



(11) **EP 1 450 009 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
27.07.2011 Bulletin 2011/30

(51) Int Cl.:
F01L 9/04 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **04300036.3**

(22) Date de dépôt: **22.01.2004**

(54) **Actionneur électromagnétique de commande de soupape pour moteur à combustion interne**

ElektromagnetischerAktuator zur Betätigung eines Gaswechselventils an einer
Kolbenbrennkraftmaschine

Electromagnetic actuator for valve drive in an internal combustion engine

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorité: **18.02.2003 FR 0301948**

(43) Date de publication de la demande:
25.08.2004 Bulletin 2004/35

(73) Titulaires:
• **Peugeot Citroën Automobiles SA**
78943 Vélizy-Villacoublay Cedex (FR)
• **CENTRE NATIONAL DE**
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
75016 Paris Cédex (FR)

(72) Inventeurs:
• **Sedda, Emmanuel**
78700 Conflans Sainte Honorine (FR)

- **Fageon, Christophe**
92120 Montrouge (FR)
- **Ben Ahmed, Hamid**
35200 Rennes (FR)
- **Lecrivain, Michel**
94200 Ivry sur Seine (FR)
- **Gabsi, Mohamed**
94230 Cachan (FR)

(74) Mandataire: **Ménès, Catherine et al**
Peugeot Citroën Automobiles SA
DRIA/MTPE/BLE
18, rue des Fauvelles
92250 La Garenne Colombes (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 816 644 EP-A- 0 936 636
US-A- 3 858 135 US-B1- 6 308 667

EP 1 450 009 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention se rapporte à un actionneur électromécanique de commande de soupape pour moteur à combustion interne.

[0002] On a représenté sur la figure 1 un exemple d'actionneur électromécanique 100 de soupape 110 qui comporte des moyens mécaniques, tels que des ressorts 102 et 104, et des moyens électromagnétiques à deux électroaimants 106 et 108, pour commander la position de la soupape 110 au moyen de signaux électriques.

[0003] A cet effet, dans l'exemple, la queue 113 de la soupape 110 est appliquée contre la tige 112 d'un plateau magnétique 114 situé entre les deux électroaimants 106 et 108.

[0004] Lorsqu'un courant circule dans la bobine 109 de l'électroaimant 108, ce dernier est activé et génère un champ magnétique attirant le plateau 114 qui vient à son contact.

[0005] Il en résulte un déplacement de la tige 112 qui s'éloigne de la tige 113, permettant au ressort 102 d'agir pour placer la soupape 110 en position fermée, la tête de la soupape 110 venant contre son siège 111 et empêchant les échanges de gaz entre l'intérieur et l'extérieur du cylindre 116.

[0006] De façon analogue, lorsque l'électroaimant 108 est désactivé, lorsqu'un courant circule dans la bobine 107 de l'électroaimant 106, ce dernier attire le plateau 114 qui vient à son contact et repousse la tige 112, à l'aide du ressort 104, contre la tige 113 de telle sorte que cette tige 112 agit sur la soupape 110 et place cette dernière en position ouverte, la tête de la soupape étant éloignée de son siège 111 pour permettre, par exemple, une admission ou une injection de gaz dans le cylindre 116.

[0007] Ainsi, la soupape 110 alterne des positions ouvertes ou fermées, dites commutées, avec des déplacements transitoires entre ces deux positions. Par la suite, on dénommera « état commuté » l'état d'une soupape ouverte ou fermée.

[0008] L'actionneur 100 nécessite l'utilisation d'un plateau magnétique 114 de masse élevée due, notamment, à son épaisseur S_p importante. Cette épaisseur est généralement égale à la largeur S_e des branches des électroaimants pour obtenir un fonctionnement optimal de l'actionneur. En effet, les branches de l'électroaimant et le plateau forment ainsi un circuit magnétique de section constante.

[0009] Cependant, l'utilisation d'un plateau 114 de section importante, et donc de masse élevée, présente des inconvénients. En particulier, lors de la commutation de la soupape, l'impact du plateau magnétique contre le corps de l'électroaimant provoque une dissipation d'énergie importante sous forme de bruit, notamment en raison des vitesses importantes du plateau magnétique lors de l'impact. Cette énergie étant proportionnelle au carré de la vitesse du plateau, il est essentiel de réduire la vitesse de ce plateau au moment de l'impact.

[0010] Mais comme la force électromagnétique augmente fortement quand le plateau s'approche de l'électroaimant, ce qui provoque une accélération élevée, il n'est pas aisé de réduire la vitesse au moment de l'impact.

[0011] Une solution permettant un contrôle de la vitesse d'impact est proposée dans le document US 6308667 A et consiste à linéariser la courbe d'attraction électromagnétique grâce à un plateau comprenant des zones d'épaisseur rétrécie, et des électroaimants dont les surfaces faisant face au plateau sont de forme complémentaire à celles du plateau.

[0012] Pour cette réduction de vitesse, il est connu de réguler le courant circulant dans l'électroaimant pour contrôler le champ magnétique de ce dernier.

[0013] Cependant, un tel régulateur n'est pas aisé à réaliser parce que la force électromagnétique de l'électroaimant, appliquée sur le plateau magnétique à l'approche de l'électroaimant varie de manière non linéaire avec l'entrefer.

[0014] Cette non linéarité est illustrée par la figure 2 qui est un diagramme montrant l'évolution de l'effort électromagnétique (en ordonnées) en fonction de la valeur de l'entrefer (en abscisses).

[0015] La présente invention remédie à l'inconvénient mentionné ci-dessus.

[0016] Elle concerne un actionneur de soupape pour moteur à combustion interne comprenant au moins un électroaimant et un plateau magnétique dont le mouvement commande le déplacement de la soupape qui est caractérisé en ce que les paramètres de l'électroaimant et du plateau sont tels qu'au moins une partie du circuit magnétique formé par l'électroaimant et par le plateau est dans un état de saturation magnétique lorsque le plateau magnétique se trouve à proximité de l'électroaimant.

[0017] Ainsi, grâce à cette saturation, la force d'attraction de l'électroaimant sur le plateau varie de façon quasi linéaire quand la valeur de l'entrefer s'approche de zéro, alors que dans les dispositifs connus, cette force d'attraction varie de façon hyperbolique. C'est cette variation quasi linéaire qui limite la vitesse d'impact du plateau contre le corps de l'électroaimant.

[0018] Dans ces conditions, il n'est pas indispensable de faire appel à un circuit de régulation et, si un tel circuit est utilisé, celui-ci est d'une plus grande simplicité que les circuits connus.

[0019] Les paramètres permettant d'obtenir la saturation d'au moins une partie du circuit magnétique sont notamment les paramètres du matériau constituant le plateau ou l'électroaimant, et/ou la forme, et/ou les dimensions de ce plateau et/ou de l'électroaimant.

[0020] De préférence, pour minimiser le temps de commutation (passage de l'état ouvert à l'état fermé de la soupape, et réciproquement), lesdits paramètres sont tels que le plateau (ou l'électroaimant) est dans un état de non saturation magnétique lorsqu'il se trouve éloigné de l'électroaimant.

[0021] Pour optimiser la maximisation de la vitesse au

début de la course et la minimisation de la vitesse en approchant de l'électroaimant, de préférence lesdits paramètres sont tels que l'état de saturation magnétique, notamment du plateau, se produit pour un entrefer compris entre 0 et au plus 1 millimètre.

[0022] Ainsi, l'invention concerne de façon générale un actionneur de soupape pour moteur à combustion interne comprenant au moins un électroaimant et un plateau magnétique dont le mouvement commande le déplacement de la soupape, qui est caractérisé en ce que des paramètres de l'électroaimant et du plateau sont tels qu'au moins une partie du circuit magnétique formé par l'électroaimant et le plateau est dans un état de saturation magnétique lorsque le plateau magnétique se trouve à proximité de l'électroaimant.

[0023] De préférence, lesdits paramètres sont tels que le circuit magnétique est dans l'état de non saturation magnétique lorsqu'il se trouve éloigné de l'électroaimant. Par exemple les paramètres sont tels qu'au moins une partie du circuit magnétique est dans l'état de saturation magnétique pour un entrefer compris entre 0 et 1 millimètre au maximum.

[0024] Les paramètres de l'électroaimant et du plateau comprennent, selon une réalisation, des paramètres relatifs à la forme et/ou aux dimensions et/ou à la nature du matériau (ou des matériaux) constitutif(s) du plateau et du corps de l'électroaimant et/ou l'intensité du courant qui traverse la bobine de l'électroaimant.

[0025] Dans une réalisation, l'épaisseur du plateau est telle que ce plateau est saturé magnétiquement à proximité de l'électroaimant.

[0026] Le plateau magnétique présente par exemple au moins une partie rétrécie destinée à être saturée lorsque ce plateau se trouve à proximité de l'électroaimant.

[0027] Dans un mode de réalisation, le matériau composant le plateau présente un seuil de saturation plus faible que celui du matériau composant le corps de l'électroaimant.

[0028] Dans une réalisation, l'actionneur comprend un régulateur contrôlant le courant dans l'électroaimant.

[0029] L'invention concerne aussi un moteur à combustion interne comprenant au moins une soupape selon l'une quelconque des revendications précédentes.

[0030] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront avec la description de certains de ses modes de réalisation, celle-ci étant effectuée en se référant aux dessins ci-annexés sur lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, représente un actionneur connu,
- la figure 2, déjà décrite, représente, pour un actionneur connu, la variation de l'effort magnétique de l'électroaimant sur le plateau en fonction de l'entrefer,
- les figures 3a et 3b sont des vues en coupe d'un actionneur selon deux modes de réalisation de l'invention, et
- la figure 4 est un diagramme analogue à celui de la

figure 2 et montrant l'effort magnétique de l'électroaimant sur le plateau en fonction de l'entrefer pour un dispositif conforme à l'invention et pour un dispositif de l'art antérieur.

5

[0031] Dans la réalisation montrée sur la figure 3a, le plateau magnétique 114, présente à ses extrémités et à son centre une épaisseur h du même ordre de grandeur que la largeur Se des branches d'extrémité 140 et 142 du circuit magnétique de l'électroaimant 108 (ou 106).

10

[0032] Par contre, le plateau comporte des parties 144 et 146, d'épaisseur h' sensiblement plus réduite que l'épaisseur h . Ainsi, le plateau magnétique 114 a une forme telle qu'il constitue un étranglement pour le flux magnétique 150 généré par l'électroaimant 108, de manière à le concentrer dans ces étranglements. Le flux magnétique 150 étant conservatif, le fait de réduire la section du plateau 114 par endroits permet de concentrer l'induction magnétique dans ces parties 144 et 146 d'épaisseur h' . Ainsi l'induction magnétique a une valeur élevée dans les parties rétrécies et on peut donc obtenir une saturation du matériau dans ces parties 144 et 146.

15

20

[0033] Lorsque le plateau magnétique 114 est éloigné de l'électroaimant actif, les fuites magnétiques sont importantes et une grande partie du champ magnétique ne passe plus dans le plateau mais dans l'air. Le flux magnétique dans le plateau est donc plus faible et le matériau n'est pas saturé.

25

[0034] Lorsque le plateau magnétique est proche d'un électroaimant, le flux magnétique 150 traverse en grande partie le plateau et les parties rétrécies 144 et 146 sont saturées. Ainsi, quand le plateau s'approche de l'électroaimant, c'est-à-dire quand l'entrefer diminue, la force d'attraction magnétique n'augmente pas de façon hyperbolique comme dans un dispositif classique. En outre, elle est en partie compensée par celle d'un ressort correspondant au ressort 104 de la figure 1.

30

35

[0035] En variante (figure 3b) le plateau magnétique 114, présente une épaisseur h' constante. On peut ainsi saturer la totalité du plateau magnétique. En outre, la masse du plateau est encore plus réduite, ce qui réduit encore l'énergie dissipée, donc le bruit. De plus, avec une masse réduite, le plateau peut, du fait de sa faible inertie, être mieux accéléré au début de sa course, lorsqu'il est encore éloigné de l'électroaimant qui l'attire

40

45

[0036] On peut aussi choisir des matériaux magnétiques composant l'électroaimant et le plateau qui soient différents, de manière que le seuil de saturation du plateau soit plus bas que celui de l'électroaimant.

50

[0037] Selon une variante, le corps de l'électroaimant est tel qu'il est saturé lorsque l'entrefer est faible.

[0038] Par exemple, on peut réduire la largeur des branches de l'électroaimant laissant ainsi plus de place pour le bobinage et permettant d'utiliser pour le bobinage des fils de diamètre plus élevé réduisant ainsi la résistance de l'électroaimant et donc sa consommation en courant.

55

[0039] Selon un mode de réalisation, on utilise une ré-

gulation en combinaison avec l'invention. Cette régulation sera facilitée par une meilleure linéarité de la force d'attraction, ce qui permet un contrôle plus aisé du plateau lorsqu'il s'approche de l'électroaimant.

[0040] Sur le diagramme de la figure 4, la courbe 41 illustre la variation de l'effort en fonction de la valeur de l'entrefer pour un actionneur conforme à l'invention, tandis que la courbe 42 correspond à un actionneur classique. La courbe 41 se linéarise à l'approche de l'électroaimant, lorsque l'entrefer tend vers zéro, alors que la courbe 42 augmente de manière hyperbolique.

[0041] On a constaté qu'avec l'invention on peut obtenir des vitesses d'impact du plateau contre l'électroaimant qui l'attire, qui sont inférieures à 0,1 m/s, tant pendant les phases d'ouverture que de fermeture de la soupape. Il ne se produit pas d'accélération du plateau mobile au voisinage de sa position de collage contre l'électroaimant.

Revendications

1. Actionneur de soupape pour moteur à combustion interne comprenant au moins un électroaimant (1061, 1081) et un plateau magnétique (1141) dont le mouvement commande le déplacement de la soupape, **caractérisé en ce que** le plateau présente au moins une partie avec une épaisseur rétrécie telle que la partie rétrécie est saturée magnétiquement lorsque le plateau se trouve à proximité de l'électroaimant et le matériau composant le plateau présente un seuil de saturation plus faible que celui du matériau composant le corps de l'électroaimant et **en ce que** les paramètres de l'électroaimant et du corps de l'électroaimant et/ou l'intensité du courant qui traverse la bobine de l'électroaimant sont tels que

- au moins une partie du circuit magnétique formé par l'électroaimant et le plateau est dans un état de saturation magnétique lorsque l'entrefer entre le plateau magnétique et l'électroaimant est compris entre 0 et 1 mm au maximum, de sorte que la force d'attraction de l'électroaimant sur le plateau varie de façon quasi-linéaire en fonction de l'entrefer dans cet intervalle d'entrefer ; et,
- le circuit magnétique est dans un état de non saturation magnétique lorsque l'entrefer est supérieur à 1 mm, de sorte que la force d'attraction de l'électroaimant sur le plateau varie de façon hyperbolique en fonction de l'entrefer dans cet intervalle d'entrefer.

2. Actionneur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'épaisseur du plateau est telle que ce plateau est saturé magnétiquement à proximité de l'électroaimant.

3. Actionneur selon l'une des revendications 1 à 2 **caractérisé en ce qu'il** comprend un régulateur contrôlant le courant dans l'électroaimant.

4. Moteur à combustion interne comprenant au moins une soupape selon l'une quelconque des revendications précédentes.

Claims

1. Valve actuator for an internal combustion engine comprising at least one electromagnet (1061, 1081) and a magnetic plate (1141), the movement of which controls the displacement of the valve, **characterised in that** the plate has at least one portion having a reduced thickness such that the reduced portion is magnetically saturated when the plate is located in the vicinity of the electromagnet and the material forming the plate has a saturation threshold lower than that of the material forming the body of the electromagnet and **in that** the parameters of the electromagnet and of the body of the electromagnet and/or the intensity of the current which flows through the coil of the electromagnet are such that

- at least a portion of the magnetic circuit formed by the electromagnet and the plate is magnetically saturated when the gap between the magnetic plate and the electromagnet is between 0 and 1 mm at most, in such a way that the attractive force exerted on the plate by the electromagnet varies approximately linearly as a function of the gap in this gap range; and
- the magnetic circuit is not magnetically saturated when the gap is greater than 1 mm, in such a way that the attractive force exerted on the plate by the electromagnet varies hyperbolically as a function of the gap in this gap range.

2. Actuator according to claim 1, **characterised in that** the thickness of the plate is such that said plate is magnetically saturated in the vicinity of the electromagnet.
3. Actuator according to either claim 1 or claim 2, **characterised in that** it comprises a regulator which controls the current in the electromagnet.
4. Internal combustion engine comprising at least one valve according to any one of the preceding claims.

Patentansprüche

1. Ventilsteller für einen Verbrennungsmotor, umfassend mindestens einen Elektromagneten (1061, 1081) und eine Magnetplatte (1141), deren Bewe-

gung die Verschiebung des Ventils steuert, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platte mindestens einen Abschnitt mit einer schmälere Dicke aufweist, so dass der schmälere Abschnitt magnetisch gesättigt ist, wenn sich die Platte in der Nähe des Elektromagneten befindet, und das Material, das die Platte bildet, einen Sättigungsgrenzwert aufweist, der niedriger ist als jener des Materials, das das Gehäuse des Elektromagneten bildet, und dadurch, dass die Parameter des Elektromagneten und des Gehäuses des Elektromagneten und/oder die Stromstärke, die durch die Spule des Elektromagneten fließt, derartig sind, dass

- sich mindestens ein Teil des magnetischen Kreises, der vom Elektromagneten und der Platte gebildet wird, in einem Zustand magnetischer Sättigung befindet, wenn der Spalt zwischen der Magnetplatte und dem Elektromagnet zwischen 0 und höchstens 1 mm beträgt, sodass die Anziehungskraft des Elektromagneten auf die Platte quasilinear je nach Spalt innerhalb dieses Spaltintervalls variiert; und
- sich der magnetische Kreis in einem Zustand magnetischer Nichtsättigung befindet, wenn der Spalt größer als 1 mm ist, sodass die Anziehungskraft des Elektromagneten auf die Platte hyperbolisch je nach Spalt innerhalb dieses Spaltintervalls variiert.

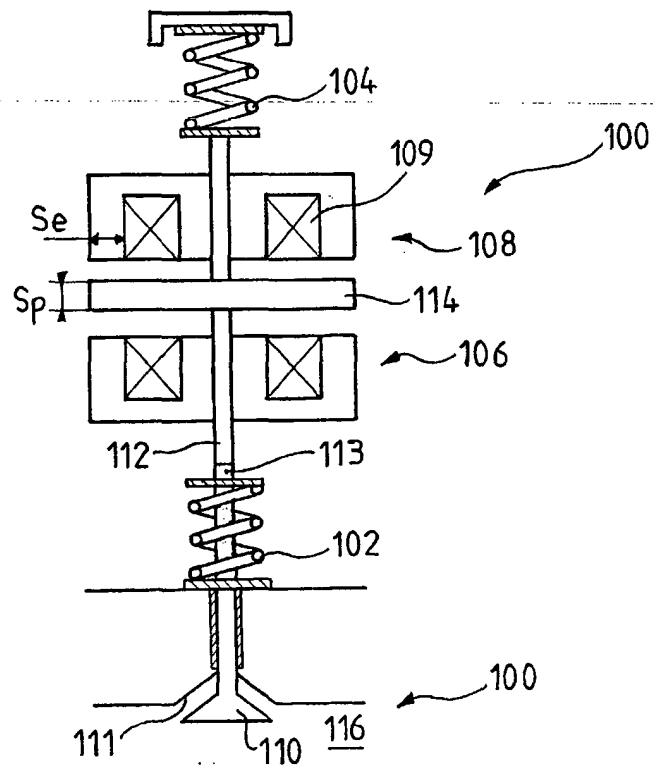
2. Ventilsteller nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dicke der Platte derartig ist, dass diese Platte in der Nähe des Elektromagneten magnetisch gesättigt ist.
3. Ventilsteller nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** er einen Regler zum Kontrollieren des Stroms im Elektromagnet umfasst.
4. Verbrennungsmotor, umfassend mindestens ein Ventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

45

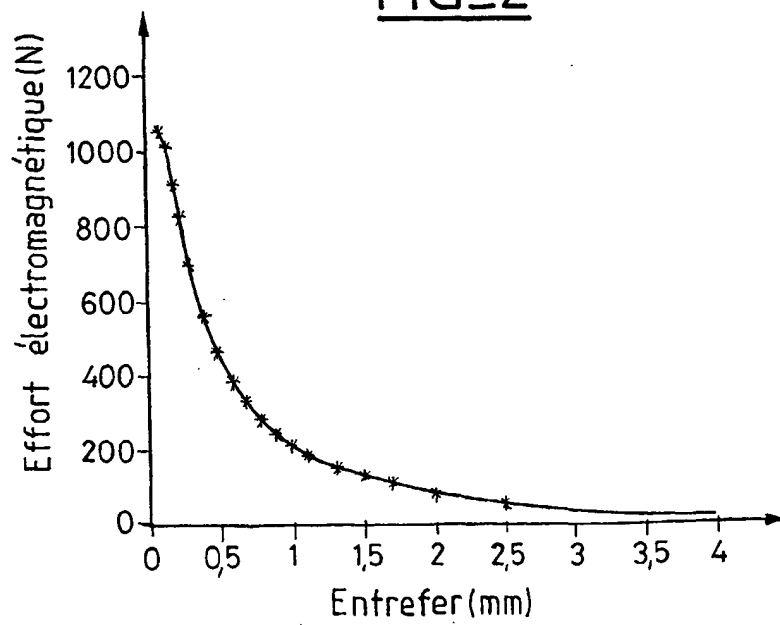
50

55

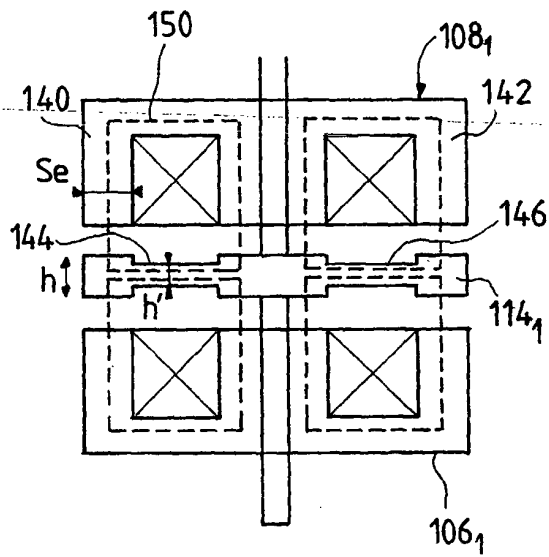
FIG_1



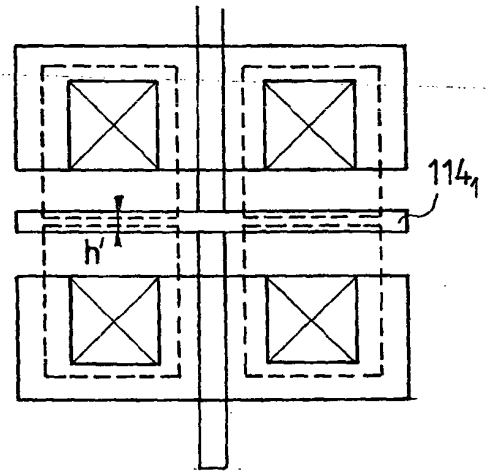
FIG_2



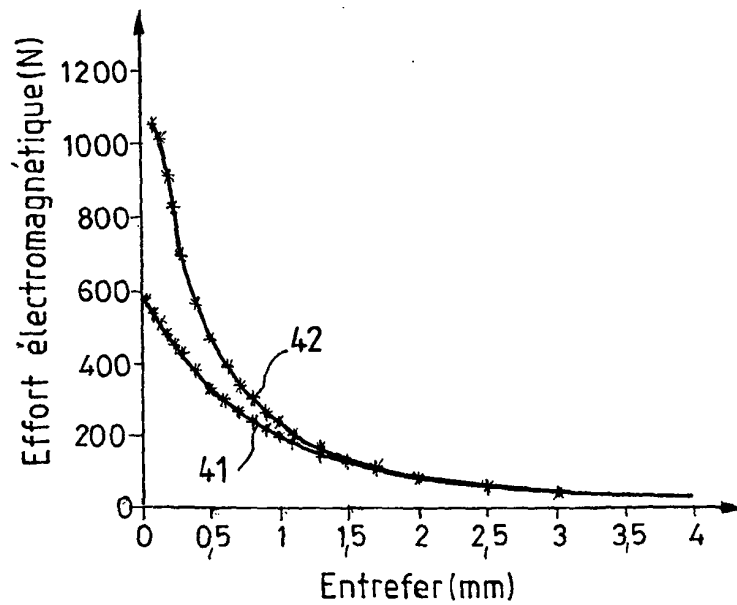
FIG_3a



FIG_3b



FIG_4



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 6308667 A [0011]