



(11)

EP 1 818 951 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
26.08.2009 Patentblatt 2009/35

(51) Int Cl.:
H01F 7/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07450017.4**

(22) Anmeldetag: **05.02.2007**

(54) **Hubmagnet**

Solenoid

Electroaimant de levage

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

(30) Priorität: **06.02.2006 AT 1762006**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.08.2007 Patentblatt 2007/33

(73) Patentinhaber: **MSG Mechatronic Systems GmbH
8552 Eibiswald (AT)**

(72) Erfinder:
• **Lampl, Ewald
8551 Wies (AT)**

• **Gasser, Hans-Jörg
8552 Eibiswald (AT)**

(74) Vertreter: **Margotti, Herwig Franz et al
Kopecky & Schwarz
Patentanwälte
Wipplingerstrasse 30
1010 Wien (AT)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 1 357 322 DE-A1- 19 622 794
DE-U1-202005 012 251 US-A- 4 604 600**

EP 1 818 951 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Hubmagneten gemäß den Merkmalen des Oberbegriffes des Anspruchs 1.

[0002] Ein solcher Hubmagnet ist aus der DE 196 22 794 A1 bekannt. Dieser Hubmagnet weist ein weichmagnetisches Gehäuse auf, das eine auf einen Spulenkörper gewickelte Erregerspule zumindest teilweise umgibt. In einer axialen Durchgangsöffnung des Spulenkörpers sind ein Polkern und ein bei Bestromung der Erregerspule entlang einer Mittenachse des Spulenkörpers in Richtung des Polkerns bis zu einer Hubendposition verschiebbarer Magnetkolben angeordnet, wobei das Gehäuse an seiner dem Polkern entgegengesetzten Seite eine Durchgangsöffnung für den Magnetkolben aufweist.

[0003] Die DE 20 2005 012 251 U1 offenbart einen Hubmagneten, bei dem ein Magnetkolben in einer langgestreckten zylindrischen Führungshülse geführt wird. Der Magnetkolben weist an seinem vom Polstück abgewandten Endbereich eine Durchmesserverringung auf, die einem gekrümmten Verlauf folgt. Wozu diese Durchmesserverringung dienen soll, ist nicht erwähnt. Die Führungshülse weist einen durch ein Polstück gebildeten geschlossenen Endabschnitt und einen offenen Endabschnitt aus einer magnetischen Stahllegierung auf. Zwischen den beiden Endabschnitten befindet sich ein Mittelabschnitt aus einem nichtmagnetischen Material. Ein Gehäuse, das die Funktion eines Eisenrückschlusselements hat, beinhaltet eine Spule. Das Gehäuse und die Spule umschließen einen Abschnitt der Führungshülse. Der offene Endabschnitt der Führungshülse bildet eine Durchgangsöffnung für den Magnetkolben im Eisenrückschlusselement. Der Endbereich mit verringertem Durchmesser des Magnetkolbens ist im offenen Endabschnitt der Führungshülse verschiebbar. Durch die große Länge des offenen Endabschnitts der magnetischen Führungshülse bleibt aber der gekrümmte Abschnitt des Magnetkolbens über den gesamten Verschiebeweg des Magnetkolbens innerhalb des offenen Endabschnitts, wodurch auch der parasitäre Luftspalt konstant bleibt.

[0004] Die US 4,604,600 zeigt in Fig. 2 einen proportionalen Hubmagneten mit einem ferromagnetischen Außengehäuse, das an beiden gegenüberliegenden Stirnseiten von ferromagnetischen Endscheiben begrenzt wird. Eine dieser Endscheiben weist eine Durchgangsöffnung für ein Führungsrohr auf, das eine Kammer definiert, in der ein Magnetkolben gleitet. Die andere Endscheibe wird von einem Polstück verschlossen. Das Führungsrohr ist entweder nicht magnetisch oder halb-

magnetisch, nämlich mit magnetischen (martensitischen) Endabschnitten und einem nichtmagnetischen (austenitischen) Mittelabschnitt ausgeführt. Das Polstück weist einen dem Magnetkolben zugewandten Endabschnitt auf, der kegelstumpfförmig ausgeführt ist, wodurch im Verlauf der Hubstrecke des Magnetkolbens zwischen B und C eine konstante Anzugskraft realisiert wird. Weitere Ausführungsformen von kegelstumpfförmiger Ausgestaltung von Polstück und/oder einem dem Polstück zugewandten Endabschnitt des Magnetkolbens sind aus den Figuren 3, 5-8 ersichtlich. Der Magnetkolben weist in seinem vom Polstück abgewandten Endbereich keinerlei Querschnittsveränderung auf, sondern gleitet mit einem konstanten parasitären Luftspalt in der von der Endscheibe bzw. dem Führungsrohr gebildeten Durchgangsöffnung.

[0005] Elektromagnetische Hubmagnete (häufig auch elektromagnetische Aktuatoren genannt) werden in vielen Bereichen zur Ausführung von Stell- oder Schaltfunktionen eingesetzt. Die Begrenzung der Hubbewegung erfolgt typischerweise durch einen mechanischen Anschlag in der Hubendposition. Das Anfahren dieser Endposition ist auch bei mechanisch gedämpften Ausführungen mit einer Geräuschentwicklung verbunden, welche sehr häufig vom Anwender als störend empfunden wird. Technisch mögliche Regelungen des Hubbetriebes, zum Beispiel durch Wegerfassung und Stromregelung werden aus Kostengründen in Standardanwendungen nicht eingesetzt.

[0006] Eine bekannte Ausführungsform eines Hubmagneten ist in Fig. 1 im Längsschnitt dargestellt. Der bekannte Hubmagnet verfügt über einen U-förmigen Bügel als magnetisches Eisenrückschlusselement 1. Das Eisenrückschlusselement 1 verfügt über einen Längschenkel 1a, von dessen beiden Enden sich jeweils ein Querschenkel 1b, 1c weg erstreckt. Die beiden Querschenkel 1b, 1c des Eisenrückschlusselements 1 umgeben eine auf einen Spulenkörper 4 gewickelte Erregerspule 3, wobei die Querschenkel 1b, 1c des Eisenrückschlusselements 1 jeweils an einem stirnseitigen Flansch 4b, 4c des Spulenkörpers 4 anliegen. Der Spulenkörper 4 weist eine zentrale Durchgangsöffnung 4a mit einer Mittenachse M auf. An einer Stirnseite des Spulenkörpers 4 ist ein Polkern 2 in der Durchgangsöffnung 4a angeordnet, ragt aber zum Teil darüber hinaus und ist mit seinem herausragenden Ende in eine Durchgangsöffnung 1d im Querschenkel 1b des Eisenrückschlusselements 1 eingesetzt. Der andere, dem Polkern 2 entgegengesetzte Querschenkel 1c des Eisenrückschlusselements 1 weist ebenfalls eine Durchgangsöffnung 1e auf, die coaxial mit der Durchgangsöffnung 4a des Spulenkörpers 4 ausgerichtet ist. Eine ringförmige Gleitlagerbuchse 6 sitzt in der Durchgangsöffnung 1e des Querschenkels 1c des Eisenrückschlusselements 1 und erstreckt sich in die Durchgangsöffnung 4a des Spulenkörpers 4. Diese ringförmige Gleitlagerbuchse 6 ist an ihrer inneren Umfangsfläche mit einer Gleitschicht, z.B. einer PTFE-Schicht, versehen. Die Gleitlagerbuchse 6 schließt mit der Außenseite des Querschenkels 1c des Eisenrückschlusselements 1 bündig ab. In der Gleitlagerbuchse ist ein Magnetkolben 5 aus einem weichmagnetischen Material aufgenommen, der sich nach innen über die Gleitlagerbuchse 6 hinaus in die Durchgangsöffnung 4a des Spulenkörpers 4 erstreckt.

[0007] In den Magnetkolben 5 ist coaxial eine Schubstange 7 aus einem nichtmagnetischen Material einge-

setzt. Diese Schubstange 7 erstreckt sich durch eine axiale Durchgangsöffnung 2b des Polkerns 2 und durch die Durchgangsöffnung 1d des Querschenkels 1b des Eisenrückschlusselements 1 aus dem Hubmagneten heraus, wobei in der Durchgangsöffnung 2b des Polkerns 2 eine ringförmige Gleitlagerbuchse 10 angeordnet ist, in der die Schubstange 7 geführt wird. Eine Schraubenfeder 9 ist in der Durchgangsöffnung 2b des Polkerns 2 um die Schubstange 7 herum angeordnet. Ein Ende der Schraubenfeder 9 ruht an der Gleitlagerbuchse 10 auf, das andere Ende der Schraubenfeder 9 liegt an dem Magnetkolben 5 an und spannt den Magnetkolben 5 in eine Hubanfangsposition HA vor, die durch das Anliegen eines auf der Schubstange 7 verschiebefest angeordneten Anschlagelements 11 an der Außenfläche des Querschenkels 1 b definiert wird.

[0008] Der Magnetkolben 5 ist entlang der Mittenachse M des Spulenkörpers 4 verschiebbar, wobei zwischen dem Magnetkolben 5 und dem Polkern 2 ein Arbeitsluftspalt 8 ausgebildet ist, dessen axiale Länge s sich mit der Verschiebung des Magnetkolbens 5 verändert. Wenn die Erregerspule 3 mit Strom beaufschlagt wird, so wird der Magnetkolben 5 aus seiner Hubanfangsposition HA in Richtung des Polkerns 2 bis in eine Hubendposition HE bewegt, die im vorliegenden Beispiel als eine Position definiert ist, in der die dem Polkern 2 zugewandte Stirnfläche des Magnetkolbens 5 am Polkern 2 anliegt, so dass die axiale Länge s des Arbeitsluftspalts 8 Null ist. Zur Steuerung der Arbeitsluftspalt-Kraft-Kennlinie ist bei dem bekannten Hubmagneten der dem Polkern 2 zugewandte Endbereich 5a des Magnetkolbens 5 konisch ausgestaltet, und der Polkern 2 ist mit einer korrespondierenden konischen axialen Vertiefung 2a ausgebildet. Die konische Ausgestaltung bewirkt eine Verbesserung und Linearisierung der Anzugskraft im Hubendbereich des Magnetkolbens 5, wobei über die Gestaltung der Konusgeometrie die Beeinflussung der Arbeitsluftspalt-Kraft-Kennlinie über einen weiten Hubbereich möglich ist, die Problematik der überproportionalen Kraftzunahme im Hubendbereich bei Verkleinerung des Arbeitsluftspaltes aber nicht beseitigt wird. Dies ist anhand der Kennlinie A im Arbeitsluftspalt-Kraft-Diagramm von Fig. 7 dargestellt. Diese typische Eigenschaft von Hubmagneten mit Konusgeometrie von Magnetkolben 5 und Polkern 2 verschärft die Geräuschproblematik durch Erhöhung der kinetischen Energie des Magnetkolbens 5 vor dem Auftreffen auf den Polkern 2 an der Hubendposition HE.

[0009] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde den bekannten Hubmagneten dahingehend zu verbessern, dass eine Erhöhung der Anzugskraft im Hubendbereich des Magnetkolbens vermieden wird und damit das Geräusch beim Schalten des Hubmagneten beträchtlich zu verringern. Weiters liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde einen Hubmagneten bereitzustellen, der eine verbesserte Steuerbarkeit der Verschiebung des Magnetkolbens aufweist.

[0010] Die Erfindung löst diese Aufgabe durch Bereit-

stellen eines Hubmagneten mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen dargelegt.

[0011] Erfindungsgemäß wurde der oben anhand der Fig. 1 beschriebene bekannte Hubmagnet auf eine solche Weise weitergebildet, dass ein in der Durchgangsöffnung des kolbenseitigen Bereichs des Eisenrückschlusselements verschiebbarer Steuerabschnitt des Magnetkolbens eine solche geometrische Ausbildung aufweist, dass sich bei Verschiebung des Magnetkolbens in Richtung zur Hubendposition ein parasitärer Luftspalt in der Durchgangsöffnung des kolbenseitigen Bereichs des Eisenrückschlusselements einstellt und/oder vergrößert.

[0012] Der erfindungsgemäß erzeugte parasitäre Luftspalt führt zu einem erhöhten magnetischen Widerstand im Magnetkreis, der die Hubkraft reduziert, wenn sich der Magnetkolben seiner Hubendposition nähert und dadurch die Geschwindigkeit des Anschlagens des Magnetkolbens am Polkern verringern oder das Anschlagen überhaupt verhindern kann. Diese Neuerung ermöglicht praktisch geräuschloses Schalten des Hubmagneten. Allgemein wird durch die erfindungsgemäße Neuerung ein zusätzlicher Parameter der Beeinflussung der Arbeitsluftspalt-Kraft-Kennlinie eingeführt, mit dem die Arbeitsluftspalt-Kraft-Kennlinie, insbesondere im Hubendbereich, zusätzlich beeinflusst und auf den jeweiligen Anwendungszweck hin optimiert werden kann.

[0013] Mit dieser zusätzlichen Kennliniensteuerung kann in Kombination mit mechanischen Dämpfungselementen die auf den Magnetkolben wirkende Kraft im Hubendbereich so beeinflusst werden, dass die Hubendposition nicht durch einen mechanischen Anschlag des Magnetkolbens am Polkern oder einem Anschlagelement, sondern durch ein Kräftegleichgewicht der von den Dämpfungselementen auf den Magnetkolben ausgeübten Kräfte mit den elektromagnetischen Kräften bestimmt wird. Insbesondere ist in einer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass eine Feder den Magnetkolben gegen die von der Erregerspule ausgeübte Magnetkraft vorspannt, wobei die Federkraft der Feder so ausgelegt ist, dass der Magnetkolben in seiner Hubendposition von dem Polkern beabstandet ist. Eine solche Maßnahme erlaubt geräuschlose Schaltvorgänge.

[0014] Durch die erfindungsgemäße geometrische Gestaltung des Magnetkolbens zur Erzielung eines parasitären Luftspalts an der Durchgangsöffnung des Eisenschlusselements wird in Kombination mit schon bisher eingesetzten Steuerungsmöglichkeiten der Kennlinie eine auf die Anwendung hin optimierte Arbeitsluftspalt-Kraft-Kennliniensteuerung ermöglicht, welche die beschriebenen Vorteile bringt, ohne bei der Herstellung Zusatzkosten zu verursachen und damit auch in Standardanwendungen einsetzbar wird.

[0015] In einer Ausführungsform der Erfindung weist der Magnetkolben im Steuerabschnitt einen verringerten Kolbendurchmesser auf, wodurch sich im Verlauf der

Verschiebung des Magnetkolbens in Richtung zur Hubendposition bei Eintritt des Steuerabschnitts in die Durchgangsöffnung ein parasitärer Luftspalt in der Durchgangsöffnung des kolbenseitigen Bereichs des Eisenrückschlusselements einstellt, da sich der Abstand zwischen der Wand der Durchgangsöffnung und der Mantellinie des Magnetkolbens vergrößert.

[0016] Je nach gewünschtem Verlauf der Arbeitsluftspalt-Kraft-Kennlinie kann der Durchmesser des Magnetkolbens im Steuerabschnitt in einer oder mehreren Stufen verringert werden, wodurch auch der parasitäre Luftspalt stufenweise zunimmt, je weiter sich der Magnetkolben der Hubendposition nähert. Alternativ dazu kann der Durchmesser des Magnetkolbens im Steuerabschnitt in eine zum Polkern entgegengesetzte Richtung zumindest stückweise stetig verringert werden, wodurch ein gleichmäßigerer Verlauf der Arbeitsluftspalt-Kraft-Kennlinie erzielt wird, da sich der parasitäre Luftspalt stetig ändert. Beispielsweise kann der Steuerabschnitt des Magnetkolbens konisch ausgebildet sein oder die Mantellinie des Steuerabschnitts des Magnetkolbens zumindest abschnittsweise einen gekrümmten Verlauf aufweisen, um einen besonders gleichmäßigen Verlauf der Arbeitsluftspalt-Kraft-Kennlinie zu erreichen.

[0017] In einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird anstelle oder zusätzlich zur Durchmesser verringering der Steuerabschnitt des Magnetkolbens durch eine gegenüber herkömmlichen Magnetkolben verkürzte Baulänge des Magnetkolbens realisiert, indem die Länge des Magnetkolbens so kurz gewählt ist, dass in Hubendposition des Magnetkolbens der Steuerabschnitt des Magnetkolbens nicht oder nur teilweise in die Durchgangsöffnung am kolbenseitigen Bereich des Eisenrückschlusselements ragt. Der parasitäre Luftspalt erstreckt sich in diesem Fall über die gesamte Querschnittsfläche der Durchgangsöffnung und der magnetische Kraftfluss konzentriert sich auf den Teil des Steuerabschnitts des Magnetkolbens, der in die Durchgangsöffnung ragt. Da dieser Teil mit der Bewegung des Magnetkolbens in die Hubendposition ständig kleiner wird, nimmt der magnetische Widerstand zu und folglich die Hubkraft ab.

[0018] Die Erfindung wird nun anhand von nicht einschränkenden Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 einen Hubmagneten gemäß dem Stand der Technik im Längsschnitt;

Fig. 2 eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hubmagneten im Längsschnitt;

Fig. 3 eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hubmagneten im Längsschnitt;

Fig. 4 eine dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hubmagneten im Längsschnitt;

Fig. 5 eine vierte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hubmagneten im Längsschnitt;

Fig. 6 eine fünfte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hubmagneten im Längsschnitt; und

Fig. 7 ein Arbeitsluftspalt-Kraft-Diagramm mit Arbeitsluftspalt-Kraft-Kennlinien für den Hubmagneten nach dem Stand der Technik und für zwei erfindungsgemäße Hubmagneten.

[0019] Die Erfindung wird nun anhand von fünf in den Figuren 2 bis 6 dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Diese Ausführungsbeispiele stellen Modifikationen des in Fig. 1 dargestellten und oben ausführlich beschriebenen Hubmagneten dar, wobei für Bauteile, die sowohl im bekannten als auch in den erfindungsgemäßen Hubmagneten verwendet werden, in den Zeichnungen dieselben Bezugszeichen benutzt werden und bezüglich ihrer Funktion auf die obige Beschreibung verwiesen wird.

[0020] Die in Fig. 2 dargestellte erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hubmagneten umfasst ein magnetisches Eisenrückschlusselement 1 in Gestalt eines U-förmigen Bügels, der z.B. aus Blech gebogen ist. Das Eisenrückschlusselement 1 weist einen Längschenkel 1a und zwei sich vom Längschenkel 1a erstreckende Querschenkel 1b, 1c auf. Die Querschenkel 1b, 1c umgreifen die gegenüberliegenden Stirnseiten eines Spulenkörpers 4, auf den eine Erregerspule 3 gewickelt ist. Der Spulenkörper 4 besitzt eine axiale Durchgangsöffnung 4a, in der an einem Ende ein Polkern 2 angeordnet ist. Weiters sind in der axialen Durchgangsöffnung 4a des Spulenkörpers 4 eine ringförmige Gleitlagerbuchse 6 und ein darin verschieblich gelagerter Magnetkolben 15 aus einem weichmagnetischen Material angeordnet. Wenn die Erregerspule 3 mit elektrischem Strom beaufschlagt wird, so wird der Magnetkolben 15 durch die elektromagnetische Kraft der Erregerspule 3 angezogen und entlang einer Mittelnachse M in der axialen Durchgangsöffnung 4a des Spulenkörpers 4 in Richtung des Polkerns 2 bis zu einer Hubendposition HE verschoben. Das Eisenrückschlusselement 1 weist an dem dem Polkern 2 entgegengesetzten kolbenseitigen Bereich, d.h. dem Querschenkel 1c, eine Durchgangsöffnung 1e auf, die so dimensioniert ist, dass der Magnetkolben 15 hindurchgehen kann. Soweit bis jetzt beschrieben ist die Konstruktion des Hubmagneten konventionell. Im Unterschied zum Stand der Technik weist der Magnetkolben 15 des erfindungsgemäßen Hubmagneten jedoch einen Steuerabschnitt 15a am vom Polkern 2 beabstandeten Ende des Magnetkolbens 15 auf, welcher Steuerabschnitt 15a in der Durchgangsöffnung 1e des Querschenkels 1c des Eisenrückschlusselements 1 verschiebbar ist. Der Steuerabschnitt 15a zeichnet sich durch einen sich verringenden Durchmesser aus, wobei sich dieser Durchmesser - ausgehend vom Durchmesser D1 des Mittelabschnitts des (zylindrischen) Magnetkolbens 15 zum vom Polkern 2 abgewandten Ende des Steuerabschnitts auf einen Durchmesser D2 verringert, wobei der Übergang vom größeren Durchmesser D1 auf den kleineren Durchmesser D2 stetig verläuft, wobei sich die Mantellinie des Steuerabschnitts 15a als Viertelkreis präsentiert. Während der Hubbewegung des Magnetkol-

bens 15 in Richtung der Hubendposition HE tritt der Steuerabschnitt 15a des Magnetkolbens 15 von außen in die Durchgangsöffnung 1e ein. Durch den sich stetig verringernden Durchmesser des Steuerabschnitts 15a wird in der Durchgangsöffnung 1e ein parasitärer Luftspalt 16 hervorgerufen, der den Magnetfluss vom Querschenkel 1c des Eisenrückschlusselements 1 verringert und dadurch auch die Hubkraft verringert. Der Magnetfluss ist am geringsten, wenn der Magnetkolben 15 die Hubendposition erreicht hat, wie im Arbeitsluftspalt-Kraftdiagramm von Fig. 7 anhand der Kennlinie B dargestellt. Man erkennt aus der Kennlinie B, dass am Beginn des Hubwegs, wenn der Arbeitsluftspalt 8 eine Länge von 6 mm aufweist, die Hubkraft etwas mehr als 2 N ausmacht. Mit sich verringerndem Arbeitsluftspalt nimmt die Hubkraft auf a. 3,7 N zu, bis bei einer Arbeitsluftspatllänge von ca. 2 mm der Steuerabschnitt 15 in die Durchgangsöffnung 1e eintritt und dabei den parasitären Luftspalt 16 erzeugt (bzw. einen aufgrund von Fertigungstoleranzen und dem Vorhandensein der Gleitlagerbuchse 6 bereits bestehenden parasitären Luftspalt vergrößert). Der parasitäre Luftspalt 16 führt zu einem Absinken der Hubkraft auf ca. 3 N an der Hubendposition HE.

[0021] Die verringerte Hubkraft am Ende des Hubwegs ermöglicht für sich bereits fast geräuschlose Schaltvorgänge des Hubmagneten. Gemäß der Erfindung ist aber eine weitere Maßnahme vorgesehen, die praktisch geräuschlose Schaltvorgänge ermöglicht. Diese Maßnahme umfasst die Auslegung der Federkraft einer an sich bekannten Feder 19 (vergleiche Feder 9 in Fig. 1), die als Rückstellelement für den Magnetkolben 15 dient, solcherart, dass die Hubendposition HE nicht durch einen mechanischen Anschlag des Magnetkolbens 15 am Polkern 2, sondern durch ein Kräftegleichgewicht der von der Feder 19 auf den Magnetkolben 15 ausgeübten Federkraft mit den elektromagnetischen Kräften, die von der Erregerspule 3 erzeugt werden, bestimmt wird. Wie aus der Kennlinie B des Arbeitsluftspalt-Kraft-Diagramms von Fig. 7 zu sehen ist, ist der Magnetkolben 15 in seiner Hubendposition HE von dem Polkern 2 ca. 0,5 mm beabstandet, oder anders gesagt, bleibt ein Rest-Arbeitsluftspalt von 0,5 mm Länge.

[0022] Fig. 3 zeigt eine zweite erfindungsgemäße Ausführungsform eines Hubmagneten. Diese zweite Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten nur insofern, als der Magnetkolben 25 mit einem konischen Steuerabschnitt 25a versehen ist, der sich von einem Durchmesser D1 in eine vom Polkern 2 entgegengesetzte Richtung konisch auf einen kleineren Durchmesser D2 verringert. Der dadurch erzeugte parasitäre Luftspalt ist mit dem Bezugszeichen 26 bezeichnet.

[0023] Fig. 4 zeigt eine dritte erfindungsgemäße Ausführungsform eines Hubmagneten. Diese dritte Ausführungsform unterscheidet sich von den vorangegangenen Ausführungsformen nur insofern, als der Magnetkolben 35 mit einem zylindrischen Steuerabschnitt 35a versehen ist, der einen Durchmesser D2 aufweist, der kleiner ist als ein Durchmesser D1 eines dem Steuerabschnitt

35a benachbarten zentralen zylindrischen Abschnitts 35b des Magnetkolbens 35. Somit ist ein abgestufter Übergang vom zentralen Abschnitt 35 auf den Steuerabschnitt 35a des Magnetkolbens verwirklicht. Der Übergang könnte gemäß der Erfindung auch in mehreren Abstufungen erfolgen. Der sich in der Durchgangsbohrung 1e einstellende parasitäre Luftspalt 36 ist ringförmig.

[0024] Fig. 5 zeigt eine vierte erfindungsgemäße Ausführungsform eines Hubmagneten. Diese vierte Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten, in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform prinzipiell nur dadurch, als sich an den Steuerabschnitt 45a des Magnetkolbens 45, der eine Durchmesserverringerung von D1 auf D2 mit sich bringt, noch ein zylindrischer Endabschnitt 45c mit einem Durchmesser D2 anschließt. Der zylindrische Endabschnitt 45c ragt auch in der Hubendstellung HE durch die Durchgangsöffnung 1e des Querschenkels 1c des Eisenrückschlusselements 1 hindurch nach außen. Im Gegensatz dazu bildeten bei den zuvor beschriebenen Ausführungsformen die Steuerabschnitte (15a, 25a, 35a) jeweils das vom Polkern abgewandte Ende des Magnetkolbens, wobei die Magnetkolbenlänge so bemessen war, das in der Hubendstellung HE die Stirnflächen der Steuerabschnitte bündig mit der Außenfläche des Querschenkels 1 c abschlossen.

[0025] In Fig. 6 ist eine fünfte erfindungsgemäße Ausführungsform eines Hubmagneten im Längsschnitt dargestellt. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von den vorangegangenen Ausführungsformen insofern, als der Steuerabschnitt 55a des Magnetkolbens 55 keine von der Zylinderform abweichende Gestalt hat, sondern als Endabschnitt des Magnetkolbens mit einem unveränderten Durchmesser D1 ausgeführt ist. Jedoch ist die Länge L des Magnetkolbens 55 so gewählt, dass der Steuerabschnitt 55a nicht in die Durchgangsöffnung 1 e des Eisenrückschlusselements 1 ragt, sondern bündig mit der Innenfläche des Querschenkels 1 c abschließt. Der parasitäre Luftspalt 56 erstreckt sich in diesem Fall über die gesamte Querschnittsfläche der Durchgangsöffnung 1 e, und der magnetische Kraftfluss konzentriert sich während der Hubbewegung des Magnetkolbens 55 auf den Teil des Steuerabschnitts 55a, der noch in die Durchgangsöffnung 1e ragt. Da dieser Teil entsprechend dem zurückgelegten Hubweg des Magnetkolbens ständig kleiner wird und in der Hubendposition HE gegen Null geht, nimmt der magnetische Widerstand zu und fällt folglich die Hubkraft stark ab, wie in der Kennlinie C im Arbeitsluftspalt-Kraft-Diagramm von Fig. 7 dargestellt.

[0026] Auch bei dieser Ausführungsform der Erfindung ist die Federkraft der Feder 59 so eingestellt, dass die Hubendposition HE nicht durch einen mechanischen Anschlag des Magnetkolbens 55 am Polkern 2, sondern durch ein Kräftegleichgewicht der von der Feder 59 auf den Magnetkolben 55 ausgeübten Federkraft mit den elektromagnetischen Kräften, die von der Erregerspule 3 erzeugt werden, bestimmt wird. Wie aus der Kennlinie C zu sehen ist, ist der Magnetkolben 55 in seiner Hubendposition HE von dem Polkern 2 ca. 0,5 mm beab-

standet, und es bleibt ein Rest-Arbeitsluftspalt 8 von 0,5 mm Länge.

[0027] Es sei erwähnt, dass das magnetische Eisenrückschlusselement nicht als Bügel ausgebildet sein muss, sondern z.B. auch als Gehäuse ausgebildet sein kann. In der Literatur wird das magnetische Eisenrückschlusselement auch als Stator bezeichnet. Der Magnetkolben wird in der Literatur häufig als Anker bezeichnet.

Patentansprüche

1. Hubmagnet mit einem magnetischen Eisenrückschlusselement (1), einer zumindest teilweise von dem Eisenrückschlusselement (1) umgebenen, auf einen Spulenkörper (4) gewickelten Erregerspule (3), einem zumindest teilweise in einer axialen Durchgangsöffnung (4a) des Spulenkörpers (4) angeordneten Polkern (2) und einem bei Bestromung der Erregerspule (3) entlang einer Mittenachse (M) des Spulenkörpers (4) in Richtung des Polkerns (2) bis zu einer Hubendposition (HE) verschiebbaren Magnetkolben (515, 25, 35, 45, 55), wobei das Eisenrückschlusselement (1) an einem dem Polkern (2) entgegengesetzten kolbenseitigen Bereich (1c) eine Durchgangsöffnung (1e) für den Magnetkolben aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein in der Durchgangsöffnung (1e) des kolbenseitigen Bereichs (1c) des Eisenrückschlusselements (1) verschiebbarer Steuerabschnitt (15a, 25a, 35a, 45a, 55a) des Magnetkolbens (15, 25, 35, 45, 55) eine solche geometrische Ausbildung aufweist, dass sich bei Verschiebung des Magnetkolbens (15, 25, 35, 45, 55) in Richtung zur Hubendposition (HE) ein parasitärer Luftspalt (16, 26, 36, 46, 56) in der Durchgangsöffnung (1e) des kolbenseitigen Bereichs (1c) des Eisenrückschlusselements (1) einstellt und/oder vergrößert, indem der Magnetkolben (15, 25, 35, 45) im Steuerabschnitt (15a, 25a, 35a, 45a) einen verringerten Kolbendurchmesser (D2) aufweist und der Steuerabschnitt (15a, 25a, 35a, 45a) während der Hubbewegung des Magnetkolbens (15) in Richtung der Hubendposition (HE) von außen in die Durchgangsöffnung (1e) eintritt, oder indem die Länge (L) des Magnetkolbens (55) so kurz gewählt ist, dass in Hubendposition (HE) des Magnetkolbens der Steuerabschnitt (55a) des Magnetkolbens nicht oder nur teilweise in die Durchgangsöffnung (1e) des kolbenseitigen Bereichs (1c) des Eisenrückschlusselements (1) ragt.
2. Hubmagnet nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der Durchmesser des Magnetkolbens (35) im Steuerabschnitt (35a) stufenweise vom Durchmesser D1 zum Durchmesser D2 verringert.
3. Hubmagnet nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

dass sich der Durchmesser des Magnetkolbens (15, 25, 45) im Steuerabschnitt (15a, 25a, 45a) in eine zum Polkern (2) entgegengesetzte Richtung zumindest stückweise stetig verringert.

4. Hubmagnet nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steuerabschnitt (25a) des Magnetkolbens (25) konisch ausgebildet ist.
5. Hubmagnet nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mantellinie des Steuerabschnitts (15a, 45a) des Magnetkolbens (15, 45) zumindest abschnittsweise einen gekrümmten Verlauf aufweist.
6. Hubmagnet nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Feder (19, 59) den Magnetkolben (15, 55) gegen die von der Erregerspule (3) ausgeübte Magnetkraft vorspannt, wobei die Federkraft der Feder (19, 59) so ausgelegt ist, dass der Magnetkolben (19, 59) in seiner Hubendposition (HE) von dem Polkern (2) beabstandet ist.

Claims

1. A lifting magnet comprising a magnetic back iron element (1), an excitation coil (3) surrounded at least partially by the back iron element (1) and wound onto a coil body (4), a pole core (2) arranged at least partially in an axial through opening (4a) of the coil body (4) and a magnetic piston (5, 15, 25, 35, 45, 55) which is displaceable along a central axis (M) of the coil body (4) toward the pole core (2) as far as into a stroke end position (HE) when the excitation coil (3) is supplied with current, wherein the back iron element (1) has a through opening (1e) for the magnetic piston in a piston-side region (1c) opposite to the pole core (2), **characterized in that** a control section (15a, 25a, 35a, 45a, 55a) of the magnetic piston (15, 25, 35, 45, 55), which control section is displaceable in the through opening (1e) of the piston-side region (1c) of the back iron element (1), exhibits such a geometric design that a parasitic air gap (16, 26, 36, 46, 56) appears and/or increases in the through opening (1e) of the piston-side region (1c) of the back iron element (1) when the magnetic piston (15, 25, 35, 45, 55) is displaced toward the stroke end position (HE) as a result of the fact that the magnetic piston (15, 25, 35, 45) exhibits a reduced piston diameter (D2) in the control section (15a, 25a, 35a, 45a) and the control section (15a, 25a, 35a, 45a) enters from outside into the through opening (1e) during the reciprocating motion of the magnetic piston (15) toward the stroke end position (HE) or as a result of the fact that the length (L) of the magnetic piston (55) is chosen to be so short that, in the stroke

end position (HE) of the magnetic piston, the control section (55a) of the magnetic piston will not or only partially project into the through opening (1e) of the piston-side region (1c) of the back iron element (1).

2. A lifting magnet according to claim 1, **characterized in that**, in the control section (35a), the diameter of the magnetic piston (35) gradually decreases from diameter D1 to diameter D2.
3. A lifting magnet according to claim 1, **characterized in that**, in the control section (15a, 25a, 45a), the diameter of the magnetic piston (15, 25, 45) continuously decreases at least piece by piece in a direction opposite to the pole core (2).
4. A lifting magnet according to claim 3, **characterized in that** the control section (25a) of the magnetic piston (25) has a tapered design.
5. A lifting magnet according to claim 3, **characterized in that** the surface line of the control section (15a, 45a) of the magnetic piston (15, 45) has a curved course at least in sections.
6. A lifting magnet according to any of the preceding claims, **characterized in that** a spring (19, 59) pretensions the magnetic piston (15, 55) against the magnetic force exerted by the excitation coil (3), with the elastic force of the spring (19, 59) being configured such that the magnetic piston (19, 59) in its stroke end position (HE) is spaced apart from the pole core (2).

Revendications

1. Electroaimant de manoeuvre, avec un élément de reflux en fer (1) magnétique, une bobine excitatrice (3) au moins partiellement entourée par l'élément de reflux en fer (1), enroulée sur un corps de bobine (4), un noyau de pôle (2) disposé au moins partiellement dans une ouverture de passage (4a) axiale du corps de bobine (4), et un piston magnétique (5, 15, 25, 35, 45, 55), déplaçable le long d'un axe central (M) du corps de bobine (4), en direction du noyau de pôle (2), jusqu'à une position de fin de course (HE), lorsque la bobine excitatrice (3) est traversée par un courant électrique, l'élément de reflux en fer (1) présentant, sur une zone (1c) située côté piston, opposée au noyau de pôle (2), une ouverture de passage (1e) pour le piston magnétique, **caractérisé en ce qu'un** tronçon de commande (15a, 25a, 35a, 45a, 55a), déplaçable dans l'ouverture de passage (1e) de la zone (1c), située côté piston, de l'élément de reflux en fer (1), du piston magnétique (5, 15, 25, 35, 45, 55) présente une configuration géométrique telle que, en cas de déplacement du piston magné-

tique (5, 15, 25, 35, 45, 55) dans le sens allant à la position de fin de course (HE), un entrefer (16, 26, 36, 46, 56) parasite s'établit et/ou augmente dans l'ouverture de passage (1e) de la zone (1c), située côté piston, de l'élément de reflux en fer (1), **en ce que** le piston magnétique (15, 25, 35, 45) présente, dans le tronçon de commande (15a, 25a, 35a, 45a), un diamètre de piston (D2) diminué, et, pendant le déplacement de course du piston magnétique (15) dans le sens de la position de fin de course (HE), le tronçon de commande (15a, 25a, 35a, 45a) pénètre de l'extérieur dans l'ouverture de passage (1e), ou **en ce que** la longueur (L) du piston magnétique (55) est choisie si petite que, lorsque le piston magnétique est dans la position de fin de course (HE), le tronçon de commande (55a) du piston magnétique ne pénètre pas, ou pénètre seulement partiellement dans l'ouverture de passage (1e) de la zone (1c), située côté piston, de l'élément de reflux en fer (1).

2. Electroaimant de manoeuvre selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le diamètre du piston magnétique (35) dans le tronçon de commande (35a) diminue par degrés, du diamètre D1 au diamètre D2.
3. Electroaimant de manoeuvre selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le diamètre du piston magnétique (15, 25, 45) dans le tronçon de commande (15a, 25a, 45a) diminue de manière continue, au moins par segments, dans un sens opposé au noyau de pôle (2).
4. Electroaimant de manoeuvre selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le tronçon de commande (25a) du piston magnétique (25) est de forme conique.
5. Electroaimant de manoeuvre selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la génératrice du tronçon de commande (15a, 45a) du piston magnétique (15, 45) présente, au moins par tronçons, une allure incurvée.
6. Electroaimant de manoeuvre selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** ressort (19, 59) précontraint le piston magnétique (15, 55) à l'encontre de la force magnétique exercée par la bobine excitatrice (3), la force élastique du ressort (19, 59) étant telle que le piston magnétique (19, 59) est espacé du noyau de pôle (2) lorsqu'il se trouve à sa position de fin de course (HE).

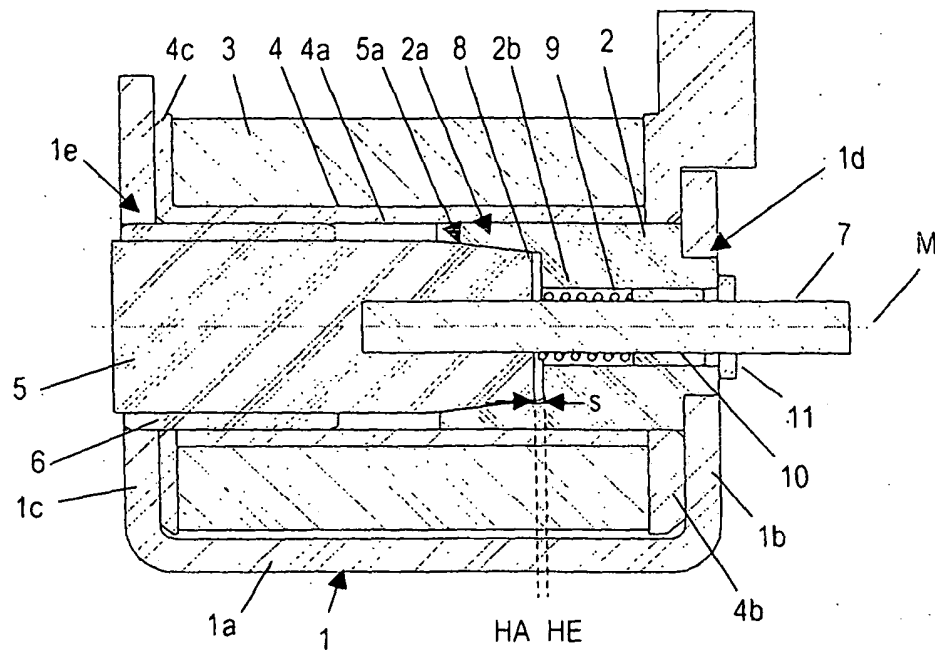


Fig. 1 (S.d.T)

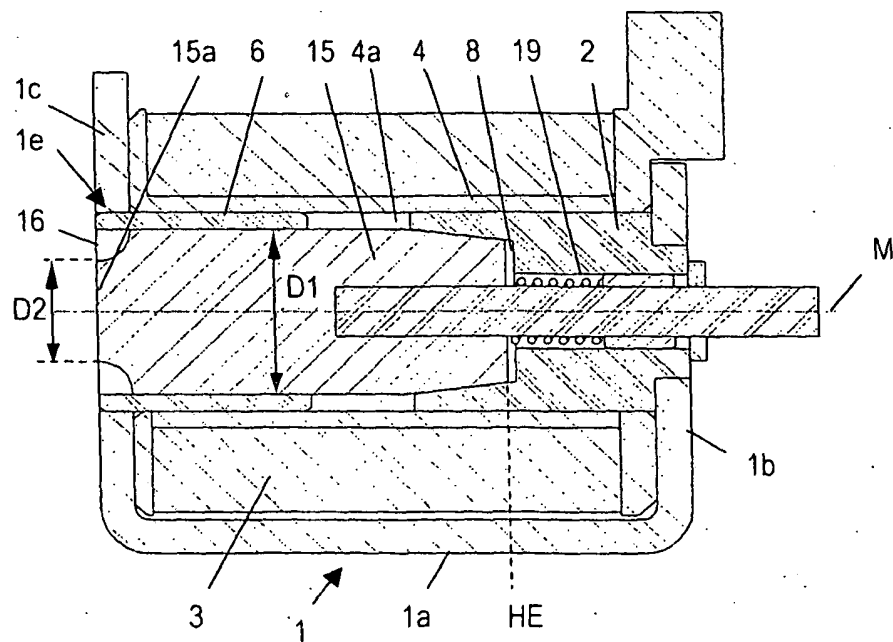


Fig. 2

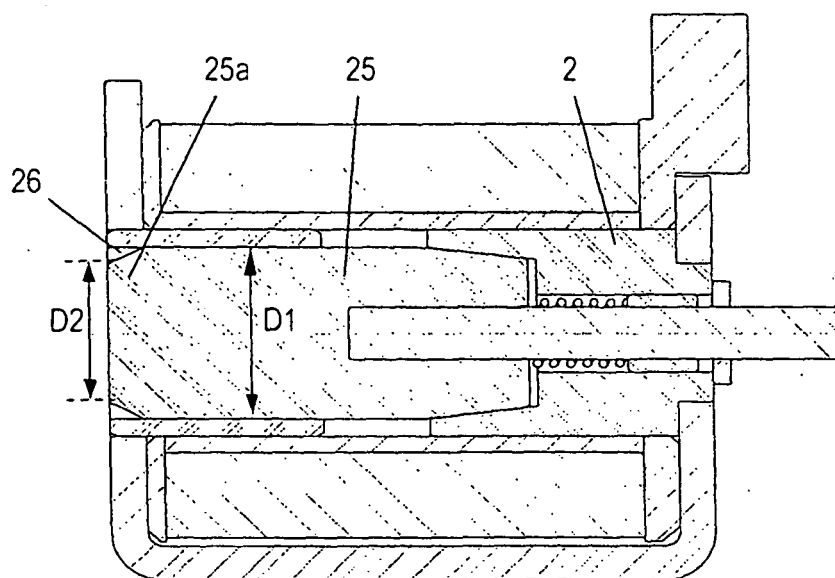


Fig. 3

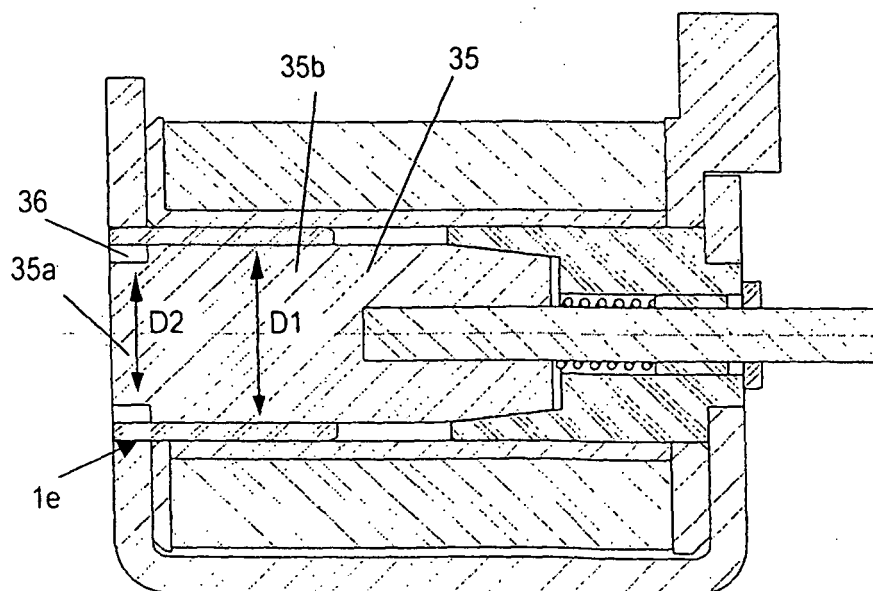


Fig. 4

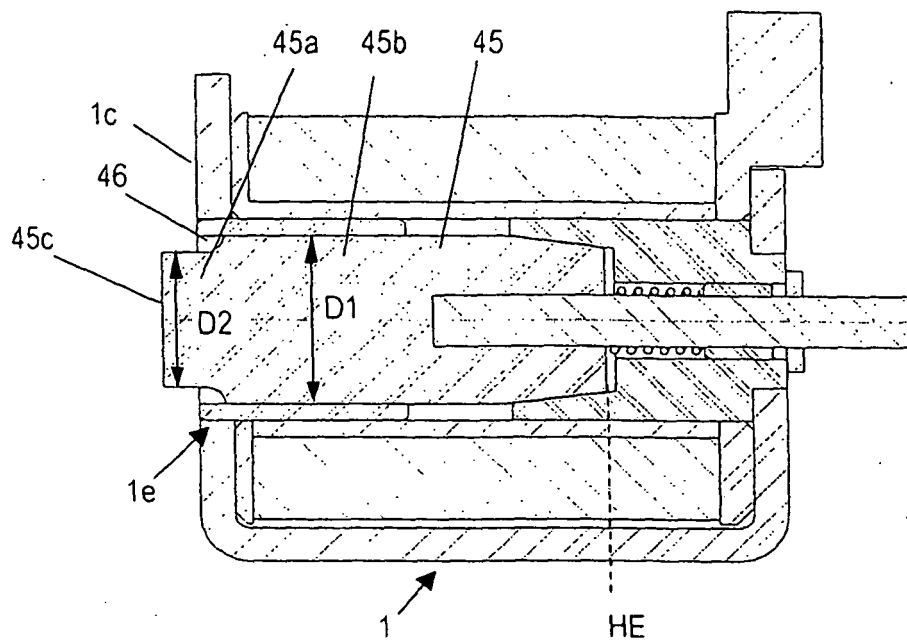


Fig. 5

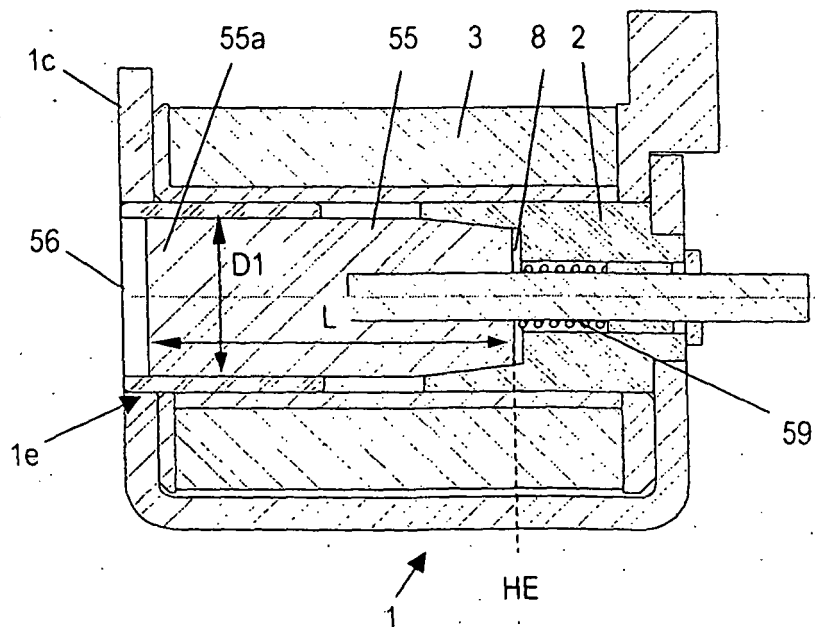


Fig. 6

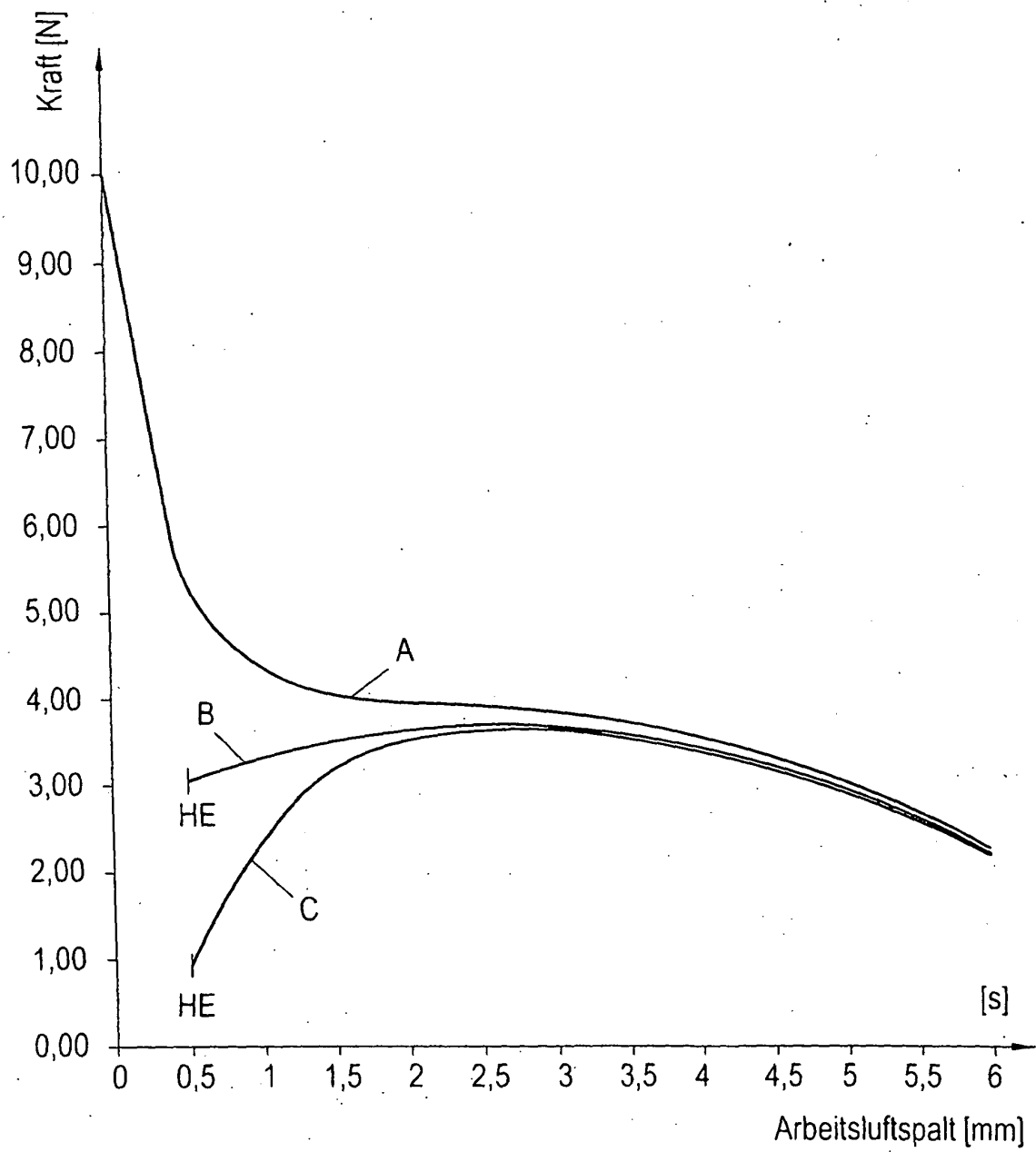


Fig. 7

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19622794 A1 [0002]
- DE 202005012251 U1 [0003]
- US 4604600 A [0004]