

①⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet:  
**09.04.86**

⑤① Int. Cl. 4: **F 24 H 3/04**

②① Numéro de dépôt: **84400304.6**

②② Date de dépôt: **15.02.84**

⑤④ **Dispositif de chauffage électrique par effet Joule direct pour chauffer un mélange gazeux.**

③⑩ Priorité: **21.02.83 FR 8302763**

④③ Date de publication de la demande:  
**29.08.84 Bulletin 84/35**

④⑤ Mention de la délivrance du brevet:  
**09.04.86 Bulletin 86/15**

⑥④ Etats contractants désignés:  
**AT BE CH DE GB IT LI LU NL SE**

⑤⑥ Documents cités:  
**DE - B - 1 263 745**  
**DE - B - 1 297 252**  
**FR - A - 1 567 557**  
**FR - A - 2 029 559**  
**FR - A - 2 418 670**

⑦③ Titulaire: **ELECTRICITE DE FRANCE Service National, 2, rue Louis Murat, F-75008 Paris (FR)**  
Titulaire: **SPIE-BATIGNOLLES (société anonyme), Tour Anjou 33, Quai de Dion-Bouton, F-92814 Puteaux (FR)**

⑦② Inventeur: **Plard, Christian, 67, Route de Sartrouville, F-78230 Le Pecq (FR)**  
Inventeur: **Soulie, Jacques, 212, rue Saint-Jacques, F-75005 Paris (FR)**

⑦④ Mandataire: **Bouju, André, Cabinet Bouju 38 avenue de la Grande Armée, F-75017 Paris (FR)**

**EP 0 117 201 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

La présente invention concerne un dispositif de chauffage électrique par effet Joule direct, de grande puissance, pour chauffer un mélange gazeux à des températures et des pressions pouvant atteindre respectivement 900°C et 50 bars.

L'invention vise en particulier, mais non limitativement, un dispositif de chauffage électrique destiné à équiper les installations suivantes:

- le reformage du naphta en présence d'un catalyseur à base de platine pour l'obtention des essences;

- la désulfuration des hydrocarbures par l'hydrogène.

Dans de telles installations de chauffage, on cherche à remplacer les fours traditionnels consommant un combustible d'origine fossile, par des fours électriques présentant un rendement thermique nettement amélioré et permettant une régulation de température beaucoup plus facile et précise.

On connaît plusieurs types de fours électriques.

Ces fours électriques sont en général de puissance limitée, nettement inférieure à la puissance nécessaire (de l'ordre de 10 MW) dans les installations évoquées ci-dessus.

Par ailleurs, les fours électriques connus comportent en général des résistances électriques gainées.

Ces résistances électriques gainées limitent la puissance dissipée par unité de surface. Ainsi, si la puissance d'un tel four était portée à une valeur de l'ordre de 10 MW, son encombrement serait prohibitif, d'autant plus que les résistances électriques, dont la section efficace est très largement augmentée par l'isolant, doivent être disposées à des distances suffisantes pour ne pas occasionner une perte de charge excessive lors du passage du flux gazeux à chauffer.

De plus, ces résistances électriques sont difficilement utilisables pour le chauffage à des températures élevées pouvant atteindre 900°C.

On connaît par ailleurs des fours électriques comprenant des résistances électriques noyées dans un lit fluidisé de particules. De tels fours ne peuvent pas non plus être utilisés dans des applications où il est nécessaire de chauffer un gaz à haute température et sous forte pression, en raison des risques d'entraînement des particules du lit fluidisé et de réaction entre celles-ci et le gaz.

Par ailleurs, la réalisation d'un four électrique pour chauffer un gaz à hautes température et pression tel qu'un mélange d'hydrocarbures et d'hydrogène, pose de nombreux problèmes d'étanchéité, de dilatation thermique, de passage étanche pour les conducteurs d'alimentation électrique des résistances, de tenue thermique et de corrosion, qui n'ont pas trouvé de solution satisfaisante jusqu'à présent.

Le but de la présente invention est de remédier aux lacunes des fours électriques connus, en

créant un dispositif de chauffage électrique de grande puissance pouvant chauffer des mélanges gazeux, tel qu'un mélange d'hydrocarbures et d'hydrogène à des températures et des pressions pouvant atteindre respectivement 900°C et 60 bars, ce dispositif présentant un excellent rendement thermique, un encombrement relativement réduit et occasionnant lors du passage du mélange gazeux une perte de charge très réduite.

Le dispositif de chauffage visé par l'invention, comprend une enceinte comportant une entrée et une sortie du mélange gazeux et qui renferme des résistances électriques nues et les conducteurs d'alimentation électrique de ces résistances. Un tel dispositif est connu du document FR—A—2 029 559.

Suivant l'invention, ce dispositif est caractérisé en ce qu'il comprend un conduit central qui relie l'entrée et la sortie du mélange gazeux, constitué par plusieurs modules superposés, amovibles et indépendants les uns des autres, comprenant chacun plusieurs éléments électriquement résistants constitués par des nappes de lamelles métalliques disposées les unes à côté des autres, une zone périphérique contenant les conducteurs d'alimentation électrique des modules qui renferment les éléments résistants, des passages étant ménagés entre le conduit central et la zone périphérique permettant à une proportion réduite du flux gazeux de passer dans la zone périphérique.

Lors du fonctionnement du dispositif de chauffage conforme à l'invention, le flux gazeux passe dans le conduit central constitué par plusieurs modules amovibles et superposés. L'ensemble de ces modules peut se dilater librement indépendamment des connexions et de l'enveloppe externe sans occasionner de contraintes nuisibles.

Le fait que les résistances électriques soient des lamelles disposées les unes à côté des autres, permet d'obtenir une grande puissance dissipée par unité de surface de résistance et par suite un encombrement relativement réduit. De plus, ces résistances en lamelles qui n'offrent pratiquement aucune résistance par rapport au flux gazeux, permettent d'obtenir une perte de charge très réduite.

Par ailleurs, les conducteurs d'alimentation électrique des résistances qui sont disposés dans la zone périphérique sont refroidis par une faible partie du flux gazeux qui pénètre dans l'enceinte du dispositif, de sorte qu'on résout efficacement le problème de la tenue thermique des ces conducteurs.

De plus, du fait que les modules sont amovibles, il est possible de remplacer un élément défectueux sans interférer sur les autres éléments.

De plus, ce principe permet d'adapter la puissance nécessaire à chaque four en faisant varier le nombre de modules empilés, seule la longueur de l'enveloppe externe étant modifiée.

D'autre part, ces modules alimentés séparément par des sources électriques régulées

permettent d'obtenir un profil de température, entre l'entrée et la sortie du dispositif, parfaitement adapté aux conditions optimales souhaitées.

Selon une version avantageuse de l'invention, l'enceinte comprend en partie inférieure une cuvette de fond comportant une tubulure d'entrée du mélange gazeux sur laquelle est montée de façon amovible une virole verticale calorifugée constituant l'enveloppe et portant à sa partie supérieure une tubulure de sortie du mélange gazeux. Les modules comprenant les résistances électriques s'étagent les uns au-dessus des autres suivant l'axe de la virole et sont supportés par la cuvette de fond, étant libres par rapport à la paroi latérale et la paroi supérieure de la virole. La cuvette de fond comporte dans sa paroi des passages pour les arrivées des conducteurs d'alimentation électrique des éléments résistants.

Par ailleurs, la jonction étanche entre cette virole et le reste du dispositif se limite à un simple joint d'étanchéité entre celle-ci et la cuvette de fond, ce qui limite les risques de fuites occasionnées par la forte pression du gaz passant à l'intérieur du dispositif.

Selon une version préférée de l'invention, les modules sont constitués par des boîtes parallélépipédiques en tôle, fermées latéralement, fixées de façon amovible sur la charpente (ossature) générale interne, les unes au-dessus des autres, dans le prolongement de leurs faces latérales, chaque boîte renfermant plusieurs nappes de lamelles en tôle résistante disposées parallèlement entre elles, les faces de ces lamelles étant parallèles à l'axe de la virole. Les lamelles résistantes sont de préférence en tôle de métal déployé.

La réalisation de ces modules est à la fois simple et conduit à un encombrement minimal. L'utilisation de lamelles de métal déployé permet d'obtenir une valeur ohmique par unité de surface élevée, avec une bonne répartition de température due au fait des turbulences engendrées par le dépôt des lanières de métal déployé.

De préférence, les conducteurs d'alimentation électrique des modules sont des tubes métalliques s'élevant parallèlement à l'axe de la virole dans la zone périphérique, ces tubes étant reliés par des tresses métalliques souples aux éléments résistants des modules.

Ainsi les conducteurs électriques, tout en étant refroidis dans la zone périphérique peuvent se dilater librement sans répercussion de contraintes sur les plages de raccordement des résistances.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront encore dans la description ci-après.

Aux dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs:

. la figure 1 est une vue en élévation avec arrachements d'un dispositif de chauffage électrique conforme à l'invention;

. la figure 2 est une vue en plan à plus grande échelle avec arrachement du dessus du dispositif;

. la figure 3 est une vue en groupe à plus grande échelle suivant le plan III—III de la figure 1;

. la figure 4 est une vue en coupe à plus grande échelle suivant le plan de jonction entre cuvette et virole;

. la figure 5 est une vue en coupe longitudinale à plus grande échelle du détail V de la figure 1;

. la figure 6 est une vue en coupe longitudinale à grande échelle du détail VI de la figure 1;

. la figure 7 est une vue partielle d'une lame résistante du dispositif;

. la figure 8 est une vue suivant la flèche VIII de la figure 6;

. la figure 9 est une vue en coupe transversale partielle à grande échelle du dispositif montrant le raccordement entre les conducteurs d'alimentation et les résistances électriques;

. la figure 10 est une vue analogue à la figure 9 montrant un autre mode de raccordement entre les conducteurs et les résistances, permettant la répartition périphérique des conducteurs;

. la figure 11 est une vue en coupe à plus grande échelle suivant le plan IV—IV de la figure 1, montrant les arrivées des conducteurs électriques d'alimentation des résistances du dispositif conforme à l'invention;

. la figure 12 est une vue en coupe longitudinale partielle à grande échelle de la cuvette de fond du dispositif, montrant les arrivées des conducteurs électriques d'alimentation des résistances;

. la figure 13 est un schéma montrant le raccordement électrique entre les différents modules superposés;

. la figure 14 est un schéma électrique montrant un mode de raccordement entre les conducteurs et les résistances d'un module courant;

. la figure 15 est un schéma électrique montrant un mode de raccordement entre les conducteurs et les résistances d'un module haute performance.

Dans la réalisation des figures 1 à 4, on a représenté un dispositif de chauffage électrique par effet Joule direct, de grande puissance pour chauffer un mélange gazeux à des températures et des pressions pouvant atteindre respectivement 900°C et 60 bars.

Ce dispositif comprend une enveloppe verticale 1 de forme générale cylindrique comportant un revêtement calorifuge 2 qui n'est représenté que partiellement dans le cas interne ou externe sur la figure 1. Cette enveloppe 1 comprend à sa partie inférieure une cuve avec une tubulure 3 d'entrée et à sa partie supérieure une virole avec une tubulure 4 de sortie du mélange gazeux à chauffer.

Cette enceinte 1 comprend un conduit central 5 représenté en pointillés sur la figure 1 qui relie l'entrée 3 et la sortie 4 du mélange gazeux et qui renferme plusieurs modules identiques 6a, 6b, 6c, 6d, ... 6k, 6l) superposés et amovibles.

Ces modules 6a, ... 6l comportent chacun

plusieurs nappes d'éléments résistants, couplés en série et en parallèle.

On voit sur les figures 2 et 3 et plus nettement sur les figures 6, 7, 9 et 10 que ces éléments résistants sont constitués par des lamelles métalliques 7 disposées les unes à côtés des autres. Ces lamelles résistantes 7 sont en tôle nue de métal déployé (voir figure 7) et sont disposées parallèlement à l'axe vertical du dispositif. Ces lamelles présentent une épaisseur de quelques dixièmes de millimètre et sont espacées les unes des autres par exemple par des bagues réfractaires isolantes (par exemple en alumine). L'espacement entre les lamelles résistantes 7 est déterminé pour obtenir un échange thermique optimal entre ces lamelles et le gaz à chauffer et pour réaliser un encombrement minimal, tout en étant cependant suffisant pour que les pertes de charge soient négligeables. En pratique, les lamelles résistants 7 sont espacées de un à deux centimètres pour isolation électrique entre lames à des potentiels différents.

Le conduit central 5, constitué par les modules superposés 6a, ... 6l est entouré par une zone périphérique 8 (voir figures 1, 2, 3, 6 et 8 à 10) contenant les conducteurs 9 d'alimentation électrique des modules 6a, ... 6l, qui renferment les lamelles résistantes 7.

Par ailleurs, comme on le voit sur la figure 6, des passages 9a sont ménagés entre le conduit central 5 et la zone périphérique 8 pour permettre à une proportion réduite du flux gazeux de passer dans la zone périphérique 8 pour refroidir les tubes et équilibrer les pressions entre conduit et zone périphérique.

Comme indiqué sur les figures 1, 4, 11 et 12, l'enceinte 1 comprend une cuvette de fond 10 comportant la tubulure 3 d'entrée du mélange gazeux. Sur cette cuvette de fond 10 est montée de façon amovible et étanche une virole verticale 11 qui porte à sa partie supérieure la tubulure 4 de sortie du mélange gazeux à chauffer.

Les modules superposés 6a, ... 6l contenus dans la virole 11 sont placés les uns sur les autres suivant l'axe vertical de cette virole. Ils communiquent avec la tubulure d'entrée 3 par un manchon 12 de raccordement évasé vers le haut (voir figure 1). Par ailleurs, ces modules 6a, ... 6l sont libres par rapport à la paroi latérale et la partie supérieure de la virole 11.

Comme on le voit sur les figures 2, 3, 6, 9 et 10, les modules 6a, ... 6l sont constitués par des boîtes parallélépipédiques en tôle fermées latéralement et fixées de façon amovible les unes au-dessus des autres dans le prolongement de leurs faces latérales.

L'ensemble des modules 6a ... 6l repose sur une plaque inférieure 13 (voir figure 5) qui est elle-même supportée par un épaulement interne 13a de la cuvette de fond 10.

Chaque module 6a, ... 6l (voir figures 1, 6, 9 et 10) est supporté par une plaque périphérique qui s'étend sur la presque totalité de la largeur de la zone périphérique, plaque elle-même fixée sur l'ossature générale interne 16. Le faible jeu  $e$

ménagé entre le bord extérieur de ces plaques 14 et la paroi de la virole 11 est calculé de façon que ces plaques 14 puissent se dilater sous l'effet de la chaleur dégagée par les résistances électriques contenues dans les modules 6a, ... 6l sans que ces plaques ne touchent la paroi de la virole 11.

Ces plaques 14 comportent des ouvertures dans lesquelles sont engagées des bagues 15 en matière isolante entourant les conducteurs électriques 9 d'alimentation des modules 6a, ... 6l (voir figures 6 et 8 à 10).

L'ensemble de ces modules 6a, ... 6l est fixé latéralement à des profilés verticaux 16 (de section en H par exemple) qui s'étendent dans la zone périphérique 8 (voir figures 2, 3, 9 et 10) et assurent le supportage des équipements internes.

Les conducteurs électriques 9 d'alimentation des modules 6a, ... 6l sont des tubes métalliques qui s'étendent (voir figures 6, 8 à 10) parallèlement à l'axe de la virole 11 dans la zone périphérique 8. Ces tubes métalliques 9 sont reliées par des tresses métalliques souples 16a aux lamelles électriquement résistantes 7 contenues dans les modules 6a, ... 6l.

Dans la réalisation représentée (voir figure 6), chaque module 6a, ... 6l comporte deux jeux superposés de nappes de lamelles résistantes 7. Sur cette figure 6, on voit également que chaque module communique avec la zone périphérique 8 adjacente par une fente 9a de quelques millimètres de largeur ménagée entre le bord supérieur 17 de la paroi latérale d'un module et la plaque inférieure 14 supportant le module supérieur.

Sur les figures 11 et 12, on voit que la cuvette de fond inférieure 10 comporte dans sa paroi latérale 18 des passages radiaux 19 agencés pour les arrivées des tubes conducteurs 9 d'alimentation électrique des modules 6a, ... 6l.

Ces passages 19 sont fermés par des opercules métalliques 20 traversés par des bagues isolantes 21 qui entourent les tubes métalliques 9. Ceux-ci traversent horizontalement les passages 19 puis s'étendent verticalement dans le compartiment inférieur 10 et traversent la plaque support 13 des modules.

Dans l'exemple de la figure 11, on voit que la cuvette de fond 10 comporte cinq passages 19 qui sont traversés chacun par trois conducteurs 9 et un sixième passage qui est laissé en réserve; le nombre de pénétrations équipées étant fonction de la puissance et du nombre de modules.

Les figures 13 à 15 montrent le principe de l'alimentation électrique des modules résistants du dispositif conforme à l'invention.

Sur la figure 13 on a représenté schématiquement les différents modules superposés suivant quatre niveaux A, B, C, D, chaque niveau comprenant trois modules. Les niveaux supérieurs B, C, D sont alimentés chacun par trois conducteurs 9 de la façon représentée schématiquement sur la figure 14. Sur cette figure, chaque élément monophasé tel que a, b, représente un module par exemple 6e qui est alimenté en monophasé. Un niveau tel que B—C ou D est formé de trois

modules monophasés et correspond à une puissance comprise entre 2 et 3 MW.

Chaque élément monophasé tel que a, b est composé de deux nappes de deux fois vingt sept lamelles résistantes 7.

Le niveau inférieur A est alimenté par une paire de trois conducteurs 9, comme on le voit plus nettement sur la figure 15. Selon ce mode d'alimentation, la puissance atteint 4 à 5 MW.

Le dispositif de chauffage électrique que l'on vient de décrire présente de nombreux avantages par rapport aux solutions antérieures.

D'une part, le dispositif est facilement démontable lorsqu'on veut par exemple le réparer. A cet effet, il suffit d'enlever la virole 11 qui coiffe l'ensemble des modules. Cette opération est particulièrement simple étant donné que cette virole 11 est totalement libre par rapport aux modules et leurs conducteurs d'alimentation électrique.

Par ailleurs, les conducteurs d'alimentation électrique 9 des modules sont refroidis efficacement par une faible partie du flux gazeux qui passe dans la zone périphérique 8, ce qui garantit leur bonne tenue dans le temps.

De plus, les délicats problèmes posés par la dilatation thermique des éléments chauffants ont été surmontés d'une manière simple et efficace du fait que l'ensemble des modules peut se dilater librement vers la partie supérieure de la virole 11.

De plus, grâce à la minceur des lamelles résistantes 7 on obtient malgré la grande puissance dissipée par une unité de volume du dispositif, une perte de charge très réduite, ce qui permet de réduire considérablement la puissance des compresseurs et des pompes utilisés pour comprimer et véhiculer le gaz à chauffer à travers le dispositif de chauffage.

Du fait que les niveaux sont alimentés séparément, la puissance de chauffage délivrée par chaque élément peut être réglée indépendamment des autres niveaux.

Ainsi il est possible d'obtenir entre l'entrée et la sortie du dispositif un profil de température optimal à l'égard des conditions de chauffage souhaités dans le cas d'une application déterminée.

En outre, le dispositif conforme à l'invention est parfaitement adapté au chauffage d'un gaz sous des pressions atteignant ou dépassant 60 bars, notamment du fait que la virole 11 est raccordée à la partie inférieure 10 du dispositif par un seul joint d'étanchéité et ne comporte aucun raccord pour le passage des conducteurs électriques ou autres organes, ce qui limite considérablement les risques de fuite de gaz.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée à l'exemple que l'on vient de décrire et on peut apporter à celui-ci de nombreuses modifications sans sortir du cadre de l'invention.

Ainsi les modules 6a, ... 6l au lieu d'être parallélépipédiques pourraient être cylindriques ou présenter toute autre forme tubulaire.

Par ailleurs, les lamelles résistantes 7 au lieu

d'être en métal déployé pourraient être réalisées d'une autre façon l'essentiel étant que ces lamelles présentent des découpes qui permettent d'augmenter leur résistance par unité de surface, sans affecter le libre passage du gaz à chauffer entre ces lamelles.

Bien entendu, cet exemple prévu avec une alimentation en courant alternatif triphasé n'est pas limitatif et le dispositif de la présente invention peut être alimenté par toutes natures de courants électriques en particulier en courant continu.

Le four électrique décrit dans la présente demande peut être utilisé avantageusement dans le procédé décrit dans la demande de brevet français N° 8302764 déposée le 21.2.1983, aux noms des demanderessees et qui est intitulée "Installation pour la transformation chimique d'un mélange gazeux contenant de l'hydrogène et des hydrocarbures".

## Revendications

1. Dispositif de chauffage électrique par effet Joule direct, de grande puissance, pour chauffer un mélange gazeux à des températures et des pressions pouvant atteindre respectivement 900°C et 60 bars, comprenant une enceinte (1) comportant une entrée (3) et une sortie (4) du mélange gazeux et qui renferme des résistances électriques nues (7) et des conducteurs (9) d'alimentation électrique de ces résistances, caractérisé en ce qu'il comprend un conduit central (5) qui relie l'entrée (3) et la sortie (4) du mélange gazeux et constitué par plusieurs modules (6a ... 6l) superposés et amovibles les uns des autres, comprenant chacun plusieurs éléments électriquement résistants (7) constitués par des lamelles métalliques disposés les uns à côté des autres, une zone périphérique (8) contenant les conducteurs (9) d'alimentation électrique des éléments résistants (7), et des passages (9a) ménagés entre le conduit central (5) et la zone périphérique (8) pour permettre à une proportion réduite du flux gazeux passant dans le conduit central de passer dans la zone périphérique.

2. Dispositif conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que l'enceinte (1) comprend une cuvette de fond (10) comportant une tubulure d'entrée (3) du mélange gazeux, sur lequel est montée de façon amovible une virole verticale (11) calorifugée portant à sa partie supérieure une tubulure (4) de sortie du mélange gazeux, en ce que les modules (6a ... 6l) comprenant les éléments résistants (7), s'étendent les uns au-dessus des autres suivant l'axe de la virole, sont supportés par l'ossature générale (16) reposant sur la cuvette de fond (10) et sont libres par rapport à la paroi latérale et la partie supérieure de la virole (11) et en ce que la cuvette de fond (10) comporte dans sa paroi des passages (19) pour les arrivées des conducteurs (9) d'alimentation électrique des modules (6a, ... 6l) renfermant les éléments résistants (7).

3. Dispositif conforme à l'une quelconque des

revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les modules (6a, ... 6l) sont constitués par des boîtes parallélépipédiques en tôle fermées latéralement fixées de façon amovible les unes au-dessus des autres dans le prolongement de leurs faces latérales.

4. Dispositif conforme à la revendication 3, caractérisé en ce que chaque boîte (6a, ... 6l) renferme plusieurs nappes de lamelles (7) en tôle résistante disposées parallèlement entre elles, les faces de ces lamelles étant parallèles à l'axe de la virole (11).

5. Dispositif conforme à la revendication 4, caractérisé en ce que les lamelles (7) sont en tôle de métal déployé.

6. Dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que l'ensemble des modules (6a, ... 6l) repose sur des plaques (13) fixées à une ossature générale (16) qui est elle-même supportée par la cuvette de fond (10).

7. Dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 2 à 6, caractérisé en ce que chaque plaque (14) support de module (6a, ... 6l) s'étend sur la presque totalité de la largeur de la virole (11), ces plaques comportant des ouvertures munies de bagues isolantes (15) pour le passage des conducteurs (9) d'alimentation électrique des modules.

8. Dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les conducteurs (9) d'alimentation électrique des modules (6a ... 6l) sont des tubes métalliques s'étendant parallèlement à l'axe de la virole (11) dans ladite zone périphérique (8), ces tubes étant reliés par des tresses métalliques souples (16a) aux éléments résistants (7) des modules.

9. Dispositif conforme à l'une quelconque des revendications 7 à 8, caractérisé en ce que chaque module (6a ... 6l) communique avec une zone périphérique adjacente (8) par un passage (9a) ménagé entre la partie supérieure (17) d'un module et la plaque inférieure (14) support du module supérieur et en ce que les zones périphériques (8) communiquent entre elles par des passages ménagés entre le bord extérieur des plaques (14) et la paroi de la virole (11).

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum elektrischen Erhitzen durch den direkten Jouleschen Effekt, mit großer Leistung, zum Erhitzen eines Gasgemisches bei Temperaturen und Drücken, die 900°C bzw. 60 Bar erreichen können, mit einer Kammer (1), die einen Einlaß (3) und einen Auslaß (4) für das Gasgemisch enthält und bloßliegende elektrische Widerstände (7) sowie Leiter (9) zur elektrischen Versorgung dieser Widerstände umschließt, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine zentrale Leitung (5) umfaßt, welche den Einlaß (3) und den Auslaß (4) für das gasförmige Gemisch miteinander verbindet und aus mehreren Moduln (6a ... 6l) gebildet ist, welche übereinandergesetzt und voneinander entfernbar sind, welche

jeweils mehrere elektrische Widerstandselemente (7) enthalten, die aus nebeneinander angeordneten Metallamellen gebildet sind, eine Umfangszone (8) umfassen, welche die elektrischen Versorgungsleiter (9) für die Widerstandselemente (7) enthält, und Durchgänge (9a) umfassen, welche zwischen der zentralen Leitung (5) und der Umfangszone (8) angebracht sind, um einem geringen Anteil der in der zentralen Leitung verlaufenden Gasströmung zu gestatten, in die Umfangszone hineinzugelangen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kammer (1) eine Bodenwanne (10) umfaßt, die einen Einlaßrohrstutzen (3) für das Gasgemisch umfaßt, an dem ein senkrechter, wärmeisolierender Ringmantel (11) entfernbar montiert ist, welcher an seinem oberen Teil einen Auslaßrohrstutzen (4) für das Gasgemisch trägt, daß die Moduln (6a ... 6l), welche die Widerstandselemente (7) enthalten, sich übereinander entlang der Achse des Ringmantels erstrecken, durch das allgemeine Gerüst (16) getragen werden, das auf der Bodenwanne (10) ruht, und in bezug auf die Seitenwand und den oberen Teil des Ringmantels (11) frei sind, und daß die Bodenwanne (10) in ihrer Wandung Durchgänge (19) für die Zuleitungen der elektrischen Versorgungsleiter (9) der die Widerstandselemente (7) enthaltenden Moduln (6a ... 6l) umfaßt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Moduln (6a ... 6l) aus quaderförmigen Blechkästen gebildet sind, welche seitlich geschlossen und entfernbar übereinander in der Verlängerung ihrer Seitenflächen befestigt sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Kasten (6a ... 6l) mehrere Lagen von Lamellen (7) aus Widerstandsblech umschließt, die parallel zueinander angeordnet sind, wobei die Flächen dieser Lamellen parallel zur Achse des Ringmantels (11) sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Lamellen (7) aus Streckmetallblech gebildet sind.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtheit der Moduln (6a ... 6l) auf Platten (13) ruht, welche an einem allgemeinen Gerüst (16) befestigt sind, das seinerseits von der Bodenwanne (10) getragen wird.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß jede Trägerplatte (14) eines Modules (6a ... 6l) sich praktisch über die gesamte Breite des Ringmantels (11) erstreckt, wobei diese Platten Öffnungen umfassen, die mit Isolerringen (15) für den Durchgang der elektrischen Versorgungsleiter (9) der Moduln ausgestattet sind.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrischen Versorgungsleiter (9) der Moduln (6a ... 6l) Metallrohre sind, welche sich parallel zur Achse des Ringmantels (11) in der genannten Umfangs-

zone (8) erstrecken, wobei diese Rohre über flexible geflochtene Metallbänder (16a) mit den Widerstandselementen (7) der Moduln verbunden sind.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Modul (6a...6l) mit einer benachbarten Umfangszone (8) über einen Durchgang (9a) in Verbindung steht, welche zwischen dem oberen Teil (17) eines Moduls und der unteren Trägerplatte (14) des oberen Moduls angebracht ist, und daß die Umfangszonen (8) untereinander über Durchgänge in Verbindung stehen, welche zwischen dem Außenrand der Platten (14) und der Wandung des Ringmantels (11) angebracht sind.

#### Claims

1. A high-power device for electric heating of a mixture by direct Joule effect, the mixture being heated to temperatures and pressures which can attain 900°C and 60 bar respectively, the device being constituted by an enclosure which has an inlet (3) and an outlet (4) for the gas mixture and which contains bare electric resistors (7) and conductors (9) for the supply of electric current to said resistors, wherein said device comprises a central duct (5) which provides a connection between the inlet (3) and outlet (4) for the gas mixture and is constituted by a plurality of superposed modules (6a...6l) which are removable independently of each other, each module being constituted by a plurality of electric resistance elements (7) made up of bands of metallic strips placed in adjacent relation, a peripheral zone (8) containing the conductors (9) for the supply of electric current to the resistance elements (7), and passages (9a) formed between the central duct (5) and the peripheral zone (8) in order that a small proportion of the gas flow which passes through the central duct may be permitted to flow within the peripheral zone.

2. A device according to claim 1, wherein the enclosure (1) has a domed bottom section (10) provided with a gas mixture inlet nozzle (3) on which is removably mounted a heat-insulated vertical shell (11) whose top portion is adapted to carry a gas mixture outlet nozzle (4), wherein the modules (6a...6l) containing the resistance elements (7) extend one above the other along the axis of the shell, are supported by the general

structural framework (16) which rests on the domed bottom section (10), and are free with respect to the side wall and the top portion of the shell (11), and wherein the wall of the domed bottom section (10) is provided with lead-in bushings (19) for the conductors (9) which supply electric current to the modules (6a...6l) containing the resistance elements (7).

3. A device according to claim 1 or claim 2, wherein the modules (6a...6l) are constituted by parallelepipedal sheet-metal boxes having closed sides and removably fixed one above the other in the line of extension of their lateral faces.

4. A device according to claim 3, wherein each box (6a...6l) contains a plurality of banks of sheet-metal resistance strips (7) disposed in parallel relation, the faces of said strips being parallel to the axis of the shell.

5. A device according to claim 4, wherein the strips (7) are formed of expanded sheet metal.

6. A device according to one of claims 2 to 5, wherein the assembly of modules (6a...6l) rests on base plates (13) attached to a general structural framework (16) which is in turn supported by the domed bottom section (10).

7. A device according to one of claims 2 to 6, wherein each module support plate (14) extends over practically the entire width of the shell (11), said plates being provided with openings fitted with insulating sleeves (15) through which conductors (9) for supplying electric current to the modules are intended to pass.

8. A device according to one of claims 1 to 7, wherein the conductors (9) for supplying electric current to the modules (6a...6l) are metal tubes which extend in a direction parallel to the axis of the shell (11) within the aforementioned peripheral zone (8), said tubes being connected to the resistance elements (7) of the modules by means of flexible braided-wire elements (16a).

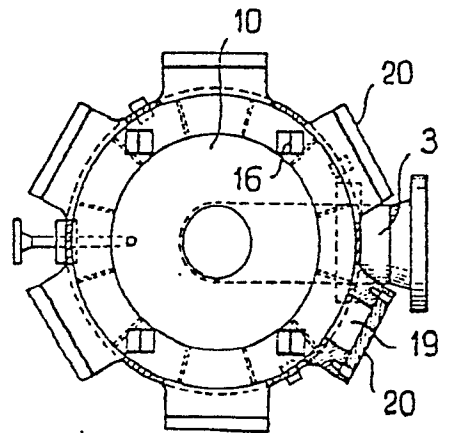
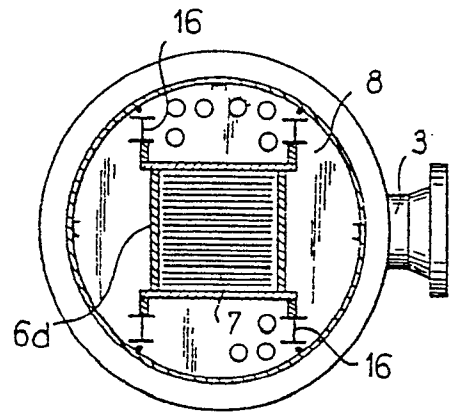
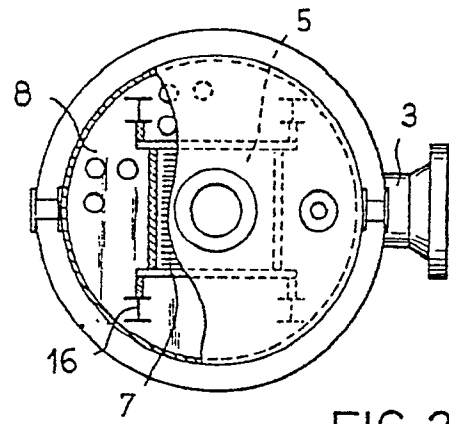
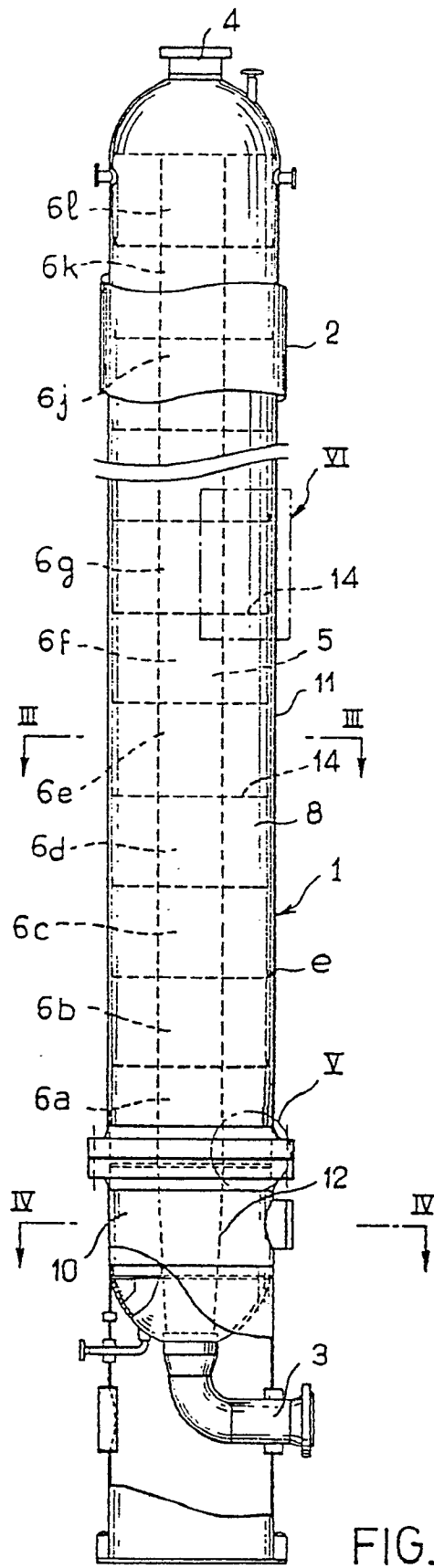
9. A device according to one of claims 7 or 8, wherein each module (6a...6l) is adapted to communicate with an adjacent peripheral zone (8) via a passage (9a) formed between the upper portion (17) of each module and the bottom support plate (14) of the upper module and wherein the peripheral zones (8) are adapted to communicate with each other via slits formed between the outer edge of each bottom support plate (14) and the wall of the shell (11).

55

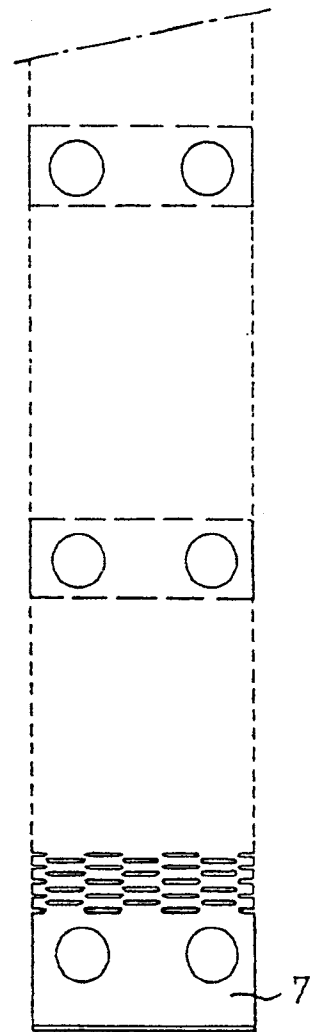
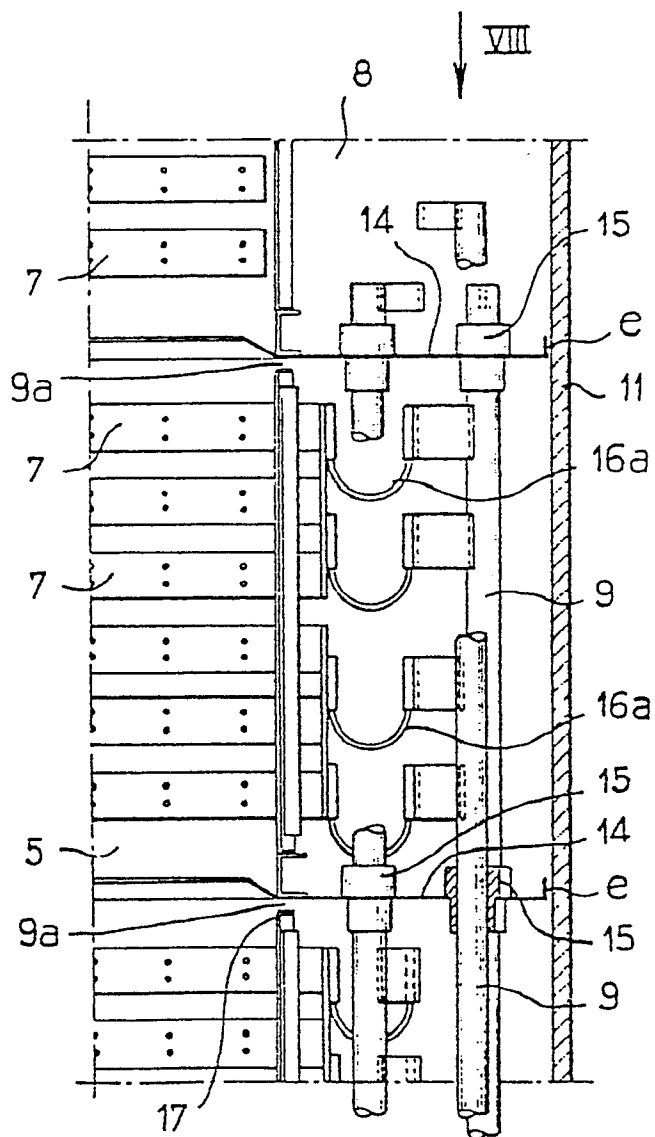
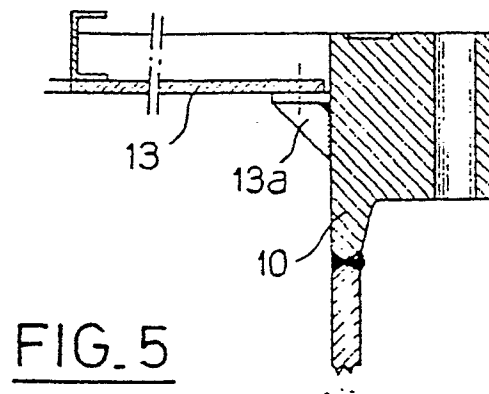
60

65

7







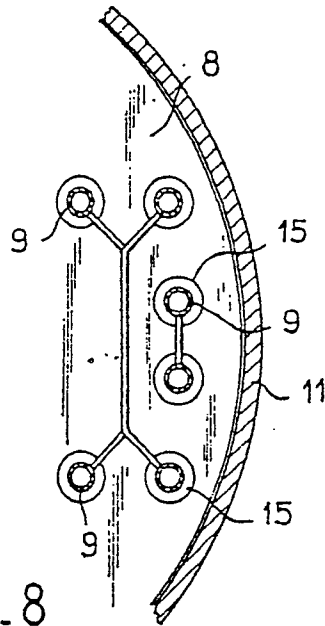


FIG. 8

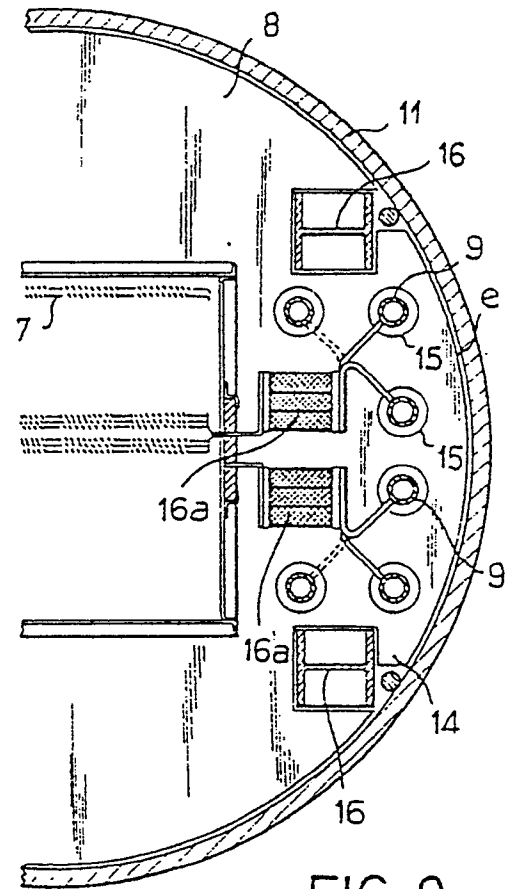


FIG. 9

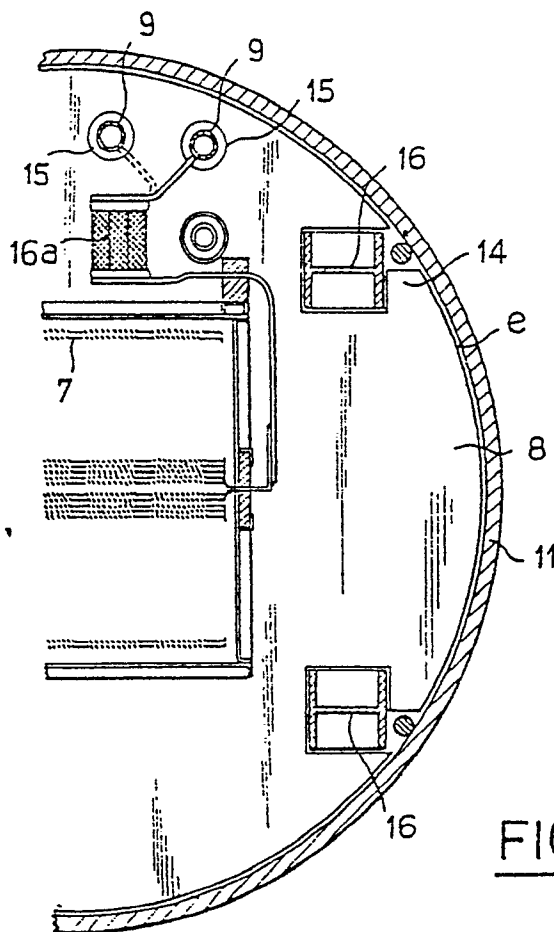


FIG. 10

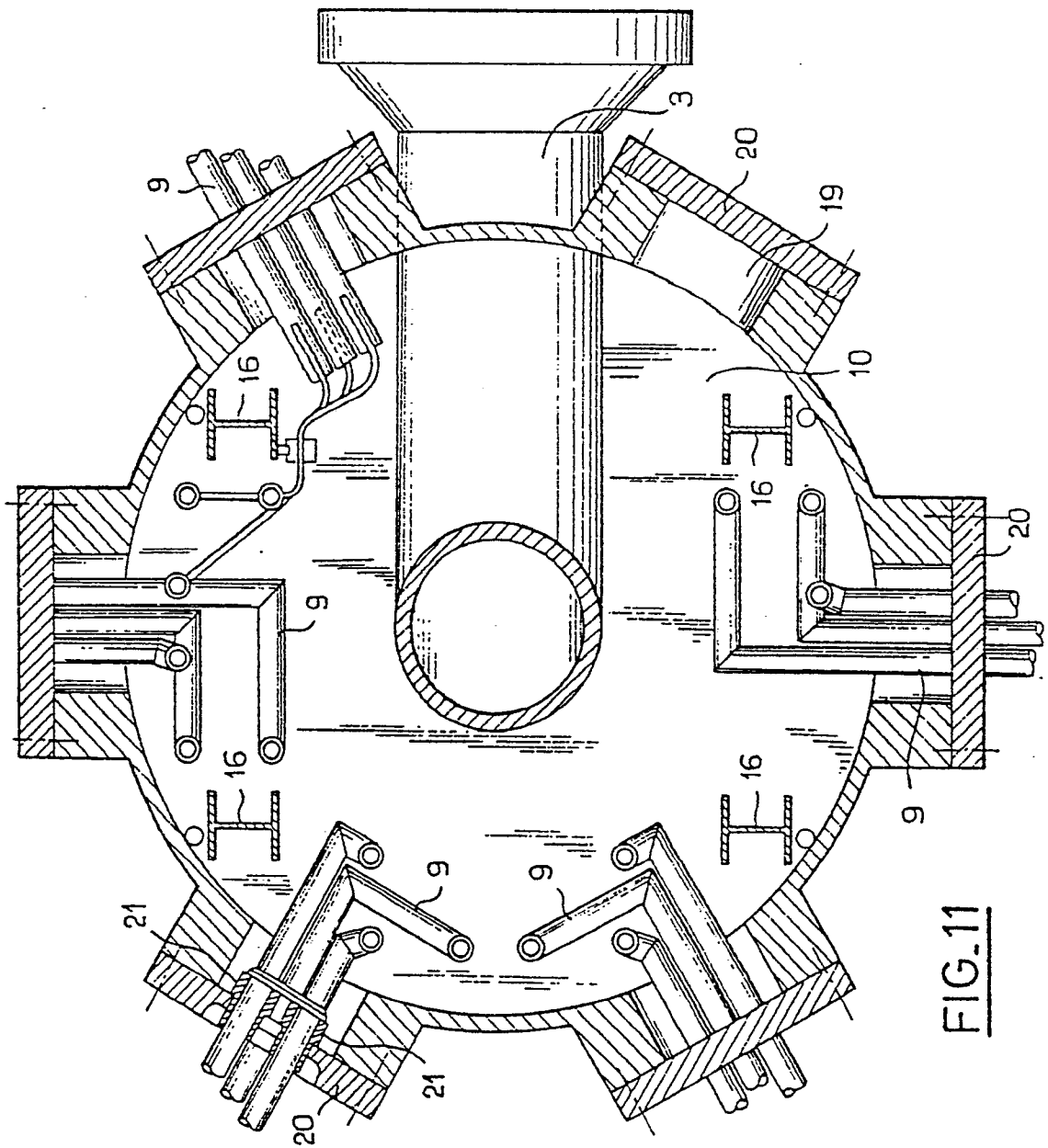


FIG. 11

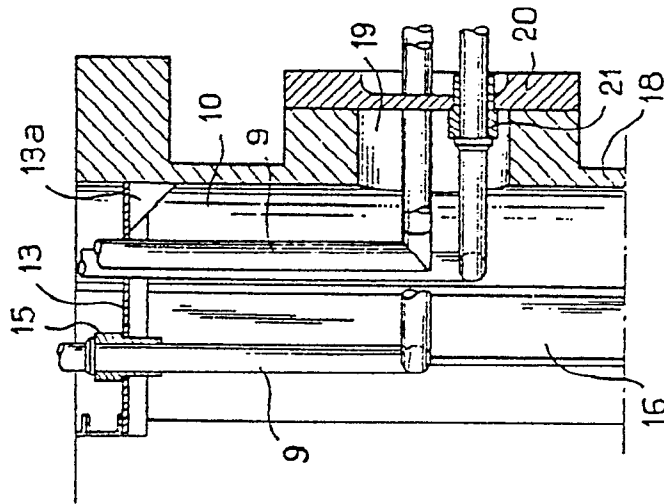


FIG. 12

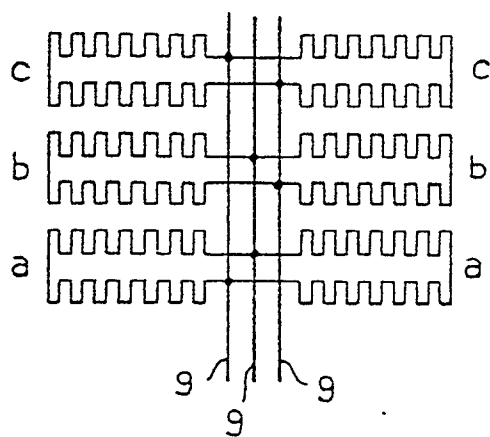


FIG. 14

FIG. 15

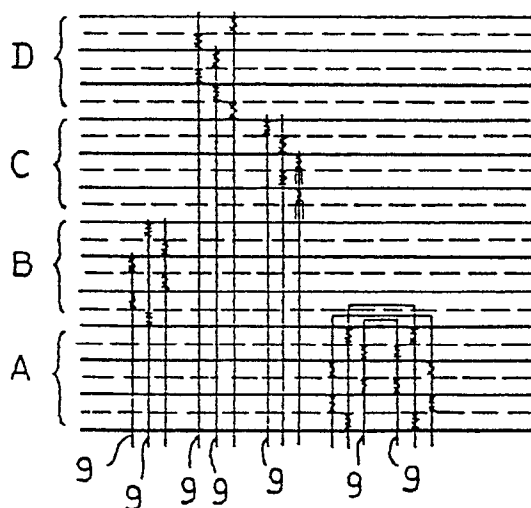
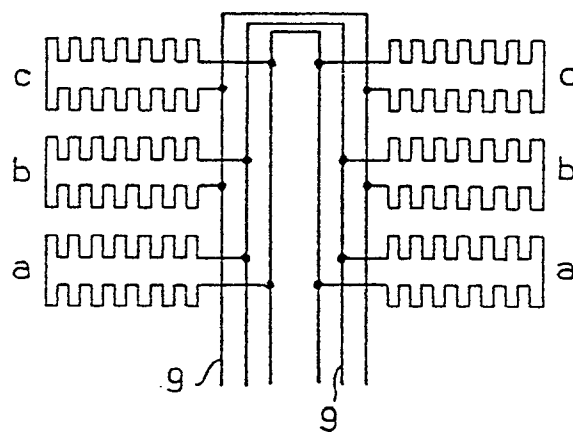


FIG. 13