



PATENTDIREKTORATET
TAASTRUP

(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT

(11) 161869 B

(21) Patentansøgning nr.: 4640/84

(22) Indleveringsdag: 28 sep 1984

(41) Alm. tilgængelig: 04 apr 1985

(44) Fremlagt: 26 aug 1991

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 03 okt 1983 DE 3335917

(51) Int.Cl.⁵

B 01 D 53/36

F 23 J 15/00

F 23 L 15/00

(71) Ansøger: L. & C. *Steinmueller GmbH; Fabrikstrasse 1; D-W-5270 Gummersbach, DE

(72) Opfinder: Sigfrid *Michelfelder; DE, Stanislaw *Michalak; DE

(74) Fuldmægtig: Patentingeniør K. Skøtt-Jensen

(54) **Luftforvarmer til forvarmning af forbrændingsluften til en forbrændingsproces med NO_x-reducerende katalytiske varmeveksleroverflader**

(56) Fremdragne publikationer

DE pat. nr. 2852800

GB off. g. skrift nr. 2039775

GB pat. nr. 1476290

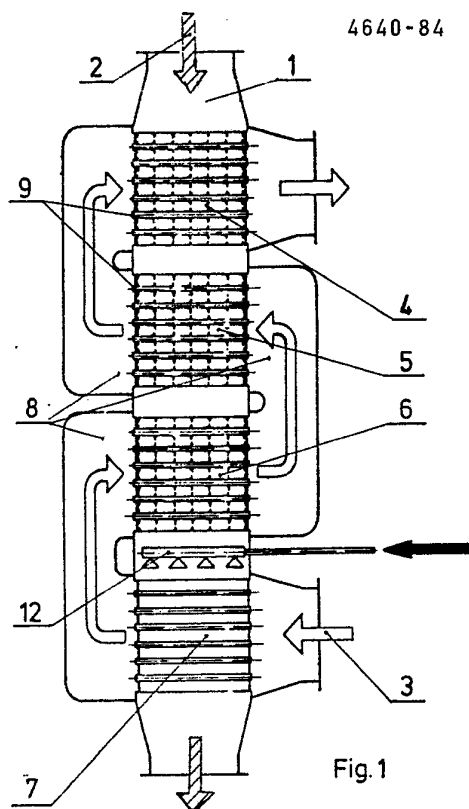
SE freml. skrift nr. 412372

US pat. nr. 4089088

(57) Sammendrag:

4640-84

Ved i en indretning af luftforvarmertypen til forvarmning af forbrændingsluften til en forbrændingsproces ved til-sætning af hede, NO_x-holdige røggasser fra en egen eller en anden forbrændingsproces med samtidig reduktion af i røggasserne indeholdt NO_x at anvende en i og for sig kendt luftforvarmer af regenerativ eller rekuperativ art, ved hvilken overfladen på røggassiden af varmevekslerelementet er forsynet med en som katalysator for NO_x-reduktionen virkende belægning, opnås reduktion af NO_x i røggassen under bibeholdelse af en høj virkningsgrad på en sådan måde, at røggassens tryktab såvel som pladsbehovet for anlægget minimeres ved samtidig reduktion af det til rensning nødvendige energibehov.



Den foreliggende opfindelse angår en indretning af luftforvarmertypen til forvarmning af forbrændingsluften til en forbrændingsproces ved varmeoverføring med hede, NO_x -holdige røggasser fra en egen eller en anden forbrændingsproces under samtidig formindskelse af det i røggasserne indholdte NO_x .

Til forvarmning af forbrændingsluften til en forbrændingsproces indsættes såkaldte luftvarmere. Ved denne forvarmning opnås bl.a. fyringstekniske fordele, såsom fremskyndet tænding og mere fuldstændig forbrænding som følge af højere forbrændingstemperatur. Som varmeafgivende stofstrøm til forbrændingsluften, der skal opvarmes, tjener i reglen røggas fra fyrets egen forbrændingsproces. Det er imidlertid også muligt at udnytte røggas fra en anden forbrændingsproces.

Indretninger til forvarmning af forbrændingsluften er ret kendte. Som luftforvarmere kendes såkaldte rekuperatorer og regeneratore. I det første tilfælde opvarmes luften af røggas ved hjælp af varmeoverførsel via faste vægge. Her-til hører f.eks. luftforvarmere af plade- eller rørvarmevekslertypen. Ved regenerative luftvarmere optager lagermasserne røggasvarmen og afgiver den senere til luften. Til kontinuerlig drift kommer i det væsentlige to konstruktionstyper med cylindrisk lagermasse på tale, nemlig en med roterende lagermasse og stationær luft- og røggastilslutning (Ljungström-Luftforvarmere), og en med stationær lagermasse og roterende lufttilslutning inden for den faste røggastilslutning, der dækker hele lagermassen (Rothemühle-luftforvarmere). Ved begge udførelsesformer er varmelagermasserne udformet som stationære pladepakker. Ved en anden udformning af varmelagermassen er der i stedet for den faste pladepakke indsat separat bevægelige varmelagerlegemer, som det f.eks. er beskrevet i tysk fremlæggeskrift nr. 2.951.279.

Ved store fyringsanlæg opstår der foruden andre skadelige stoffer det særdeles miljøskadelige NO_x . Med henblik på reduktion af NO_x -emissionen skelner man mellem primære og sekundære foranstaltninger. I første tilfælde foretages
5 indgreb inde i forbrændingsrummet. Således opnås f.eks. ved indsætning af specielt hertil udviklede brændere eller ved trinvis tilsætning af forbrændingsluft en reduktion af NO_x -dannelsen allerede under forbrændingsprocessen.

Ved de sekundære foranstaltninger foretages fremgangs-
10 mådetekniske indgreb uden for kedlen. Blandt disse kan opregnes røggasbehandlingsmetoder, ved hvilke der under tilsætning af et reduktionsmiddel, såsom NH_3 under tilstedeværelse af en katalysator, såsom vanadiumforbindelser på bærere af titanoxid, kan foregå en reduktion af NO_x til mole-
15 kylært nitrogen og vanddamp. Denne proces gennemføres i en separat, hertil indrettet og med katalysatorer forsynet reaktor. Denne reaktor er for det meste anbragt mellem kedelenhed og luftforvarmer. Ved mange anlæg er et højtemperatur-elektrofilter indskudt strømningsmæssigt før reaktoren.

20 Denne kendte anbringelse af NO_x -reaktoren mellem luftforvarmer og kedelenhed er imidlertid behæftet med en række ulemper. For det første optræder der et røggastryktab ved gennemstrømning gennem katalysatorlejet. For det andet må der tilvejebringes et tilsvarende rum til denne reaktor.
25 Desuden må systemets bærekonstruktion udføres forstærket som følge af NO_x -reaktorens vægt. Derudover må katalysatorerne på grund af røggassernes støvindhold renses intermitterende, f.eks. ved hjælp af sodblæsere, hvilket påvirker driftsudgifterne tilsvarende ugunstigt.

30 Den foreliggende opfindelse har derfor til formål at tilvejebringe en indretning til reduktion af NO_x i røggassen under bibeholdelse af de kendte reaktorerers virkningsgrad på en sådan måde, at røggassens tryktab såvel som pladsbehovet for anlægget minimeres ved samtidig reduktion
35 af det til rensning nødvendige energibehov.

Dette formål er ifølge den foreliggende opfindelse ved en indretning af luftforvarmertypen af den i krav 1 indledningsvis angivne art opnået ved anvendelse af en luftforvarmer af regenerativ eller rekuperativ art, ved hvilken de overflader på varmevekslerelementerne, der befinder sig på røggassiden, er forsynet med en som katalysator for NO_x -reduktionen virkende belægning, og ved, at varmevekslerelementerne kun er forsynet med katalysatorbelægninger i de områder, hvor røggastemperaturen er højere end kondensationstemperaturen for reaktionsprodukterne, der dannes ved reaktioner mellem i røggassen indeholdte stoffer og det tilsatte reduktionsmiddel.

Det er således for at opnå, at der ikke skal danne sig afsætninger på katalysatoroverfladerne, når røggassernes temperatur er lavere end kondensationstemperaturen for dem, og idet røggaserne afkøles ved passeren igennem varmeveksleren, at der kun udformes belægninger på varmevekslerelementerne alene i de områder, hvor røggastemperaturen overstiger kondensationstemperaturen for reaktionsprodukterne, som dannes af stoffer indeholdt i røggassen og det tilsatte reduktionsmiddel.

Ifølge en anden udførelsesform ifølge opfindelsen er den med katalysatorbelægning på varmevekslerelementerne forsynede luftforvarmer indrettet til en røggasudgangstemperatur, der er højere end kondensationstemperaturen for reaktionsprodukterne fra de i røggassen indeholdte stoffer og det tilsatte reduktionsmiddel, og at der efter denne luftforvarmer er tilsluttet en anden luftforvarmer med en i drift i et hvirvellag holdt, selvrensende varmelagermasse bestående af et antal separat bevægelige enkeltelementer.

Ved en videreudformning ifølge opfindelsen kan der på nedstrøms på hinanden følgende særskilte elementer findes udformet en katalysatorbelægning, der i hvert enkelt tilfælde er tilpasset til optimale reaktionsforhold ved den på det pågældende sted rådende røggastemperatur.

De med den foreliggende opfindelse opnåede fordele består i, at pladsbehovet for systemet reduceres betydeligt ved integrationen af NO_x -reaktoren i luftforvarmeren. Ligeledes undgås de ellers i en NO_x -reaktor optrædende tryktab.

5 Ved udeladelsen af et separat hus for katalysatorerne kan der vælges enklere og dermed prisbilligere bærekonstruktioner. Da såvel katalysatorerne som varmevekslerfladerne skal renses med bestemte tidsintervaller, f.eks. ved hjælp af sodblæsere, behøves ved indretningen ifølge opfindelsen

10 kun én sådan anordning. En afgørende fordel ved opfindelsen viser sig også ved belægningen af de varmevekslende elementer nedenstrøms med forskellige katalysatormaterialer, som i henseende til deres aktivitet for den i dette område fremherskende røggastemperatur yder optimale reaktionsbe-

15 tingelser. Derved opnås en høj virkningsgrad for NO_x -reduktionen. Såvel katalysatorerne som varmevekslerelementerne er som følge af støvafgnidning og korrosion systemets slid-elementer og må udskiftes fra tid til anden. Da varmevekslerelementerne er forsynet med et katalysatorlag, behøves

20 imidlertid kun en ekstra arbejdsgang ved deres udskiftning ved indretningen ifølge opfindelsen.

Udførelsesformer ifølge opfindelsen beskrives nærmere i det følgende under henvisning til tegningen, hvor:

- 25 Fig. 1 viser en luftforvarmer af rørvarmevekslertypen ifølge krydsmodstrømsprincippet med en katalysatorbelægning på varmevekslerelementerne,
- fig. 2 viser et udsnit af et varmevekslerelement i form af et med en katalysatorbelægning forsynet ribberør,
- 30 fig. 3 viser et udsnit af et varmevekslerelement i form af en med en katalysatorbelægning forsynet ribbeplade til en pladeluftforvarmer,
- fig. 4 viser et tværsnit af en luftforvarmer efter Ljungström-princippet med en katalysatorbelagt varmelagermasse,
- 35 fig. 5 viser en rotationsluftforvarmer med radial gas-

tilstrømning og katalysatorbelagt varmelagermasse i form af enkeltelementer, og

fig. 6 viser en kombination af en rør-luftforvarmer med katalysatorbelagte varmevekslerelementer og en derefter indskudt luftforvarmer med selvrensende varmelagermasse.

I tegningens fig. 1 er vist en luftforvarmer 1 i form af en rørvarmeveksler, hvor røggas 2 og luft 3, der skal opvarmes, er ledt i krydsmodstrøm. Luftforvarmeren 1 er opdelt i fire zoner 4, 5, 6, 7, der på luftsiden via omledningskanaler 8 er forbundet med hinanden. Her er varmevekslerelementerne kun i zoner 4-6 forsynet med en katalysatorbelægning. Da røggassen i modsætning til ved en separat reduktionsreaktor afkøles ved gennemstrømning af en varmeveksler, sørges der ifølge opfindelsen for, at katalysatormaterialet i de enkelte zoner udvælges således, at det i henseende til sin aktivitet er afpasset til den i en zone fremherskende røggastemperatur. Derved opnås en høj reduktionsgrad.

Som varmevekslerelement for zonerne 4-6 kommer f.eks. ribberør 9a ifølge fig. 2 på tale. Ved denne udførelsesform tilvejebringes der en særlig stor katalysatorkontaktflade. Betinget af den kendsgerning, at katalysatorlaget 10 i forhold til varmevekslerelementerne 9a's materiale, som f.eks. stålrør 11 ifølge fig. 2, har en væsentlig lavere varmeledningsevne, muliggøres ved denne udførelsesform som følge af den større varmevekslerflade på røggassiden en kompakt konstruktion for en luftforvarmer. Zonen 7 i varmeveksleren 1 er i den i fig. 1 viste udførelsesform udstyret med glatte rør uden katalysatorbelægning. Grunden hertil er, at den nedkølede røggas 2 ved gennemstrømning af varmeveksleren 1 i zonen 7 gennemløber et temperaturområde, hvor der kanderne sig aflejringer på varmevekslerelementerne som følge af kondensationen af reaktionsprodukter fra i røggassen indeholdte stoffer og det tilsatte reaktionsmiddel; således reagerer f.eks. SO_3 fra røggassen med reduktionsmidlet NH_3 til

ammoniumsulfid, hvis kondensationstemperatur ligger under ca. 250 °C. For fra tid til anden at befri varmevekslerelementerne fra disse aflejringer, er der anordnet en sodblæser 12. Sodblæsere til rensning af katalysatorkontaktfladerne kan f.eks. være anbragt ved røggastilførslen.

I stedet for rør som varmevekslerelementer kan der naturligvis også indsættes plader eller såkaldte ribbeplader i luftforvarmeren. En principiel forskel i funktionsmåde i forhold til en luftforvarmer med rør er der ikke her tale om. Et særlig egnet ribbepladeelement 9b er vist i tegningens fig. 3. Herved tilvejebringes som ved varmevekslerelementet ifølge fig. 2 ved hjælp af den på røggassiden forøgede overflade en større katalysatorkontaktflade samt en større varmevekslerflade.

I tegningens fig. 4 er der vist et tværsnit gennem en luftforvarmer udformet ifølge det såkaldte Ljungström-princip med en cylindrisk og under drift roterende lagermasse. Der er herved ligeledes sørget for opdeling af lagermassen i flere zoner 4, 5, 6, 7, hvor lagermassen i den nederste zone 7 ikke er belagt med et katalysatormateriale. Som ved den i det foregående beskrevne udførelsesform er katalysatormaterialerne i de enkelte zoner i henseende til deres aktivitet afstemt til den på det pågældende sted fremherskende røggastemperatur, således at hvert lag yder optimale reaktionsbetingelser ved den i den pågældende zone fremherskende røggastemperatur. Der er endvidere sørget for, at lagermassen mellem den nederste zone 7 og den derover beliggende zone 6 har en udsparring 13, hvori der er anbragt en renseindretning 12. Herved kan der valgfrit foretages en rensning ved hjælp af trykluft 14 eller vand 15.

Ved en i tegningens fig. 5 vist regenerativ luftforvarmer med en roterende tromle 16 og radial gastilstrømning består lagermassen af et antal bevægelige enkeltelementer 17 i form af kugler, hulkugler, saddelformede legemer, som ligeledes er forsynet med en katalysatorbelægning. Ifølge

denne udførelsesform er der sørget for opdeling af tromlen 16 i radial retning i enkelte kamre 18, hvorved varmeleder-elementerne 17 i de enkelte kamre 18 er forsynet med til røggastemperaturen tilpassede katalysatorbelægninger. Ved 5 en luftforvarmer af denne type med separat bevægelige enkelt-elementer 17 som varmelagermasse er foranstaltninger til rensning ikke nødvendige, da disse elementer ved gensidig gnidning og hvirvlende bevægelser befrier sig selv for aflejringer.

10 En anden mulighed for til stadighed at holde varmevekslerfladerne fri for aflejringer er vist i tegningens fig. 6. Det, som det her drejer sig om, er at tilvejebringe seriekobling af en rør- eller pladeluftforvarmer 1 ifølge fig. 1 med en luftforvarmer af kolonnevarmevekslertypen 19 15 med en lagermasse i form af et antal separat bevægelige elementer 20, der holdes i cirkulation af en transportanordning 21. Her er kun varmevekslerelementerne 9 i plade- eller rørvarmeveksleren 1 forsynet med en katalysatorbelægning. For at undgå aflejringer på katalysatorkontaktflader- 20 ne er denne luftforvarmer 1 således udformet, at den udstrømmende røggas 22's temperatur ligger over kondensationstemperaturen for reaktionsprodukterne, der dannes ved reaktioner mellem i røggassen indeholdte stoffer og det tilsatte reaktionsmiddel. I den efterfølgende kolonnevarme- 25 veksler 19 undgås aflejringer derimod ved, at varmelager-elementerne 20 til stadighed holdes i et hvirvellag ved, at røggassen 22 og den forbrændingsluft 3, der skal opvarmes, strømmer mod varmelagerelementerne nedefra og opad. Herved er der opnået en selvrensningseffekt for den efterkoblede 30 luftforvarmer 19.

P A T E N T K R A V

1. Indretning af luftforvarmertypen til forvarmning af forbrændingsluften til en forbrændingsproces ved varmeoverføring med hede, NO_x -holdige røggasser fra en egen eller en 5 anden forbrændingsproces under samtidig formindskelse af det i røggasserne indeholdte NO_x k e n d e t e g n e t v e d anvendelse af en luftforvarmer af regenerativ eller rekuperativ art, ved hvilken de overflader på varmeveksler-elementerne, der befinder sig på røggassiden, er forsynet 10 med en som katalysator for NO_x -reduktionen virkende belægning, og ved, at varmevekslerelementerne kun er forsynet med katalysatorbelægning i de områder, hvor røggastemperaturen er højere end kondensationstemperaturen for reaktionsprodukterne, der dannes ved reaktioner mellem i røggassen 15 indeholdte stoffer og det tilsatte reduktionsmiddel.

2. Indretning ifølge krav 1 k e n d e t e g n e t v e d , at den med katalysatorbelægning på varmeveksler-elementerne forsynede luftforvarmer er indrettet til en røggasudgangstemperatur, der er højere end kondensations- 20 temperaturen for reaktionsprodukterne fra de i røggassen indeholdte stoffer og det tilsatte reduktionsmiddel, og at der efter denne luftforvarmer er tilsluttet en anden luftforvarmer med en selvrensende varmelagermasse bestående af et antal separat bevægelige enkeltelementer, der i drift 25 holdes i et hvirvellag.

3. Indretning ifølge krav 1 eller 2 k e n d e t e g n e t v e d , at der nedstrøms på hinanden følgende særskilte elementer findes udformet en katalysatorbelægning, der i hvert enkelt tilfælde er tilpasset til opti- 30 male reaktionsforhold ved den på det pågældende sted rådende røggastemperatur.

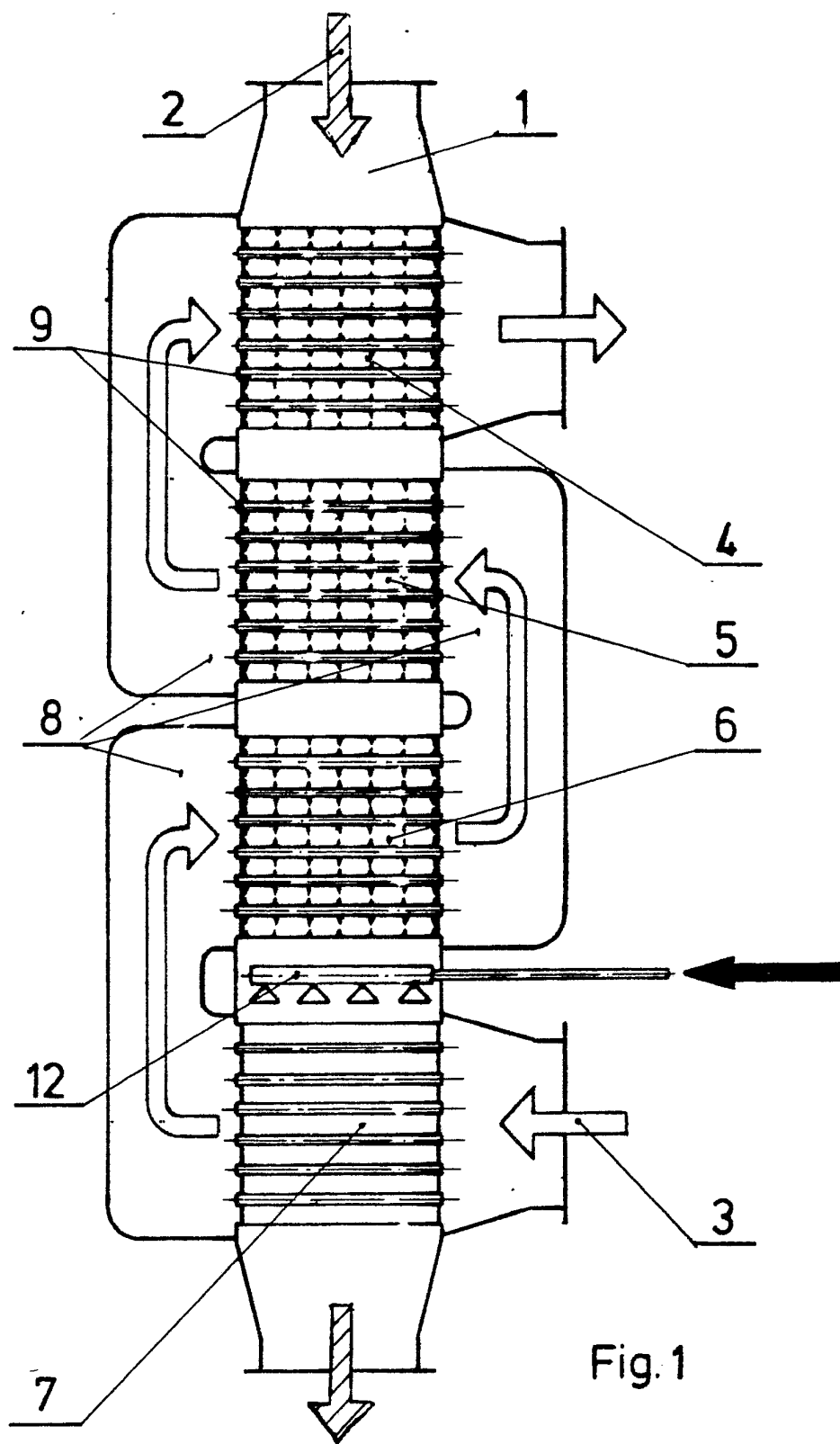


Fig.1

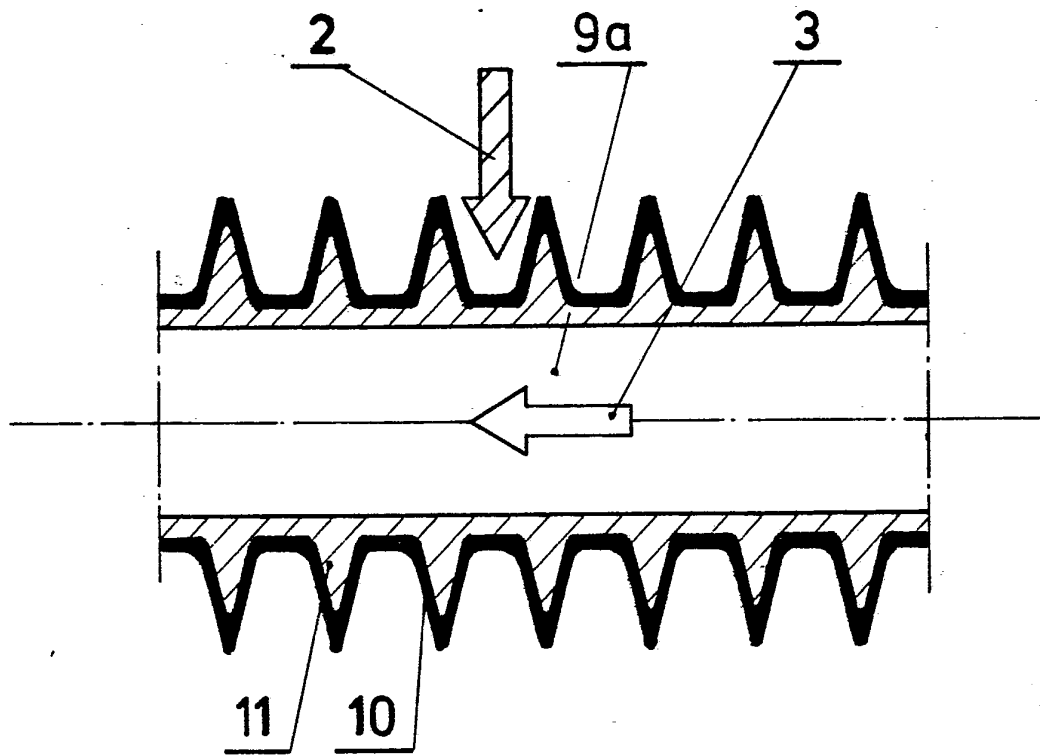


Fig. 2

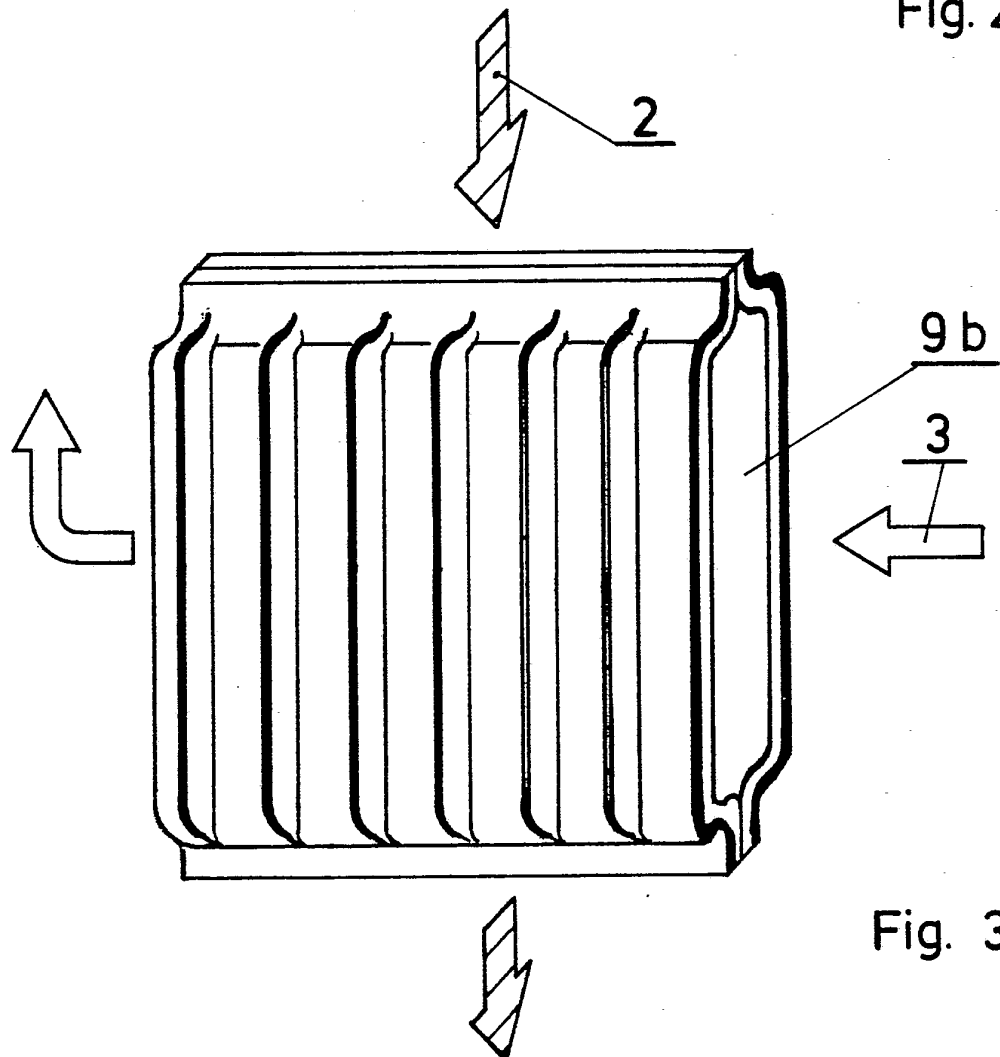


Fig. 3

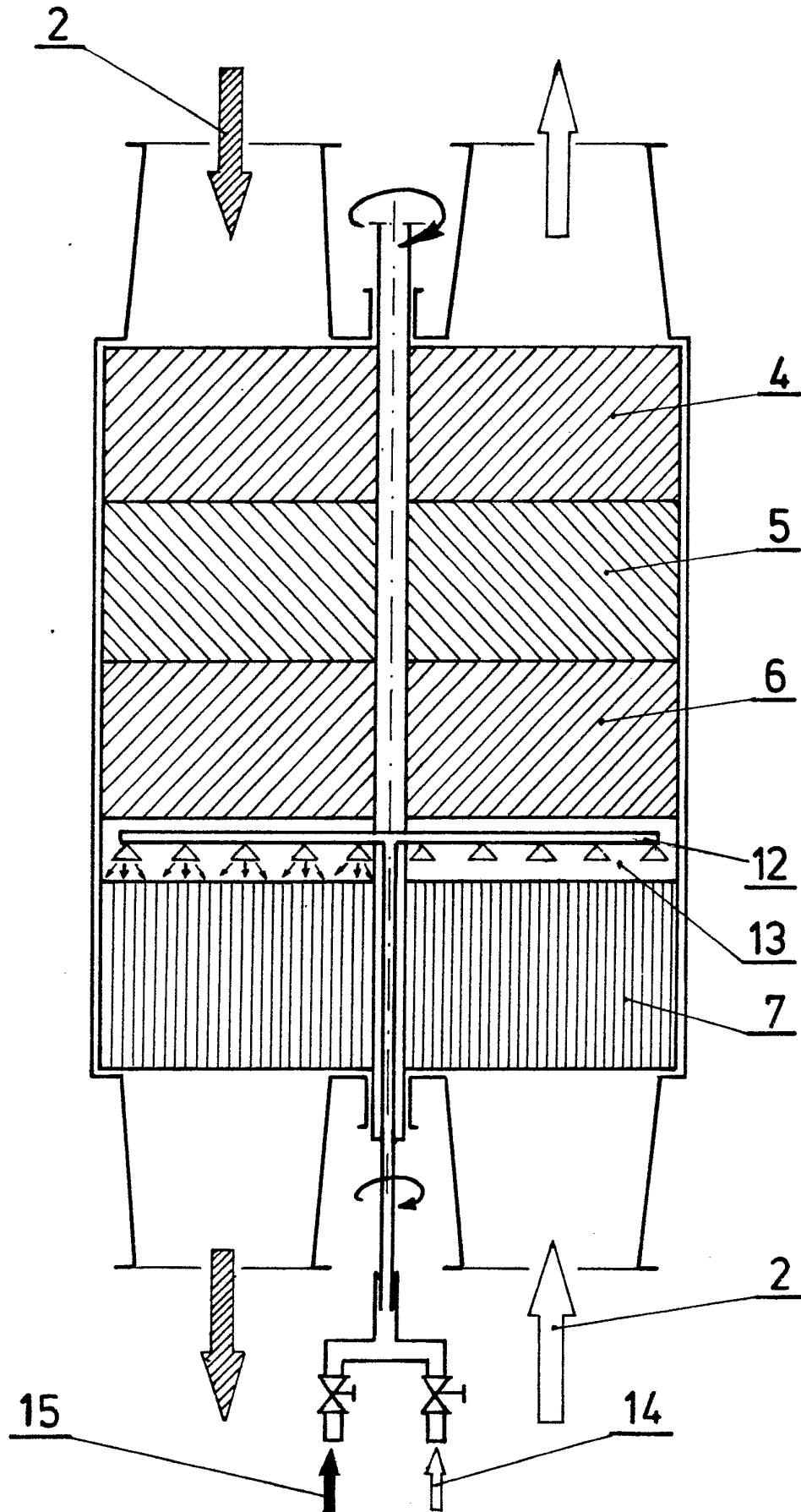
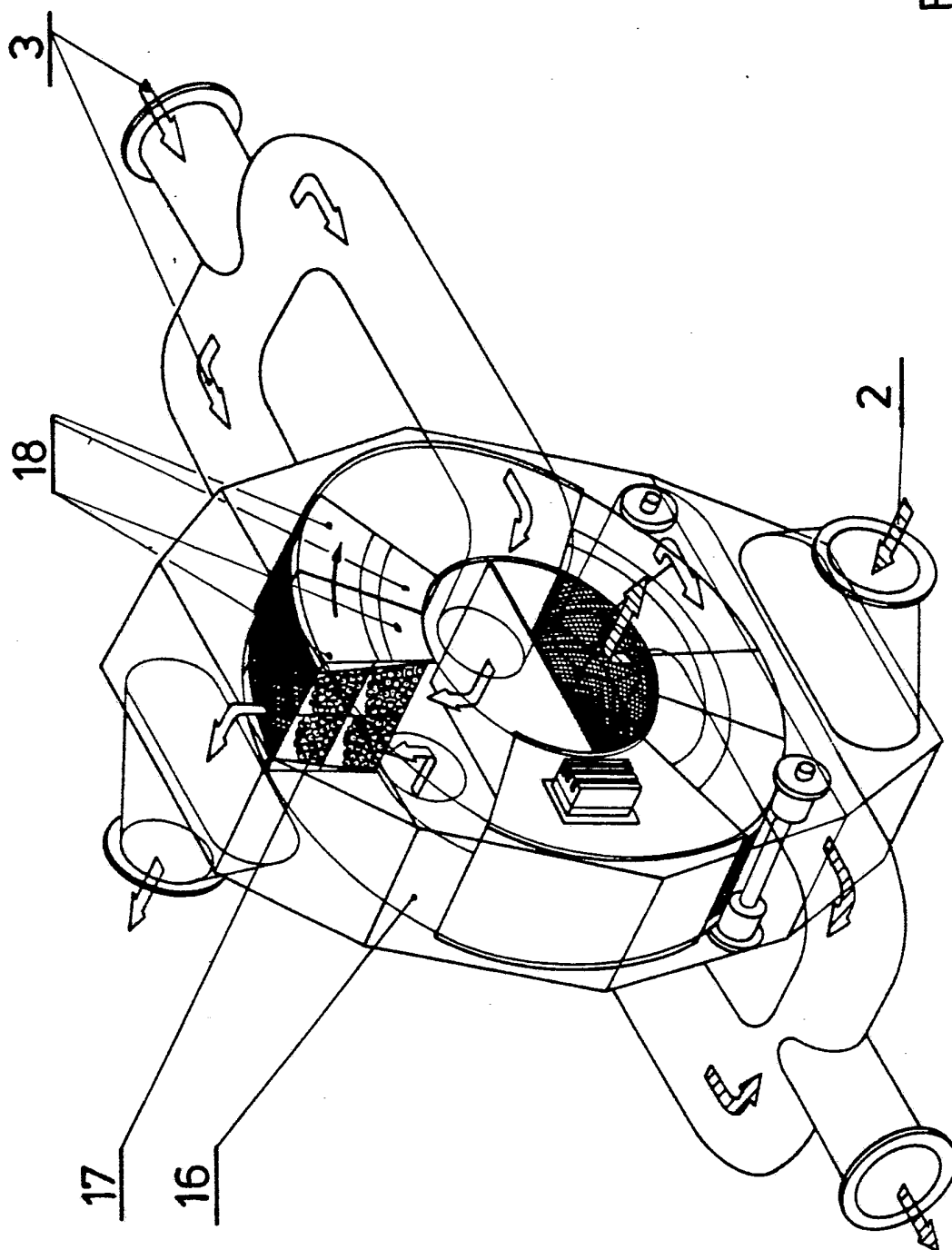


Fig. 4

Fig. 5



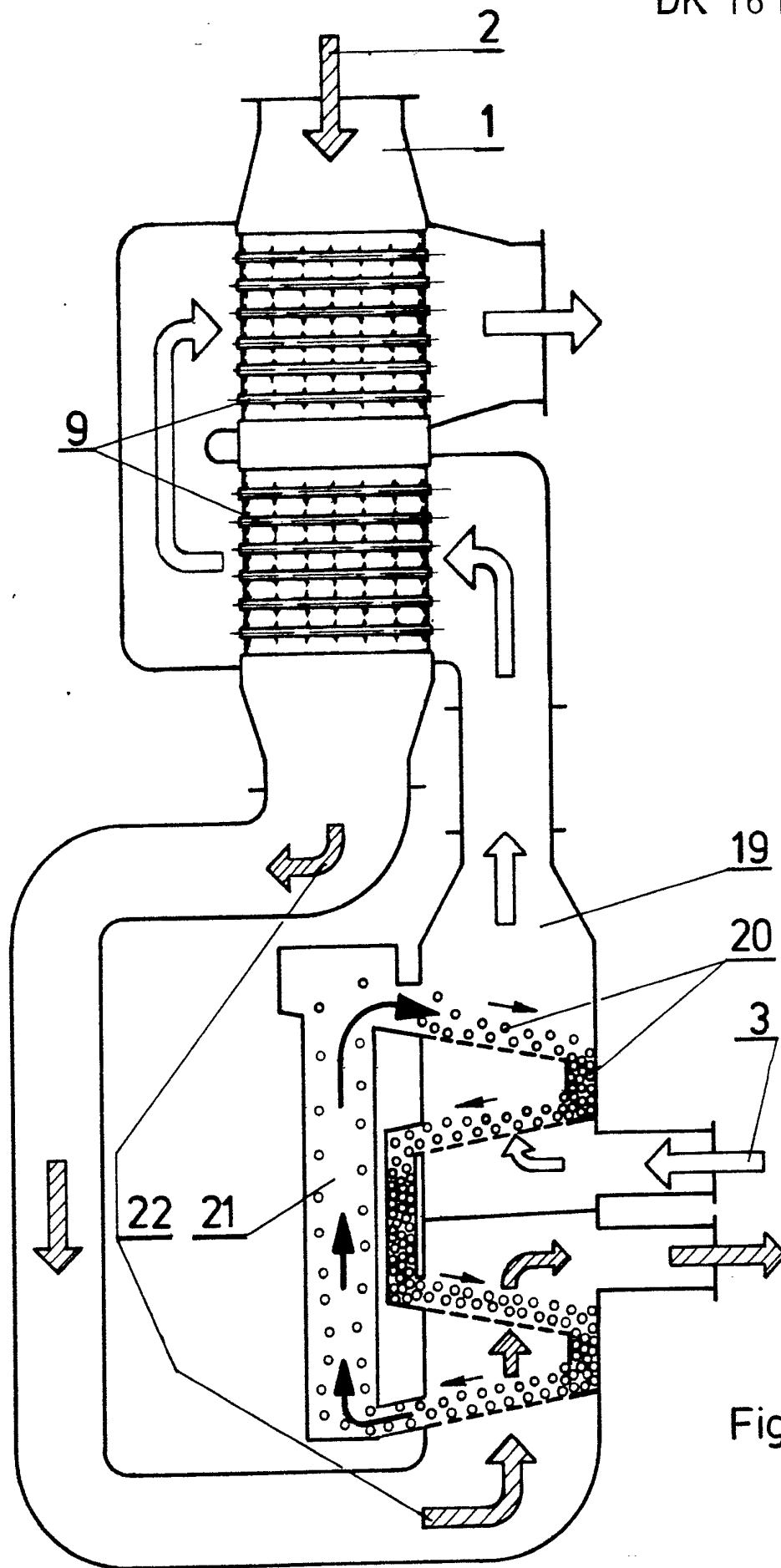


Fig. 6