

⑩



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

⑪ Numéro de publication:

**0 082 092
B1**

⑫

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

⑬ Date de publication du fascicule du brevet: **24.02.88**

⑭ Int. Cl.⁴: **H 05 B 3/82, F 24 H 1/10**

⑮ Numéro de dépôt: **82420166.9**

⑯ Date de dépôt: **26.11.82**

⑰ **Procédé et appareil de chauffage d'un produit diélectrique ou pratiquement diélectrique et emploi dudit appareil pour le chauffage notamment de fluide caloporteur.**

⑱ Priorité: **16.12.81 FR 8123790**

⑲ Date de publication de la demande:
22.06.83 Bulletin 83/25

⑳ Mention de la délivrance du brevet:
24.02.88 Bulletin 88/08

㉑ Etats contractants désignés:
AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE

㉒ Documents cités:
**CH-A- 145 649
DE-A-2 400 478
DE-A-2 532 377
DE-A-2 703 293
FR-A- 351 449
FR-A-1 567 557
FR-A-1 600 146
US-A-4 292 504**

㉓ Titulaire: **RHONE-POULENC CHIMIE
25, quai Paul Doumer
F-92408 Courbevoie Cédex (FR)**

㉔ Inventeur: **Giolito, François
30, cours Albert Thomas
F-69008 Lyon (FR)**
Inventeur: **Vachet, François
9, rue Edison
F-69150 Decines (FR)**

㉕ Mandataire: **Fabre, Madeleine-France et al
RHONE-POULENC INTERSERVICES Service
Brevets Chimie 25, quai Paul Doumer
F-92408 Courbevoie Cédex (FR)**

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 procédé de chauffage d'un produit diélectrique ou pratiquement diélectrique à l'aide d'énergie électrique. Elle concerne également un appareil de chauffage mettant en oeuvre ledit procédé, et l'emploi d'un tel appareil.

Dans le présent texte le terme "produit" désignera au sens chimique du terme aussi bien un produit chimique unique qu'un mélange de deux ou plusieurs produits chimiques.

Le "produit" tel que défini ci-avant peut se présenter avant chauffage aussi bien à l'état liquide qu'à l'état solide, un produit se présentant à l'état solide pouvant passer à l'état liquide sous l'effet d'un apport de chaleur.

Le "produit" peut bien sûr être constitué d'une seule phase ou de plusieurs phases, il peut par exemple se présenter sous forme d'un mélange gaz/solide, liquide/liquide ou encore solide/liquide.

Le procédé et l'appareil, objets de la présente invention, sont plus particulièrement destinés au chauffage de fluides caloporteurs.

Le brevet allemand no 2.400.470 décrit un chauffe-eau électrique instantané comportant à l'intérieur d'un bloc isolant un canal de circulation d'eau dans lequel sont placées directement trois résistances; un système sophistiqué de régulation de tension est prévu afin d'en éviter l'entartrage. Un tel dispositif ne peut être utilisé en présence d'un liquide diélectrique car il brûlerait par fusion des résistances électriques.

Le brevet français no 1.600.146 vise une installation de chauffage à air chaud à l'aide d'une résistance en métal déployé; un liquide peut être injecté en aval de la résistance dans le but d'humidifier l'air.

Les techniques de chauffage de produits à l'aide d'énergie électrique au moyen de l'effet Joule, actuellement utilisées industriellement, sont identiques que le produit à chauffer soit diélectrique ou conducteur. Ainsi par exemple, les liquides sont habituellement, chauffés au moyen de dispositif de chauffage comportant au moins une résistance électrique située dans une gaine métallique, un moyen d'isolation électrique tel que air, magnésie, nitrure de bore, . . . étant prévu entre la résistance et la surface intérieure de la gaine, le dispositif étant immergé au sein du liquide à chauffer.

La plus souvent, afin de pouvoir disposer d'une puissance suffisante, le dispositif de chauffage comport un faisceau de résistances gainées en forme de U fixées par leurs bras libres à une plaque à travers laquelle les connexions électriques de chaque résistance en U sont assurées. La plaque permet également la fixation du dispositif de chauffage à une bride entourant une ouverture de l'enceinte contenant le liquide à chauffer, cette ouverture permet aussi d'introduire le faisceau à l'intérieur de l'enceinte.

Bien que ce mode de chauffage donne satisfaction, il présente de nombreux inconvénients.

En effet, comme des moyens d'isolation électrique sont nécessairement placés entre la résistance et la gaine métallique, ces moyens étant aussi, généralement, des isolants thermiques, il apparaît une différence de température importante entre la résistance elle-même et la surface de la gaine participant aux échanges thermiques avec le liquide à chauffer.

De plus, la géométrie du faisceau de résistances est cause de pertes de charges importantes, de zones de stagnation du liquide donc de surchauffes et de risques de dégradations de celui-ci. En outre, cette géométrie favorise aussi l'encrassement du faisceau.

De par leur conception, les faisceaux sont lourds et encombrants et de plus, chaque résistance en U implique d'être connectée électriquement à chacune de ses extrémités. Ceci est un inconvénient important de ce mode de chauffage, car on ne dispose pratiquement pas sur le marché de faisceaux d'une puissance unitaire disponible supérieure à 200 kW, ce qui implique de pourvoir l'enceinte contenant le liquide à chauffer d'un grand nombre de faisceaux pour disposer de la puissance nécessaire. Ainsi, lorsque des volumes ou des débits importants de liquide sont à chauffer, à des températures de l'ordre de 300°C par exemple, dans des installations de produits chimiques, ce mode de chauffage implique un matériel encombrant et coûteux.

Pour pallier ces inconvénients pour le chauffage de produits diélectriques ou pratiquement diélectriques à l'aide d'énergie électrique on a maintenant mis au point un procédé de chauffage et réalisé un appareil mettant en oeuvre ledit procédé.

Il a maintenant été trouvé un procédé de chauffage d'un liquide, diélectrique consistant à immerger directement dans ledit liquide contenu dans une enceinte au moins une résistance nue aux bornes de laquelle on applique une différence de potentiel, caractérisé en ce que pour le chauffage d'un liquide d'une résistivité supérieure à $10^8 \Omega/\text{cm}$ le liquide est conduit le long de résistances en forme de plaques de façon telle que les vecteurs vitesses du mouvement général du liquide en écoulement naturel ou forcé, au voisinage de la ou des résistances sont tangents ou parallèles aux faces desdites plaques.

Par "directement" on entend que la résistance est nue, c'est-à-dire qu'entre la résistance et le produit il n'existe pas de moyens substantiels d'isolation électrique, ceci n'exclut pas, que dans certains cas, et pour certaines applications, la résistance comporte un mince revêtement.

Le procédé, objet de l'invention, est tel que l'on peut appliquer aux bornes de la ou des résistances une différence de potentiel supérieure à 380 V.

On peut notamment appliquer aux bornes de la résistance des différences de potentiel allant jusqu'à 10 000 V, des différences de potentiel de l'ordre de 5 500 V étant couramment disponibles en usine. Bien sûr, dans ce cas, lors de la mise en oeuvre du procédé, l'homme de l'art se confor-

mera aux règles en vigueur et aux spécifications particulières de conception et d'utilisation des installations haute tension.

Dans le présent texte par "résistance" on entend un conducteur dans lequel toute l'énergie électrique reçue est transformée en chaleur par effet Joule.

Il a également été trouvé un appareil de chauffage d'un liquide diélectrique de résistivité supérieure à $10^8 \Omega/\text{cm}$ qui met en oeuvre le procédé de chauffage, objet de l'invention.

Un tel appareil de chauffage est caractérisé en ce qu'il comporte une enceinte contenant ledit liquide dans lequel est immergée, au moins une résistance nue en forme de plaque, ladite ou lesdites résistances en forme de plaque étant placées de façon telle que les vecteurs vitesses du mouvement général du liquide en écoulement naturel ou forcé, au voisinage de la ou des résistances soient tangents ou parallèles aux faces desdites plaques, et des moyens pour relier la ou lesdites résistances à un réseau de distribution électrique.

Avantageusement, l'appareil de chauffage, objet de l'invention, comporte plusieurs résistances reliées électriquement en série et/ou en parallèle.

Selon un mode de réalisation, l'appareil, selon l'invention, peut comporter au moins trois résistances reliées électriquement en triangle ou en étoile. Ce mode de réalisation permet de relier les résistances à un réseau de distribution électrique triphasé.

Le terme "résistance" dans le présente texte désigne aussi bien une résistance unique qu'une résistance formée de plusieurs résistances élémentaires, identiques ou non, reliées en série et/ou en parallèle.

L'homme de l'art déterminera le schéma électrique de liaison des résistances, selon la puissance de chauffage nécessaire, le matériel disponible, les impératifs de construction

L'appareil de chauffage d'un produit diélectrique ou pratiquement diélectrique, objet de l'invention, peut être tel que l'enceinte contenant le produit est balayée par le produit à chauffer.

L'enceinte de l'appareil peut être un tronçon de conduite balayé par le produit à chauffer. Un tel appareil est plus particulièrement destiné à maintenir la température d'un produit en mouvement par compensation des pertes thermiques survenues par exemple lors du transport du produit chaud sur de longues distances.

L'enceinte, balayée par le produit à chauffer, d'un tel appareil peut aussi être par exemple la zone de réaction d'un réacteur chimique, la chaleur nécessaire à la réaction étant directement apportée au mélange réactionnel par une ou plusieurs résistances immergées dans celui-ci. Ainsi l'enceinte balayée par le produit peut être la zone de réaction d'un réacteur à lit fluidisé, les résistances étant immergées directement dans le mélange gaz/solide.

Par "enceinte balayée par le produit" on entend ci-avant que le débit du produit par courant

l'enceinte est relativement important par rapport au volume de produit présent dans l'enceinte.

Au contraire, si après quand l'enceinte est un "récipient comportant des moyens d'entrée et des moyens de sortie" on entend que celle-ci contient un certain volume de produit et que le débit de produit parcourant l'enceinte est faible vis-à-vis du produit présent dans celle-ci.

Selon un autre mode de réalisation, l'enceinte d'un appareil de chauffage selon l'invention peut être constituée par un récipient comportant des moyens d'entrée du produit à chauffer et des moyens de sortie du produit chaud. Un tel appareil peut comporter un récipient d'un volume suffisant pour constituer un stockage de produit chaud.

Les chaudières sont des appareils de chauffage selon ce mode de réalisation. De tels appareils de chauffage sont plus particulièrement destinés au chauffage de fluides caloporteurs organiques, naturels ou synthétiques, utilisés dans les installations industrielles. On peut aussi utiliser comme fluide caloporteur des produits ou des mélanges de produits minéraux fondus pratiquement diélectriques.

Selon un autre mode de réalisation, l'enceinte peut être constituée par un récipient fermé qui comporte des moyens de remplissage et de vidange du produit au moins une résistance étant immergée dans le produit. Un tel appareil permet de recevoir de la chaleur, de la stocker et de la restituer.

Selon encore un autre mode de réalisation, l'enceinte d'un appareil de chauffage objet de l'invention peut être constitué par un récipient comportant des moyens d'entrée du produit à chauffer et des moyens de sortie de la vapeur dudit produit. De préférence un appareil selon ce mode de réalisation est destiné à chauffer un liquide, le liquide étant chauffé jusqu'à son point d'ébullition dans le récipient.

Les bouilleurs sont des appareils de chauffage selon cet autre mode de réalisation.

Le mouvement général du produit est le mouvement du produit correspondant au déplacement de celui-ci, sans tenir compte de mouvements locaux, tels que les tourbillons, au voisinage des faces des plaques.

Cette disposition a pour but de diminuer autant que possible les pertes de charges dues aux résistances et ainsi de favoriser les échanges thermiques avec le produit en conservant des vitesses de balayage des faces des résistances par le produit, élevées.

Bien que le terme "plaque" désigne plus précisément une feuille d'une matière rigide, plane et peu épaisse, on étendra dans le présent texte la signification de ce terme à des feuilles peu épaisses non planes, par exemple cylindriques ou gauches.

Des résistances en forme de plaques gauches seront placées de façon telle que les vecteurs vitesses du mouvement général du produit, en écoulement naturel ou forcé, au voisinage des résistances, soient tangents aux faces desdites plaques.

Des résistances en forme de plaque planes seront placées de façon telle que les vecteurs vitesses du mouvement général du produit en écoulement naturel ou forcé, au voisinage desdites surfaces, soient parallèles aux faces des plaques.

Dans des appareils de chauffage selon l'invention, présentant un écoulement naturel ou forcé du produit, de direction générale parallèle à une direction donnée, on peut utiliser des résistances en forme de plaque sensiblement plane placées parallèlement à la direction générale du mouvement du produit.

Des résistances en forme de plaque plane rectangulaire allongée peuvent être pliées, par exemple en zigzag, selon leur longueur et placées de façon telle que leur largeur soit parallèle à la direction générale du mouvement du produit.

On peut aussi utiliser des résistances en forme de plaque de forme générale cylindrique, le cylindre étant engendré par une génératrice se déplaçant parallèlement à la direction générale du mouvement du produit en s'appuyant sur une directrice, ouverte ou fermée, de forme courbe, par exemple circulaire, ou de forme polygonale, plusieurs résistances cylindriques peuvent être placées de façon concentrique.

Les résistances peuvent être en forme de plaque de structure continue ou de structure discontinue.

Par "structure continue" des résistances en forme de plaque on entend que la structure des résistances ne comporte pas de trou, ainsi des résistances de structure continue sont semblables à des tôles.

Par "structure discontinue" des résistances en forme de plaque on entend que la structure des résistances comporte des trous, ainsi des résistances de structure discontinue peuvent être constituées d'un tissu obtenu par tissage, tricotage, tressage ou torsadage. Elles peuvent aussi être constituées d'une tôle ajourée obtenue par découpage avec enlèvement de matière, par exemple par poinçonnage.

De préférence des résistances en forme de plaque de structure discontinue sont obtenues par découpage d'une pluralité de fentes dans une tôle et étirage dans une direction perpendiculaire aux fentes.

Pour les résistances de structure discontinue formées d'un tissu ou obtenues par découpage et étirage on considère que le face des plaques est la surface qui enveloppe les reliefs des plaques.

Les résistances sont réalisées en des matériaux, résistant à la corrosion. Ainsi, les résistances peuvent être en aciers inoxydables de nuances habituellement utilisées pour ce type de matériel, en aciers inoxydables réfractaires, on peut aussi utiliser des aciers spéciaux après qu'ils aient subi un traitement anticorrosion.

Les surfaces des résistances peuvent être d'aspect sensiblement lisse, de préférence elles sont d'aspect rugueux. Cet aspect rugueux peut être obtenu par exemple par sablage.

Des résistances dont les surfaces sont d'aspect rugueux sont plus particulièrement destinées à la réalisation d'appareils de chauffage objets de l'invention qui comportent des moyens d'entrée d'un liquide à chauffer et des moyens de sortie de la vapeur dudit liquide. En effet la rugosité des résistances favorise l'ébullition nucléée du liquide.

Eventuellement, les surfaces des résistances peuvent être pourvues d'un revêtement, ce revêtement peut être poreux, afin de favoriser l'ébullition nucléée, il peut aussi être un revêtement anticorrosion de faible épaisseur par exemple en émail silicone ou en thermostable.

L'appareil de chauffage de produit diélectrique ou pratiquement diélectrique, selon l'invention, est utilisable notamment pour chauffer des produits chimiques peu ou pas conducteurs de l'électricité, mis en jeu dans des procédés industriels.

L'invention sera décrite ci-après en se référant plus particulièrement à un appareil de chauffage d'un produit liquide.

Cet appareil de chauffage est particulièrement destiné au chauffage des fluides caloporteurs utilisés dans les installations chimiques.

La compréhension de l'invention sera facilitée par les figures ci-jointes, qui illustrent à titre d'exemple, schématiquement et sans échelle déterminée, un mode de réalisation d'un appareil de chauffage selon la présente invention et un mode de réalisation de la structure d'une résistance.

La figure 1 est une vue en coupe par un plan axial d'un mode de réalisation d'un appareil de chauffage selon l'invention.

La figure 2 est une vue partielle d'un mode de réalisation d'une résistance de structure discontinue.

La figure 3 est une vue partielle en coupe par le plan III—III de la résistance selon la figure 2.

L'appareil de chauffage (1), objet de l'invention, représenté schématiquement figure 1, est plus particulièrement un appareil de chauffage de fluide caloporteur utilisé dans une installation industrielle.

Cet appareil de chauffage (1) comporte une enceinte (2) contenant le fluide caloporteur (3), dans le fluide caloporteur (3) sont immergées six résistances (4) et des moyens (5) pour relier les résistances (4) à un réseau de distribution électrique (6).

L'enceinte (2) est, selon le présent mode de réalisation, un récipient forme d'un corps (7) sensiblement cylindrique, fermé à ses extrémités par un couvercle (8) et un fond (9).

L'enceinte (2) comporte à sa partie basse des moyens d'entrée (10) du fluide caloporteur à chauffer et au voisinage de sa partie haute des moyens de sortie (11) de fluide caloporteur chaud, ces moyens sont constitués par des conduites.

La conduite d'entrée (10) est de préférence pourvue d'une vanne trois voies (12) permettant le vidage de l'appareil de chauffage (1).

Les résistances (4), selon le mode de réalisation

représenté figure 1, sont en forme de plaques planes sensiblement rectangulaires, leurs faces sont placées parallèlement à la direction de mouvement général du fluide dans l'appareil de chauffage, mouvement ascendant représenté par la flèche F. Elles sont maintenues en place à l'aide de supports isolants (14) fixés au corps (7) de l'enceinte (2).

Les six résistances (4) sont reliées l'une à l'autre en série par des barrettes conductrices (15), les deux résistances extrêmes comportent les moyens (5) pour relier l'ensemble au réseau de distribution électrique (6). Les connexions entre les résistances (4) et le réseau électrique (6) traversent le fond (9) de l'enceinte (2) par une ouverture (16) pourvue de moyens d'isolation électrique (17) et d'étanchéité.

Les résistances (4) et leur mode de liaison électrique n'ont été décrits ci-avant qu'à titre d'exemple et l'on ne sort pas du cadre de l'invention en remplaçant au moins une résistance (4) par plusieurs résistances élémentaires et/ou en établissant les liaisons électriques entre elles différemment.

Avantageusement l'enceinte (2) n'est pas totalement remplie de fluide caloporteur (3), dans l'espace libre (18) entre la surface du fluide caloporteur (3) et le couvercle (8) de l'enceinte on maintient une pression d'azote, le couvercle (8) étant pourvu d'une tubulure (19) à cet effet.

Les connexions entre les résistances (4) et le réseau électrique (6) peuvent aussi être réalisées à travers une ouverture du couvercle (8), dans la zone du couvercle (8) non baignée par le fluide caloporteur.

Les conduits d'entrée (10) du fluide caloporteur à chauffer et de sortie (11) de fluide caloporteur chaud peuvent être reliés directement au circuit de mise en oeuvre du fluide chaud c'est-à-dire au circuit de chauffage de l'installation industrielle.

Les conduits d'entrée (10) du fluide caloporteur à chauffer et de sortie (11) du fluide caloporteur chaud peuvent être reliés à un échangeur de chaleur dans lequel est chauffé un autre fluide caloporteur, celui-ci étant mis en oeuvre dans le circuit de chauffage de l'installation industrielle. Une telle réalisation permet de mieux sauvegarder la propreté, et par voie de conséquence, les propriétés diélectriques du fluide caloporteur chauffé dans l'appareil de chauffage objet de la présente invention.

Les résistances (4) peuvent être réalisées en forme de plaques sensiblement planes de structure discontinue telle que représentée en vues partielles figures 2 et 3.

La résistance en forme de plaque de structure discontinue, dont un fragment est représenté figure 2, comporte des trous (19) sensiblement en forme de losange obtenus par découpage dans une tôle d'une pluralité de fentes alignées selon leur longueur et placées en quinconce, puis étirage dans une direction perpendiculaire aux fentes, c'est-à-dire parallèle aux petites diagonales des losanges. Cet étirage provoque une rotation des rubans (20) séparant les losanges (cf.

figure 3). Selon ce mode de réalisation des résistances on considère que les faces des plaques sont les surfaces, matérialisées par les deux lignes discontinues (21, 22), qui enveloppent tous les reliefs des plaques.

Sur la figure 3 on a représenté les vecteurs vitesses V du mouvement général du fluide caloporteur en écoulement, les vecteurs vitesses V sont ici parallèles aux faces de la plaque, ce mouvement général ne tient pas compte des mouvements locaux, tels que les tourbillons T, créés par les reliefs de la plaque de structure discontinue. Ces tourbillons T, favorisent le transfert de chaleur entre la résistance et le fluide caloporteur.

Le procédé et l'appareil, objets de l'invention, présentent de nombreux avantages vis-à-vis des appareils selon l'art antérieur.

En effet, la ou les résistances électriques étant immergées directement dans le produit diélectrique ou pratiquement diélectrique permettent un meilleur échange thermique car, avec le procédé de chauffage selon l'invention, la surface qui participe à l'échange thermique avec le produit à chauffer est la surface même par laquelle se dissipe l'effet Joule né dans la résistance. Ainsi, toute la surface de la résistance participe à l'échange avec le produit et l'écart de température entre la résistance et le produit est faible, ce qui limite les risques de dégradation thermique du produit qui est directement en contact avec la résistance.

La procédé et l'appareil de chauffage selon l'invention présentent aussi l'avantage de permettre la construction d'appareils de chauffage, notamment de chaudières, compacts. En effet, selon l'invention on peut disposer, pour des chaudières, d'une puissance électrique d'au moins 1 kW par litre d'encombrement de la zone d'échange de chaudière.

La diminution du nombre et de l'encombrement des connexions électriques, par rapport aux dispositifs de chauffage comportant un faisceau de résistances électriques pourvues de gaines, favorise également la compacité des appareils de chauffage selon l'invention.

Un autre avantage des appareils de chauffage objets de l'invention, est que, de par la forme de plaque des résistances et de par leur positionnement de façon telle que les vecteurs vitesses du mouvement général du produit au voisinage des résistances soient tangents ou parallèles aux faces des plaques, les pertes de charges du produit dans l'appareil de chauffage sont relativement faibles. Ces pertes de charges relativement faibles pour un appareil destiné à chauffer un produit liquide permettent souvent un fonctionnement en thermosiphon de l'appareil ou à défaut une circulation assistée du liquide, sans nécessiter l'utilisation de moyens de pompes puissants. De plus, lorsqu'un tel appareil de chauffage est utilisé comme bouilleur, il permet une section libre de passage des bulles importante, contrairement aux bouilleurs selon l'art antérieur.

En outre, les appareils de chauffage selon

l'invention sont de constructions et d'entretien aisés, les problèmes d'étanchéité au niveau des gaines des résistances étant très limités.

Les avantages du procédé et de l'appareil de chauffage selon l'invention sont particulièrement intéressants à utiliser pour le chauffage de liquides diélectriques tels que les fluides caloporteurs.

Les exemples ci-après mettent en évidence les avantages du procédé et de l'appareil de chauffage mettant en oeuvre le procédé, objets de la présente invention, lors de diverses utilisations de l'appareil.

Exemple I

On a réalisé une chaudière sensiblement parallélépipédique. Elle est constituée d'un récipient surmonté d'un échangeur à air. Le récipient est en tôle partiellement calorifugé pour assurer, compte-tenu du système de régulation, un fonctionnement quasi permanent du chauffage. Elle comporte trois résistances, reliées en série, en forme de plaque rectangulaire allongée, pliée en zigzag selon leur longueur, et situées à des niveaux différents parallèlement au fond de la chaudière.

Les résistances sont des plaques de structure discontinue telles que représentées figure 2, elles dissipent une puissance de 2 kW.

La chaudière est équipée de sondes de mesures de températures placées au-dessus et au-dessous des résistances.

La chaudière, contient 30 litres de fluide caloporteur constitué de polyphényles partiellement hydrogénés, commercialisé sous le nom de GILO-THERM TH par la Société RHONE-POULENC SPECIALITES CHIMIQUES.

Les essais ont été conduits par chauffage du GILO-THERM TH successivement:

1 000 heures à 300°C

500 heures à 340°C

640 heures à 350°C.

A 300°C la chaudière fonctionnait en thermosiphon, en convection naturelle.

A 350°C on a noté la formation progressive de produits légers et la convection est devenue plus énergique: la chaudière fonctionnait en bouilleur thermosiphon. Le coefficient d'échange moyen était de 700 W/m²°C et l'écart de température entre la surface de la résistance et le GILO-THERM TH en ébullition de l'ordre de 24°C.

Entre chaque séquence d'essais, les résistances ont été sorties et observées: elles ne présentent aucune trace d'encrassement.

Les analyses et les mesures des propriétés du fluide caloporteur mis en oeuvre dans la chaudière montrent que celui-ci n'a subi aucune dégradation.

Exemple II

Dans la même chaudière, en utilisant une résistance de 2 kW dissipant 40 kW/m², on a chauffé pendant 288 heures à 255°C, un fluide caloporteur constitué de 26,5% en poids de diphenyle et 73,5% en poids d'oxyde de phényle, commercia-

lisé sous le nom de GILO-THERM DO par la Société RHONE-POULENC SPECIALITES CHIMIQUES. Le coefficient d'échange était de 2 000 kW/m²°C, l'écart de température entre la résistance et le fluide en ébullition était de 20°C.

Après cet essai la résistance a été démontée et examinée, aucune trace d'encrassement n'a été observée.

Exemple III

On a réalisé une chaudière parallélépipédique possédant une résistance susceptible de dissiper 250 W. On a introduit dans le récipient de la chaudière un mélange de terphényles constitué de 12% d'orthoterphényle, 60% de métaterphényle, 28% de paraterphényle, ayant un point de fusion finale de 150°C, commercialisé sous le nom de terphényles OMP par la Société RHONE-POULENC SPECIALITES CHIMIQUES.

Après solidification et refroidissement à la température ambiante on a réchauffé plusieurs fois le mélange de terphényles OMP jusqu'à 200°C.

La fusion du mélange de terphényles s'est effectuée sans difficulté, la résistance n'a pas été encrassée.

Exemple IV

Dans le même dispositif on a réchauffé aisément de la température ambiante à 240°C un mélange de polyisobutènes visqueux de masse molaire moyenne environ 900, commercialisé par la Société NAPHTACHIMIE sous le nom de NAP-VIS 10.

Revendications

1. Procédé de chauffage d'un liquide diélectrique consistant à immerger directement dans ledit liquide contenu dans une enceinte au moins une résistance nue aux bornes de laquelle on applique une différence de potentiel, caractérisé en ce que pour le chauffage d'un liquide d'une résistivité supérieure à 10⁸ Ω/cm le liquide est conduit le long de résistances en forme de plaques de façon telle que les vecteurs vitesses du mouvement général du liquide en écoulement naturel ou forcé, au voisinage de la ou des résistances sont tangents ou parallèles aux faces desdites plaques.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on applique aux bornes de la ou des résistances une différence de potentiel supérieure à 380 V.

3. Appareil de chauffage d'un liquide diélectrique de résistivité supérieure à 10⁸ Ω/cm, à l'aide d'énergie électrique, caractérisé en ce qu'il met en oeuvre le procédé de chauffage selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2.

4. Appareil selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte une enceinte (2) contenant ledit liquide (3) dans lequel est immergée au moins une résistance nue (4) en forme de plaque, ladite ou lesdites résistances en forme de plaque étant placées de façon telle que les vecteurs vitesses du mouvement général du liquide en écoulement naturel ou forcé, au voisinage de la

ou des résistances soient tangents ou parallèles aux faces desdites plaques, et de moyens (5) pour relier la ou lesdites résistances à un réseau de distribution électrique (6).

5. Appareil selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs résistances (4) reliées électriquement (15) en série et/ou en parallèle.

6. Appareil selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comporte au moins trois résistances reliées électriquement en triangle ou en étoile.

7. Appareil selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que ladite enceinte est un tronçon de conduite balayé par le liquide à chauffer.

8. Appareil selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que ladite enceinte (2) est constituée par un récipient (7, 8, 9) comportant des moyens d'entrée (10) du liquide à chauffer et des moyens de sortie (11) du liquide chaud.

9. Appareil selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisé en ce que ladite enceinte est constituée par un récipient comportant des moyens d'entrée du liquide à chauffer et des moyens de sortie de la vapeur dudit liquide.

10. Appareil selon l'une quelconque des revendications 4 à 9, caractérisé en ce que la ou les résistances sont en forme de plaque sensiblement plane, ou de plaque sensiblement cylindrique.

11. Appareil selon l'une quelconque des revendications 4 à 10, caractérisé en ce que la ou les résistances, en forme de plaque, sont de structure continue.

12. Appareil selon l'une quelconque des revendications 4 à 10, caractérisé en ce que la ou les résistances, en forme de plaque, sont de structure discontinue.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Aufheizung einer dielektrischen Flüssigkeit, bei dem direkt in diese Flüssigkeit, die sich in einem geschlossenen Volumen befindet, wenigstens ein blanker Widerstand eintaucht, an dessen Klemmen man eine Potentialdifferenz anlegt, dadurch gekennzeichnet, daß für die Aufheizung einer Flüssigkeit mit einem spezifischen Widerstand oberhalb von 10^8 Ohm/cm die Flüssigkeit längs der Widerstände, die die Form von Platten haben, so geführt wird, daß die Geschwindigkeitsvektoren der Hauptbewegung der Flüssigkeit bei natürlicher oder erzwungener Strömung in Nähe des oder der Widerstände tangential oder parallel zu den Flächen dieser Platten sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man auf die Klemmen des oder der Widerstände eine Potentialdifferenz von größer als 380 V anlegt.

3. Vorrichtung zur Erwärmung einer dielektrischen Flüssigkeit mit einem spezifischen Widerstand oberhalb von 10^8 Ohm/cm mit Hilfe von elektrischer Energie, dadurch gekennzeichnet, daß mit dieser das Erwärmungsverfahren gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2 ausgeführt wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch

gekennzeichnet, daß sie ein abgeschlossenes Volumen (2) aufweist, das die Flüssigkeit (3) enthält, in die mindestens ein blanker Widerstand (4), der die Form einer Platte hat, eintaucht, wobei der oder die plattenförmigen Widerstände so angeordnet sind, daß die Geschwindigkeitsvektoren der Hauptbewegung der Flüssigkeit bei natürlicher oder erzwungener Strömung in Nähe des oder der Widerstände tangential oder parallel zu den Flächen dieser Platten sind, und daß diese Mittel (5) aufweist zur Verbindung des oder der Widerstände mit einem elektrischen Stromversorgungsnetz (6).

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß diese mehrere Widerstände (4) aufweist, die elektrisch in Serien und/oder in Parallelschaltung verbunden (15) sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß diese mindestens 3 Widerstände aufweist, die elektrisch in Dreieckschaltung oder sternförmig verbunden sind.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das abgeschlossene Volumen ein Leitungsabschnitt ist, der von der zu erwärmenden Flüssigkeit durchspült wird.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das abgeschlossene Volumen (2) aus einem Behältnis (7, 8, 9) besteht, das eine Eintrittsvorrichtung (10) für die aufzuwärmende Flüssigkeit und eine Austrittsvorrichtung (11) für die erwärmte Flüssigkeit aufweist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das abgeschlossene Volumen aus einem Behältnis besteht, das eine Eintrittsvorrichtung für die zu erwärmende Flüssigkeit und eine Austrittsvorrichtung für den Dampf dieser Flüssigkeit aufweist.

10. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die Widerstände die Form weitgehend ebener Platten oder im wesentlichen zylindrischer Platten haben.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die plattenförmigen Widerstände eine kontinuierliche Struktur haben.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die plattenförmigen Widerstände eine diskontinuierliche Struktur haben.

Claims

1. Process for heating a dielectric liquid consisting in immersing at least one bare resistor, to the terminals of which a potential difference is applied, directly in the said liquid contained in an enclosure, characterized in that for heating a liquid with a resistivity higher than 10^8 Ω /cm the liquid is conducted along plate-shaped resistors so that the velocity vectors of the general motion of the liquid under natural or forced flow, in the vicinity of the resistor or resistors are tangent or parallel to the faces of the said plates.

2. Process according to Claim 1, characterized in that a potential difference higher than 380 V is

applied to the terminals of the resistor or resistors.

3. Apparatus for heating a dielectric liquid with a resistivity higher than $10^8 \Omega/\text{cm}$, with the aid of electrical energy, characterized in that it makes use of the heating process according to either of Claims 1 and 2.

4. Apparatus according to Claim 3, characterized in that it comprises an enclosure (2) containing the said liquid (3) in which at least one bare plate-shaped resistor (4) is immersed, the said plate-shaped resistor or resistors being placed so that the velocity vectors of the general motion of the liquid under natural or forced flow, in the vicinity of the resistor or resistors are tangent or parallel to the faces of the said plates, and means (5) for connecting the said resistor or resistors to an electrical supply system (6).

5. Apparatus according to Claim 4, characterized in that it comprises several resistors (4) connected electrically (15) in series and/or in parallel.

6. Apparatus according to Claim 4, characterized in that it comprises at least three resistors connected electrically in a triangle or star-fashion.

7. Apparatus according to any of Claims 4 to 6, characterized in that the said enclosure is a length of conduit swept by the liquid to be heated.

8. Apparatus according to any one of Claims 4 to 6, characterized in that the said enclosure (2) consists of a receptacle (7, 8, 9) comprising means for the entry (10) of the liquid to be heated and means for the exit (11) of the hot liquid.

9. Apparatus according to any one of Claims 4 to 6, characterized in that the said enclosure consists of a receptacle comprising means for the entry of the liquid to be heated and means for the exit of the vapour of the said liquid.

10. Apparatus according to any one of Claims 4 to 9, characterized in that the resistor or resistors are in the shape of a substantially plane plate or of a substantially cylindrical plate.

11. Apparatus according to any one of Claims 4 to 10, characterized in that the resistor or resistors, plate-shaped, are continuous in structure.

12. Apparatus according to any one of Claims 4 to 10, characterized in that the resistor or resistors, plate-shaped, are noncontinuous in structure.

30

35

40

45

50

55

60

65

8

