

①②

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

②① Anmeldenummer: **89111254.2**

⑤① Int. Cl.4: **B21D 1/00 , B21D 31/06**

②② Anmeldetag: **21.06.89**

③③ Priorität: **13.07.88 DE 3823675**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.01.90 Patentblatt 90/03

⑥④ Benannte Vertragsstaaten:
BE ES FR GB IT NL SE

⑦① Anmelder: **DORNIER GMBH**
Postfach 1420
D-7990 Friedrichshafen 1(DE)

⑦② Erfinder: **Reccius, Helmut, Ing. grad.**
Aindorferstrasse 130 a
D-8000 München 21(DE)
Erfinder: **Meyer, Rolf, Dr.rer.nat.**
Am Bühel 2
D-8195 Egling 1(DE)

⑦④ Vertreter: **Landsmann, Ralf, Dipl.-Ing.**
DORNIER GMBH - Patentabteilung - Kleeweg
3
D-7990 Friedrichshafen 1(DE)

⑤④ **Einrichtung zum Biegeumformen oder Richten von Werkstücken durch plastische Formänderung.**

⑤⑦ Umformeinrichtung mit einem Abstützelement, das eine Schicht von Eindrückelementen enthält, gekennzeichnet durch eine dazwischen liegende Schicht von Kraftverteilerelementen.

EP 0 350 671 A2

Einrichtung zum Biegeumformen oder Richten von Werkstücken durch plastische Formänderung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Biegeumformen, Richten oder dergleichen von Werkstücken, entsprechend den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruches 1.

Zur Umformung von Werkstücken aus Materialien, die elastisches und plastisches Umformverhalten aufweisen, wird neben anderen bekannten Umformverfahren das Kugelstrahl-Umformen (shotpeen forming) angewandt.

Dieses Umformverfahren findet bevorzugt bei der Umformung von Beplankungsteilen als Bauelemente von Flugzeugrümpfen und Flugzeugtragflügeln oder beim Zellenbau von Raumfahrzeugen Anwendung.

Bei der bekannten Umformung wird mit Schlagkörpern in der Form von Stahlkugeln oder auch Schlagkörpern aus anderen Werkstoffen oder auch anderer Form gearbeitet.

Die Umformung z.B. plattenförmiger Werkstücke, insbesondere als Integralbauteile ausgebildete Paneele mit einseitig angeordneten Versteifungsrippen, werden die Schlagkörper gegen die Werkstückoberfläche bewegt, so, dass die Schlagkörper in die Oberfläche des Werkstückes eindringen.

Dabei findet sowohl eine Materialverdichtung als auch eine Materialverdrängung statt, die zur Umformung des Werkstückes bei einseitiger Beaufschlagung führt.

Der Aufprall auf das umzuformende Werkstück kann im freien Fall der Schlagkörper aus vorbestimmter Höhe in Abhängigkeit von der Schlagkörperabmessung, in flächiger Aufschlagverteilung oder einer Verteilung der Körper in Form einer Aufschlagfront erfolgen.

Bei einer bekannten Ausführungsart werden die Schlagkörper mittels geeigneter Medien beaufschlagt und dadurch beschleunigt. Als Beaufschlagungsmedium wird Luft- oder Flüssigkeit eingesetzt oder die Beschleunigung der Schlagkörper wird mit Schleuderrädern bewirkt.

Ferner sind Einrichtungen bekannt, mittels denen die Schlagkörper einzeln in Führungen beschleunigt werden, um einen vorbestimmten, abgegrenzten Aufschlagbereich einhalten zu können.

Es ist auch eine Einrichtung zum Formrichten von Blechteilen bekannt, die an einer Halterung eine Anzahl von Eindringkörpern starr und in einer Eindrückebeine ausgerichtet aufnimmt.

Bei Schlagkörperstrahlen oder -fronten, sowohl bei Beschleunigung der Schlagkörper in freiem Fall oder durch Beaufschlagung, treffen die Schlagkörper mit erheblicher Streuung auf die Werkstückoberfläche auf. Die Streuung wird dabei durch gegenseitige Berührung und folgendem Abprall der Schlagkörper während der Beschleunigung vor

dem Auftreffen auf die Werkstückoberfläche und auch durch unterschiedliche Beaufschlagung der Eindrückkörper mittels des verwendeten Mediums, z.B. durch gegenseitige Überdeckung der Körper, hervorgerufen.

Daraus resultiert, daß eine genaue Abgrenzung eines vorgeschriebenen Umformbereichs am Werkstück nicht einzuhalten ist.

Auch lassen sich willkürliche Anhäufungen von Einschlägen von Eindringkörpern auf die Werkstückoberfläche und eine daraus resultierende ungleichmässige Materialverdrängung bei der Umformung eines Werkstückes und damit eine ungleichmässige Spannungsverteilung am Werkstück nicht vermeiden.

Zu einer ungleichmässigen Materialverdrängung trägt bei den bekannten Verfahren auch bei, dass die Schlagkörper durch gegenseitige Berührung nicht senkrecht, sondern mit einer seitlichen Bewegungskomponente auf die Werkstückoberfläche auftreffen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, für die Umformung oder das Richten von Werkstücken, z.B. Paneelen, Versteifungsrippen oder dergleichen, eine gleichmässige Verteilung der Umformkraft gleichzeitig auf mehrere Eindrückelemente oder eine Eindrückeinheit in Verbindung mit einer Anpassung an die gegebene Kontur des Werkstückes oder der sich im Verlaufe eines Umformzyklus ändernde Kontur zu bewirken. Gleichzeitig ist es Aufgabe der Erfindung eine Einrichtung zu schaffen, mittels der eine exakte Bestimmung des Umformgrössenbereichs und des Umformortes am Werkstück erzielen lässt und die eine Beeinflussung der Eindringgeschwindigkeit der Eindrückelemente in die Werkstückoberfläche ermöglicht.

Die gestellte Aufgabe ist erfindungsgemäss gelöst durch die kennzeichnenden Merkmale gemäss Anspruch 1 und in weiterer vorteilhafter Ausgestaltung des Haupterfindungsgedankens nach den Merkmalen der weiteren Ansprüche.

Mittels der erfindungsgemäss ausgebildeten Einrichtung lassen sich durch die vorgegebenen seitlichen Abstände der Eindrückelemente vorbestimmbare Eindrückmuster am Werkstück in vorbestimmbarer Eindringtiefe und in vorbestimmbaren Bereichen und Orten des Werkstückes erzielen.

Damit ist eine genau vorausbestimmbare Umformung ermöglicht und der Umformgrad bei Serienherstellung reproduzierbar. Durch die selbsttätige Anpassung der Eindrückelemente an den Konturverlauf des Werkstückes, z.B. auch an die sich ändernde Kontur des Werkstückes während der Umformung infolge fortschreitendem Eindringens der Eindrückelemente in das Werkstück wird die

eingeleitete Eindrückkraft auf sämtliche Eindrückelemente gleichmässig verteilt übertragen. Die Anpassung der Eindrückelemente an vorgegebene oder sich ändernde Konturverläufe wird erreicht durch die seitliche Abstützung der Eindrückelemente und/oder Kraftverteilerelemente in Verbindung mit dem Bewegungsspiel zwischen den Eindrückelementen und den Verteilerelementen, sowie dem Abstützelement.

Die Führung der Eindrückelemente an einer Abstützung bewirkt, dass die Eindrückkraft senkrecht oder annähernd senkrecht zur Werkstückoberfläche wirksam ist und damit unkontrollierbare Eindrückbewegungen mit der sich daraus ergebenden unregelmässigen und ungleichen Materialverdrängung am Werkstück durch nicht vorherbestimmbare Kraftereinleitung unter einem Winkel gegenüber der Vertikalen zur Werkstückoberfläche, wie beim Stand der Technik, vermieden werden. Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemässen Ausbildung gegenüber dem Bekannten besteht ferner auch darin, dass die Eindrückgeschwindigkeit mit der die Eindrückelemente in das Material eindringen, über den Zeitraum des Eindrückvorganges steuerbar ist.

Vorteile ergeben sich erfindungsgemäss weiterhin dadurch, dass als Eindrückelemente handelsübliche Stahlkugeln, Stahlzylinderkörper oder solche mit tonnenförmiger, konvexer Ausbildung, wie bei Wälzlagern verwendet, eingesetzt werden können. Dabei ist lediglich das die Eindrückelemente aufnehmende und die Eindrückkraft auf die Elemente übertragende Abstützelement herzustellen.

Infolge des zur Wirkrichtung der Eindrückelemente belassenen seitlichen Spiels zwischen einander benachbarten Eindrückelementen und den Kraftverteilerelementen beziehungsweise zwischen den Eindrückelementen und/oder Kraftübertragungselementen und das Abstützelement wird eine selbsttätige Anpassung der Lage der Eindrückelemente an der Verlauf der Kontur des umzuformenden Werkstückes, Versteifungsstegen oder dergleichen ermöglicht.

Die Ausbildung einer aus der Abstützung und der durch diese aufgenommenen Eindrück- und Kraftverteilerelemente bestehende Eindrückeinheit erlaubt die Anpassung der Eindrückelemente an eine ebene Ausgangsform des Werkstückes vor dem Umformprozess ebenso wie eine Anpassung an eine konkave, konvexe oder kugelschalenförmige Kontur des Werkstückes.

Die Anpassung erfolgt auch entsprechend dem sich während des Umformvorganges ändernden Konturverlauf.

Ferner erlaubt die erfindungsgemäss ausgebildete Einrichtung ausser der einseitigen Bearbeitung eines Werkstückes zur Erzeugung einer Krümmungsänderung bei gleichzeitigem Angriff von

mehreren Einheiten der Einrichtung auf einander gegenüberliegenden Seiten eines Paneels oder Steges mittels gegeneinander in das Werkstück eindringenden Eindrückelementen bei entsprechend gleicher Bemessung der Eindringelemente und gleicher Eindringtiefe eine Bauteillängung ohne die Ausbildung einer Krümmung. Desgleichen ist bei gleichzeitig beidseitiger Eindrückung von Eindrückelementen in die gegenüberliegenden Seiten eines Werkstückes mit unterschiedlich bemessenen Eindrückelementen der einen Seite der Eindrückeinrichtung gegenüber der entgegengesetzt arbeitenden Einrichtung der anderen Seite eine Bauteilkrümmung bei gleichzeitiger Bauteillängung erzielbar.

Zur gleichförmigen Kraftverteilung kann eine Eindrückeinheit eine oder mehr Schichten von Kraftverteilerelementen aufweisen. Die Eindrückelemente und Kraftverteilerelemente können zur Halterung an der Abstützung von Käfigen in der Art wie bei Kugellagern oder Wälzlagern unter Belastung eines allseitigen Bewegungsspiels fixiert sein.

Durch entsprechende Neigung oder Krümmung der Abstützwandflächen des Abstützelementes kann den Eindrückelementen über die Kraftverteilerelemente eine von der eingeleiteten Beaufschlagungsrichtung der Umformeinheit abweichende Wirkkomponente erteilt werden, so dass die Eindringrichtung der Eindrückelemente in die Werkstückoberfläche senkrecht oder geneigt zur Werkstücklängserstreckung ausgerichtet verläuft.

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Einrichtung gemäss der Erfindung dargestellt. Nachfolgend sind die Ausführungsbeispiele anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigt:

Figur 1 eine Ausführungsform der Einrichtung in Seitenansicht, schematisiert dargestellt, wobei die Eindrückelemente auf der ebenen Oberfläche eines Paneels aufliegen,

Figur 2 die Einrichtung in einer Arbeitsstellung mit Anpassung der Eindrückelemente und der Kraftverteilerelemente einseitig an einem Paneel mit konvex gewölbter Beaufschlagungsfläche, in der Darstellungsweise gemäss Figur 1,

Figur 3 die Einrichtung mit Anpassung der Eindrückelemente und der Kraftverteilerelemente an ein Paneel mit konkav gewölbter Beaufschlagungsfläche,

Figur 4 eine Ausführungsform der Einrichtung in Seitenansicht, schematisiert dargestellt, mit unterschiedlich geformten Elementen,

Figur 5 eine Ausführungsform der Einrichtung in Seitenansicht, schematisiert dargestellt, mit unterschiedlich geneigt ausgebildeten Abstützwandflächenabschnitten des Abstützelementes zur Kraftübertragung,

Figur 6 und 7 Ausführungsformen der Ein-

richtung in Seitenansicht schematisch dargestellt, mit Haltemitteln für die Fixierung der Eindrückelemente und der Kraftverteilerelemente am Abstützelement,

Figur 8 eine Ausführungsform der Einrichtung in Seitenansicht, schematisch dargestellt mit einem Niederhalterteil für das Werkstück mit einer Gegenhalterung,

Figur 9 die Anwendung der Einrichtung bei Werkstücken mit absetzt ausgebildeter Beaufschlagungsfläche und Anpassung der Elemente an diese Fläche,

Figur 10 eine Ausführungsform der Einrichtung in Seitenansicht, schematisch dargestellt, wobei sich die Kraftverteilerelemente quer zur Wirkrichtung der Eindrückkraft am Abstützelement abstützen,

Figur 11 eine Ausführungsform der Einrichtung in perspektivischer, schematischer Darstellung, mit Kraftverteilerelementen und Eindrückelementen in zylindrischer Form,

Figur 12 eine Ausführungsform der Einrichtung, in perspektivischer und schematischer Darstellung, mit Eindrückelementen und Kraftverteilerelementen unterschiedlicher Form,

Figur 13 Anwendung der Einrichtung nach einer der vorangehenden Ausführungsbeispiele mit beidseitigem Angriff der Elemente am Versteifungssteg eines Paneels,

Figur 14 Ausführungsform der Einrichtung in Seitenansicht und schematischer Darstellung mit voneinander getrennten und gegeneinander beweglichen Abstützelementen,

Figur 15 eine Ausführungsform der Einrichtung in einem Querschnitt durch das Abstützelement in Vierecks-Anordnung von Eindrückelementen und

Figur 16 eine weitere Ausführungsform der Einrichtung in einem Querschnitt durch die Abstützung mit Dreiecks-Anordnung der Eindrückelemente.

Bei dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Einrichtung als Einheit insgesamt mit 1 bezeichnet. Die Einrichtung kann aufgenommen und beaufschlagt werden mittels eines einer hier nicht dargestellten Kräfteerzeugers, z. B. ähnlich einem pneumatisch arbeitenden Hammer oder dergleichen. Die Einheit 1 besteht aus einem Aufnahmeelement 6, den Eindrückelementen 3 sowie den mit diesen und dem Abstützelement in Kontakt befindlichen Kraftverteilerelementen 4. Mit 2 ist ferner das umzuformende Werkstück bezeichnet.

Die Kraftverteilerelemente 4 stützen sich in Wirkrichtung der Eindrückkraft F, das heißt der senkrecht oder annähernd senkrecht zur beaufschlagenden Fläche 2' des Werkstoffes gerichteten Kraft an Abstützwandflächenabschnitten 8 des Abstützelementes 6 ab, das hier eine sich quer zur Richtung

der Eindrückkraft F erstreckende ebene Fläche ist. Das Abstützelement 6 weist ferner einen Abstützwandflächenabschnitt 7 auf, an dem sich die der Wandfläche benachbarten Eindrückelement 3 oder die Kraftverteilerelemente 4 quer zur Wirkrichtung der Eindrückkraft F abstützen.

Beim Ausführungsbeispiel gemäss Figur 1 bis 3 sind als Eindrückelemente handelsübliche z.B. für Kugellager bestimmte Stahlkugeln verwendet, wobei hier als Beispiel eine Lage L_E aus neun Eindrückelementen 3 in Viereckanordnung mit entsprechend ausgebildeter Abstützwandflächenabschnitt 7 und eine Lage L_K aus vier Kraftverteilerelementen 4 in entsprechender Anordnung vorgeesehen ist.

Das Abstützelement 6 weist, begrenzt durch den Abstützwandflächenabschnitt 7 und die Abstützwandflächenabschnitt 8, einen gegen das Werkstück 2 beziehungsweise dessen Beaufschlagungsfläche 2' offenen Raum zur Aufnahme der Elemente 3 beziehungsweise 4 auf, wobei der Raum so bemessen ist, dass zwischen den einander benachbarten Kugeln 3 und den Kugeln 4 ein Bewegungsspiel s belassen ist.

Die Kraftverteilerelemente 4 stützen sich bei dieser Ausführung seitlich nicht an den Abstützwandflächenabschnitten 8 ab. Die Kugeln jeder Schicht L sind durch geeignete Mittel z.B. Führungskäfige 12 unter Belassung des Bewegungsspiels s am Herausfallen aus dem Abstützelement 6 gehindert.

Durch Beaufschlagung mit der Eindrückkraft F des Abstützelementes 6 dringen die Eindrückelemente 3 in die Beaufschlagungsfläche 2' des Werkstückes 2 ein und verdrängen in bekannter Weise Werkstoff in Abhängigkeit von der Kontur und Abmessung der Eindrückelemente 3, sowie in Abhängigkeit von der Eindringtiefe entsprechend der Höhe der aufgebrauchten Eindrückkraft F.

Die über das Abstützelement 6 eingeleitete und durch die Kraftverteilerelemente 4 auf die jeweils mit den benachbarten Verteilerelementen 4 in Kontakt befindlichen Eindrückelemente 3 und ferner durch das freie Bewegungsspiel s zwischen den Verteilerelementen 4 und den Eindrückelementen 3 sowie den Elementen 3 und 4 und dem Abstützelement 6 stellen sich die Eindrückelemente 3 und die Verteilerelemente 4 auf den Konturverlauf der Werkstückoberfläche 2' selbsttätig ein. Infolge der Anpassungsmöglichkeit wird, unabhängig vom Konturverlauf der Beaufschlagungsfläche 2' des Werkstückes 2 eine gleichmässige Kraftverteilung auf die Eindrückelemente 3 erzielt und über den gesamten Umformgang erhalten.

Aus Figur 2 und 3 ist die selbsttätige Anpassung der Lage der Elemente 3 und 4 an einen konvexen beziehungsweise konkaven Krümmungsverlauf der Beaufschlagungsfläche 2' des Werkstückes 2 erkennbar. Dies ist ermöglicht durch das Bewe-

gungsspiel s zwischen den Elementen 3 und den Elementen 4 je einer Elementenschicht L_E bzw. L_K und ferner durch die freie Beweglichkeit der Eindrückelemente 3 (L_E) und 4 (L_K) gegenüber dem Abstützelement 6 in Wirkrichtung der Eindrückkraft F und quer zu dieser Wirkrichtung. Die seitliche Abstützung der Eindrückelemente 3 am seitlichen Abstützwandflächenabschnitt 7 ermöglicht die seitliche Fixierung der Elemente 3.

Hierbei kann zur Verminderung der Reibung zwischen den einander benachbarten und in Kontakt befindlichen Elementen 3 bzw. 4 und den Abstützwandflächen 8 bzw. 7 eine Schmierung vorgesehen werden.

Die in Figur 1, 2 und 3 gezeigte Werkstückkontur kann die Ausgangsform des Werkstückes vor dem Umformen darstellen oder auch die Kontur des Werkstückes in einem Umformzustand während eines Umformvorganges. In beiden Fällen, auch bei schalenförmiger Krümmung des Werkstückes, können sich die Eindrückelemente 3 und Kraftverteilerelemente 4 der gegebenen Kontur selbsttätig anpassen.

Bei den Ausführungsformen der Einrichtung gemäss Figur 4 und 5 ist der Abstützwandflächenabschnitt 8 für die Verteilerelemente 4 geneigt beziehungsweise gekrümmt ausgeführt, um über die Kraftverteilerelemente 4 mit einer gegenüber der Senkrechten zur Werkstückoberfläche $2'$ um einen Winkel α geneigten Wirkrichtungskomponente die Eindrückelemente 3 zu beaufschlagen, sodass eine zur Beaufschlagungsfläche $2'$ senkrechte oder annähernd senkrechte Richtung der Eindrückkraft (F') auch bei gekrümmter Kontur des Werkstückes erzielt wird. Für sämtliche denkbaren Ausführungsbeispiele gilt, dass die Eindrückelemente 3 und die Kraftverteilerelemente 4 untereinander unterschiedliche Abmessungen und Form aufweisen können, wie in Figur 14 beispielhaft angegeben.

Sokönnen auch die Elemente je einer Lage L_E/L_K von Elementen 3 bzw. 4 unterschiedliche Abmessungen aufweisen. Damit lässt sich ein bestimmtes Eindrückmuster mit unterschiedlicher Materialverdrängung bei Aufbringung einer bestimmten Eindrückkraft und damit ein bestimmter Umformgrad des Werkstückes erzeugen.

Abweichend von der Kugelform für die Eindrückelemente 3 und die Kraftverteilerelemente 4 sind für bestimmte Umformvorgaben auch Elemente mit zylindrischer Form oder in Tonnenform wie bei den Ausführungen nach Figur 4, 11 und 12 gezeigt, vorgesehen. Die Ausbildung gemäss den Figuren 11 und 12 ergeben Eindrückmuster am Werkstück mit länglichem Charakter und entsprechender Materialverdrängung.

Die sich aus einer solchen Eindrückform der Eindrückelemente 3 ergebende Materialverdrängung am Werkstück 2 führt zu einer Biegeumfor-

mung um eine Biegeachse.

Mittels dem Einsatz von unterschiedlich geformten Eindrückelementen 3 lassen sich Variationen der Biegeumformung um mehrere Biegeachsen mit bevorzugter Biegeachse erzielen.

Gemäss der Ausbildung nach Figur 6 ist ein Halteelement 12 mit Durchbrechungen 22 für die Fixierung der Elemente 3 und 4 am Abstützelement 6 angebracht.

Die Durchbrechungen weisen dabei Abmessungen auf, die die freie Beweglichkeit der Elemente 3 und 4 mindestens in der Grössenordnung des Bewegungsspiels s .

Bei der Ausführungsform der Einrichtung nach Figur 7 sind die Elemente 3 und 4 am Abstützelement 6 zur Fixierung von einer den Innenraum des Elementes 6 ausfüllenden, elastisch verformbaren Masse 14 umgeben. Die Masse 14 kann in vorbestimmten Bereichen unterschiedliche Flexibilität aufweisen.

Die Gegenhalterung 20 kann aus elastisch verformbarem Material gebildet sein. Bei entsprechender Elastizität tritt bei der Beaufschlagung des Werkstückes durch die Eindrückelemente 8 auf der der Gegenhalterung gegenüberliegenden Werkstückseite eine Umkehrung des Wölbungsverlaufes am Werkstück 2 auf.

Figur 9 lässt die Anpassungsmöglichkeit der Elemente 3 und 4 auch an Beaufschlagungsflächen $2'$ komplizierten Verlaufes erkennen.

In Figur 10 sind im Gegensatz zu den Ausführungen der Einrichtung nach Figur 1 bis 8 vorgesehen, dass sich die Kraftverteilerelemente an den Abstützflächen 7 des Abstützelementes 6 quer zur Wirkrichtung der Eindrückkraft F bzw. F' abstützen.

Die Ausführungsbeispiele nach Figur 11 und 12 zeigen zylindrisch ausgebildete und miteinander in Kontakt befindliche Eindrückelemente 3 bzw. Kraftverteilerelemente 4, eingegossen in eine elastisch verformbare Masse 14, bzw. nach Figur 12 die Kombination von Eindrückelementen 3 bzw. Kraftverteilerelementen 4 unterschiedlicher Form. Mit dieser Formkombination lassen sich bestimmte Eindrückmuster mit entsprechender Werkstückverdrängung einstellen.

Mittels der Anwendung der Umformeinrichtung von beiden Seiten eines umzuformenden Steges 23 gegeneinander gerichtet, ermöglicht eine Längung bzw. Ausbreitung des Steges in vorbestimmter Weise zum Beispiel zum Richten dieses Werkstückabschnittes 23, oder bei Einsatz von Eindrückelementen 3 unterschiedlicher Abmessung auf den einander gegenüberliegenden Seiten des Werkstückes 2.

Es können auf den verschiedenen Seiten auch Einrichtungen mit unterschiedlich bemessenen Eindrückelementen 3 gearbeitet werden.

In Figur 14 ist das Abstützelement in voneinander getrennte und zueinander bewegliche Teilabstützelemente unterteilt. Ausserdem ist bei diesem Ausführungsbeispiel vorgesehen, dass die Kraftverteilererelemente 4 einen geringeren Durchmesser als die Eindrückelemente 3 aufweisen. Die Beweglichkeit der Teilelemente 6 ist durch hier nicht dargestellte Mittel auf eine begrenzte Relativbewegung eingeschränkt.

Gemäss den Figuren 15 und 16 ist der Verlauf der Abstützwandabschnitte 7 zu erkennen. Hierbei steht ein Kraftverteilererelement 4 mit vier Eindrückelementen 3 in Kontakt und die Kraftverteilung erfolgt auf alle vier Elemente 3 in gleicher Grösse. Das gleiche trifft auch auf Ausführungsform gemäss Figur 16 zu.

Ansprüche

1. Einrichtung zum Biegeumformen oder Richten von Werkstücken, insbesondere für den Einsatz bei Werkstücken aus Materialien mit elastischem und plastischem Umformverhalten, unter Verwendung von in die Werkstückoberfläche zum Zwecke der Materialverdrängung eindringenden Körpern und Mitteln zur Erzeugung der zur Formänderung des Werkstückes erforderlichen Beschleunigung der Eindrückkörper, sowie Mitteln zur Abstützung bzw. Aufnahme der Eindrückkörper, **dadurch gekennzeichnet, daß**

- zur Übertragung der Eindrückkraft (F, F') auf das Werkstück (2) ein beaufschlagbares Abstützelement (6) für die Aufnahme von Eindrückelementen (3) und Kraftverteilererelementen (4) mit Abstützung an Flächenabschnitten (7;8) vorgesehen ist, daß

- jedes der Kraftverteilererelemente (4) gleichzeitig mit mindestens zwei einander benachbarten Eindrückelementen (3) zusammenwirkt mit gleichmäßiger Verteilung der Eindrückkraft (F, F') auf die einander benachbarten Eindrückelemente (3) unter Abstützung der Eindrückelemente (3) oder Kraftverteilererelemente (4) an Abstützwandflächenabschnitten (7,8) des Abstützelementes (6) quer beziehungsweise parallel zur Eindrückkraft (F, F') und daß

- zwischen den einander benachbarten Eindrückelementen (3) und/oder den Kraftverteilererelementen (4), sowie zwischen den Elementen (3;4) und den Abstützwandflächenabschnitten (7,8) des Abstützelementes (6) ein Bewegungsspiel eingehalten ist.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die aus starrem Material bestehenden Eindrückelemente (3) oder Kraftverteilererelemente (4) eine konvexe Eindringformfläche (Kugelform, Walzenform, Zylinderform, Tonnenform) aufweisen.

3. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftverteilererelemente (4) und die Eindrückelemente (3) die gleiche Form aufweisen.

4. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Formgebungselemente (3) und die Kraftverteilererelemente (4) die gleichen Abmessungen aufweisen.

5. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für die Übertragung der Eindrückkraft (F) auf die Eindrückelemente (3) mehrere übereinanderliegend angeordnete Lagen (L_K) von Kraftverteilererelementen (4) vorgesehen sind und jedes der Kraftverteilererelemente (4) jeder Schicht beziehungsweise Lage (L_K) gleichzeitig mit mehreren Elementen der benachbarten Kraftverteilererelemente (4) und den Eindrückelementen (3) in Kraftübertragungskontakt steht.

6. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Eindrückelemente (3) einer Schicht (L_E) und/oder die Kraftverteilererelemente (4) untereinander unterschiedliche Abmessungen aufweisen.

7. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftverteilererelemente (4) einer Lage (L_K) zur Beaufschlagung mehrerer Elemente (3; 4) der benachbarten Lage (L_K, L_E) allseitig freibeweglich am Abstützelement (6) angeordnet sind.

8. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Abstützelement (6) für die Kraftverteilererelemente (4) Abstützwandflächenabschnitte (8) aufweist, die gegenüber der Richtung der Eindrückkraft bzw. gegenüber der Wirkrichtung der Eindrückkraft ($F; F'$) einen geeigneten (α) Verlauf aufweisen.

9. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Fixierung der Elemente in der Kammer des Abstützelementes (6) die Kammer mit einer elastisch verformbaren Masse (14) ausgefüllt ist.

10. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstützwandflächenabschnitt (8) des Abstützelementes (6) einen konvex gekrümmten Verlauf aufweist.

11. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstützwandflächenabschnitt (8) der Abstützelementes (6) einen konkav gekrümmten Verlauf aufweist.

12. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstützwandflächenabschnitt (8) des Abstützelementes (6) sich aus mehreren in einem

Winkel zur Horizontalebene des Abelementes (6) geneigten Flächenabschnitten zusammengesetzt (Figur 5).

13. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß am Abstützelement (6) für die Eindrückelemente (3) quer zur Richtung der Eindrückkraft (F) und für das Abstützelement (6) für die Kraftverteiler Elemente (4) in Richtung der Eindrückkraft (F) voneinander getrennt angeordnete und relativ gegeneinander bewegliche Abstützteile (6, 6') vorgesehen sind (Figur 14).

14. Einrichtung nach mindestens einem der vorausgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Eindrückelemente (3) und die Kraftverteiler Elemente (4) durch ein Halteelement (12) am Abstützelement (6) mit Durchbrüchen (22) fixiert sind, die eine freie Beweglichkeit der Elemente um das Spiel s zulassen.

15. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Eindrückelemente (3) und die Kraftverteiler Elemente (4) untereinander unterschiedliche Außenkonturen aufweisen.

16. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Eindrückelemente (3) und die Kraftverteiler Elemente (4) geringe Formtoleranzen und eine reibungsmindernde glatte Oberfläche aufweisen.

17. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die für die seitliche Abstützung der Eindrückelemente (3) beziehungsweise der Kraftverteiler Elemente (4) die Abstützwandflächenabschnitte (7) einen kreisförmigen, dreieckförmigen oder viereckförmigen Verlauf aufweisen.

18. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der der Beaufschlagungsfläche (2') der Werkstücke (2) entgegengesetzten Werkstückseite einer Gegenhalterung (20) zugeordnet ist.

19. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (1) ein auf das Werkstück im Sinne einer Vorspannung einwirkenden Niederhalterteil (21) in Verbindung mit einer Gegenhalterung (20) aufweist.

20. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformeinrichtung gebildet ist aus zwei Einheiten (1) die auf entgegengesetzten Seiten des Werkstückes (2) an einander gegenüberliegenden Orten des Werkstückes (2) mit gegeneinander gerichteter Eindrückkraft F angreifen.

21. Einrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Eindrückelemente (3) beziehungsweise der Kraftverteiler Elemente (4) ungleich

ist.

22. Umformeinrichtung mit einem Abstützelement (6), das eine Schicht von Eindrückelementen (3) enthält, gekennzeichnet durch eine dazwischen liegende Schicht von Kraftverteiler Elementen (4).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

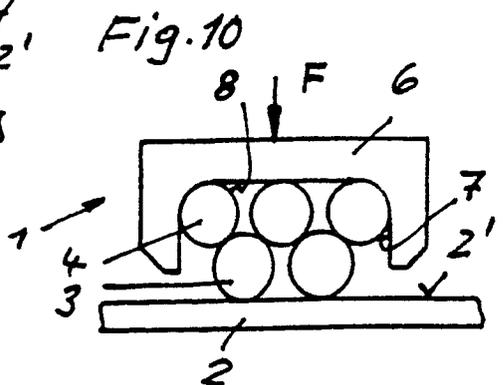
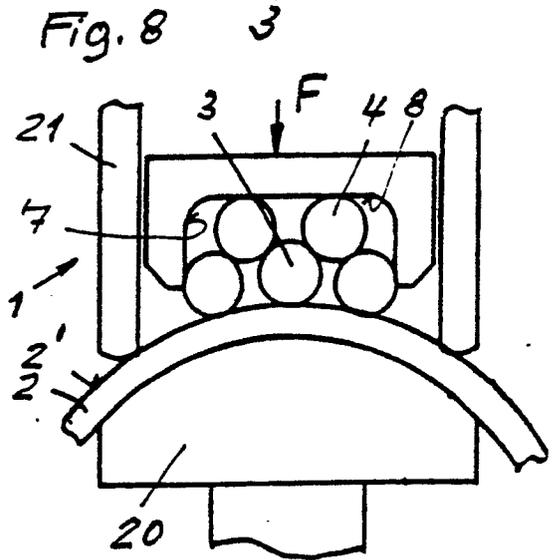
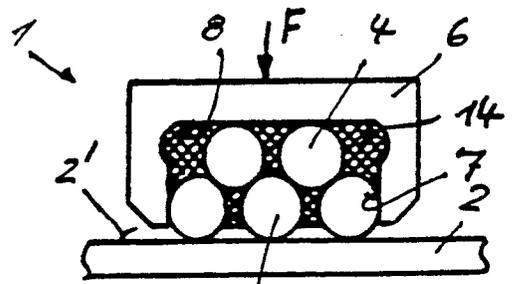
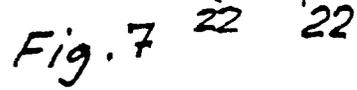
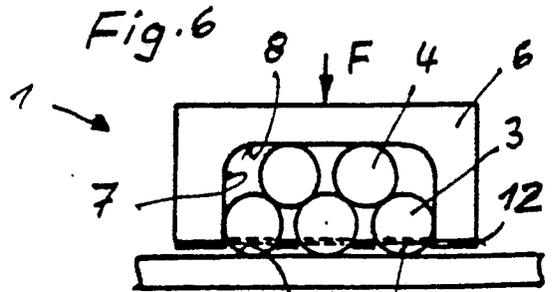
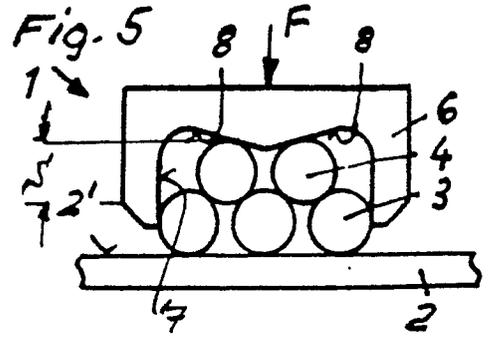
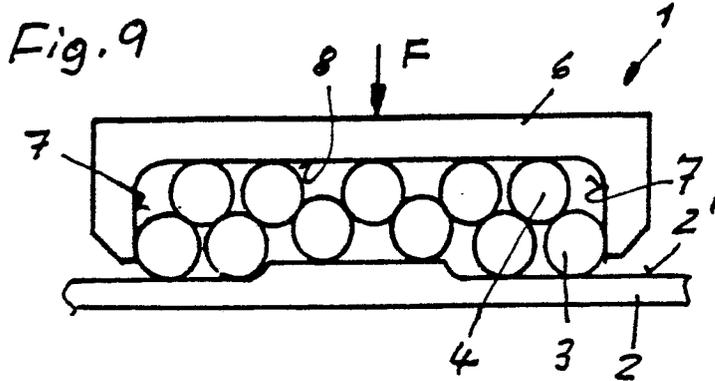
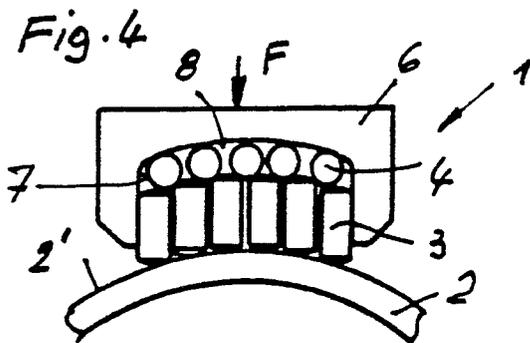
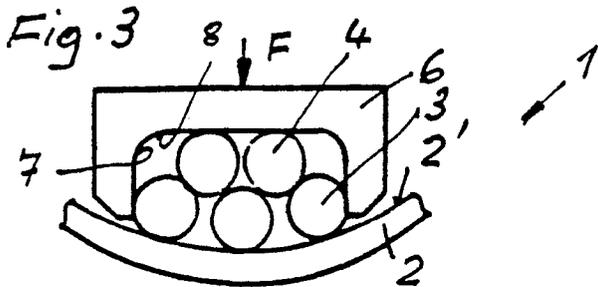
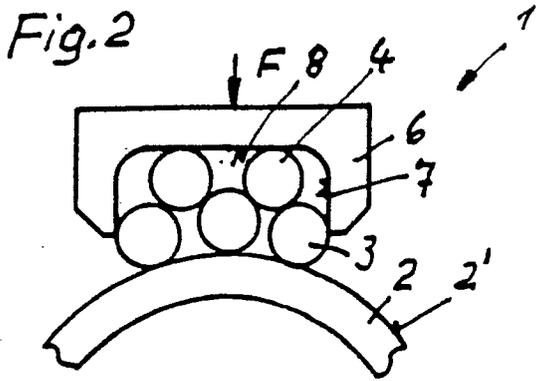
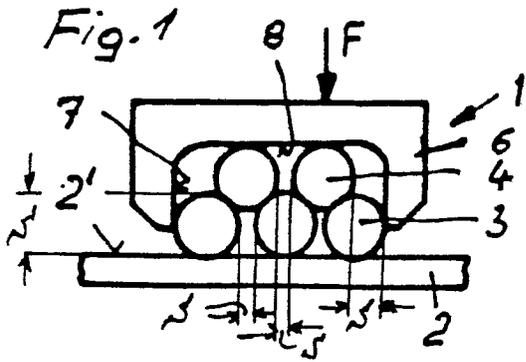


Fig. 11

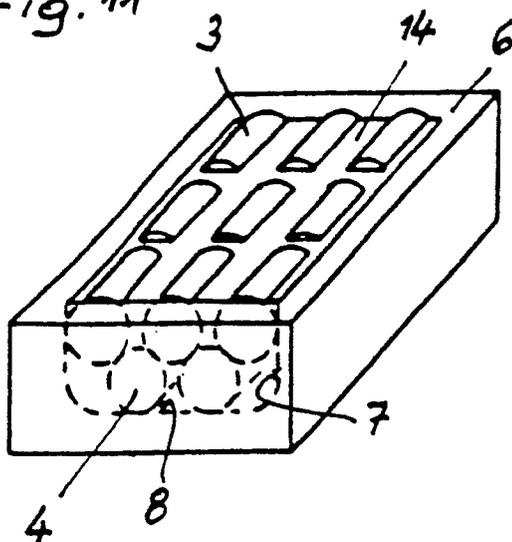


Fig. 12

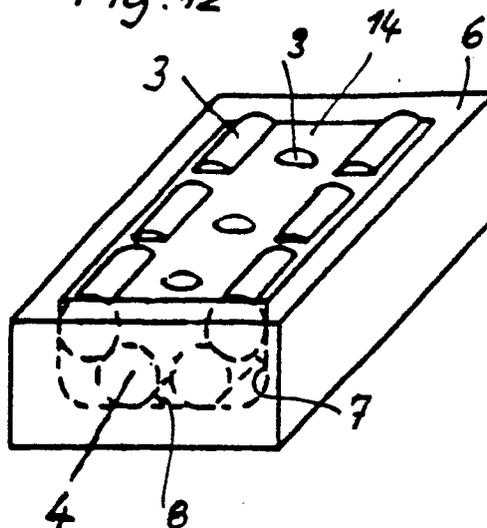


Fig. 13

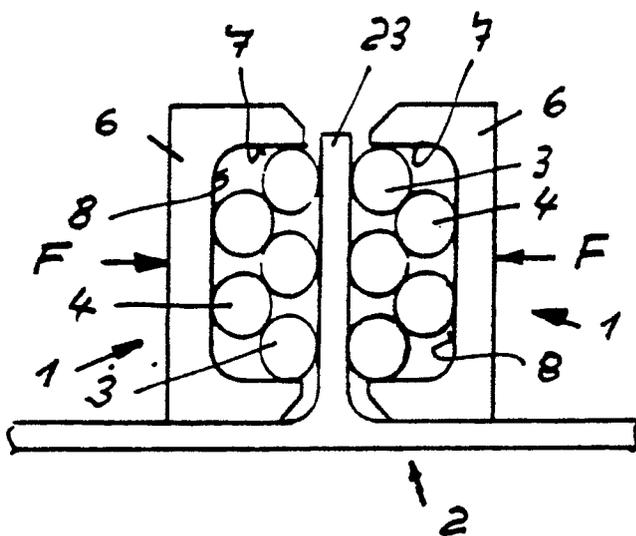


Fig. 14

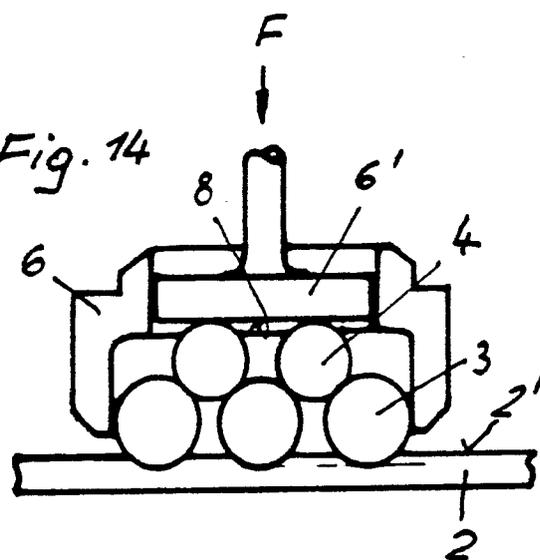


Fig. 15

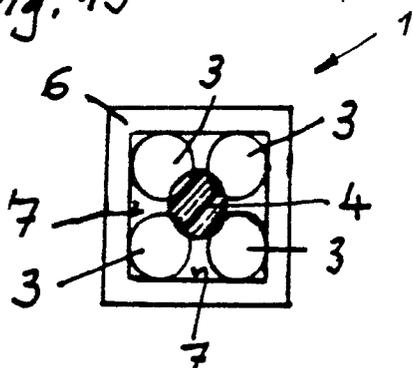


Fig. 16

