



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Numéro de publication: **0 467 793 B1**

12

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

49 Date de publication de fascicule du brevet: **12.04.95** 51 Int. Cl.⁶: **C22F 1/00, C21D 9/62**

21 Numéro de dépôt: **91420216.3**

22 Date de dépôt: **02.07.91**

54 **Machine de traitement thermo-mécanique pour éléments en alliages à mémoire de forme.**

30 Priorité: **20.07.90 FR 9009715**

43 Date de publication de la demande:
22.01.92 Bulletin 92/04

45 Mention de la délivrance du brevet:
12.04.95 Bulletin 95/15

84 Etats contractants désignés:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

56 Documents cités:
EP-A- 0 161 952
FR-A- 2 410 045

73 Titulaire: **IMAGO**
8 Parc Cunéo d'Ornano
F-20000 Ajaccio (FR)

72 Inventeur: **Buffard, Laurent**
Mas Lei Roumanieu,
Quartier de la Bourrasque
F-83270 Saint Cyr sur Mer (FR)
Inventeur: **Raymond, Michel**
Le Majorque,
Baie des Angès
F-13600 La Ciotat (FR)
Inventeur: **Girones épouse Weynant, Renée-**
Paule

Villa Coste Gaye,
Route de Lauris
F-84160 Cadenet (FR)
Inventeur: **Vincent, Léo**
17 Allée des Pervenches
F-69650 Saint Germain au Mont D'Or (FR)
Inventeur: **Barrier, André**
"La Véranda",
Civrieux D'Azergues
F-69380 Lozanne (FR)

74 Mandataire: **Maureau, Philippe et al**
Cabinet Germain & Maureau
Le Britannia - Tour C
20, bld Eugène Déruelle
Boîte Postale 3011
F-69392 Lyon Cédex 03 (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).

EP 0 467 793 B1

Description

La présente invention a pour objet une machine de traitement thermo-mécanique pour éléments en alliages à mémoire de forme.

Le traitement thermo-mécanique dit "d'éducation" permet d'obtenir l'effet mémoire à double sens dans un alliage à mémoire de forme. C'est ce traitement qui permet la mémorisation de la forme à basse température, forme présentée par l'alliage dans sa phase martensitique (voir par exemple EP-A-0 161 952).

L'obtention de cet effet de déformation à double sens est essentielle dans de nombreuses applications industrielles. Pour réaliser l'éducation d'une pièce en alliage à mémoire de forme, il convient d'imposer un déplacement constant ou bien un effort constant à la pièce à des températures données appelées températures haute et température basse. Il convient donc d'effectuer un cycle de base consistant au maintien d'une température haute associée à un déplacement ou à un effort, puis passage à une température basse associée à un déplacement ou un effort. L'éducation des matériaux à mémoire de forme est réalisée de façon assez empirique, de telle sorte qu'il convient d'effectuer des dizaines ou des milliers de cycles pour éduquer un élément. De plus, les conditions de l'éducation doivent être parfaitement rigoureuses, afin d'assurer la reproductibilité des caractéristiques d'un élément à un autre.

Le but de l'invention est de fournir une machine de traitement thermo-mécanique qui permette de réaliser simultanément l'éducation d'un grand nombre d'éléments en alliage à mémoire de forme au cours d'un nombre réduit de cycles, et d'obtenir une parfaite reproductibilité des éléments traités au cours de différentes opérations à l'aide de cette même machine.

A cet effet, la machine qu'elle concerne, comprend :

- une enceinte isolée thermiquement reliée à une source de fluide gazeux caloporteur successivement chaud et froid,
- un support susceptible d'être introduit dans l'enceinte, portant plusieurs plateaux superposés entre lesquels sont disposés les éléments en alliage à mémoire de forme, les plateaux étant agencés pour permettre le passage du fluide gazeux au contact de tous les éléments,
- un dispositif de mise en contrainte agissant sur les plateaux, perpendiculairement à ceux-ci, et
- un dispositif de commande du cycle de fonctionnement.

Avantageusement, chaque plateau est constitué par une pièce en forme de couronne compor-

tant, à proximité de son bord extérieur et régulièrement répartis angulairement, des trous axiaux, dans chacun desquels est engagée, avec possibilité de coulisement, une tige, également engagée dans une couronne adjacente, chaque tige servant au guidage d'une pièce en alliage à mémoire de forme, telle qu'un ressort, qui prend appui par ses extrémités sur deux couronnes adjacentes, l'empilement de couronnes entretoisées par des pièces en alliage à mémoire de forme reposant par l'une de ses extrémités sur le support susceptible d'être introduit dans l'enceinte, et étant soumis à son autre extrémité à l'action du dispositif de mise en contrainte.

Selon une autre caractéristique de l'invention le dispositif de mise en contrainte comprend une tige traversant axialement et avec étanchéité la paroi supérieure de l'enceinte, au centre de celle-ci, dont l'extrémité située à l'extérieur de l'enceinte est associée à des moyens de déplacement axial et dont l'extrémité située à l'intérieur de l'enceinte est équipée :

- d'une pièce en forme cloche comportant un plateau perpendiculaire à la tige, dont le bord extérieur est prolongé par une partie tubulaire de diamètre supérieur à celui des couronnes portant les pièces à traiter et de hauteur telle qu'en position haute elle permette une amenée et un retrait latéraux des couronnes, et qu'en position basse son bord inférieur soit situé sensiblement au niveau de la couronnes la plus basse et,
- d'une pièce profilée de forme générale conique, centrée sur l'axe, dont la pointe est tournée vers le bas et dont la base possède un diamètre correspondant sensiblement au diamètre de l'ouverture des couronnes, cette pièce profilée étant elle-même entourée par une pièce tubulaire ajourée qui, de forme générale tronconique et dont la petite base est tournée vers le bas, est destinée à pénétrer dans l'ouverture centrales des couronnes.

Cette machine est intéressante en ce sens qu'elle peut permettre le traitement de plusieurs centaines de pièces au cours d'une même opération, l'éducation étant obtenue au cours d'un nombre réduit de cycles, inférieur à une dizaine. Ceci est rendu possible par la structure de la machine, notamment les plateaux supports en forme de couronnes qui permettent une amenée centrale du fluide caloporteur qui passe de façon régulière au contact de tous les éléments.

Ce passage est favorisé par la structure de l'extrémité inférieure du dispositif de mise en contrainte, qui force l'air à passer au contact des éléments à traiter l'air étant amené au centre de l'enceinte, traversant la pièce tubulaire ajourée pour diffuser radialement vers l'extérieur, ce passa-

ge radial étant favorisé par la forme profilée de l'embout central, l'air redescendant à l'intérieur de la paroi tubulaire en forme de cloche, avant de remonter dans l'enceinte dans l'espace annulaire compris entre la face extérieure de cette paroi tubulaire et la paroi de l'enceinte elle-même. Cette parfaite maîtrise du parcours du fluide caloporteur, associée à l'isolation thermique de l'enceinte, et aux possibilités de faire varier très rapidement la température du fluide caloporteur, par chauffage par des résistances et par refroidissement par vaporisation d'un liquide cryogénique, permet de maintenir l'homogénéité de la température en diminuant notamment l'influence des effets exothermiques et endothermiques, liés aux transformations de phases et par suite de limiter le nombre de cycles d'éducation, tout en bénéficiant d'une excellente reproductibilité des caractéristiques des éléments traités.

De toute façon l'invention sera bien comprise à l'aide de la description qui suit en référence au dessin schématique annexé représentant à titre d'exemple, non limitatif, une forme d'exécution de cette machine destinée au traitement d'éléments en alliage à mémoire de forme constitués par des ressorts.

La Figure 1 est une vue en coupe longitudinale de cette machine ;

La Figure 2 est une vue en coupe à échelle agrandie, de l'empilement de couronnes portant les ressorts, et de l'extrémité inférieure du dispositif de mise en contrainte dans deux positions extrêmes respectivement à la partie droite et à la partie gauche du dessin ;

La Figure 3 est une vue en coupe selon III-III de la Figure 2, représentant une couronne porte-ressort.

La machine représentée à la figure 1 comprend un bâti 2 à l'intérieur duquel est montée une enceinte 3 isolée thermiquement. Cette enceinte 3 comporte une ouverture latérale 4 destinée à être fermée par une porte 5. Cette porte 5 dont l'étanchéité de la fermeture est assurée par des joints 6, est actionnée à l'aide d'un vérin 7, les moyens de guidage de la porte 5 étant tels que pour passer de sa position de fermeture représentée à la Figure 1 à sa position d'ouverture, la porte soit tout d'abord dégagée vers l'extérieur, pour décompresser les joints 6 avant d'être déplacée verticalement vers le haut.

La paroi inférieure 8 de l'enceinte 3 comporte un passage 9 pour l'amenée du fluide caloporteur, cette ouverture étant ménagée au centre de la paroi 8. Dans sa paroi supérieure 10, l'enceinte 3 comporte plusieurs ouvertures 12 destinées à l'évacuation du fluide caloporteur. Ces ouvertures 12, réparties de façon symétrique sont excentrées par rapport à l'axe vertical de l'enceinte 3.

A l'extérieur de l'enceinte sont ménagées des rampes 13 horizontales, s'étendant jusqu'à la porte 5. Ces rampes servent au guidage de deux chariots, un premier chariot 14 porte-couronne, et un second chariot motorisé 15. Le mouvement du chariot 15 est obtenu par un système pignon-crémaillère. Le chariot 15 est équipé d'un crochet 16 pivotant autour d'un axe horizontal, susceptible de pivoter par action d'un vérin 17, pour venir en prise ou non avec un axe 18 appartenant au chariot 14. Il est ainsi possible d'assurer la manoeuvre du chariot 14 en vue de son introduction ou de son retrait vis-à-vis de l'enceinte 3, par accouplement avec le chariot motorisé 15. Comme cela ressort du dessin, la partie centrale du chariot 14 est largement ajourée de façon à permettre, lorsque le chariot est à l'intérieur de l'enceinte 3, le passage de fluide caloporteur. Dans la forme d'exécution représentée au dessin, chaque chariot 14 est destiné à recevoir quatre couronnes 19. Les quatre couronnes 19 sont disposées de façon parallèle et coaxiale, afin de délimiter trois intervalles servant au logement des ressorts 20 en alliage à mémoire de forme. Chaque couronne (figure 3) comprend une ouverture centrale 22 de diamètre important vis-à-vis du diamètre de la couronne, cette couronne présentant une partie extérieure 23 dans laquelle sont ménagés des trous 24 servant chacun à l'engagement d'une tige 25 qui est entourée par un ressort 20. Les tiges 25 (figure 2) peuvent coulisser vis-à-vis des trous 24 lors des mouvements d'écartement ou de rapprochement des couronnes les unes vis-à-vis des autres. Les trous 24 sont régulièrement répartis angulairement sur la couronne, et peuvent être de l'ordre d'une centaine. Chaque couronne comprend également une partie 26 située radialement vers l'intérieur dans laquelle sont ménagés des trous 27 pour le passage de doigts de guidage axial 28 des couronnes les unes relativement aux autres, ainsi que des évidements 29 pour abaisser l'inertie thermique.

Le dispositif de mise en contrainte des ressorts (figure 1) comprend une tige 32 traversant la paroi supérieure 10 de l'enceinte 3, disposée selon l'axe de cette enceinte, dont l'extrémité supérieure est articulée autour d'un axe horizontal 33 à une extrémité d'un levier 34 dont la partie centrale est articulée autour d'un axe horizontal 35 sur le bâti 2 et dont l'autre extrémité est articulée autour d'un axe 36 parallèle aux axes précédant, sur l'extrémité de la tige 37 d'un vérin 38. Le corps de ce vérin est lui-même monté articulé autour d'un axe horizontal 39 sur le bâti. Les mouvements du vérin vont se traduire par un déplacement vertical de la tige 32 vers le haut ou vers le bas suivant le sens d'actionnement du vérin.

A son extrémité inférieure, la tige 32 est équipée d'une pièce 40 en forme de cloche, présentant

un plateau 42 perpendiculaire à l'axe de la tige, dont le bord extérieur est prolongé par une partie tubulaire 43 de diamètre supérieur à celui des couronnes portant les ressorts 20 et de hauteur telle qu'en position haute elle permette, comme représenté en trait plein à la figure 1 l'amenée et le retrait latéral du chariot porte-couronnes, et qu'en position basse représentée en trait mixte à la figure 1 et en trait plein à la partie droite de la figure 2, son bord inférieur soit situé sensiblement au niveau de la couronne la plus basse, afin de recouvrir totalement le volume contenant les ressorts 20 à éduquer.

De la partie centrale du plateau 40 fait saillie vers le bas un embout profilé 44, de forme générale tronconique dont la pointe est tournée vers le bas, la paroi de cet embout étant de révolution, et incurvée vers l'intérieur. Le diamètre de la base de cet embout correspond sensiblement à l'ouverture des couronnes 19, de façon à permettre un encastrement dans l'ouverture centrale 22 de ces dernières. L'embout profilé 44 est lui-même entouré par une pièce ajourée 45, cette pièce étant tubulaire, de forme générale tronconique, et dont la petite base, tournée vers le bas est destinée à pénétrer dans l'ouverture centrale des couronnes, de telle sorte qu'en position de mise en contrainte, la petite base de la pièce 45 soit située en dessous de la couronne du niveau inférieur.

Lorsque la tige 32 est actionnée vers le bas, le plateau 42 prend appui sur la couronne supérieure 19 et exerce sur celle-ci une pression verticale vers le bas assurant la compression des ressorts 20 jusque dans la position représentée en traits mixtes à la figure 1 ou à la partie droite de la figure 2. Il ressort de cette structure, qu'en position comprimée des ressorts, le fluide caloporteur arrivant par l'ouverture 9, pénètre dans l'espace ménagé à l'intérieur de la pièce 45, est dévié radialement vers l'extérieur par l'embout profilé 44, traverse la pièce ajourée 45, s'écoule le long des ressorts 20, s'écoule ensuite vers le bas le long de la face intérieure de la paroi 43, puis s'écoule vers le haut dans l'espace annulaire ménagé entre la paroi 43 et la paroi de l'enceinte. Cette structure permet de parfaitement maîtriser le parcours du fluide caloporteur, et de réaliser un passage rapide d'une température à une autre, à l'aide d'un volume de fluide d'une valeur réduite.

Cette machine est équipée d'un dispositif de commande agencé pour piloter successivement les différentes phases suivantes :

- Ouverture de la porte 5, avance du chariot porte-couronnes 14 et du chariot motorisé 15 jusqu'à introduction du premier dans l'enceinte 3,
- Déverrouillage des deux chariots et retour du chariot motorisé en position de départ,

- Fermeture de la porte 5,
- Mise en température haute et maintien de celle-ci pendant un temps déterminé,
- Descente de l'ensemble mobile du dispositif de contrainte, correspondant à une compression des ressorts, comme montré à la partie droite de la figure 2,
- Mise en température basse et maintien de cette température pendant un temps déterminé en position comprimée des ressorts,
- Montée de l'ensemble mobile et remontée des couronnes grâce aux contre ressorts 50 entourant les doigts de guidage 28 et répétition du cycle selon un nombre programmé,
- Mise à la température ambiante de l'intérieur de l'enceinte,
- Ouverture de la porte 5,
- Avance du chariot motorisé 15 et accrochage avec le chariot porte-couronnes 14,
- Retour des deux chariots 14 et 15 en position de départ, le chariot 15 tirant le chariot 14,
- Fermeture de la porte 5.

Selon un autre mode de réalisation le dispositif de commande est agencé pour piloter successivement les différentes phases suivantes :

- ouverture de la porte 5,
- avance du chariot 14 porte-couronnes et du chariot motorisé 13, jusqu'à introduction du premier dans l'enceinte,
- déverrouillage des deux chariots et retour du chariot motorisé 15 en position de départ,
- fermeture de la porte,
- mise en température haute et maintien pendant un temps déterminé,
- descente de l'ensemble mobile 32-45 du dispositif de mise en contrainte,
- mise en température basse et maintien pendant un temps déterminé.
- mise en température haute, l'ensemble mobile 32-45 étant toujours descendu, donc mise en contrainte,
- répétition d'un cycle de refroidissement et chauffage selon un nombre programmé,
- mise à la température ambiante,
- ouverture de la porte 5,
- avance du chariot motorisé 15 et accrochage avec le chariot porte-couronnes 14,
- retour des deux chariots en position de départ,
- fermeture de porte 5.

Conformément à une autre possibilité d'utilisation, le dispositif de commande est agencé pour piloter successivement les différentes phases précédentes, et ce pour des dizaines de milliers de cycles permettant une étude simultanée sur plusieurs centaines de ressorts à mémoire de forme de leur comportement en fatigue.

Comme il ressort de ce qui précède l'invention apporte une grande amélioration à la technique existante en fournissant une machine de structure compacte permettant de réaliser simultanément l'éducation d'un grand nombre d'éléments en alliages à mémoire de forme, au cours d'un nombre de cycles de déformation très limité, tout en bénéficiant d'une excellente reproductibilité des éléments traités au cours de diverses opérations.

Comme il va de soi l'invention ne se limite pas à la seule forme d'exécution de cette machine décrite ci-dessus à titre d'exemple. C'est ainsi notamment que le nombre des couronnes pourrait être différent, que les moyens d'actionnement de la tige 32 pourraient être différents, ou que l'introduction des couronnes à l'intérieur de l'enceinte pourrait être réalisée par d'autres moyens, sans que l'on sorte pour autant du cadre de l'invention revendiquée.

Revendications

1. Machine de traitement thermo-mécanique pour éléments en alliages à mémoire de forme, caractérisée en ce qu'elle comprend :

- une enceinte (3) isolée thermiquement reliée à une source de fluide gazeux caloporteur successivement chaud et froid,
- un support (14) susceptible d'être introduit dans l'enceinte (3), portant plusieurs plateaux (19) superposés entre lesquels sont disposés les éléments en alliage à mémoire de forme, les plateaux étant agencés pour permettre le passage du fluide gazeux au contact de tous les éléments,
- un dispositif (32) de mise en contrainte agissant sur les plateaux, perpendiculairement à ceux-ci et
- un dispositif de commande du cycle de fonctionnement.

2. Machine selon la revendication 1, caractérisée en ce que chaque plateau est constitué par une pièce (19) en forme de couronne comportant, à proximité de son bord extérieur et régulièrement répartis angulairement, des trous axiaux (24), dans chacun desquels est engagée, avec possibilité de coulissement, une tige (25), également engagée dans une couronne adjacente, chaque tige servant au guidage d'une pièce en alliage à mémoire de forme, telle qu'un ressort (20), qui prend appui par ses extrémités sur deux couronnes adjacentes, l'empilement de couronnes entretoisées par des pièces en alliage à mémoire de forme reposant par l'une de ses extrémités sur le

support (14) susceptible d'être introduit dans l'enceinte, et étant soumis à son autre extrémité à l'action du dispositif (32) de mise en contrainte.

3. Machine selon la revendication 2, caractérisée en ce que chaque couronne comporte - une partie extérieure (23) dans laquelle sont ménagés les trous de positionnement des pièces ou alliage à mémoire de forme, plus épaisse que la partie adjacente (26) située radialement vers l'intérieur, dans laquelle sont ménagées des ouvertures dont certaines (27) sont destinées au passage de doigts (28) de guidage axial des couronnes les unes relativement aux autres, et dont les autres (29) permettent un allègement des couronnes.

4. Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le support (14) est constitué par un chariot ajouré, déplaçable sur un chemin de guidage (13) entre une position intérieure à l'enceinte et une position extérieure à celle-ci, après traversée d'une ouverture (4) obturable par une porte (5) fermant avec étanchéité, les moyens de déplacement du chariot (14) étant constitués par un second chariot (15) motorisé qui, guidé sur des profilés (13) à l'extérieur de l'enceinte et déplaçable par un système pignon-crémaillère, est équipé de moyens d'accouplement avec le chariot support.

5. Machine selon la revendication 4, caractérisée en ce que les moyens d'accouplement entre le chariot motorisé (15) et le chariot support (14) sont constitués par un crochet (16) articulé sur le chariot motorisé (15) et actionné par un vérin (17), destiné à venir s'engager derrière une tige (18) ou similaire solidaire au chariot support.

6. Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que l'enceinte (3) comprend, dans sa paroi inférieure (8), une ouverture centrale (9) pour l'amenée du fluide caloporteur, et dans sa paroi supérieure (10), des ouvertures (12) excentrées réparties de façon symétrique pour l'évacuation du fluide caloporteur.

7. Machine selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, caractérisée en ce que le dispositif de mise en contrainte comprend une tige (32) traversant axialement et avec étanchéité la paroi supérieure de l'enceinte (3), au centre de celle-ci, dont l'extrémité située à l'extérieur de l'enceinte est associée à des moyens de dé-

placement axial et dont l'extrémité située à l'intérieur de l'enceinte est équipée :

- d'une pièce (40) en forme cloche comportant un plateau (42) perpendiculaire à la tige (32), dont le bord extérieur est prolongé par une partie tubulaire (43) de diamètre supérieur à celui des couronnes (19) portant les pièces à traiter et de hauteur telle qu'en position haute elle permette une amenée et un retrait latéraux des couronnes (19), et qu'en position basse son bord inférieur soit situé sensiblement au niveau de la couronne la plus basse et, 5
- d'une pièce profilée (44) de forme générale conique, centrée sur l'axe, dont la pointe est tournée vers le bas et dont la base possède un diamètre correspondant sensiblement au diamètre de l'ouverture des couronnes (19), cette pièce profilée étant elle-même entourée par une pièce tubulaire ajourée (45) qui, de forme générale tronconique et dont la petite base est tournée vers le bas, est destinée à pénétrer dans l'ouverture centrale (22) des couronnes. 10 15 20 25

8. Machine selon la revendication 7, caractérisée en ce que sur l'extrémité supérieure de la tige (32) du dispositif de mise en contrainte est articulée, autour d'un axe horizontal (33), une extrémité d'un levier (34), articulé lui-même dans sa partie centrale, autour d'un axe horizontal (35), sur le bâti de la machine, et dont l'autre extrémité est articulée, autour d'un axe (36) parallèle aux précédents, à l'extrémité de la tige (37) d'un vérin (38). 30 35

9. Machine selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que les moyens de réglage de la température du fluide caloporteur comprennent des résistances électriques pour le chauffage de celui-ci, et une vaporisation de liquide cryogénique, tel qu'azote ou oxygène pour le refroidissement de celui-ci. 40 45

10. Machine selon l'ensemble des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que son dispositif de commande est agencé pour piloter successivement les différentes phases suivantes : 50

- ouverture de la porte (5),
- avance du chariot (14) porte-couronnes et du chariot motorisé (15), jusqu'à introduction du premier dans l'enceinte, 55
- déverrouillage des deux chariots et retour du chariot motorisé (15) en position de départ,

- fermeture de la porte,
- mise en température haute et maintien pendant un temps déterminé,
- descente de l'ensemble mobile (32-45) du dispositif de mise en contrainte,
- mise en température basse et maintien pendant un temps déterminé,
- montée de l'ensemble mobile, et remontée des couronnes par l'action de contre ressorts (50) et répétition du cycle selon un nombre programmé,
- mise à la température ambiante,
- ouverture de la porte (5),
- avance du chariot motorisé (15) et accrochage avec le chariot porte-couronnes (14),
- retour des deux chariots en position de départ,
- fermeture de porte (5).

11. Machine selon l'ensemble des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que son dispositif de commande est agencé pour piloter successivement les différentes phases suivantes :

- ouverture de la porte (5),
- avance du chariot (14) porte-couronnes et du chariot motorisé (15), jusqu'à introduction du premier dans l'enceinte,
- déverrouillage des deux chariots et retour du chariot motorisé (15) en position de départ,
- fermeture de la porte,
- mise en température haute et maintien pendant un temps déterminé,
- descente de l'ensemble mobile (32-45) du dispositif de mise en contrainte,
- mise en température basse et maintien pendant un temps déterminé,
- mise en température haute, l'ensemble mobile (32-45) étant toujours descendu, donc mise en contrainte,
- répétition d'un cycle de refroidissement et chauffage selon un nombre programmé,
- mise à la température ambiante,
- ouverture de la porte (5),
- avance du chariot motorisé (15) et accrochage avec le chariot porte-couronnes (14),
- retour des deux chariots en position de départ,
- fermeture de porte (5).

12. Machine selon l'une des revendications 10 et 11, caractérisée en ce que son dispositif de commande est agencé pour piloter successivement les différentes phases précédentes, et ce pour des dizaines de milliers de cycles per-

mettant une étude simultanée sur plusieurs centaines de ressorts à mémoire de forme de leur comportement en fatigue.

Claims

1. Machine for the thermo-mechanical treatment of shape memory alloy elements, characterised in that it comprises:

- a thermally insulated chamber (3) connected to a source of gaseous heat-exchange fluid which is successively hot and cold,
- a support (14) able to be introduced into the chamber (3), carrying several superposed plates (19), between which the shape memory alloy elements are disposed, the plates being arranged so as to allow the gaseous fluid to pass in contact with all the elements,
- a stressing device (32) acting on the plates at right angles to them, and
- a device for controlling the operating cycle.

2. Machine according to Claim 1, characterised in that each plate is formed by an annular piece (19) having, close to its outer edge and evenly distributed angularly, axial holes (24) in each of which is engaged, in such a way that it is able to slide, a rod (25), also engaged in an adjacent annulus, each rod serving to guide a shape memory alloy piece, such as a spring (20), which bears through its ends on two adjacent annuli, the stack of annuli, with shape memory alloy pieces in-between them, resting through one of its ends on the support (14) able to be introduced into the chamber, and being subjected at its other end to the action of the stressing device (32).

3. Machine according to Claim 2, characterised in that that each annulus has an outer part (23) in which are formed the holes for positioning the shape memory alloy pieces, thicker than the adjacent part (26) situated radially towards the inside, in which are formed openings, some (27) of which are designed for the passage of pins (28) for the axial guiding of the annuli with respect to each other, and the other ones (29) of which make the annuli lighter.

4. Machine according to any one of Claims 1 to 3, characterised in that the support (14) consists of an openwork carriage, able to move on a guide track (13) between a position within the chamber and a position outside it, after passing through an opening (4) which can be

closed off by a door (5) closing to form a seal, the means for moving the carriage (14) consisting of a second, motorised carriage (15) which, guided on profiled sections (13) outside the chamber and movable by means of a rack and pinion system, is equipped with means of connection to the support carriage.

5. Machine according to Claim 4, characterised in that the means of connecting the motorised carriage (15) and the support carriage (14) consist of a hook (16) articulated on the motorised carriage (15) and actuated by a ram (17), designed to engage behind a rod (18) or similar, fixed to the support carriage.

6. Machine according to any one of Claims 1 to 5, characterised in that the chamber (3) comprises, in its lower wall (8), a central opening (9) for entry of the heat-exchange fluid and, in its upper wall (10), symmetrically distributed eccentric openings (12) for exit of the heat-exchange fluid.

7. Machine according to any one of Claims 2 to 6, characterised in that the stressing device comprises a rod (32) passing axially and sealingly through the upper wall of the chamber (3), at the centre thereof, whose end situated outside the chamber is associated with axial movement means and whose end situated inside the chamber is equipped with:

- a bell-shaped piece (40) including a plate (42) perpendicular to the rod (32), the outer edge of which is extended by a tubular part (43) of a diameter greater than that of the annuli (19) carrying the pieces to be treated and of a height such that, in its uppermost position, it enables the annuli (19) to be put in and withdrawn laterally, and such that, in its lower position, its bottom edge is situated substantially at the level of the lowest annulus, and
- a profiled piece (44), conical in shape overall, centred on the axis, the apex of which is oriented downwards and the base of which has a diameter corresponding substantially to the diameter of the opening in the annuli (19), this profiled piece itself being surrounded by an openwork tubular piece (45) which, being in the shape of a truncated cone overall and having its small base oriented downwards, is designed to enter the central opening (22) in the annuli.

8. Machine according to Claim 7, characterised in that, on the top end of the rod (32) of the stressing device, there is articulated, about a horizontal axis (33), one end of a lever (34), itself articulated in its central part, about a horizontal axis (35), on the frame of the machine, and the other end of which is articulated, about an axis (36) parallel to the previous ones, on the end of the rod (37) of a ram (38). 5 10
9. Machine according to any one of Claims 1 to 8, characterised in that the means of adjusting the temperature of the heat-exchange fluid comprise electrical resistance elements for heating it, and vaporisation of a cryogenic liquid, such as nitrogen or oxygen, for cooling it. 15
10. Machine according to Claims 1 to 9 together, characterised in that its control device is arranged so as to control the following different stages in succession: 20
- opening of the door (5),
 - forward movement of the carriage (14) carrying the annuli and of the motorised carriage (15), until the former is introduced into the chamber, 25
 - uncoupling of the two carriages and return of the motorised carriage (15) to its initial position, 30
 - closure of the door,
 - heating to a high temperature and maintaining for a given length of time,
 - lowering of the movable assembly (32-45) of the stressing device, 35
 - reducing to a low temperature and maintaining for a given length of time,
 - raising of the movable assembly, and raising of the annuli again by the action of counter-springs (50) and repetition of the cycle in accordance with a programmed number, 40
 - putting at room temperature,
 - opening of the door (5),
 - forward movement of the motorised carriage (15) and attachment to the carriage (14) carrying the annuli, 45
 - return of the two carriages to the initial position,
 - closure of the door (5). 50
11. Machine according to Claims 1 to 9 together, characterised in that its control device is arranged so as to control the following different stages in succession: 55
- opening of the door (5),
 - forward movement of the carriage (14) carrying the annuli and of the motorised

carriage (15), until the former is introduced into the chamber,

- uncoupling of the two carriages and return of the motorised carriage (15) to its initial position,
- closure of the door,
- heating to a high temperature and maintaining for a given length of time,
- lowering of the movable assembly (32-45) of the stressing device,
- reducing to a low temperature and maintaining for a given length of time,
- heating to a high temperature, the movable assembly (32-45) still being lowered and therefore stressed;
- repetition of a cooling and heating cycle in accordance with a programmed number,
- putting at room temperature,
- opening of the door (5),
- forward movement of the motorised carriage (15) and attachment to the carriage (14) carrying the annuli,
- return of the two carriages to the initial position,
- closure of the door (5).

12. Machine according to one of Claims 10 and 11, characterised in that its control device is arranged so as to control the above different stages in succession, and this for tens of thousands of cycles allowing a simultaneous study, on several hundreds of shape memory springs, of their fatigue behaviour.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur thermo-mechanischen Behandlung von Elementen aus Formgedächtnislegierungen, dadurch gekennzeichnet, daß sie umfaßt:
- eine thermisch isolierte Umfassung (3), welche mit einer Quelle eines nacheinander warmen und kalten, gasförmigen Wärmeübertragungsfluids verbunden ist,
 - einen zum Einführen in die Umfassung (3) geeigneten Träger (14), welcher mehrere übereinandergelagerte Platten (19) trägt, zwischen denen die Formgedächtnislegierungselemente angeordnet sind, wobei die Platten dazu eingerichtet sind, den Durchgang des gasförmigen Fluids in Kontakt mit allen Elementen zu ermöglichen,
 - eine orthogonal auf die Platten einwirkende Belastungseinrichtung (32) und
 - eine Steuereinrichtung für den Betriebszyklus.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jede Platte von einem krantzförmigen Teil (19) gebildet ist, welches in der Nähe seines äußeren Randes und mit gleichmäßiger Winkelverteilung Axiallöcher (24) aufweist, in die jeweils eine auch in einen benachbarten Kranz eingreifende Stange (25) verschiebbar eingreift, wobei jede Stange zur Führung eines Formgedächtnislegierungsteils, z.B. einer Feder (20), dient, welches sich mit seinen Enden an zwei benachbarten Kränzen abstützt, wobei der durch die Formgedächtnislegierungsteile verspreizte Stapel der Kränze mit einem seiner Enden auf dem in die Umfassung einführbaren Träger (14) aufliegt und an seinem anderen Ende der Einwirkung der Belastungseinrichtung (32) ausgesetzt ist.

5
10
15
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Kranz einen äußeren, die Positionierungslöcher der Formgedächtnislegierungsteile aufweisenden Abschnitt (23) umfaßt, welcher dicker ist als der radial nach innen zu benachbarte Abschnitt (26), der Öffnungen aufweist, von denen bestimmte (27) dem Durchtritt von Fingern (28) für die gegenseitige, axiale Führung der Kränze dienen und von denen die anderen (29) eine Gewichtsverringerung der Kränze ermöglichen.

20
25
30
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Träger (14) von einem durchbrochenen Wagen gebildet ist, der auf einem Führungsweg zwischen einer Stellung im Inneren der Umfassung und einer Stellung außerhalb der Umfassung nach Durchqueren einer von einem Tor (5) abdichtend verschließbaren Öffnung (4) verlagerbar ist, wobei die Verlagerungsmittel des Wagens (14) von einem zweiten motorisierten Wagen (15) gebildet sind, wobei der auf Profilelementen (13) außerhalb der Umfassung geführte und durch ein Zahnrad-Zahnstangensystem verlagerbare motorisierte Wagen mit Mitteln zur Kopplung mit dem Trägerwagen ausgestattet ist.

35
40
45
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Kopplung des motorisierten Wagens (15) mit dem Trägervagen (14) von einem an dem motorisierten Wagen (15) angelenkten und durch einen Zylinder (17) betätigten Haken (16) gebildet sind, welcher dazu bestimmt ist, hinter eine mit dem Trägerwagen verbundene Stange (18) einzugreifen.

50
55
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Umfassung (3) in ihrer unteren Wandung (8) eine zentrale Öffnung (9) für die Zufuhr von Wärmeübertragungsfluid umfaßt und in ihrer oberen Wandung (10) in symmetrischer Weise exzentrisch verteilte Öffnungen (12) für den Auslaß des Wärmeübertragungsfluids umfaßt.

5
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Belastungsvorrichtung eine die obere Wandung der Umfassung (3) mittig, axial und abgedichtet durchsetzende Stange (32) umfaßt, deren außerhalb der Umfassung angeordnetem Ende Mittel zur Axialverlagerung zugeordnet sind und deren innerhalb der Umfassung angeordnetes Ende ausgestattet ist mit:

10
15
20
25
30
35
40
45

einem glockenförmigen Teil (40), welches eine zur Stange (32) orthogonale Platte (42) aufweist, deren äußerer Rand von einem rohrförmigen Abschnitt (43) verlängert ist, dessen Durchmesser größer ist als die die zu behandelnden Teile tragenden Kränze (19) und dessen Höhe derart ist, daß er in hoher Stellung ein seitliches Zuführen und Zurückziehen der Kränze ermöglicht und daß sein unterer Rand in tiefer Stellung im wesentlichen auf dem Niveau des tiefsten Kranzes ist, und

einem im allgemeinen konischen, auf der Achse zentrierten Profiltail (44), dessen Spitze nach unten gerichtet ist und dessen Basis einen im wesentlichen dem Durchmesser der Öffnungen der Kränze (19) entsprechenden Durchmesser aufweist, wobei das Profiltail seinerseits von einem durchbrochenen Rohrteil (45) umgeben ist, welches eine im allgemeinen kegelstumpfförmige Gestalt mit nach unten gerichteter kleiner Basis aufweist und dazu bestimmt ist, die zentrale Öffnung (22) der Kränze zu durchdringen.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß am oberen Ende der Stange (32) der Belastungseinrichtung um eine horizontale Achse (33) ein Ende eines Hebels (34) angelenkt ist, wobei der Hebel seinerseits in seinem zentralen Abschnitt um eine horizontale Achse (35) an dem Rahmen der Vorrichtung angelenkt ist und dessen anderes Ende um eine zu den vorhergehenden parallele Achse (36) an dem Ende der Stange (37) eines Zylinders (38) angelenkt ist.

50
55
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zum Regeln der Temperatur des Wärmeübertragungsfluids elektrische Widerstände zum Heizen desselben und eine Verdampfungseinrichtung einer kryogenen Flüssigkeit, z.B. Stick-

stoff oder Sauerstoff, zum Abkühlen derselben umfassen.

10. Vorrichtung nach der Gesamtheit der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß ihre Steuervorrichtung dazu eingerichtet ist, nacheinander die folgenden unterschiedlichen Schritte zu steuern:
- Öffnen des Tors (5),
 - Vorschub des Kranzträgerwagens (14) und des motorisierten Wagens (15) bis zum Einführen des ersteren in die Umfassung,
 - Lösen der beiden Wagen voneinander und Rückkehr des motorisierten Wagens (15) in die Ausgangsstellung,
 - Verschließen des Tors,
 - Auf hohe Temperatur Bringen und Halten während einer vorbestimmten Zeitdauer,
 - Absenken der mobilen Baugruppe (32-45) der Belastungseinrichtung,
 - Auf tiefe Temperatur Bringen und Halten während einer vorbestimmten Zeitdauer,
 - Anheben der mobilen Baugruppe und Wiederanheben der Kränze durch die Wirkung der Gegenfedern (50) und Wiederholung des Zyklus entsprechend einer programmierten Anzahl,
 - Auf die Umgebungstemperatur Bringen,
 - Öffnen des Tors (5),
 - Vorschub des motorisierten Wagens (15) und Koppeln mit dem Kranzträgerwagen (14),
 - Rückkehr der beiden Wagen in ihre Ausgangsstellung,
 - Schließen des Tors (5).
11. Vorrichtung nach der Gesamtheit der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß ihre Steuervorrichtung dazu eingerichtet ist, nacheinander die folgenden unterschiedlichen Schritte zu steuern:
- Öffnen des Tors (5),
 - Vorschub des Kranzträgerwagens (14) und des motorisierten Wagens (15) bis zum Einführen des ersteren in die Umfassung,
 - Lösen der beiden Wagen voneinander und Rückkehr des motorisierten Wagens (15) in die Ausgangsstellung,
 - Verschließen des Tors,
 - Auf hohe Temperatur Bringen und Halten während einer vorbestimmten Zeitdauer,
 - Absenken der mobilen Baugruppe (32-45) der Belastungseinrichtung,
 - Auf tiefe Temperatur Bringen und Halten während einer vorbestimmten Zeitdauer,
 - Auf hohe Temperatur Bringen, wobei die mobile Baugruppe (32-45) immer noch abgesenkt, also im Belastungszustand ist,
 - Wiederholen eines Abkühlungs- und Erwärmungszyklus entsprechend einer programmierten Anzahl,
 - Auf die Umgebungstemperatur Bringen,
 - Öffnen des Tors (5),
 - Vorschub des motorisierten Wagens (15) und Koppeln mit dem Kranzträgerwagen (14),
 - Rückkehr der beiden Wagen in ihre Ausgangsstellung,
 - Schließen des Tors (5).

mungszyklus entsprechend einer programmierten Anzahl,

Auf die Umgebungstemperatur Bringen,

Öffnen des Tors (5),

Vorschub des motorisierten Wagens (15) und Koppeln mit dem Kranzträgerwagen (14),

Rückkehr der beiden Wagen in ihre Ausgangsstellung,

Schließen des Tors (5).

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 und 11, dadurch gekennzeichnet, daß ihre Steuervorrichtung zum aufeinanderfolgenden Steuern der vorhergehenden, unterschiedlichen Schritte eingerichtet ist und dies für zehntausende von Zyklen, welche eine gleichzeitige Untersuchung des Ermüdungsverhaltens mehrerer Hunderter von Formgedächtnisfedern ermöglichen.

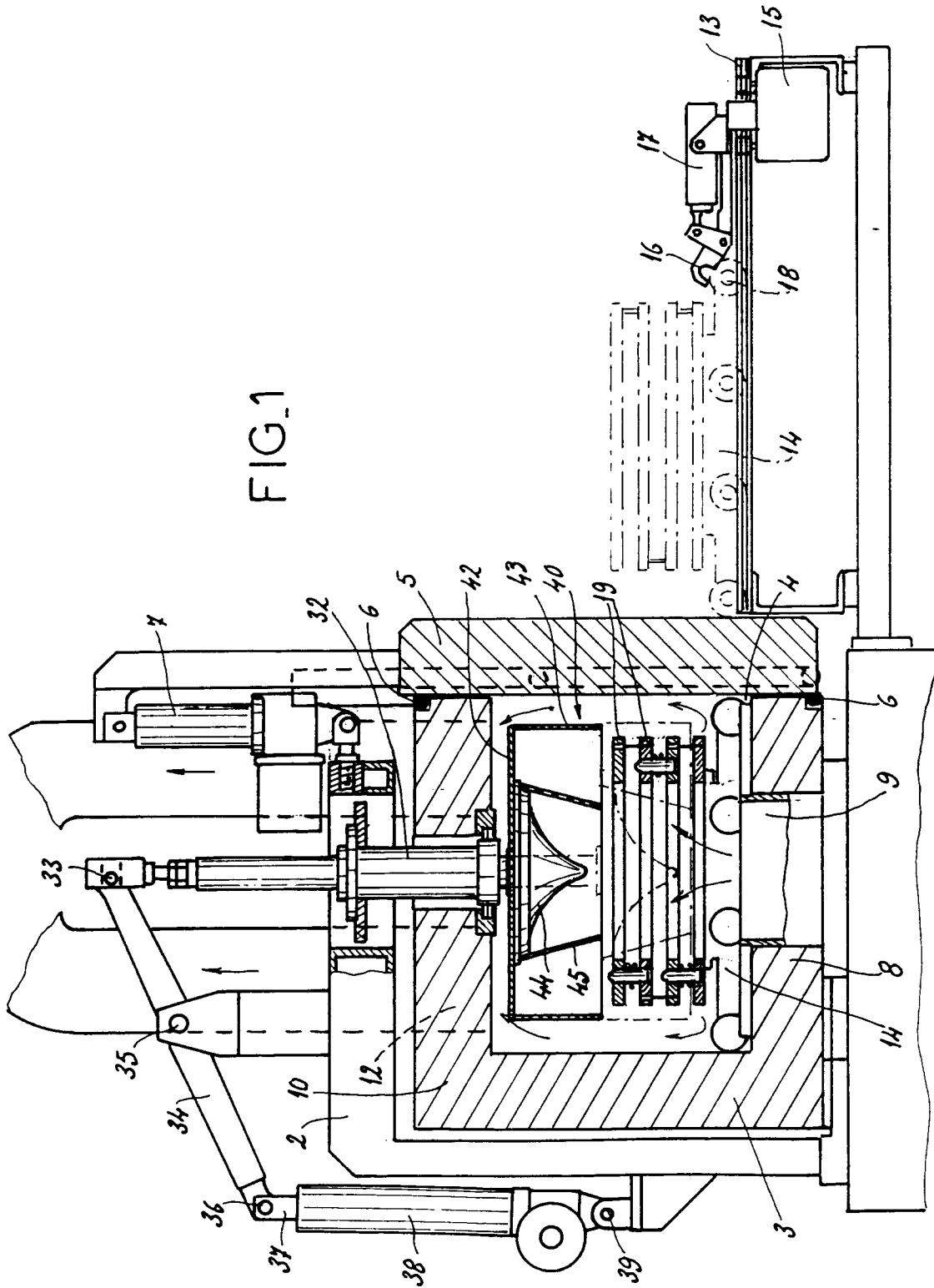


FIG.2

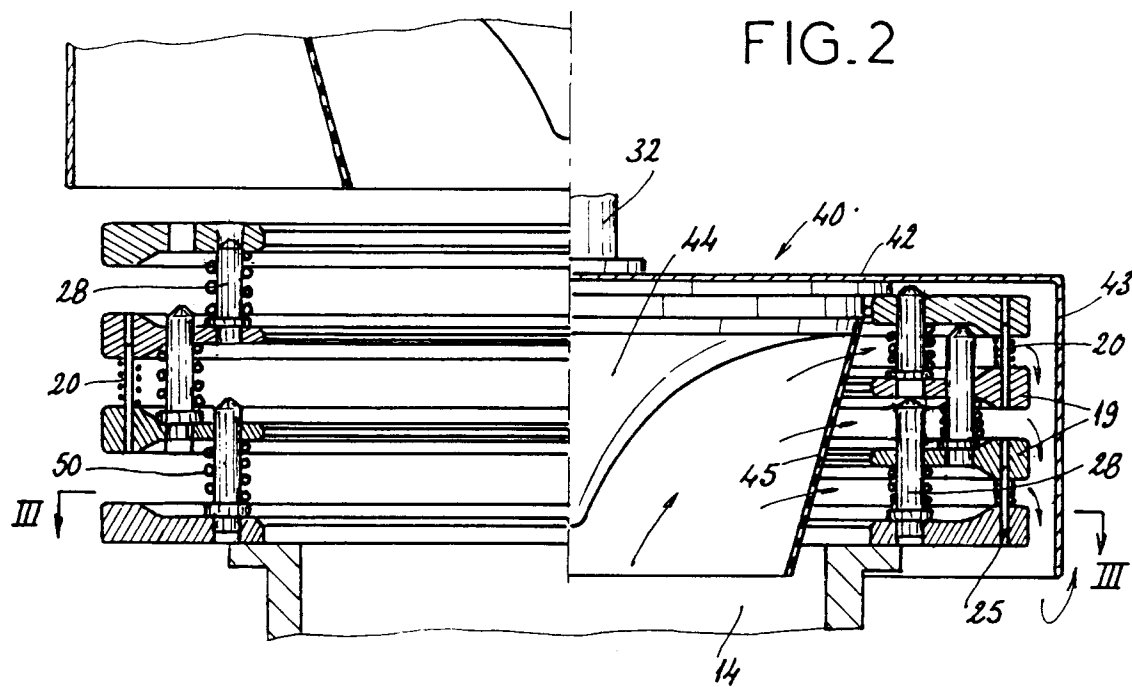


FIG.3

