měrná hmotnost kapaliny a g tíhová konstanta. Vzhledem k praktickým výškám kapalinových sloupců, které jsou řádově stovky až tisíce milimetrů kapaliny je zřejmé, že není-li k dispozici příslušný přetlak plynu, nelze bez použití kompresorů nebo ventilátorů taková zařízení aplikovat. Jak již bylo zmíněno, dmychací zařízení jsou energeticky náročná a mnohdy - v případě výbušných plynů - vzhledem k nutnosti jejich nevybušného provedení drahá nebo obtížně dostupná. Výhoda takových zařízení je však v tom, že dovolují různou dobu kontaktu fází, která v konkrétních případech chemických a biochemických reakcí bývá v minutách až desítkách minut.

Zařízení, ve kterých dochází k dispergaci kapaliny a která nevyžadují přetlak plynu, vyžadují obvykle účinné, energeticky též náročné čerpání kapaliny přes dispergátor. Často se však dispergace kapek dosahuje použitím přetlaku v plynné fázi. Charakteristické pro tato zařízení je však to, že doba kontaktu fází není nastavitelná a je omezena prakticky na dobu, rovnající se době pádu kapek v reaktoru, což je v sekundách. Je to zcela nevýhodné pro většinu chemických a biochemických reakcí, které nejsou nekonečně rychlé, jak tato zařízení vyžadují.

Zařízení s filmem kapaliny, například s tahokovem nebo kovovými spirálkami, na které se navádějí kapky nebo film kapaliny, jsou z toho hlediska, že nepotřebují přetlak plynné fáze, a že tok kapaliny je umožněn gravitací, ale dosavadní konstrukce dovolují pouze omezenou dobu prodloužení, minimálně v desítkách sekund, což je pro většinu reakcí nepřijatelné. Kapalina musí recyklovat, což je jednak energeticky nevýhodné, jednak účinný objem reaktoru se významně snižuje.

Všechny tyto nevýhody odstraňuje zařízení pro provádění absorpce a chemické nebo biochemické reakce v systému nízkotlaký plyn-kapalina podle vynálezu jehož podstata spočívá v tom, že je tvořeno trubkou, jejíž stěny jsou zvlněné, přičemž tvar vrcholové části vln je podoby části kružnice, elipsy, sinusoidy, čtverce, obdélníka, lichoběžníka nebo trojúhelníka. Trubka je spirálovitě stočená a na sebe navrstvena a je opatřena vstupním elementem s příívodem plynu a příívodem kapaliny a je zakončena výstupním elementem s odvodem plynu a odvodem kapaliny. Uvedená trubka je rozdělena na úseky, které jsou spojeny sifonovými spoji opatřenými vstupem kapaliny a výstupem plynu a sifonovým uzávěrem a vstupem čerstvého plynu a přepadem kapaliny, přičemž takových úseků může být libovolný počet a poslední úsek je zakončen výstupním elementem. Trubka je tvořena z plastů a může být pokovená, příp. je tvořena slitinou s přísávkem Fe a/nebo Al.

Na obr. 1 je patrné, že vrcholy vln A a A' mohou ležet proti sobě nebo mohou být vzájemně posunuty, přičemž výšky a a b se mohou lišit podobně jako šířky vln c a d. Část trubky v nejběžnějším provedení konkávních a konvexních vln je schematicky znázorněna na obr. 1. Absorpční zařízení je tvořeno trubkou, jejíž průměr d je v rozmezí 10 až 100 mm, která je spirálovitě stočená a postupně na sebe navrstvena (obr. 2). Vzhledem k postupnému vrstvení trubky na sebe je vždy zachován minimální sklon trubky. Úhel sklonu alfa se může libovolně měnit v rozmezí 0 až 60°. Stočená trubka, tvořící absorpční zařízení, je na vstupu opatřena vstupním elementem 1, který je opatřen příívodem 2 plynu a příívodem 3 kapaliny.

Stočená trubka se zvlněnými stěnami je ukončena výstupním elementem, opatřeným odvodem 5 plynu a odvodem 6 kapaliny, nebo může ústit do sifonového spoje 7, jehož schéma je na obr. 3. Sifonový spoj 7 je opatřen vstupem 8 kapaliny, výstupem 9 plynu, sifonovým uzávěrem 10, vstupem 11 čerstvého plynu a přepadem 12 kapaliny. Takto může být pomocí sifonového spoje pospojováno libovolné množství trubek do serie. Konečný výstupní element 4 se přiřazuje k jedné sekci vlnité trubky nebo poslednímu úseku seriově zapojených trubek.

Výstupní element 4 je současně rozdělovačem fází po reakci. Odvod plynu 5 může být výhodně napojen na sání 13 Venturiho trubice 14 (obr. 4). Nutný podtlak pro sání plynu je tvořen nuceným tlačáním proteklé kapaliny do Venturiho trubice. Kapalina se obvykle čerpá ze zásobníku 16, umístěného mezi výstupním elementem 4 a čerpadlem 15. Výstup z difusoru 17 Venturiho trubice 14 ústí do okruhu 18, který může být samostatným sekundárním reaktorem.

Mechanismus styku plynu s kapalinou v popsaném vynálezu je následující: Kapalina s plynem přicházejí do vstupního elementu 1, přičemž kapalina se pohybuje v reaktoru v důsledku gravitace; plyn, vstupující pouze s nepatrným přetlakem, snadno překoná maximální tlakové ztráty v zařízení, které pro praktické případy nepřesahují 0,5 kPa. Kapalina teče po spodu vnitřní stěny trubky - vlnovce v hydrodynamickém režimu tzv. vlnového toku, kdy pohybem přes prohlubeniny ve stěně trubky dochází k intenzivní turbulenci v kapalině a na mezifázovém rozhraní, což přispívá k přestupu hmoty. Poměr fází v trubce je takový, že naprosto převládá část objemu trubky je zaujímana plynnou fází, což způsobuje, že odpor kladený průtokem plynu v trubce je malý.

Nutná doba styku fází se nastavuje jednak sklonem, jednak její délkou, která může být až několik set metrů. V důsledku obvykle spirálovitého stočení je celková velikost zařízení úměrná velikosti ostatních uzlových zařízení dané technologie. Zařazením sifonových spojů 7 mezi trubky je způsobeno, že kapalina ze vstupu kapaliny 8 protéká sifonovým uzávěrem 10, kde se odděluje vyčerpaný plyn, který odchází výstupem plynu 9, kapalina dále teče do přepadu pro kapalinu 12, kde se opět kontaktuje s čerstvým plynem, přicházejícím vstupem čerstvého plynu 11. Společně pak obě fáze vstupují do následného úseku trubky, kde se proces opakuje.

Výhodou navrženého zařízení je, že vzhledem k materiálu trubky, který je obvykle tvořen plasty, je celé zařízení lehké a pořizovací náklady jsou zanedbatelné. Část z celkové délky trubky může zůstat nestočená: je součástí reaktoru i dopravním zařízením, dopravujícím reakční vznikající produkt na místo určení.

Vzhledem k malé zádrži kapaliny v trubce není ani u velice silně exotermních reakcí obvykle nutné budovat nákladný chladicí systém, jako je tomu u jiných druhů zařízení. Teplo se obvykle samovolně odvede stěnami trubky, které tak současně plní úlohu výměníku tepla. V případech instalace tohoto zařízení v polních podmínkách, kdy může být vystaveno přímému slunečnímu záření, je pro chlazení reaktoru zcela dostačující energeticky nenáročný sprchování vnitřní strany stěn spirálovitě stočené trubky jednoduchým rozprašovačem za použití užitkové vody. Toto zařízení je dále velmi vhodné použít v těch případech, kdy jinak za reakčních podmínek dochází k silnému pění obsahu reaktoru; v tomto zařízení k efektu pění vůbec nedochází.

K průtoku kapaliny reaktorem je potřebný jen nepatrný přetlak plynu a umístění vstupu kapaliny v malé výšce nad zemí. Kapalina protéká samovolně gravitací ve vnitřním prostoru trubky a spirálovitě stéká k výstupu ze zařízení. Dobu prodlení kapaliny v reaktoru můžeme volit jak délkou stočené trubky, tak jejím klesáním. Během toku kapaliny v trubce se přechodem přes elementy zvlnění turbulizuje, což přispívá k intenzifikaci mezifázového přestupu hmoty, to jest rozpouštění reagující složky z plynné fáze a její difusi do hlavního objemu kapaliny, přičemž během této dráhy dochází k chemické nebo biochemické reakci, dochází tedy přes mezifázový povrch tvořený hladinou stékajícího proudu kapaliny a sousedním plynem. Na rozdíl od většiny stávajících reaktorů není toto zařízení omezeno průtočnými množstvími kapaliny, které se může měnit v širokém rozmezí 0 až 300 l/min.

Plyn s nepatrným přetlakem, potřebným pouze na překonání odporu tření mezi stěnou trubky a povrchem kapaliny není obvykle nutno třeba vhánět ventilačním zařízením, což je zejména důležité, jedná-li se o výbušné směsi plynů. Kapalina a plyn se pohybují v zařízení v podstatě píستovým tokem, což z hlediska reaktorové techniky je pro většinu reakcí, které jsou řádu většího než nula, výhodné z hlediska dosažení maximální konverze plynu a selektivity reakce.

Vzhledem k investiční náročnosti, jednoduchosti obsluhy a nepatrným nárokům na údržbu je toto zařízení mimořádně vhodné zejména v oblasti úpravy vod. Příkladem může být jeho použití jako reaktoru pro neutralizace čpavkových vod kysličníkem uhličitým, který je získáván ze zdrojů plynu bez význačnějšího přetlaku, jako jsou spalné plyny, plynné produkty po anaerobní a aerobní fermentaci ap.

P ř í k l a d

50 l/h čpavkové vody o koncentraci 8 % hmot. NH_3 bylo kontinuálně neutralizováno plynem, obsahujícím na vstupu 29 obj. % CO_2 , při průtoku plynu $15 \text{ m}^3/\text{h}$, v zařízení opatřeném vnitou trúbkou z plastů, průměr trubky $D = 50 \text{ mm}$, výška vlny 2,5 mm, rozteč vrcholů vln 5 mm. Byla získána směs normálního a kyselého uhličitánu amonného o karbonisačním průměru 0,62 ve dvou paralelně vedených sekcích, pozůstávajících ze dvou úseků o délce 50 m. Průtok kapaliny se do paralelních sekcí rozděloval. Maximální tlaková ztráta v plynu 0,5 kPa.

P R E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Zařízení pro provádění absorpce a chemické nebo biochemické reakce v systému nízkotlaký plyn-kapalina, vyznačené tím, že je tvořeno trubicí, jejíž stěny jsou zvlněné, přičemž tvar vrcholové části vln je podoby části kružnice, elipsy, sinusoidy, čtverce, obdélníka, lichoběžníka nebo trojúhelníka, přičemž trubka je spirálovitě stočená a na sebe navrstvena a je opatřena vstupním elementem (1) s přívodem (2) plynu a přívodem (3) kapaliny a je zakončena výstupním elementem (4) s odvodem (5) plynu a odvodem (6) kapaliny.

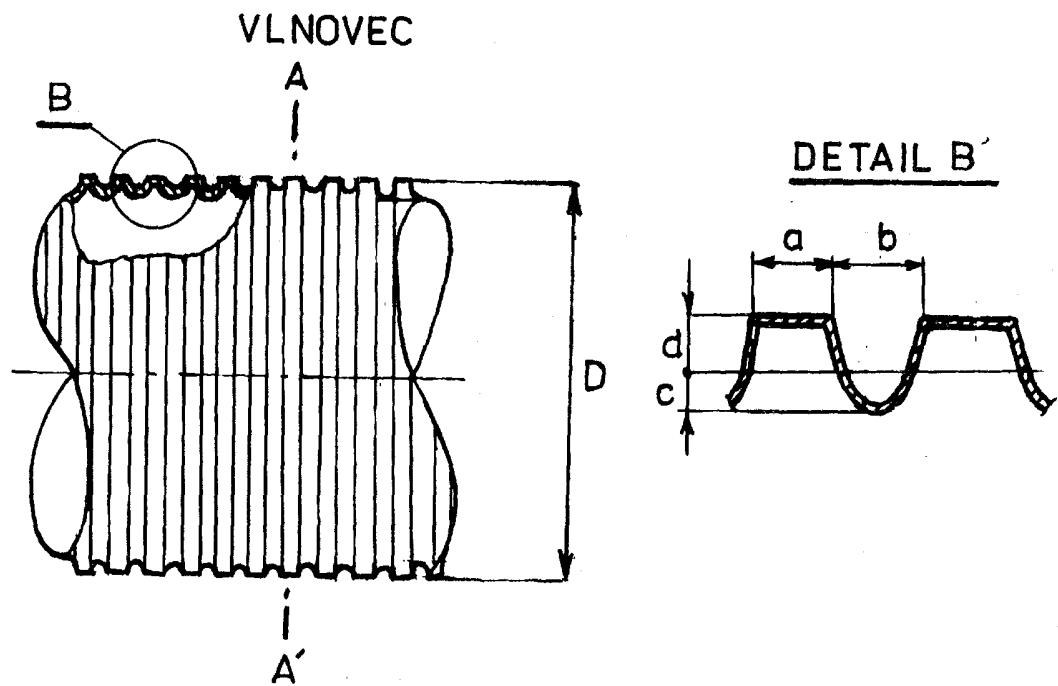
2. Zařízení podle bodu 1, vyznačené tím, že trubka je rozdělena na úseky, které jsou spojeny sifonovými spoji (7) opatřenými vstupem (8) kapaliny s výstupem (9) plynu a sifonovým uzávěrem (10) a vstupem (11) čerstvého plynu a přepadem (12) kapaliny, přičemž takových úseků může být libovolný počet a poslední úsek je zakončen výstupním elementem (4).

3. Zařízení podle bodů 1 až 2, vyznačené tím, že trubka je tvořena z plastů a může být pokovena.

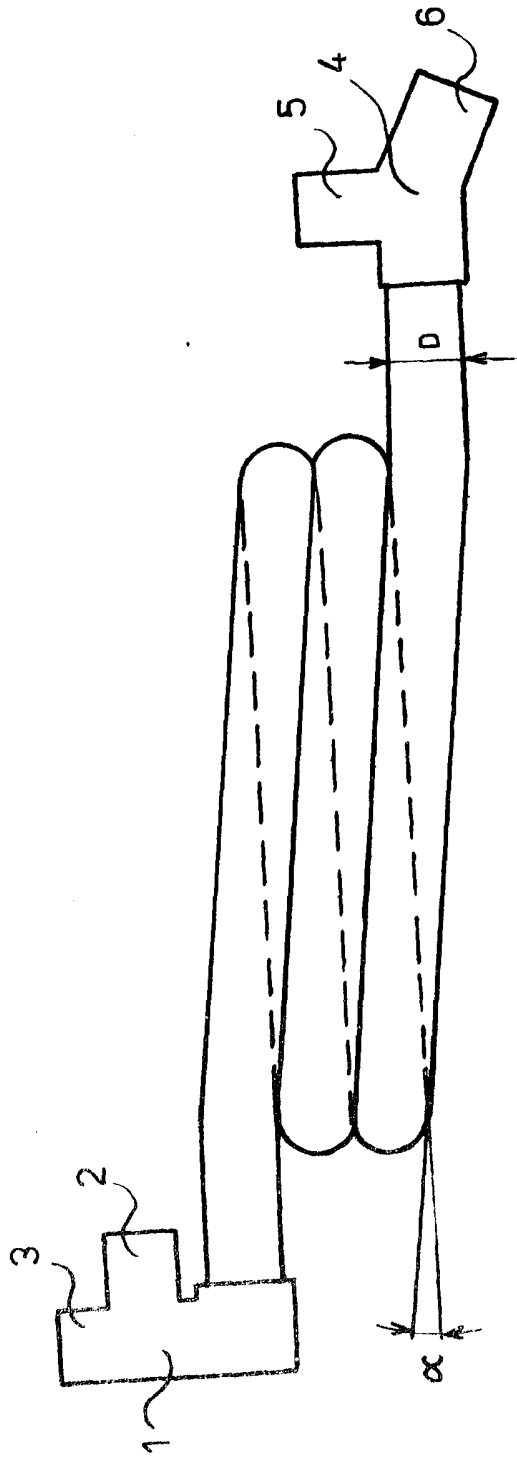
4. Zařízení podle bodů 1 až 3, vyznačené tím, že trubka je tvořena slitinou s přídavkem Fe a/nebo Al.

4 výkresy

254878

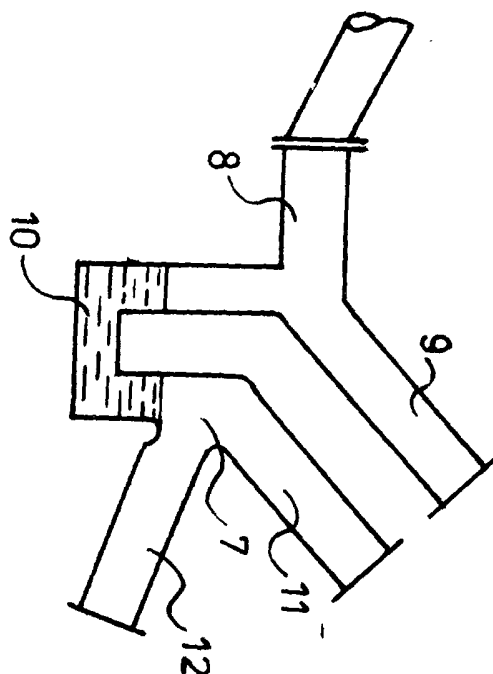


254878

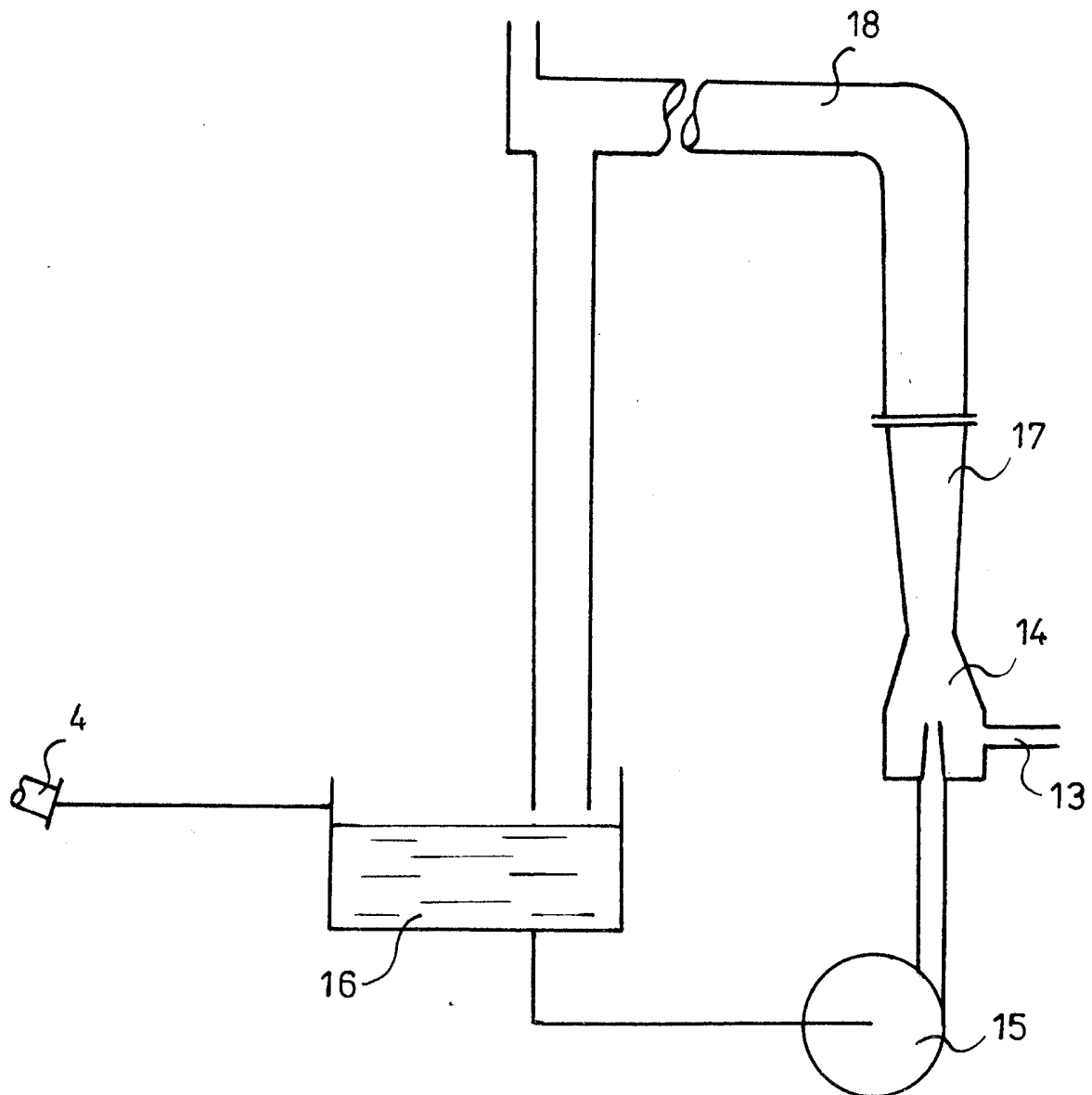


OBR.2

254878



254878



OBR.4