

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 710 028 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.10.2006 Patentblatt 2006/41

(51) Int Cl.:
B21K 1/46 (2006.01) B21J 9/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06007393.9**

(22) Anmeldetag: **07.04.2006**

(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**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(72) Erfinder:
• **Schmauser, Till M.**
91126 Schwabach (DE)
• **Schmauser, Erik M.**
91126 Schwabach (DE)

(30) Priorität: **08.04.2005 DE 102005016528**

(74) Vertreter: **Tergau & Pohl Patentanwälte**
Mögeldorf Hauptstrasse 51
90482 Nürnberg (DE)

(71) Anmelder: **Drei-S-Werk Präzisionswerkzeuge**
GmbH & Co.
91126 Schwabach (DE)

(54) **Verfahren zur Herstellung eines hochpräzisen bolzenförmigen Elements, ein bolzenförmiges Element sowie eine Vorrichtung zur Herstellung des Elements**

(57) Um ein hochpräzises bolzenförmiges Element (14), insbesondere Auswerferstift, Schneidstempel, Vorstaucher, Fließpressstempel, Stempel oder Ritzwellen in einfacher Weise herzustellen, ist ein Warmumformverfahren mit Hilfe einer Hammermaschine vorgesehen, bei dem ein Stempel (6) mit einer hohen Stempelgeschwin-

digkeit von etwa 6000 mm pro Sekunde gegen einen in einer Matrize (8) angeordneten und umzuformenden Metallstift (12) verfahren wird. Im umzuformenden Kopfbereich wird der Metallstift (12) vorher zweckdienlicherweise lediglich auf eine Temperatur von etwa 600° bis 900°C erwärmt.

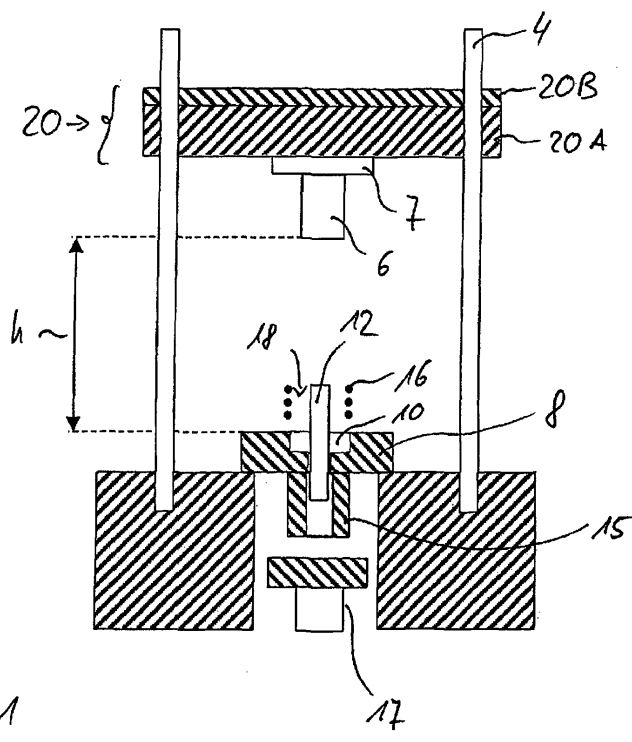


Fig 1

EP 1 710 028 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines hoch präzisen bolzenförmigen Elements mit einem Schaft und einem warmumgeformten Kopf sowie ein derartiges bolzenförmiges Element und eine Vorrichtung zur Herstellung eines solchen bolzenförmigen Elements. Das bolzenförmige Element ist insbesondere ein Auswerferstift, ein Schneidstempel, ein Vorstaucher, ein Fließpressstempel, ein Stempel oder eine Ritzelwelle.

[0002] Auswerferstift und auch Schneidstempel weisen üblicherweise einen zylindrischen Schaft mit einem endseitigen Kopf auf. Der Schaft kann als Hülse oder als Vollmaterial ausgebildet sein. Der Kopf ist beispielsweise als Zylinderscheibe oder als Senkkopf ausgebildet. Auswerferstifte werden bei Formwerkzeugen eingesetzt, beispielsweise Spritzgusswerkzeuge, um nach dem Formungsvorgang das geformte Bauteil aus der Werkzeugform auszustoßen. Bei Schneidstempeln ist das dem Kopf abgewandte Ende des Schafts üblicherweise scharfkantig ausgebildet. Die Schneidstempel dienen beispielsweise zum Durchstanzen von Blechen. Die Schneidstempel sowie die Auswerferstifte werden aus geeigneten Stählen hergestellt. Dies sind beispielsweise legierte Kaltarbeitsstähle (WS), Warmarbeitsstähle (WAS) oder pulvermetallurgisch hergestellte Schnellarbeitsstähle, hochlegierte Kaltarbeitsstähle (HWS), Hochleistungsschnellarbeitsstähle (HSS) usw. Insbesondere bei den Schneidstempeln dient der Kopf als Angriffselement für eine Rückstellkraft, um den Schneidstempel aus dem gestanzten Loch wieder in die Ausgangsposition zurückzuziehen. Ähnliches gilt für Auswerferstift, Vorstaucher, Fließpressstempel und Stempel, die im Einsatz eine wechselnde Zug- und Druckbelastung auf den Kopf erfahren und diese am Übergang an den Schaft weitergeben. Während bei Ritzelwellen das Moment vom Zahnrad auf die Welle weitergegeben wird und deshalb der Übergang als besonders belastet zu bezeichnen ist.

[0003] Der Kopf bzw. der Übergang zwischen Kopf und Schaft ist daher hohen Belastungen ausgesetzt. Insgesamt handelt es sich bei diesen Elementen um hochpräzise Teile, deren Außenabmessungen und Materialeigenschaften nur innerhalb enger Toleranzgrenzen variieren dürfen. Die Spezifikationen für die Schneidstempel ergeben sich beispielsweise aus DIN 9861, ISO 8020, DIN 9844, DIN 9840 und für Quadrat-/Rechteck- oder Profilstempel nach DIN 9846. Die Spezifikationen für Auswerferstifte bestimmen sich beispielsweise nach DIN ISO 6751, DIN ISO 8694, DIN 1530, DIN ISO 8693, DIN ISO 8405 sowie DIN IOS 6751.

[0004] Der Kopf dieser Elemente wird üblicherweise durch ein Warmumformverfahren ausgebildet. Hierzu wird der Schaft in einem Teilbereich des auszubildenden Kopfes auf Schmiedetemperatur, d.h. je nach Stahlart auf eine Temperatur von etwa 850° bis 1300° erwärmt. Anschließend wird mit Hilfe einer Matrize und eines zugeordneten Stempels, der gegen den erwärmten Schaftteil gepresst wird, der Kopf durch Umformen ausgebildet.

Der Stempel wird hierbei durch einen Hydraulikzylinder oder durch eine Exzentervorrichtung angetrieben. Hierbei wird der Stempel bis zu einer definierten Endposition gegen den Schaft mit einer im Wesentlichen gleichbleibenden Umformgeschwindigkeit gepresst, die bei einer hydraulischen Presse bei etwa 200 bis 500 mm pro Sekunde und bei einer Exzenter- oder Kurbelpresse bei 400 bis 600 mm pro Sekunde liegen. Bei diesen Umformverfahren ergeben sich in der Regel Maßungenauigkeiten, insbesondere eine Aufdickung im Schaftbereich unter dem Kopf, die durch Nachbearbeitungsschritte behoben werden. Zudem tritt oft eine Verschlechterung der Materialeigenschaften auf. Ein besonderer Vorteil der Warmumformung des Kopfes ist darin zu sehen, dass sich aufgrund des Warmumformens ein "Faserverlauf", also Orientierungen im Gefüge ausbildet, welcher im Wesentlichen der Kopfgeometrie folgt. Im Unterschied hierzu werden bei Stiften, die durch eine spanende Bearbeitung, wie beispielsweise Einstechdrehen oder -scheifen, erzeugt werden, die Faserverläufe durch den Materialabtrag unterhalb des Kopfes unterbrochen. Insgesamt besteht hierdurch eine erhöhte Bruch- und Abrissgefahr des Kopfes. Ein Nachteil der Warmumformung gegenüber einer spanenden Bearbeitung ist darin zu sehen, dass aufgrund der Wärmebehandlung das Materialgefüge im Kopfbereich verändert wird, und dass somit im Kopfbereich andere Materialeigenschaften, wie beispielsweise Härte, vorliegen als im Schaftbereich.

[0005] Aus der DE 16 27 688 ist ein Verfahren zum Warmverformen von kopfprofilierten Elementen zu entnehmen. Hierbei wird das Element mit Hilfe einer elektrischen Heizspirale erwärmt und anschließend durch Einpressen in eine Matrize mit Hilfe eines Druckaggregats umgeformt. Aus der DE 41 09 407 C2 ist eine Vorrichtung zum Präzisionsschmieden zu entnehmen, bei der die Umformkräfte mit Hilfe eines Hydraulikkolbens erzeugt werden. Ein weiteres Verfahren zur Ausbildung eines Kopfes am Ende eines Drahtstiftes ist aus der DE 35 05 251 A1 zu entnehmen. Bei diesem Verfahren wird der Metallstift durch Einwirken eines Hammers mehrfach zur Ausbildung des Stiftkopfes gestaucht. Vor jedem Stauchvorgang wird hierbei mittels Laserbestrahlung der umzuformende Teilbereich kurzzeitig erwärmt. Zwischen jedem Stauchvorgang wird eine den Drahtstift haltende Matrize, durch die der Drahtstift hindurchgeführt ist, geöffnet und anschließend wieder geschlossen. Schließlich ist in der US 4,023,225 ein Verfahren zur Kaltumformung eines kopfprofilierten Elements aus einer hochfesten Titaniumlegierung beschrieben. Beim Kaltumformen werden hierbei Umformgeschwindigkeiten zwischen 0,1 bis 20 m/sek und mehr eingesetzt.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine kostengünstige und einfache Herstellung eines derartigen bolzenförmigen Elements mit guten mechanischen und werkstofftechnischen Eigenschaften zu ermöglichen.

[0007] Die Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines hochpräzisen

bolzenförmigen Elements mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Danach ist zur Herstellung insbesondere eines Auswerferstifts oder eines Schneidstempels, Vorstauchers, Fließpresstempels, Stempels oder einer Ritzelwelle eine Warm- oder Halbwarmumformung vorgesehen, bei der ein Stempel gegen einen in einem umzuformenden Bereich erwärmten Metallstift mit hoher Stempelgeschwindigkeit größer etwa 3000 mm pro Sekunde verfahren wird. Insbesondere beträgt die Stempelgeschwindigkeit, mit der der Stempel zu Beginn des Umformvorgangs gegen den Metallstift verfahren wird, etwa 5000 bis 8000 mm pro Sekunde.

[0008] Mit Hilfe des Stempels wird daher auf den Metallstift kinetische Energie übertragen. Die Höhe dieser kinetischen Energie hängt neben der Geschwindigkeit auch von der Größe der beschleunigten Masse ab. Allgemein wird bei diesem Verfahren eine - unter den technischen Voraussetzungen - möglichst hohe Geschwindigkeit eingestellt. In Abhängigkeit der erreichbaren Stempelgeschwindigkeit wird die beschleunigte Masse derart gewählt, dass eine ausreichende kinetische Energie für die Umformung des Metallstifts oder Stahlstabs bereitgestellt wird.

[0009] Es hat sich überraschenderweise gezeigt, dass mit dieser sehr hohen Geschwindigkeit, die etwa das Zehnfache der bei Hydraulik- oder Exzenterpressen erreichbaren Geschwindigkeiten beträgt, deutlich verbesserte Eigenschaften des gefertigten Auswerferstifts oder Schneidstempels erreichen lassen. Insbesondere erfolgt aufgrund der hohen Umformgeschwindigkeit im Bereich des auszubildenden Kopfes keine oder nur eine geringe Umwandlung des Gefüges, so dass der warmumgeformte Bereich ein im Wesentlichen identisches Gefüge wie der unbehandelte Schaftbereich aufweist. D.h. die Materialeigenschaften sind über das gesamte Element weitgehend gleichbleibend, ähnlich wie bei einem durch spanende Bearbeitung hergestellten Element. Gleichzeitig bleibt jedoch der Vorteil der Warmumformung, nämlich der an die Kopfgeometrie angepasste Faserverlauf, erhalten. Durch das hier beschriebene spezielle Herstellungsverfahren, nämlich Warmumformung mit sehr hoher Umformgeschwindigkeit, werden daher die Vorteile der Warmumformung mit denen der spanenden Bearbeitung in vorteilhafter Weise kombiniert. Durch diese besonders schnelle Umformung lassen sich materialschonend sehr hohe Maßhaltigkeit und komplexe Geometrien, wie Vielzähne oder Ritzelwellen herstellen.

[0010] Um eine möglichst einfache gerätetechnische Ausgestaltung zu ermöglichen, ist zur Erzeugung der hohen Geschwindigkeit sowie der notwendigen Kraft zur Umformung ein Fallhammer mit einer insbesondere variablen Masse unter Ausnutzung der Erdbeschleunigung vorgesehen. Es werden daher keine Hydraulik- oder sonstige Antriebseinheiten für die Bewegung des Stempels verwendet. Durch die insbesondere stufenlose Einstellung der Fallhöhe des Fallhammers sowie durch vorzugsweise stufenlose Einstellbarkeit der Masse des Fallhammers, der Wahl der Stempelform, der Matrizenform etc.

lassen sich die gewünschten Arbeitsbedingungen, wie Stempelgeschwindigkeit beim Auftreffen auf den Metallstift, Impuls des auftreffenden Stempels, kinetische Energie usw., problemlos an den jeweiligen Anwendungsfall angepasst einstellen. Die Einstellungen hängen hierbei von dem gewählten Werkstoff des umzuformenden Elements, vom Durchmesser des Schafts usw. ab. Die Geschwindigkeit von 3000 mm pro Sekunde lässt sich mit einem Fallhammer bereits bei einer Fallhöhe von etwa 0,5 m entsprechend der Beziehung $v = (2gh)^{1/2}$ erreichen. h ist hierbei die Fallhöhe und g die Erdbeschleunigung.

[0011] Um eine möglichst flexible Einstellung der Masse des Fallhammers zu ermöglichen, werden einzelne Gewichtsplatten miteinander kombiniert, die je nach gewünschtem Gesamtgewicht ausgewählt werden.

[0012] Vorzugsweise ist weiterhin vorgesehen, dass der Kopfbereich des Metallstifts vor dem Umformvorgang lediglich auf etwa 600° bis 900°C erwärmt wird. Im Unterschied zu den herkömmlichen Warmumformprozessen mittels Hydraulikpressen oder Exzenter- oder Kurbelpressen ist eine Temperatur deutlich unterhalb der sonst erforderlichen, materialabhängigen Schmiedetemperatur ausreichend. Ein besonderer Vorteil dieser geringen Temperaturen ist darin zu sehen, dass ein lokal sehr begrenzter Bereich des Metallstifts der Wärmebehandlung unterzogen wird.

[0013] Gemäß einer zweckdienlichen Weiterbildung wird die Wärmebehandlung des Metallstifts im umzuformenden Kopfbereich bis zum Beginn des Umformvorgangs aufrechterhalten. Durch diese Maßnahme braucht der Metallstift nicht "überhitzt" zu werden, so dass insgesamt eine vergleichsweise geringe Temperatur ausreichend ist. Wegen der niedrigen Temperatur und der kurzen Umformzeit unmittelbar nach dem Wärmeeintrag ergibt sich nahezu keine schmiedetypische Zunderschicht, die das Teil unansehnlich macht und dadurch die Matrice verschmutzt und den Umformvorgang stört. Die geringe Temperatur ist vermutlich mit entscheidend für die guten Gefügeeigenschaften auch im wärmebehandelten Bereich. Die geringen Temperaturen lassen sich insbesondere aufgrund der hohen Umformgeschwindigkeit und des hierdurch bedingten hohen Energieeintrags verwirklichen.

[0014] Gemäß einer zweckdienlichen Weiterbildung weist das hochpräzise bolzenförmige Element nach der Warmumformung bereits den fertigen Endzustand auf und wird keiner weiteren Nachbehandlung unterzogen. Es hat sich nämlich in überraschender Weise gezeigt, dass mit den oben beschriebenen Parametern bereits nach dem Umformvorgang eine sehr hohe Maßgenauigkeit erreicht ist.

[0015] Die Aufgabe wird gemäß der Erfindung weiterhin gelöst durch ein bolzenförmiges Element, insbesondere ein Auswerferstift oder ein Schneidstempel, dessen Materialgefüge im warmumgeformten Kopfbereich und im unbehandelten Schaftbereich im Wesentlichen übereinstimmen. Das Materialgefüge in beiden Bereichen

weist eine im Wesentlichen gleiche Korngrößenverteilung auf. Unter im Wesentlichen gleichem Materialgefüge bzw. im Wesentlichen gleiche Korngrößenverteilung wird hierbei verstanden, dass das Gefüge bzw. die Korngrößenverteilung im Schaft- und im Kopfbereich innerhalb eines Toleranzbereiches übereinstimmen oder nur geringfügig voneinander abweichen. Beispielsweise weisen die Korngrößenverteilungen eine Abweichung <5% und insbesondere <3% auf. Gleiches gilt vorteilhafterweise für andere Materialeigenschaften, wie beispielsweise die Härte. Der Toleranzbereich wird hierbei bestimmt zum einen durch Messtoleranzen und zum anderen durch Herstellungstoleranzen.

[0016] Die Aufgabe wird gemäß der Erfindung weiterhin gelöst durch eine Vorrichtung zur Herstellung der hochpräzisen bolzenförmigen Elemente mit den Merkmalen des Anspruchs 8. Zur Erzeugung der Stempelgeschwindigkeit ist ein Fallhammer vorgesehen, der unter Ausnutzung der Erdbeschleunigung den Stempel auf die hohe Geschwindigkeit beschleunigt.

[0017] Mit dem Fallhammer wird der Stempel gegen eine Matrize verfahren. Die Vorrichtung umfasst allgemein ein oberhalb der Matrize angeordnetes Heizelement zur Erwärmung des umzuformenden Kopfbereichs des Metallstifts.

[0018] Zweckdienlicherweise ist das Heizelement als feststehendes ringförmiges Element ausgebildet, dessen freier Innenraum derart bemessen ist, dass der Stempel berührungslos durch den freien Innenraum zum Metallstift verfahrbar ist. Durch die Ausgestaltung als feststehendes Element kann die Wärmebehandlung bis unmittelbar zum Beginn des Umformprozesses problemlos aufrechterhalten werden. Das Heizelement braucht also nicht verfahren zu werden, um den Weg für den Stempel freizugeben. Auch lassen sich hierdurch hohe Taktraten erhalten. Bevorzugt wird als Heizelement eine Hochfrequenz-Induktionsspule eingesetzt.

[0019] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen jeweils in schematischen und stark vereinfachten Darstellungen:

- Fig. 1 eine teilweise Schnittansicht einer nach Art einer Hammermaschine ausgebildeten Umformvorrichtung mit einem Fallhammer,
- Fig. 2 einen Auswerferstift oder Schneidstempel in schematisierter Darstellung,
- Fig. 3 eine teilweise Schnittansicht einer alternativen, horizontal ausgerichteten Umformvorrichtung bei der der Stempel mit Hilfe eines schlagartig expandierenden Gases beschleunigt wird und
- Fig. 4 eine teilweise Schnittansicht einer weiteren Umformvorrichtung, bei der der Stempel mit Hilfe eines speziellen elektromotorischen Antriebs beschleunigt wird.

[0020] In den Figuren sind gleichwirkende Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0021] Die in den Figuren 1, 2 und 3 dargestellten Umformvorrichtungen weisen jeweils eine Führungsplatte 2 auf, die in den Ausführungsbeispielen gleitend an zwei Führungsstangen 4 sehr präzise, d. h. weitgehend spielfrei und zudem möglichst reibungsfrei geführt ist. Der Stempel 6 ist über eine Stempelaufnahme 7 mit der Führungsplatte 2 verbunden und an dieser befestigt

[0022] Gegenüberliegend zur Führungsplatte 2 ist eine Matrize 8 mit einer Aufnahme 10 für einen umzuformenden Metallstift 12 vorgesehen. Nach dem Umformvorgang weist dieser beispielsweise die in Fig. 2 dargestellte Geometrie eines fertigen Auswerferstifts oder Schneidstempels 14 auf. Dieser umfasst einen Kopf 14A sowie einen Schaft 14B und ist üblicherweise als um seine Längsachse rotationssymmetrischer Körper mit kreisrunder Querschnittsfläche ausgebildet. Die Aufnahme 10 der Matrize 8 weist im Wesentlichen die Geometrie des zu fertigenden Kopfes 14A des Schneidstempels 14 auf.

[0023] An die Matrize 8 schließt sich ein sogenannter Stauchturn 15 an, der eine zylindrische Führung für den Metallstift 12 ausbildet und diesen gegen ein Ausknicken beim Umformvorgang sichert. Gegenüberliegend zum Stauchturn 15 ist wiederum ein so genannter Amboss 17 angeordnet, der einen Anschlag für den umzuformenden Metallstift 12 in Axialrichtung bildet und die während des Umformvorgangs auftretenden axialen Kräfte aufnimmt. Der Amboss 17 ist zweckdienlicherweise in Axialrichtung einstellbar, um die axiale Länge bzw. die axiale Position des Schneidstempels 14 beim Umformvorgang exakt zu positionieren.

[0024] Die Umformvorrichtung umfasst weiterhin ein Heizelement 16, das oberhalb der Aufnahme 10 angeordnet ist. Es weist einen freien Innenraum 18 auf, der derart bemessen ist, dass sowohl der Metallstift 12 als auch der Stempel 6 hindurchgeführt werden können.

[0025] Beim Herstellungsverfahren wird zunächst der Metallstift 12 in die Aufnahme 10 eingesteckt. Hierbei steht der Stift 12 mit einem Teilbereich, in dem der Kopf ausgeformt wird, über die Matrize 8 hervor. Hierzu ist beispielsweise eine hier nicht dargestellte Federlagerung vorgesehen. Mit Hilfe des Heizelements 16, welches insbesondere als eine Hochfrequenz-Induktionsspule ausgebildet ist, wird der obere Bereich des Metallstifts 12 in wenigen Sekunden auf die notwendige Umformtemperatur, insbesondere im Bereich zwischen 600° und 900°C erwärmt. Anschließend wird der Stempel 6 auf eine möglichst hohe Stempelgeschwindigkeit zu Beginn des Umformvorgangs beschleunigt. Unter Berücksichtigung der Stempelgeschwindigkeit wird hierbei die beschleunigte und auf den Metallstift 12 einwirkende Masse derart gewählt, dass die auf den Metallstift 12 übertragene kinetische Energie möglichst genau der Energie entspricht, die zur Umformung und zur Ausformung des Kopfbereichs notwendig ist. Diese notwendige Energie setzt sich einerseits aus der notwendigen Energie für die plastische Verformung sowie der inneren Energie, d. h. der im Metallstift 12 erzeugten Wärme, zusammen. Hierbei können über 90% der eingesetzten kinetischen

Energie in Wärmeenergie umgewandelt werden. Durch die vom Stempel 6 ausgeübte Kraft wird der Metallstift 12 zunächst gegen den Amboss 17 gedrückt. Anschließend beginnt die Umformung zur Ausbildung des Kopfes 14A. Danach wird der ausgebildete Schneidstempel 14

[0026] Die unterschiedlichen Umformvorrichtungen gemäß den Fig. 2, 3 und 4 unterscheiden sich im Wesentlichen durch die Art der Beschleunigung des Stempels 6. Die bevorzugte Ausführungsvariante ist hierbei die nach Fig. 2, bei der die Umformvorrichtung nach Art einer Hammermaschine ausgebildet ist. Bei dieser Ausführungsvariante lassen sich durch einen geringen konstruktiven Aufwand in einfacher Art und Weise hohe Stempelgeschwindigkeiten erzielen, die zudem sehr genau eingestellt werden können. Durch eine genaue Einstellung der Masse ist daher insgesamt eine sehr genaue Einstellung der kinetischen Energie möglich.

[0027] Bei dieser Ausführungsvariante bildet die Führungsplatte 2 eine Grundplatte 20A eines Fallhammers 20 aus, welcher im Ausführungsbeispiel neben der Grundplatte 20A eine zusätzliche Gewichtsplatte 20B aufweist. Nach dem Aufheizvorgang wird eine hier nicht dargestellte Arretierung des Fallhammers 20 gelöst und der Stempel 6 wird durch die Gewichtskraft des Fallhammers 20 über eine Fallhöhe h hinweg in Richtung zum Stempel 6 beschleunigt und erreicht auf der Höhe der Matrize 8 seine höchste Stempelgeschwindigkeit, bevor der Umformvorgang einsetzt.

[0028] Beim Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 3 ist die Umformvorrichtung insgesamt und damit die Führungsstangen 4 horizontal ausgerichtet. Die Beschleunigung erfolgt auf pneumatischem Wege. Hierzu ist ein Druckzylinder 24 vorgesehen, in dem ein Pneumatikstempel 26 verschieblich geführt ist. Der Pneumatikstempel 26 wirkt auf die Führungsplatte 2 ein. Der Druckzylinder 24 weist einen Expansionsraum 28 auf, in den bei Bedarf in hier nicht näher dargestellter Art und Weise ein zuvor komprimiertes Gas zur Entspannung eingeleitet wird. Das Gas wird hierzu beispielsweise in einem hier nicht näher dargestellten Druckspeicher auf einen sehr hohen Druck komprimiert und aus diesem Druckspeicher bei Bedarf über das Öffnen eines Ventils in den Expansionsraum 28 hinein entspannt. Hierdurch wird der Pneumatikstempel 26 schlagartig beschleunigt, so dass insgesamt der Stempel 6 auf die gewünschte hohe Stempelgeschwindigkeit beschleunigt wird.

[0029] Bei der Ausführungsvariante gemäß der Fig. 4 erfolgt die Beschleunigung mit Hilfe eines speziellen elektromotorischen Antriebs 30. Dieser umfasst ein in Richtung des Doppelpfeils verschiebbares und nach Art einer Antriebsnuppe ausgebildetes Antriebselement 32. Über das linear verschiebbliche Antriebselement 32 wird die Führungsplatte 2 beschleunigt.

[0030] Sowohl der Pneumatikstempel 26 als auch das Antriebselement 32 berühren hierbei lediglich die Führungsplatte 2 und sind mit dieser nicht fest verbunden. Nach einem vorgegebenen Beschleunigungsweg wird

die Führungsplatte 2 frei gegeben. Durch diese Maßnahme wird sicher gestellt, dass spätestens bei Beginn des Umformvorgangs der Pneumatikstempel 26 bzw. das Antriebselement 32 nicht mehr auf die Führungsplatte 2 einwirkt. Hierdurch wird zum einen gewährleistet, dass es sich um eine arbeitsgebundene Wirkungsweise handelt, dass also lediglich die kinetische Energie zur Umformung herangezogen wird, und nicht die von den elektromotorischen Antrieb 30 oder von dem Druckzylinder 24 unmittelbar ausgeübte Kraft auf den Metallstift 12 übertragen wird.

[0031] Insbesondere bei hohen Umformenergien und den hierbei üblicherweise hohen Impulsübertragungen vom Stempel 6 auf den Metallstift 12 und den Amboss 17 ist vorzugsweise vorgesehen, einen Gegenimpuls auf den Amboss 17 über geeignete Maßnahmen beispielsweise auf pneumatischen und elektromotorischem Weg bereit zu stellen, wie dies durch den Pfeil am Amboss 17 angedeutet ist.

[0032] Durch das hier beschriebene Herstellungsverfahren lassen sich insbesondere folgende Vorteile erreichen:

- Der Schneidstempel 14 weist sowohl im Schaft 14B als auch im Kopf 14A ein im Wesentlichen gleiches, homogenes Gefüge mit nahezu identischer Korngrößenverteilung auf. Das Gefüge nach der Wärmebehandlung entspricht daher dem des Ausgangsmaterials.
- Die Härte des Kopfes 14A entspricht im Wesentlichen der Härte des Schafts 14B.
- Es ist bereits eine geringe Umformtemperatur im Bereich zwischen 600° und 900°C ausreichend. Es wird also im Wesentlichen bei dem hier beschriebenen Massivumformen durch Stauchen ein Halbwarmumformverfahren durchgeführt. Dadurch ist die Belastung der Bauteile, also des Schneidstempels 14 sowie auch der Matrize 8, gering gehalten.
- Zwischen dem Aufwärmvorgang des Metallstifts 12 und dem Beginn des Umformvorgangs ist keine Wartezeit vorgesehen, so dass der Metallstift 12 vor Beginn des Umformvorgangs nicht abkühlt. Hierdurch ist kein "Überhitzen" erforderlich.
- Aufgrund der Warmumformung zeigt das Gefüge einen an die Geometrie des Schneidstempels 14 angepassten "Faserverlauf".
- Die aus der Umformvorrichtung ausgeworfenen fertigen Bauteile 14 weisen bereits eine hohe Maßgenauigkeit auf und benötigen keine Nachbehandlungsschritte mehr, es sind daher auch keine weiteren Nachbearbeitungsmaßnahmen vorgesehen.
- Aufgrund der hohen Stempelgeschwindigkeit erfolgt eine vergleichsweise rasche Umformung, so dass bis zur Beendigung des Umformvorgangs nur eine geringe Abkühlung des Metallstifts 12 auftritt. Ganz im Gegenteil wird bei der Umformung die gespeicherte Bewegungsenergie zu nahezu 97% in innere Energie (Temperaturerhöhung) umgewandelt. D. h.

das Teil nimmt in der Bearbeitungszeit mehr Energie auf als es an seine Umgebung abgeben kann.

- Aufgrund der Ausgestaltung nach Art einer Hammermaschine erfolgt eine arbeitsgebundene Umformung, d.h. die Umformung ist beendet, sobald die kinetische Energie des Stempels 6 aufgebraucht ist. Im Unterschied zu weggebundenen Maschinen, wie beispielsweise einer Hydraulik- oder Exzenterpresse, bei der der Stempel bis zu einer definierten Endposition unabhängig von der aufzuwendenden Arbeit verstellt wird, wird insbesondere die Matrize 8, der Stauchturm 15, der Amboss 17 sowie die gesamte Maschine weniger beansprucht. Bei den weggebundenen Maschinen besteht nämlich die Gefahr, dass geringfügig überschüssiges Material mit hohem Druck gegen die Wandung der Aufnahme 10 gepresst wird und diese hierbei verformt.
- Aufgrund der niedrigeren Temperaturen, der kurzen Umformzeit und der damit verbundenen hohen Maßhaltigkeit tritt an der Kopfunterseite am Schaft 14B allenfalls eine geringe Schaftverdickung auf, die an sich unerwünscht ist.
- Durch die geringen Temperaturen ist insgesamt ein Material schonendes Herstellungsverfahren mit kurzer Taktzeit ermöglicht.
- Der Einsatz einer Hammermaschine ist eine denkbar einfache Ausführungsform, die kostengünstig, verschleißarm und zuverlässig betrieben werden kann.

[0033] Das hier beschriebene Verfahren zur Warm- und Halbwarmumformung mit der hohen Stempelgeschwindigkeit und der besonders guten Dosierbarkeit der Kraft, die durch den Stempel auf den umformenden Bereich einwirkt, insbesondere mit den geringen Umformtemperaturen, lässt sich insbesondere für die Herstellung von Auswerferstiften oder Schneidstempeln verwenden. Insbesondere ist mit diesem Verfahren auch die Herstellung von derartigen Elementen mit geringem Durchmesser von beispielsweise lediglich 0,5 mm problemlos und vollautomatisch mit hoher Maßgenauigkeit ermöglicht. Aufgrund der mit diesem Verfahren erreichbaren hohen Maßgenauigkeit bei gleichzeitig sehr guten Gefügeeigenschaften wird dieses Verfahren insbesondere auch für die Herstellung von hochpräzisen Bauteilen, beispielsweise für die Medizintechnik und insbesondere auch zur Herstellung von Zahnrädern oder Ritzelwellen eingesetzt. Bei Ritzelwellen ist der Kopf 14A nach Art eines Zahnrads oder eines Ritzels ausgebildet. Insgesamt sind mit dem hier beschriebenen Verfahren hochpräzise Schmiedeteile herstellbar.

[0034] Entscheidend bei dem vorliegenden Verfahren ist die hohe Stempelgeschwindigkeit. Im Ausführungsbeispiel wird zur Erreichung der hohen Stempelgeschwindigkeit eine Hammermaschine eingesetzt. Prinzipiell können diese hohen Geschwindigkeiten beispielsweise auch mit pneumatischen Antrieben oder elektrischen Stellantrieben erzielt werden. Bei der Verwendung

von sehr großen Massen für den Fallhammer 20 und bei hohen Geschwindigkeiten ist es aufgrund des dann hohen Impulseintrags von Vorteil, wenn zum Ausgleich des Impulseintrags ein Gegenimpuls in geeigneter Weise erzeugt wird.

Bezugszeichenliste

[0035]

2	Führungsplatte
4	Führungsstange
6	Stempel
7	Stempelaufnahme
8	Matrize
10	Aufnahme
12	Metallstift
14	Schneidstempel
14A	Kopf
14B	Schaft
15	Stauchturm
16	Heizelement
17	Amboss
18	freier Innenraum
20	Fallhammer
20A	Grundplatte
20B	Gewichtsplatte
24	Druckzylinder
26	Pneumatikstempel
28	Expansionsraum
30	elektromotorischer Antrieb
32	Antriebselement

35 Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines hochpräzisen bolzenförmigen Elements (14) mit einem Schaft (14B) und einem warmumgeformten Kopf (14A), bei dem in eine Matrize (8) ein umzuformender Metallstift (12) eingesteckt, der Metallstift (12) in einem umzuformenden Bereich erwärmt wird und bei dem der Metallstift (12) mit Hilfe eines Stempels (6) und der Matrize (8) zur Ausbildung des Kopfes (14A) umgeformt wird,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Stempel (6) zu Beginn des Umformvorgangs mit einer Stempelgeschwindigkeit größer etwa 3000 mm/s, insbesondere mit einer Stempelgeschwindigkeit im Bereich von etwa 5000 bis 8000 mm/s, gegen den Metallstift (12) verfahren wird,

dass zur Erzeugung der Stempelgeschwindigkeit ein Fallhammer (20) unter Ausnutzung der Erdbeschleunigung eingesetzt wird, und

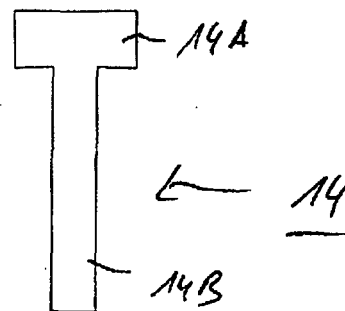
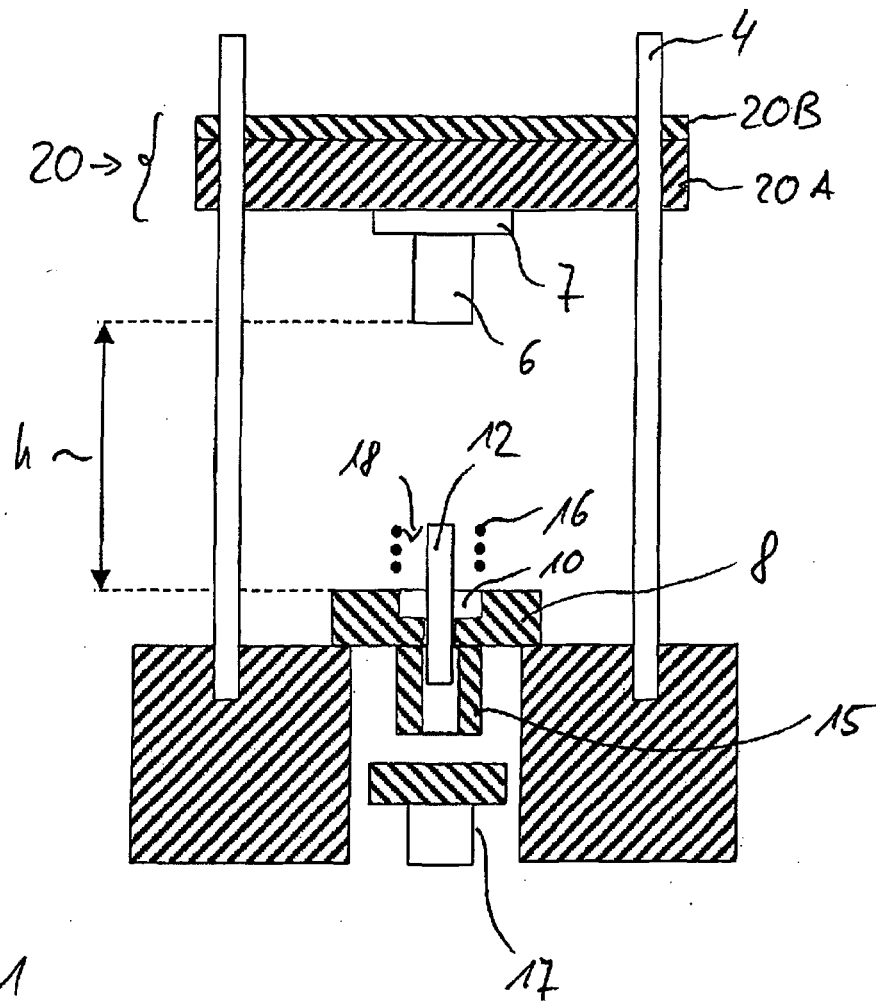
dass eine arbeitsgebundene Umformung erfolgt und die mit dem Stempel (6) auf den Metallstift (12) übertragene kinetische Energie derart eingestellt wird, dass sie der für den Umformvorgang notwen-

digen Energie entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Masse des Fallhammers (20) einstellbar ist und hierzu einzelne, miteinander kombinierbare Gewichtsplatten (20B) verwendet werden. 5
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der umzuformende Bereich des Metallstifts (12) auf etwa 600° bis 900°C erwärmt wird. 10
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Wärmebehandlung des Metallstifts (12) im Kopfbereich bis zum Beginn des Umformvorgangs aufrechterhalten wird.' 15
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das hochpräzise bolzenförmige Element nach der Warmumformung bereits den fertigen Endzustand aufweist und keiner weiteren Nachbehandlung unterzogen wird. 20
6. Bolzenförmiges Element mit einem Schaft (14B) und einem warmumgeformten Kopf (14A), das nach einem der vorhergehenden Ansprüche hergestellt ist und dessen Materialgefüge im warmumgeformten Kopfbereich und im unbehandelten Schaftbereich im Wesentlichen übereinstimmen. 25
7. Element nach Anspruch 6, das nach dem Warmumformen im Kopfbereich im Wesentlichen die gleiche Härte aufweist wie im Schaftbereich. 30
8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5, mit 35
 - zumindest einem senkrecht ausgerichteten Führungselement (4)
 - einem am Führungselement (4) gelagerten Fallhammer (20), an dem ein Stempel (6) angeordnet ist, 40
 - einer Matrize (8) zur Aufnahme eines umzuformenden Metallstifts (12), die am unteren Ende des Führungselements angeordnet ist, mit
 - einem Heizelement (16), das oberhalb der Matrize (8) zur Erwärmung eines umzuformenden Kopfbereichs des Metallstifts (12) angeordnet ist, wobei 45
 - eine Fallhöhe (h) des Fallhammers (20) derart eingestellt ist, dass der Stempel auf eine Stempelgeschwindigkeit beschleunigt wird, die zu Beginn des Umformvorgangs größer etwa 3000 mm/s ist und insbesondere im Bereich von etwa 5000 bis 8000 mm/s liegt und 50
 - die Masse des Fallhammers (20) derart eingestellt ist, dass eine arbeitsgebundene Umformung erfolgt und die kinetische Energie der für die Umformung notwendigen Energie ent- 55

spricht.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, bei der die Masse und/oder die Fallhöhe (h) des Fallhammers (20) variabel sind.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, bei der das Heizelement (16) als feststehendes ringförmiges Element ausgebildet ist, dessen freier Innenraum (18) derart bemessen ist, dass der Stempel (6) berührungslos durch den freien Innenraum (18) zum Metallstift (12) verfahrbar ist.



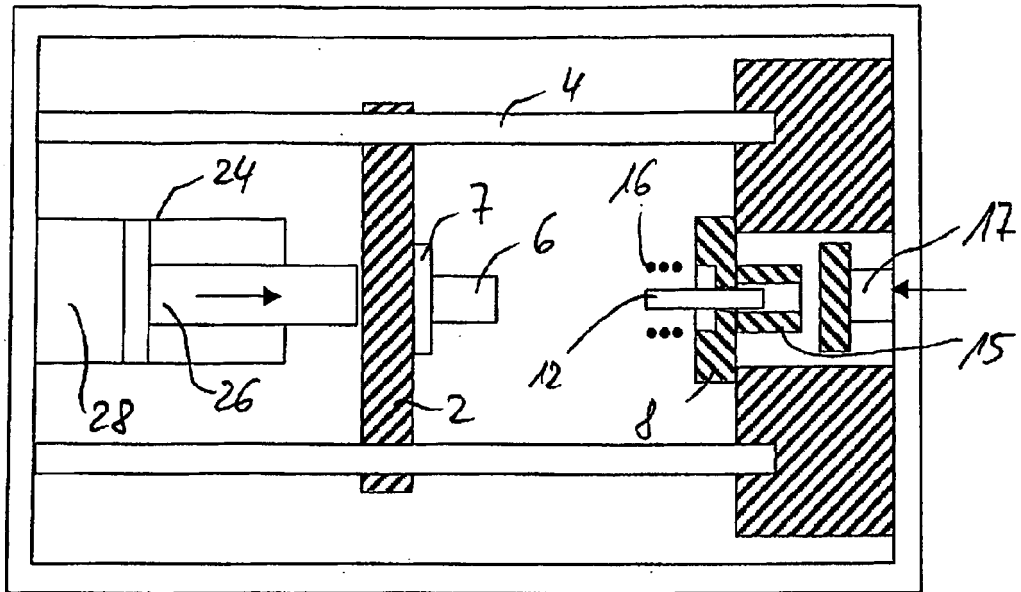


Fig 3

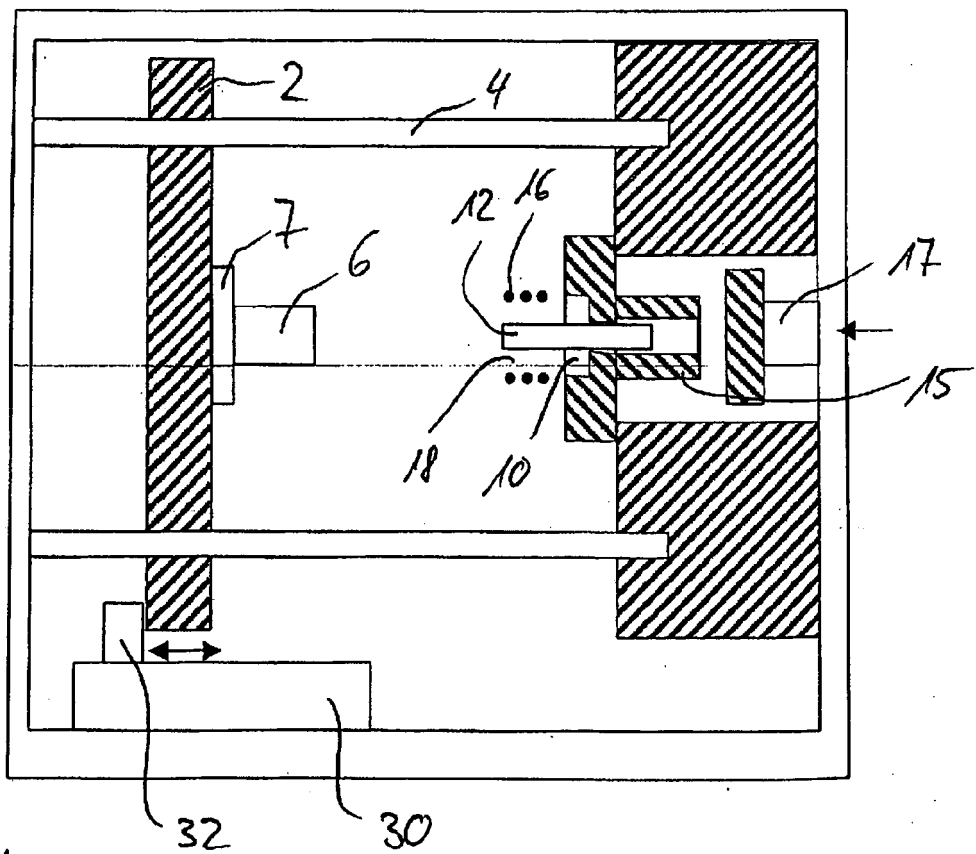


Fig 4



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 06 00 7393

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	FR 1 365 180 A (HEINRICH HERTEL) 26. Juni 1964 (1964-06-26) * Seite 1, Spalte 2, Zeilen 6-17 * * Seite 2, Spalte 1, Zeile 46 * * Seite 3, Spalte 1, Zeilen 12-15 * -----	1,6,7	INV. B21K1/46 B21J9/08
A,D	DE 16 27 688 A1 (MAREZZA, GENOVEFFA) 14. Mai 1970 (1970-05-14) * Seite 1, Absatz 1 * * Seite 2, Zeilen 9-15 * -----	1,6,8	
A,D	US 4 023 225 A (TOCHILKIN ET AL) 17. Mai 1977 (1977-05-17) * Spalte 2, Zeilen 17-19 * -----	1,6,8	
A,D	DE 35 05 251 A1 (BUENDGENS MASCHINEN VERWALTUNGEN GMBH) 21. August 1986 (1986-08-21) * Spalte 2, Zeilen 35-40 * -----	1,6,8	
A,D	DE 41 09 407 A1 (LANGSCHWAGER, INGO, 3014 LAATZEN, DE; LANGSCHWAGER, INGO, 30880 LAATZE) 24. September 1992 (1992-09-24) * Spalte 1, Zeilen 3-12 * -----	1,6,8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B21K B21J B21G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 25. Juli 2006	Prüfer Augé, M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 06 00 7393

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-07-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 1365180	A	26-06-1964	KEINE
DE 1627688	A1	14-05-1970	KEINE
US 4023225	A	17-05-1977	DE 2548201 A1 13-05-1976
			FR 2289269 A1 28-05-1976
			GB 1498690 A 25-01-1978
			JP 52057076 A 11-05-1977
			SU 543454 A1 25-01-1977
DE 3505251	A1	21-08-1986	KEINE
DE 4109407	A1	24-09-1992	KEINE

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 1627688 [0005]
- DE 4109407 C2 [0005]
- DE 3505251 A1 [0005]
- US 4023225 A [0005]