



EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Veröffentlichungstag der Patentschrift :
15.02.95 Patentblatt 95/07

Int. Cl.⁶ : **H01J 23/26**

Anmeldenummer : **89109841.0**

Anmeldetag : **31.05.89**

Herstellungsverfahren für eine Verzögerungsleitung für eine Wanderfeldröhre.

Priorität : **21.06.88 DE 3820919**

Veröffentlichungstag der Anmeldung :
27.12.89 Patentblatt 89/52

Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
15.02.95 Patentblatt 95/07

Benannte Vertragsstaaten :
DE GB

Entgegenhaltungen :
EP-A- 0 121 465
WO-A-80/00049
DE-A- 3 217 077
FR-A- 1 391 842
FR-A- 2 545 645
US-A- 3 397 339

Patentinhaber : **THOMSON TUBES**
ELECTRONIQUES
13, avenue Morane-Saulnier,
Bâtiment Chavez,
Velizy Espace
F-78140 Velizy (FR)

Erfinder : **Kobale, Manfred, Dr.**
Lärchenstrasse 11
D-8011 Faistenhaar (DE)
Erfinder : **Mammach, Peter**
Grünauer Allee 47
D-8025 Unterhaching (DE)
Erfinder : **Schmid, Eckart, Dipl.-Phys.**
Gotenweg 8
D-8011 Poing (DE)

Vertreter : **Guérin, Michel et al**
THOMSON-CSF
SCPI
B.P. 329
50, rue Jean-Pierre Timbaud
F-92402 Courbevoie Cédex (FR)

EP 0 347 624 B1

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Verzögerungsleitung für eine Breitband-Wanderfeldröhre, welche Abstandsstücke, und Polschuhe enthält, die coaxial zu einem elektrisch leitenden Zylinder angeordnet sind, welche eine Wendel enthält, die in dem elektrisch leitenden Zylinder untergebracht und gegenüber diesem Zylinder über Haltestäbe in coaxialer Ausrichtung fixiert ist und welche achsparallel angeordnete Belastungsstege enthält, die an den elektrisch leitfähigen Zylinder angrenzen und zur Wendel hin einen in seiner Spaltbreite eng tolerierten Spalt von nur wenigen Zehnteln eines Millimeters freilassen, und bei der die Belastungsstege mit der Innenwand des elektrisch leitfähigen Zylinders einstückig verbunden sind. Eine derartige Wanderfeldröhre ist beispielsweise in einem Artikel von J.L. Putz und J.J. Cascone beschrieben, s. IEDM 1979, p. 422-424, jedoch sind die Belastungsstege mit der Innenwand des elektrisch leitfähigen Zylinders nicht einstückig verbunden.

In derartigen Wanderfeldröhren werden extrem hohe Anforderungen an die Maßhaltigkeit der Belastungsstege und der Wendel der Wanderfeldröhre gefordert. Die Abstände zwischen der Wendel und den Belastungsstegen liegen im Bereich von wenigen Zehnteln eines Millimeters und müssen über eine Länge von z. B. 10 cm auf wenige μm genau eingehalten werden.

Die Aufgabe, die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegt, besteht in der Angabe eines Verfahrens mit dem sich derartige Verzögerungsleitungen mit ausreichender Präzision und reproduzierbar herstellen lassen. Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 und in einer vorteilhaften Ausführungsform durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst, wobei die Reihenfolge der Verfahrensschritte einzuhalten ist, die Maßnahmen eines Verfahrensschrittes aber in unterschiedlicher Reihenfolge stattfinden können.

Einstückig mit der Innenwand des elektrisch leitfähigen Zylinders verbundene Belastungsstege sind in ihrer gegenseitigen Lage optimal fixiert und vermeiden die Toleranzschwankungen, die bei jedem Lötvorgang und bei jeder Klebung von zwei Teilen unvermeidbar sind. Eine Neigung der Achse des Zylinders gegenüber der Symmetrieachse der Polschuhe, die z. B. beim Einlöten oder Einkleben in die Abstandsstücke und Polschuhe unvermeidbar ist, wirkt in gleichem Maße auf die Verzögerungsleitung und die Belastungsstege. Die gegenseitige Lage dieser Teile wird nicht verändert. Zwischen die Polschuhe werden später Fokussiermagnete eingesetzt. Dadurch wird die gegenseitige Lage der genannten Teile nicht mehr beeinflusst.

Eine vakuumdichte Ausführung ist auf einfache Weise erreicht, indem die Abstandsstücke und zwi-

schen diesen liegenden magnetisierbare Polschuhe miteinander verlötet sind und coaxiale Bohrungen aufweisen, indem diese Bohrungen an den Außendurchmesser des elektrisch leitfähigen Zylinders genau angepaßt sind und indem der Metallzylinder in diese Bohrungen eingeschoben und mit den Abstandsstücken, die zur Zentrierung der Fokussiermagnete dienen, und den Polschuhen verlötet ist.

Vorteilhaft werden drei Haltestäbe vorgesehen, wobei einer der Haltestäbe über eine Feder gegen die Innenwand des elektrisch leitenden Zylinders abgestützt ist.

Es hat sich herausgestellt, daß die geforderte extrem hohe Präzision in den Abmessungen der Belastungsstege und des Zylinders mittels Drahterosion erreicht werden kann. Die angegebene Reihenfolge der Verfahrensschritte ermöglicht außerdem eine völlig verzugsfreie Ausbildung des gewünschten Profils und eine exakte Justierung des Strahles relativ zu den Magneten. Die Drahterosion ermöglicht außerdem auch die Herstellung komplizierter Ausbildungen von Belastungsstegen. Die Reihenfolge: Zuerst Einbau des Rohres und dann Ausbildung der Belastungsstege durch Drahterosion läßt außerdem das Einbringen von Isolierstäben mit einem relativ hohem Anpreßdruck zu, der z.B. durch eine relativ harte Feder erreicht wird, da die Wand des Zylinders nach dem Einbau des Zylinders durch die Abstandsstücke und Polschuhe zusätzlich verfestigt wird und dadurch einen hohen Druck auf die Innenwand des Zylinders standhalten kann. Sie gewährleistet so eine besonders ausgeprägte und vorteilhafte Ableitung der Wärme von der Wendel. Als Material für die Haltestäbe eignet sich insbesondere einer der Stoffe BW, BeO, Al_2O_3 . Die gute Wärmeleitfähigkeit der Haltestäbe, die für sehr hohe Belastungen auch aus Diamantmaterial bestehen können, kann hierbei besonders vorteilhaft ausgenützt werden.

Das erfindungsgemäße Herstellverfahren gewährleistet auch eine hohe Reproduzierbarkeit, da der Einfluß der Lötvorgänge vollständig ausgeschaltet ist, indem die endgültige Form erst nach dem Löten erzeugt wird.

Auf diese Weise läßt sich ohne besondere Schwierigkeit eine Genauigkeit von $\pm 5\mu\text{m}$ über eine Länge von 100mm einhalten und beliebig oft reproduzieren, auch wenn der Innendurchmesser des eingebrachten Rohres nur etwa 2mm beträgt.

Die Halterung der Wendel kann außer durch den beschriebenen besonders vorteilhaften Einbau auch durch die bekannten Methoden, wie z.B. Schrumpfen oder Löten ausgeführt werden.

Die Erfindung wird nun anhand von drei Figuren näher erläutert. Sie ist nicht auf die in den Figuren gezeigten Beispiele beschränkt.

Die Figuren 1 und 2 zeigen ein Beispiel einer erfindungsgemäßen Verzögerungsleitung in geschnittener Ansicht, wobei die Durchmessermaße zur Ver-

deutlichung gegenüber einer maßstäblichen Zeichnung stark verändert wurden. Figur 3 zeigt ein weiteres Beispiel einer erfindungsgemäßen Verzögerungsleitung in geschnittener Ansicht.

Aus ringförmigen, nicht magnetischen Abstandsstücken 1 und aus magnetisierbarem Material bestehenden Polschuhen 2 ist ein Rohrkörper 11 zusammengesetzt. Die Polschuhe 2 überragen in radialer Richtung die Abstandsstücke 1, so daß zwischen je zwei benachbarte Polschuhe auf einfache Weise Fokussiermagnete eingesetzt werden können. Die Zusammensetzung eines derartigen Rohrkörpers 11 erfolgt zweckmäßig durch Auffädeln der Abstandsstücke 1 und der Polschuhe 2 auf ein Rohr und anschließendes Verlöten der einzelnen Ringe. Der Innendurchmesser dieses Rohrkörpers 11 ist auf den Außendurchmesser eines Zylinders 5 angepaßt. Der Zylinder 5 ist in dem Rohrkörper 11 beispielsweise durch Löten fixiert. Mit dem Zylinder 5 sind Belastungsstege 4 einstückig verbunden. Die Belastungsstege 4 lassen zur coaxial angeordneten Wendel 9 in ihrer Breite genau definierte Spalte 12 frei. Die Wendel 9 ist durch Haltestäbe 6 und 8 gegenüber der Innenwand des Zylinders 5 gestützt und fixiert. Dabei liegen die Stäbe 6 am Zylinder 5 unmittelbar an, während der Stab 8 etwas kürzer ausgeführt ist und durch eine Spannfeder 7 unter Druck gehalten wird. Durch diesen Druck ergibt sich ein ausgezeichneter Wärmeübergang zwischen der Wendel 9 und den Haltestäben 6 und 8 und zwischen den Haltestäben 6 und dem Zylinder 5 bzw. dem Haltestab 8 und der Spannfeder 7. Gleichzeitig ergibt sich ein Höchstmaß an Präzision für die Lage der Wendel 9, da die Haltestäbe sehr exakt auf Maß geschliffen werden.

Bei erhöhten Anforderungen an die Wärmeableitung können auch drei oder mehr Haltestäbe 6 eingesetzt werden, wobei sich dann ein Einlöten dieser Haltestäbe 6 in den Zylinder 5 empfiehlt.

Zur Herstellung einer derartigen Verzögerungsleitung ist ein Verfahren vorteilhaft, bei dem zunächst der Rohrkörper 11 aus den Abstandsstücken 1 und den Polschuhen 2 hergestellt und seine Innenwand durch Honen auf das erforderliche Maß gebracht wird, bei dem dann ein dickwandiges Rohr 3 in den Rohrkörper 11 eingeschoben und dort fixiert, insbesondere verlötet wird und bei dem nach dem Fixieren des Rohres 3 das gewünschte Profil durch ein Drahterosionsverfahren hergestellt wird, das heißt durch ein Funkerosionsverfahren, bei dem ein Draht durch das Rohr gezogen und gleichzeitig in einer zur Rohrachse senkrechten Ebene bewegt wird, so daß die gewünschten Konturen aus der Wandung des Rohres herausgeschnitten werden. Bei diesem Verfahren können Belastungsstege von beliebigem Querschnitt herausgearbeitet werden. Dabei werden die Stirnflächen der Belastungsstege 4 und die Innenwand des Zylinders 5 mit demselben Werkzeug hergestellt, so daß ein Maximum an Genauigkeit in

der gegenseitigen Lage der genannten Teile über ihre gesamte Länge erreicht wird. Dementsprechend wird auch ein Höchstmaß an Lagegenauigkeit der gegenüber der Innenwand des Zylinders 5 über die Haltestäbe 6 und 8 justierten Wendel 9 erreicht. Das Honen des Rohrkörpers 11 fördert eine ganzflächige Benetzung und eine gleichmäßige Verteilung des Lotes beim Einlöten.

In einer vorteilhaften Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Abstandsstücke 1 und die Polschuhe 2 auf ein dickwandiges, nichtmagnetisches Rohr 3 aufgefädelt und mit diesem und untereinander in einem Arbeitsgang verlötet. Anschließend werden die Belastungsstege 4 des Zylinders 5 durch Drahterosion aus dem dickwandigen Rohr 3 herausgearbeitet, die Haltestäbe 6 und die ggf. die Haltestäbe 8 und die Spannfeder 7 werden eingeschoben. Diese Ausführung des Verfahrens ist relativ kostengünstig und in vielen Fällen ausreichend präzise herzustellen. Die in der Wanderfeldröhre erforderlichen Fokussiermagnete können zwischen die Polschuhe eingesetzt, auf optimale Magnetfeldverteilung im Zylinder 5 justiert und mit den Polschuhen verklebt und verlötet werden. Auch dadurch entsteht kein störender Einfluß auf die Geometrie der Verzögerungsleitung.

Da bei dem erfindungsgemäßen Aufbau und insbesondere unter Verwendung des angegebenen Verfahrens keinerlei Löt- oder Klebeverbindungen in die Toleranz der gegenseitigen Lage der Wendel, der Zylinderwand und der Belastungsstege eingehen, ist jede Gefahr einer Änderung der gegenseitigen Lage in radialer Richtung zwischen diesen Teilen beim Zusammenbau völlig ausgeschlossen. Der Aufbau und das Verfahren gewährleisten daher, daß eine Toleranz von beispielsweise nur $\pm 5\mu\text{m}$ über eine Länge von 10cm in der Serie reproduzierbar eingehalten werden kann.

Der erfindungsgemäße Aufbau ermöglicht auch den Einsatz komplizierter Formen der Belastungsstege, wie sie beispielsweise die Belastungsstege 10 in FIG 3 darstellen. Auch diese Stegformen lassen sich mit hoher Präzision und Reproduzierbarkeit herstellen, wenn erfindungsgemäß das Rohr 3 vorher in den stabilen Rohrkörper 11 eingesetzt und dort fixiert ist.

Mit der Erfindung lassen sich die angegebenen Strukturen beispielsweise in einem Rohr 3 mit einem Außendurchmesser von weniger als 2mm herstellen.

Sofern ein besonders geringer Wärmewiderstand zwischen den Haltestäben und der Zylinderwand erforderlich ist, können auch in radialer Richtung untereinander gleichbreite Haltestäbe 6 durch die an sich bekannte Schrumpftechnik im Zylinder 5 fixiert werden. Hierbei wird vor dem Einführen der Wendel 9 und der Haltestäbe 6 ein Temperaturunterschied erzeugt, bei dem der Rohrkörper 11 und der Zylinder 5 wärmer sind als die Wendel 9 und die Haltestäbe 6. Nach dem Einführen gleicht sich die Tem-

peratur an, die Wendel wird unter Druck gesetzt und so gehalten. Diese Halterung ergibt keinerlei Lageabweichungen, die bei einer Lötung zu befürchten wären. Andererseits ist beispielsweise die Kombination der Schrumpftechnik mit einer zusätzlichen Lötung sinnvoll, sofern dabei die mechanische Fixierung durch den Schrumpfprozeß erfolgt und das Lot lediglich den Wärmeübergang zusätzlich unterstützt.

Als Material für den Zylinder eignet sich beispielsweise Kupfer oder ein Metall mit einem hohen spezifischen elektrischen Widerstand als Material für die Haltestege bei relativ geringen Anforderungen Keramik, bei höheren Anforderungen an die Wärmeableitung empfiehlt sich Diamantmaterial, da dieses eine erheblich höhere Wärmeleitfähigkeit besitzt, als die übrigen geeigneten Werkstoffe.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Verzögerungsleitung für eine Breitband-Wanderfeldröhre, welche Abstandsstücke (1), und Polschuhe (2) enthält, die coaxial zu einem elektrisch leitenden Zylinder (5) angeordnet sind, welche eine Wendel (9) enthält, die in dem elektrisch leitenden Zylinder (5) untergebracht und gegenüber diesem Zylinder (5) über Haltestäbe (6, 8) in coaxialer Ausrichtung fixiert ist und welche achsparallel angeordnete Belastungsstege (4) enthält, die an den elektrisch leitfähigen Zylinder (5) angrenzen und zur Wendel (9) hin einen in seiner Spaltbreite eng tolerierten Spalt von nur wenigen Zehnteln eines Millimeters freilassen, und bei der die Belastungsstege (4) mit der Innenwand des elektrisch leitfähigen Zylinders (5) einstückig verbunden sind, mit folgenden Verfahrensschritten:

- a) Abstandsstücke (1) und Polschuhe (2) werden zunächst in abwechselnder Reihenfolge angeordnet und miteinander verlötet und mit coaxialen Bohrungen versehen,
- b) die coaxialen Bohrungen werden danach auf den Durchmesser des elektrisch leitenden Zylinders (5) so angepaßt, daß dieser eingeschoben und eingelötet werden kann,
- c) danach wird ein dickwandiges, elektrisch leitfähiges Rohr (3), dessen Innendurchmesser zumindest nicht größer ist als der geringste gegenseitige radiale Abstand der Belastungsstege (4) und dessen Außendurchmesser dem des elektrisch leitfähigen Zylinders (5) entspricht, in die coaxialen Bohrungen eingeschoben und eingelötet.
- d) die Belastungsstege (4) werden daraufhin mittels eines Drahterosionsverfahrens aus der Innenwand des elektrisch leitfähigen Rohres (3) herausgearbeitet,
- e) und schließlich werden die Haltestäbe (6, 8)

und die Wendel (9) eingesetzt und fixiert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die coaxialen Bohrungen in den Abstandsstücken (1) und Polschuhen (2) vor dem Einschieben gehont werden.
3. Verfahren zur Herstellung einer Verzögerungsleitung für eine Breitband-Wanderfeldröhre, welche Abstandsstücke (1), und Polschuhe (2) enthält, die coaxial zu einem elektrisch leitenden Zylinder (5) angeordnet sind, welche eine Wendel (9) enthält, die in dem elektrisch leitenden Zylinder (5) untergebracht und gegenüber diesem Zylinder (5) über Haltestäbe (6, 8) in coaxialer Ausrichtung fixiert ist und welche achsparallel angeordnete Belastungsstege (4) enthält, die an den elektrisch leitfähigen Zylinder (5) angrenzen und zur Wendel (9) hin einen in seiner Spaltbreite eng tolerierten Spalt von nur wenigen Zehnteln eines Millimeters freilassen, und bei der die Belastungsstege (4) mit der Innenwand des elektrisch leitfähigen Zylinders (5) einstückig verbunden sind, mit folgenden Verfahrensschritten:
 - a) Abstandsstücke (1) und Polschuhe (2) mit entsprechenden Bohrungen werden zunächst auf ein dickwandiges elektrisch leitfähiges Rohr (3), dessen Innendurchmesser nicht größer ist als der kleinste gegenseitige radiale Abstand der Belastungsstege (4), aufgefädelt.
 - b) Die Abstandsstücke (1), die Polschuhe (2) und das dickwandige elektrisch leitfähige Rohr (3) werden danach miteinander verlötet.
 - c) Die Belastungsstege (4) werden anschließend mittels eines Drahterosions-Verfahrens aus der Innenwand des elektrisch leitfähigen Rohres (3) herausgearbeitet.
 - d) Die Haltestäbe (6, 8) und die Wendel (9) werden schließlich eingesetzt und fixiert.

Claims

1. Method for producing a delay line for a broadband travelling-wave tube, which delay line contains spacers (1) and pole shoes (2) arranged coaxially with respect to an electrically conducting cylinder (5), which delay line also contains a helix (9) placed in the electrically conducting cylinder (5) and fixed with respect to this cylinder (5) in coaxial orientation by holding rods (6, 8) and which delay line furthermore contains loading bars (4), arranged axially parallel, which adjoin the electrically conductive cylinder (5) and leave free, towards the helix (9), a gap of only a few tenths of a millimetre with low tolerance in its gap width,

wherein the loading bars (4) are integrally connected to the internal wall of the electrically conductive cylinder (5), having the following procedural steps:

- a) the spacers (1) and pole shoes (2) are first arranged in an alternating sequence, are soldered to one another and are provided with coaxial bores,
 - b) the coaxial bores are then matched to the diameter of the electrically conducting cylinder (5) such that the latter can be pushed in and soldered in,
 - c) a thick-walled, electrically conductive tube (3) is then pushed into the coaxial bores and soldered in, the internal diameter of which tube is at least no larger than the smallest mutual radial separation of the loading bars (4) and the external diameter of which tube corresponds to that of the electrically conductive cylinder (5),
 - d) the loading bars (4) are subsequently machined from the internal wall of the electrically conductive tube (3) by means of a wire spark-erosion process,
 - e) and the holding rods (6, 8) and the helix (9) are finally inserted and fixed.
2. Method according to Claim 1, characterized in that the coaxial bores in the spacers (1) and pole shoes (2) are honed before pushing in.
 3. Method for producing a delay line for a broadband travelling-wave tube, which delay line contains spacers (1) and pole shoes (2) arranged coaxially with respect to an electrically conducting cylinder (5), which delay line also contains a helix (9) placed in the electrically conducting cylinder (5) and fixed with respect to this cylinder (5) in coaxial orientation by holding rods (6, 8) and which delay line furthermore contains loading bars (4), arranged axially parallel, which adjoin the electrically conductive cylinder (5) and leave free, towards the helix (9), a gap of only a few tenths of a millimetre with low tolerance in its gap width, wherein the loading bars (4) are integrally connected to the internal wall of the electrically conductive cylinder (5), having the following procedural steps:
 - a) The spacers (1) and pole shoes (2) having corresponding bores are first threaded onto a thick-walled electrically conductive tube (3) whose internal diameter is no greater than the smallest mutual radial separation of the loading bars (4).
 - b) The spacers the pole shoes (2) and the thick-walled electrically conductive tube (3) are then soldered to one another.
 - c) The loading bars (4) are next machined

from the internal wall of the electrically conductive tube (3) by means of a wire spark-erosion process.

d) The holding rods (6, 8) and the helix (9) are finally inserted and fixed.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un circuit de retard pour un tube à ondes progressives à large bande, comportant des espaceurs (1) et des pièces polaires (2) disposés dans le sens coaxial par rapport à un cylindre électro-conducteur (5), comportant en outre une hélice (9) placée dans le cylindre électro-conducteur (5) et fixée dans le sens coaxial par rapport audit cylindre (5) au moyen de barrettes de support (6, 8), et comportant des nervures de charge (4) disposées dans le sens parallèle par rapport à l'axe, qui jouxtent le cylindre électro-conducteur (5) et qui laissent un espace par rapport à l'hélice (9) d'une largeur extrêmement réduite, soit quelques dixièmes de millimètre, tandis que les nervures de charge (4) sont solidaires de la paroi intérieure du cylindre électro-conducteur (5), procédé comprenant les étapes suivantes :
 - a) Les espaceurs (1) et pièces polaires (2) sont d'abord disposés alternativement, puis soudés les uns aux autres et pourvus de perçages coaxiaux.
 - b) Les perçages coaxiaux sont ensuite adaptés au diamètre du cylindre électro-conducteur (5) de telle manière que ce dernier puisse y être introduit et soudé
 - c) Puis, un tube électro-conducteur (3) à paroi épaisse dont le diamètre intérieur n'excède pas le plus petit écart radial entre les nervures de charge (4) et dont le diamètre extérieur correspond à celui du cylindre électro-conducteur (5), est inséré et soudé dans lesdits perçages coaxiaux.
 - d) Les nervures de charge (4) sont ensuite façonnées dans la paroi intérieure du tube électro-conducteur (3) grâce à un procédé d'étincelage par fil.
 - e) La dernière opération consiste à installer et fixer les barrettes de support (6, 8) et l'hélice (9).
2. Procédé selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** les perçages coaxiaux des espaceurs (1) et pièces polaires (2) sont pierrés avant la mise en place de ceux-ci.
3. Procédé de fabrication d'un circuit de retard pour un tube à ondes progressives à large bande, comportant des espaceurs (1) et des pièces po-

lares (2) disposés dans le sens coaxial par rapport à un cylindre électro-conducteur (5), comportant en outre une hélice (9) placée dans le cylindre électro-conducteur (5) et fixée dans le sens coaxial par rapport audit cylindre (5) au moyen de barrettes de support (6, 8), et comportant des nervures de charge (4) disposées dans le sens parallèle par rapport à l'axe qui jouxtent le cylindre électro-conducteur (5) et qui laissent un espace par rapport à l'hélice (9) d'une largeur extrêmement réduite, soit quelques dixièmes de millimètre, tandis que les nervures de charge (4) sont solidaires de la paroi intérieure du cylindre électro-conducteur (5), procédé comprenant les étapes suivantes :

a) Les espaceurs (1) et les pièces polaires (2) pourvus de perçages adéquats, sont d'abord enfilés sur un tube électro-conducteur (3) à paroi épaisse dont le diamètre inférieur n'excède pas le plus petit des écarts radiaux entre les nervures de charge (4).

b) Les espaceurs (1), les pièces polaires (2) et le tube électro-conducteur (3) à paroi épaisse sont ensuite soudés les uns aux autres.

c) Puis, les nervures de charge (4) sont façonnées dans la paroi intérieure du tube électro-conducteur (3) grâce à un procédé d'étincelage par fil.

d) La dernière opération consiste à installer et fixer les barrettes de support (6, 8) et l'hélice (9).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

