

(19)



(11)

EP 2 448 688 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
17.12.2014 Patentblatt 2014/51

(51) Int Cl.:
B21D 5/02 (2006.01) B21D 37/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10739460.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/AT2010/000235

(22) Anmeldetag: **28.06.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2011/000011 (06.01.2011 Gazette 2011/01)

(54) VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM BIEGEN EINES WERKSTÜCKS

DEVICE AND METHOD FOR BENDING A WORKPIECE

DISPOSITIF ET PROCÉDÉ DE PLIAGE DE PIÈCE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **29.06.2009 AT 10112009**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.05.2012 Patentblatt 2012/19

(73) Patentinhaber: **Trumpf Maschinen Austria GmbH & CO. KG.**
4061 Pasching (AT)

(72) Erfinder:
• **BAMMER, Ferdinand**
A-1170 Wien (AT)
• **SCHUÖCKER, Dieter**
A-1130 Wien (AT)

- **HOLZINGER, Bernhard**
A-1100 Wien (AT)
- **AICHINGER, Joachim**
A-4052 Ansfelden (AT)
- **SPERRER, Gerhard**
A-4554 Oberschlierbach (AT)
- **SCHUMI, Thomas**
A-1050 Wien (AT)

(74) Vertreter: **Burger, Hannes**
Anwälte Burger & Partner
Rechtsanwalt GmbH
Rosenauerweg 16
4580 Windischgarsten (AT)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 993 345 EP-A2- 0 108 718
EP-A2- 1 961 502 AT-B- 411 023

EP 2 448 688 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 ein Biegegesenk gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und eine Biegegesenkanordnung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 15 sowie ein Verfahren gemäß Patentanspruch 17 mit Anwendung eines erfindungsgemäßen Biegegesenks oder einer erfindungsgemäßen Biegegesenkanordnung.

[0002] Das Biegen von Werkstücken mittels Biegepressen ist ein schon seit langem und häufig angewendetes zuverlässiges Verfahren zur Bearbeitung von Werkstücken durch Umformen. Der Anwendungsbereich von Biegeverfahren ist häufig durch die Materialeigenschaften, insbesondere durch mechanisch-technologische Eigenschaften begrenzt. So besteht bei spröden Materialien wie Magnesium, Titan, Federstählen, hochfesten Al-Legierungen, hochfesten Stählen oder sonstigen als spröde bekannten Materialien das Problem, dass bei einer Verformung durch Biegen diese Materialien keine ausreichende plastische Verformbarkeit aufweisen und deshalb während des Biegevorganges brechen oder entlang der Umformzone Risse oder andere unerwünschte Umformungen auftreten. Eine Kenngröße, die das diesbezügliche Verhalten von Materialien kennzeichnen kann, ist die so genannte Bruchdehnung, also der Wert der plastischen Verformung, die ein umzuformendes Werkstück bis zum Auftreten eines Bruchs maximal ertragen kann. Eine alternative Kenngröße für dieses Verhalten ist auch das so genannte Streckgrenzenverhältnis, das die in einem Werkstück erforderliche Spannung bei Beginn einer merkbaren plastischen Verformung ins Verhältnis zu der im Werkstück herrschenden Spannung bei Bruchbelastung setzt.

[0003] Um auch derartige Materialien mit niedriger Bruchdehnung oder hohem Streckgrenzenverhältnis für die Anwendung eines Umformverfahrens, insbesondere für Biegen zugänglich zu machen, werden bereits seit längerem mit Erfolg Verfahren angewendet, mit denen ein Werkstück in einen Zustand versetzt wird, in dem es günstigere mechanische Eigenschaften aufweist, und mittels eines Biegeverfahrens umgeformt werden kann. Eine bekannte Methode besteht darin, ein zu biegendes Werkstück zumindest im Bereich der Umformzone zu erwärmen, wodurch in diesem erwärmten Bereich die zur Einleitung von plastischer Verformung erforderliche Spannung gesenkt werden kann.

[0004] Als Beispiel für ein derartiges Verfahren offenbart EP 0 993 345 A1 ein Verfahren zum Biegen eines Werkstücks durch mechanische Krafteinwirkung unter selektiver Erwärmung des Werkstücks entlang einer Biegelinie durch Laserstrahlung, bei dem aus einem Laserstrahl oder mehreren Laserstrahlen ein längliches Strahlenfeld geformt wird und bei dem durch das Strahlenfeld an allen Punkten entlang der Biegelinie eine Erwärmungszone am Werkstück gebildet wird. Dabei umfasst die Vorrichtung zur Formung des linienförmigen Strahlenfeldes Zylinderlinsen und/oder Zylinderspiegel, mit denen ein Strahlenfeld durch eine Öffnung im Biegegesenk dem Werkzeug zugeführt wird. Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 der EP-A1 wird ein Laserstrahl durch eine strahlformende Optik, bestehend aus einem Prismenspiegel, zwei Zylinderlinsen und zwei zylindrischen Umlenkspiegeln in zwei Strahlenfelder zerlegt, die durch das Biegegesenk auf das Werkstück geleitet werden und jeweils eine linienförmigen Erwärmungszone erzeugen. Der auf diese Weise umgeformte Laserstrahl wird dabei durch eine schlitzzartige Öffnung in der Unterseite des Gesenks dem Werkstück zugeführt.

[0005] Diese aus EP 0 993 345 A1 bekannte Lösung für die Führung der energiereichen Strahlung in einem Biegegesenk ist für die praktische Anwendung an gängigen Biegemaschinen nicht optimal geeignet, da das Biegegesenk durch die zweiteilige Ausführung eine begrenzte mechanische Stabilität aufweist und der das Biegegesenk aufnehmende Pressenbalken oder Pressentisch Ausnehmungen für die Strahlverteilanordnung aufweisen müsste. Weiters erfordert eine derartige Verteilung der Strahlung eine hohe Qualität der optischen Elemente zur möglichst gleichmäßigen Verteilung der Strahlleistung der Strahlungsquelle in die Umformzone eines Werkstücks.

[0006] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein für ein gattungsgemäßes Biegeverfahren einsetzbares Biegegesenk bereitzustellen, das für die praktische Anwendung besser einsetzbar ist.

[0007] Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Biegegesenk gemäß Patentanspruch 1 oder eine Biegegesenkanordnung gemäß Patentanspruch 15 gelöst.

[0008] Dadurch, dass zur Erzeugung der Strahlung eine Anordnung von Diodenlaserbarren innerhalb des Werkzeuggrundkörpers befestigt ist und die Diodenlaserbarren zumindest annähernd gleichmäßig entlang der Längsrichtung der Biegeausnehmung hinter der Strahl Austrittsöffnung im Werkzeuggrundkörper angeordnet sind, wird die für die Erwärmung des Werkstücks erforderliche energiereiche Strahlung nahe und gleichmäßig in Bezug auf die zu erwärmende Umformzone erzeugt, wodurch aufwändige optische Elemente zur Umlenkung, Aufteilung, Formung eines von einer Strahlungsquelle bereitgestellten konzentrierten Strahlenbündels entfallen. Insbesondere die Aufteilung eines konzentrierten Strahlenbündels in Teilstrahlenbündel mit zumindest annähernd gleichen Strahlungsleistungen erfordert eine Anbindung einer externen Strahlungsquelle und optische Bauelemente höchster Qualität, die dementsprechend teuer sind. Weiters wird durch die verteilte Erzeugung von energiereicher Strahlung innerhalb des Biegegesenks eine sicherheitstechnisch kritische Verwendung von hochkonzentrierten gebündelten Strahlen vermieden, weshalb bei Einsatz eines derartigen Biegegesenks die für eine Bedienperson im Umfeld eines derartigen Biegegesenks erforderlichen Schutzmaßnahmen tendenziell weniger aufwändig sind.

[0009] Die Verwendung von Diodenlaserbarren als Strahlungsquellen ist zur örtlichen Erwärmung von Blechwerkstücken besonders vorteilhaft, da hierbei Energiedichten der Strahlung vorliegen, die eine ausreichend schnelle Erwärmung

bewirken können, jedoch eine Zerstörung des Werkstücks durch eine zu lange Einwirkdauer kaum möglich ist oder schwere Verletzungen einer Bedienperson bei unvorhergesehenem Strahlenausritt durch die begrenzte Energiedichte weniger wahrscheinlich sind. Die Bestrahlung eines Werkstücks und die dadurch bewirkte örtliche Temperaturerhöhung erfolgt dabei zumindest so lange, bis dessen Material die für den Biegevorgang erforderliche Umformbarkeit erreicht hat. Insbesondere kann die Laserstrahlung auch noch bis nach Beginn des Biegevorganges oder auch noch bis nach der Beendigung des Biegevorganges aufrechterhalten werden, um insbesondere die bei hohen Umformgraden möglicherweise auftretenden Risse im Werkstück zu vermeiden und/oder die Wirkung einer lokalen Wärmebehandlung des umgeformten Materials - etwa zum Abbau von Spannungen-zu erzielen.

[0010] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Biegegesenks sind die Diodenlaserbarren auf einem Trägerelement montiert und ist dadurch ein zusammenhängender Diodenlasereinsatz gebildet, der im Werkzeuggrundkörper auswechselbar befestigt ist. Dadurch kann bei einem Defekt der gesamte Diodenlasereinsatz einfach und schnell ausgetauscht werden und können dadurch Produktionsstillstände minimiert werden. Weiters kann dadurch der Aufwand für Ersatzteilhaltung reduziert werden und können defekte Diodenlasereinsätze eventuell auch unabhängig vom Einsatz des Biegegesenks durch Auswechslung von einzelnen Diodenlaserbarren repariert werden. Darüber hinaus können die Diodenlasereinsätze auch in Biegegesenken bzw. Werkzeuggrundkörpern mit anderen Gesenkweiten eingebaut werden, sodass bei Umrüstung auf eine andere Gesenkweite die Kosten für die Anschaffung teurer zusätzlicher Diodenlasereinsätze wegfallen.

[0011] Alternativ können andere Gesenkweiten auch durch aufsteck-, bzw. auswechselbare Einsätze oder Adapter, welche an der Oberseite eines Biegegesenks leicht lösbar befestigt werden, realisiert werden.

[0012] Das Trägerelement ist dabei vorzugsweise aus Kunststoff, insbesondere PEEK-Kunststoff, hergestellt, wodurch die einzelnen Diodenlaserbarren voneinander galvanisch unabhängig zu einer Einheit montiert werden können.

[0013] Die Diodenlaserbarren eines Biegegesenks bzw. eines Diodenlasereinsatzes sind vorteilhaft in Serienschaltung elektrisch miteinander verbunden, wodurch sichergestellt ist, dass jeder Diodenlaserbarren vom selben Strom durchflossen ist und dieselbe Strahlungsleistung abgibt. Weiters kann durch die Serienschaltung ein Ausfall einzelner Diodenlaserbarren leichter erkannt werden, da in diesem Fall keiner der Diodenlaserbarren Strahlungsleistung abgibt und dies leichter und schneller erkannt werden kann, als wenn lediglich ein Diodenlaserbarren keine Strahlungsleistung abgibt und nur Teile der Umformzone nicht genügend erwärmt werden.

[0014] Bei einer Serienschaltung der Diodenlaserbarren kann die Stromverbindung zwischen zwei benachbarten Diodenlaserbarren von einem Pluspol des einen Diodenlaserbarrens zu einem Minuspol des anderen Diodenlaserbarrens vorzugsweise durch ein Diagonalkontaktelement, insbesondere aus einer Cu-Legierung, gebildet sein. Solche Diagonalkontaktelemente besitzen einen großen elektrisch leitenden Querschnitt, wodurch an diesen nur geringe Stromverluste auftreten und diese aufgrund ihrer hohen mechanischen Festigkeit auch zur mechanischen Stabilität eines Diodenlasereinsatzes oder eines erfindungsgemäßen Biegegesenks beitragen können. Da die Laserdiodenanordnungen der Diodenlaserbarren auf Kühlelementen bzw. Mikrokanalkühlern montiert sind, können diese als elektrischer Anschlusspol verwendet werden und die Kontaktelemente eine Laserdiodenanordnung deaktivieren, indem ein Kontaktelement zwei benachbarte Mikrokanalkühler berührt und dadurch ein direkter Stromfluss an der Laserdiodenanordnung vorbei hergestellt werden kann.

[0015] Eine vorteilhafte Weiterbildung des Biegegesenks besteht darin, dass im Biegegesenk insbesondere am Diodenlasereinsatz, schaltbare Kontaktelemente gelagert sind, mit denen einzelne Diodenlaserbarren von mehreren in Serie geschalteten Diodenlaserbarren durch direkte Überbrückung zwischen entsprechenden gleichen Polen benachbarter Diodenlaserbarren deaktivierbar sind. Durch derartige Kontaktelemente können einzelne Diodenlaserbarren quasi überbrückt werden, und dadurch die aus der Strahlenaustrittsöffnung des Biegegesenks abgegebene Strahlung der Gesamtheit der Diodenlaserbarren an die Geometrie, insbesondere die Biegelänge eines zu biegenden Werkstücks angepasst werden, indem Diodenlaserbarren, deren Strahlung nicht auf das Werkstück treffen würde überbrückt und dadurch deaktiviert werden.

[0016] Die Kontaktelemente können dabei insbesondere mittels Piezo-Aktoren zwischen einer Neutralstellung und einer Überbrückungsstellung verstellbar sein. Derartige Piezo-Aktoren sind in vielen verschiedenen Bauarten leicht erhältlich und können bei sehr geringem Platzbedarf innerhalb eines Biegegesenks zur Betätigung der Kontaktelemente eingebaut werden. Für eine axiale Verstellung von stiftförmigen Kontaktelementen in Richtung ihrer Längsachse können vorteilhaft Biege-Piezo-Aktoren eingesetzt werden, die mit ihrem freien, beweglichen Ende radial in ein Kontaktelement eingreifen und eine Biegebewegung des beweglichen Endes eine axiale Verstellung des Kontaktelements bewirkt.

[0017] Eine einfache und effektive Anordnung der Kontaktelemente wird erzielt, wenn diese so bezüglich benachbarter Diodenlaserbarren positioniert und verstellbar gelagert sind, dass sie zur Herstellung einer elektrischen Verbindung zwischen einander entsprechenden Polen benachbarter Diodenlaserbarren oder zwischen benachbarten Diagonalverbinder-elementen geeignet sind. Durch diese Anordnung der Kontaktelemente wird gewissermaßen ein Kurzschluss zwischen gleichen Polen benachbarter Diodenlaserbarren hergestellt und dadurch ein Diodenlaserbarren deaktiviert.

[0018] Die Kontaktelemente können weiters so im Biegegesenk verstellbar gelagert sein, dass eine durch ein Feder-element bewirkte Grundstellung eine elektrische Überbrückung zwischen zwei benachbarten Diodenlaserbarren bewirkt,

die erst durch Aktivierung der Piezo-Aktoren unterbrochen wird, d.h. ohne Aktivierung der Piezo-Aktoren bleibt der entsprechende Diodenlaserbarren inaktiv und sendet keine Laserstrahlung aus. Diese Lagerung der Kontaktelemente dient auch einer Erhöhung der Arbeitssicherheit, da bei einem Defekt an einem Piezo-Aktor ungewollt Laserstrahlung ausgesendet wird. Alternativ dazu kann auch vorgesehen sein, dass im Falle eines defekten Piezo-Aktors der Dioden-

lasereinsatz als normaler Diodenlasereinsatz ohne Teilabschaltung verwendbar ist. In diesem Fall müsste in der Grundstellung eines Kontaktelements die Überbrückung offen sein, sodass die Diodenlaserbarren nicht überbrückt sind.

[0019] Um eine gegebenenfalls auftretende Strahlaufweitung der aus dem Diodenlaserbarren austretenden Laserstrahlung auszugleichen bzw. zu unterbinden, kann an oder im Strahlenverlauf nach der Strahlenaustrittsfläche der Diodenlaserbarren ein Strahlformungselement, insbesondere eine Zylinderlinse mit einer Krümmungsachse parallel zur Längsachse der streifenförmigen Strahlenaustrittsfläche, angeordnet sein, durch die eine Strahlaufweitung quer zur Ausbreitungsebene der Strahlen bzw. der Strahlenfächer reduziert, also eine sogenannte Fast-Axis-Kollimation bewirkt wird. Eine Strahlaufweitung innerhalb der Strahlausbreitungsebene bzw. der Ebene der Diodenlaserbarren ist in den meisten Fällen unbedenklich, da dies die Verteilung entlang der Biegeausnehmung im allgemeinen nicht nachteilig beeinflusst. Um diese zu reduzieren bzw. zu vermeiden können auch Zylinderlinsenelemente zur Erzielung einer Slow-Axis-Kollimation vorgesehen sein, mit der auch eine Strahlaufweitung innerhalb der Strahlausbreitungsebene reduziert wird. Die Krümmungsachse der Zylinderlinsen für die Slow-Axis-Kollimation steht dazu etwa senkrecht auf die Strahlausbreitungsebene der Strahlenfächer.

[0020] Eine vorteilhafte Ausführung des Biegegesenks besteht darin, dass am Werkzeuggrundkörper ein Luftanschluss mit daran anschließendem Luftkanal oder Strömungsweg vorgesehen ist, durch den Spülluft in den Bereich der Biegeausnehmung unter dem Werkstück oder zwischen den Diodenlaserbarren und der Strahlenaustrittsöffnung oder zwischen den Diodenlaserbarren und dem Werkstück zugeführt werden kann, und diese an anderer Stelle wieder austritt. Dadurch werden die den Luftkanal begrenzenden Teile des Werkzeuggrundkörpers gekühlt und kann weiters eine Ablagerung von Staub oder sonstigen Verschmutzungen in den strahlführenden Kanälen oder an den optischen Elementen innerhalb des Biegegesenks reduziert werden.

[0021] Da bei der Erwärmung eines Werkstücks immer ein Wärmeabfluss in kühlere, nicht der Strahlung ausgesetzte Bereiche und in Folge das Biegegesenk stattfindet, ist es vorteilhaft, wenn die Anlagefläche des Biegegesenks durch ein Material mit einer niedrigeren Wärmeleitfähigkeit als der des Werkzeuggrundkörpers gebildet ist. Für diesen Zweck kann die Anlagefläche beispielsweise durch streifenförmige PEEK-Kunststoffelemente oder andere wärmeisolierende Materialien gebildet sein, die an der Oberseite des Werkzeuggrundkörpers angebracht sind. Die nach Beginn der Umformung wirksamen Anlagepunkte der Biegeausnehmung am Biegegesenk können aus Gründen der Stabilität vom Werkzeuggrundkörper selbst gebildet sein. Weiters kann der Werkzeuggrundkörper selbst durch ein Metall mit einer Wärmeleitfähigkeit λ kleiner als herkömmlicher Stahl mit ca. 45 W/Km gebildet sein.

[0022] Das Material des Werkzeuggrundkörpers kann alternativ oder zusätzlich einen Wärmeausdehnungskoeffizient α kleiner als herkömmlicher Stahl (ca. 0,00002 1/K) aufweisen, wodurch erwärmungsbedingte geometrische Formänderungen des Biegegesenks reduziert werden.

[0023] Um erforderliche Maßnahmen zur Verteilung der Strahlungsleistung entlang der Biegeausnehmung möglichst gering zu halten, werden vorzugsweise die Diodenlaserbarren mit ihren wirksamen Strahlenaustrittsflächen parallel zur länglichen Biegeausnehmung angeordnet, wodurch die von den einzelnen Diodenlaserbarren abgestrahlten Strahlen direkt oder nach Passieren einer Strahlbeeinflussungsanordnung im Wesentlichen in einer gemeinsamen Strahlenebene aus der Strahlenaustrittsöffnung zur Biegelinie an der Werkstückunterseite verlaufen. Abweichend davon ist jedoch auch eine andere Orientierung der Diodenlaserbarren denkbar, etwa eine in Draufsicht dachziegelartige Überlappung der Strahlenaustrittsflächen.

[0024] Als Hilfsmittel zur gleichmäßigen Verteilung der aus dem Diodenlaserbarren austretenden Strahlung können diese mittels Strahllenkungsmitteln, insbesondere in Form von Prismen, umgelenkt werden, wobei eine Umlenkung der Strahlen, ohne die Ebene der Strahlausbreitung zu verändern, möglich ist oder aber auch ein Verändern der Strahlungsausbreitungsebene, also gewissermaßen ein Knicken derselben bewirkt werden kann.

[0025] Eine vorteilhafte bauliche Ausführung des Biegegesenks wird erzielt, wenn der Werkzeuggrundkörper zumindest zwei flächige, zueinander parallele und voneinander beabstandete Werkzeugabschnitte umfasst, zwischen denen die Diodenlaserbarren und evtl. vorhandene nachfolgende optische Bauelemente positioniert sind. Die Strahlenquelle und die Mittel zur Beeinflussung der Laserstrahlung sind dadurch im Inneren des Werkzeuggrundkörpers weitgehend eingeschlossen und die Strahlen verlaufen bis zum Austritt aus der Strahlenaustrittsöffnung innerhalb des Werkzeuggrundkörpers, wodurch ein Benutzer möglicherweise gefährdender unkontrollierter Strahlenausritt weitgehend vermieden ist. Der Werkzeuggrundkörper besitzt durch die flächigen Werkzeugabschnitte einen U-förmigen Querschnitt, wobei die Diodenlaserbarren und evtl. vorhandene nachfolgende optische Bauelemente im Inneren des U angeordnet sind und das zu biegende Werkstück auf den Schenkeln des U aufliegt.

[0026] Die mechanische Festigkeit des erfindungsgemäßen Biegegesenks kann, insbesondere bei Uförmigem Querschnitt des Werkzeuggrundkörpers wesentlich erhöht werden, wenn zwischen den Diodenlaserbarren und der Strahlenaustrittsöffnung zumindest ein Abstandhalterelement und zumindest ein den Werkzeuggrundkörper gegen das Ab-

standhalterelement spannendes Spannelement angeordnet ist. Einer Aufweitung des Biegegesenks durch den Biegestempel und das Werkstück beim Biegevorgang kann dadurch entgegengewirkt werden, und zwar umso besser, je näher das Abstandhalterelement beziehungsweise die Abstandhalterelemente an der Anlagefläche positioniert sind. Weiters bewirken diese Abstandhalterelemente eine zusätzliche Sicherheit vor einem Eindringen des Biegestempels in das Innere des Biegegesenks, wodurch dieses und insbesondere die Diodenlaserbarren zerstört werden könnten. Die Abstandhalterelemente können auch aus für die Wellenlänge transparentem Glas gefertigt sein und im Strahlengang liegen, so dass mittels einer zweckmäßigen Formgebung derselben eine weitere Strahlformung möglich wird. Im speziellen könnte es sich hierbei um Zylinder-Zerstreuungslinsen handeln. Die Spannelemente können auch als einfache formschlüssige Verbindung, bzw. als Einrastelemente ausgeführt sein, die ein Zusammenstecken der beiden Werkzeughälften ermöglicht.

[0027] Bei einer Ausführung des Biegegesenks mit nicht transparenten Abstandhalterelementen, etwa aus Metall, ist es von Vorteil, wenn die Laserstrahlung durch Strahlenkungsmittel zumindest annähernd vollständig an dem oder den Abstandhaltern vorbei zur Strahlenaustrittsöffnung geleitet wird. Dadurch wird möglichst wenig Strahlungsenergie von den Abstandhalterelementen absorbiert und steht ein möglichst großer Anteil der Strahlungsleistung für die Erwärmung des Werkstücks zur Verfügung.

[0028] Da je nach dem Material des zu biegenden Werkstücks und dessen Oberflächenbeschaffenheit ein gewisser Anteil der Laserstrahlung reflektiert wird, ist es weiters von Vorteil, wenn die der Strahlenaustrittsöffnung zugewandte Fläche des Abstandhalters verspiegelt ausgeführt ist, wodurch die auf diese verspiegelten Oberflächen treffende, vom Werkstück reflektierte Strahlung wieder zurück zum Werkstück reflektiert wird. Dadurch kann auch bei Werkstückoberflächen mit hohem Reflexionsgrad ein sehr hoher Anteil der Laserstrahlung zur lokalen Erwärmung der Umformzone genutzt werden.

[0029] Um ein Eindringen von Staub oder sonstigen Verschmutzungen durch die Strahlenaustrittsöffnung möglichst zu verhindern, kann diese durch zumindest ein strahlungsdurchlässiges Abdeckelement verschlossen sein. Dieses kann aufgrund einer teilreflektierenden Oberfläche ebenfalls dazu beitragen, vom Werkstück reflektierte Laserstrahlung wieder zu diesem zurückzereflektieren. Weiters kann dabei das Abdeckelement eine Streulinse umfassen, zusätzlich zu einer solchen angeordnet sein oder durch eine solche gebildet sein, wodurch eine weitere Auffächerung der Laserstrahlen erfolgen kann und die Strahlungsleistung entlang der Umformzone oder Biegelinie noch gleichmäßiger verteilt werden kann. Die Streulinse kann eventuell, wie oben erläutert auch gleichzeitig die Funktion eines Abstandhalters übernehmen.

[0030] Da nicht jedes Werkstück die gesamte Biegeausnehmung abdeckt, da etwa dessen Biegelänge, also dessen Abmessung in der Umformzone oder entlang der Biegelinie, kürzer ist als die Länge des Biegegesenks und ein Austritt von energiereicher Strahlung neben dem Werkstück aus Gründen der Arbeitssicherheit möglichst unterbunden werden sollte, ist bei einer vorteilhaften Ausführungsform des Biegegesenks zwischen Strahlenaustrittsöffnung und Anlagefläche zumindest ein verstellbares Abschirmelement zur Abdeckung nicht vom Werkstück abgedeckter Abschnitte vorgesehen. Dieses Abschirmelement kann als Schieber ausgebildet sein, der entlang der Biegeausnehmung verstellbar ist, und dadurch je nach Biegelänge des Werkstücks der von diesem nicht abgedeckte Teil der Biegeausnehmung von dem Abschirmelement bedeckt wird und dadurch zumindest ein direkter Austritt von Strahlung neben dem Werkstück vermieden werden kann.

[0031] Um die örtliche Erwärmung des zu biegenden Werkstücks besser steuern zu können, ist es von Vorteil, wenn die von der Strahlungsquelle abgegebene Leistung und/oder die erforderliche Einwirkdauer der Strahlung an das Material und/oder die geometrischen Abmessungen des zu biegenden Werkstücks mittels einer Steuervorrichtung anpassbar sind. Die dazu verwendete Steuervorrichtung kann dabei durch die Steuervorrichtung der Biegepresse als auch durch die Steuervorrichtung der Strahlungsquelle oder eine eigene Steuervorrichtung realisiert sein. Insbesondere kann die Einwirkdauer auch unter Zuhilfenahme einer Temperaturmessung in der Umformzone festgelegt bzw. automatisch gesteuert werden, indem während einer Bestrahlung eines Werkstücks dessen Temperatur in der Umformzone fortlaufend, berührungslos oder berührend bzw. taktil mit einem Thermofühler, gemessen wird und von der Steuerungsvorrichtung je nach der gemessenen Temperatur und abhängig von einer voreingestellten Zieltemperatur ein Biegevorgang ausgelöst, beschleunigt oder reduziert wird oder von der Steuerungsvorrichtung die Laserstrahlung durch Aktivierung oder Deaktivierung einzelner oder mehrerer Diodenlaserbarren erhöht, reduziert oder deaktiviert wird. Mit Hilfe einer derartigen Temperaturmessung kann somit die Erwärmungsphase und/oder die Umformphase optimal an die material-spezifischen Erfordernisse angepasst werden und ist ein derartiges Biegeverfahren mit Anwendung der erfindungsgemäßen Biegegesenke besonders vorteilhaft. Durch Messung der Temperatur an mehreren Positionen kann angenähert auch die Temperaturverteilung entlang der Biegelinie erfasst und gegebenenfalls korrigiert werden. Als Messverfahren für eine berührungslose Temperaturmessung kommen vor allem Infrarotthermometer, Strahlungs-pyrometer oder Wärmebildkameras zum Einsatz. Als taktile Temperatursensoren bieten sich insbesondere in den Biegestempel oder auch das Biegegesenk integrierte Themoelemente an.

[0032] Um ein erfindungsgemäßes Biegegesenk an möglichst vielen Biegepressen bzw. Abkantpressen einsetzen zu können, ist es von Vorteil, wenn der Werkzeuggrundkörper an seinem der Biegeausnehmung abgewendeten Endabschnitt ein in einer Standardwerkzeugaufnahme einer Abkantpresse aufnehmbares Anschlussprofil aufweist. Dieses

Anschlussprofil kann dabei zusätzliche Ausnehmungen oder Nuten aufweisen, die mit gegebenenfalls in der Werkzeugaufnahme vorhandenen Einrastelementen zusammenwirken können.

[0033] Um ein erfindungsgemäßes Biegegesenk möglichst rasch und mit geringem Montageaufwand einsatzbereit machen zu können, ist es von Vorteil, wenn am Werkzeuggrundkörper oder am Diodenlasereinsatz Schnittstellen zum Anschluss und/oder zur Weiterleitung von Kühlluft oder Kühlflüssigkeit und/oder Leistungsstrom und oder Steuerstrom ausgebildet sind. Insbesondere können diese Schnittstellen durch Steckverbindungen gebildet sein, die an den Stirnflächen des Werkzeuggrundkörpers bzw. eines Diodenlasereinsatzes des Biegegesenks angeordnet sind und dadurch beim Aneinanderreihen von Biegegesenkenselbstständig Verbindungen zwischen benachbarten Biegegesenken hergestellt werden. Für die Verbindung von Kanälen für Kühlflüssigkeit können entsprechende Öffnungen an Stirnflächen benachbarter Biegegesenke gegeneinander gepresst werden, wobei etwa durch außerhalb der Öffnungen angeordnete O-Ring-Dichtungen eine dichte Verbindung sichergestellt werden kann.

[0034] Ein erfindungsgemäßes Biegegesenk kann auch derart ausgeführt sein, dass der Werkzeuggrundkörper einen die Anlagefläche und die Biegeausnehmung bildenden Gesenkadapter umfasst, der an dem die Diodenlaserbarren enthaltenden restlichen Teil des Werkzeuggrundkörpers auswechselbar angeordnet ist. Dadurch kann der Werkzeuggrundkörper durch Austausch des Gesenkadapters an unterschiedliche Biegeaufgaben angepasst werden, insbesondere kann die Gesenkweite abgeändert werden, wodurch sich das Einsatzspektrum eines derartigen Biegegesenks wesentlich erhöht. Weiters kann ein derartiges, aufgrund der eingebauten Diodenlaserbarren relativ teures Biegegesenk häufiger und dadurch wirtschaftlicher eingesetzt werden.

[0035] Um auch Werkstücke, deren Biegelänge die Länge eines Biegegesenks überschreitet umformen zu können, können mehrere erfindungsgemäße Biegegesenke zu einer Biegegesenkanordnung unmittelbar aneinandergrenzend verbunden werden, wobei insbesondere Ausführungsformen der Biegegesenke bzw. der Diodenlasereinsätze mit stirnseitigen Steckverbindungen für Kühlwasser und/oder Leistungsstrom und/oder Steuerstrom dazu geeignet sind, da in diesem Fall die Verbindung zu einer funktionsfähigen Biegegesenkanordnung sehr einfach und schnell erfolgen kann.

[0036] Bei einer derartigen Biegegesenkanordnung können benachbarte und fluchtende Biegegesenke mittels zumindest eines axial wirkenden Spannelements mit ihren Stirnflächen axial gegeneinander verspannt sein, wodurch die Stabilität einer derartigen Biegegesenkanordnung erhöht wird und weiters ein Strahlenaustritt im Bereich der Stirnflächen reduziert bzw. verhindert wird.

[0037] Teil der Erfindung ist auch ein Verfahren zum Biegen eines flächigen Werkstücks mit lokaler Erwärmung des Werkstücks im Bereich einer Biegelinie mittels aus einem Biegegesenk austretender Laserstrahlung, wobei die Erwärmung mittels eines erfindungsgemäßen Biegegesenks oder einer erfindungsgemäßen Biegegesenkanordnung erfolgt und während der Erwärmung durch Laserstrahlung die Temperatur des Werkstücks an der Biegelinie gemessen und als Messwert einer elektronischen Steuerungsvorrichtung zugeführt wird, die in Abhängigkeit von der gemessenen Temperatur einen Biegevorgang auslöst, beschleunigt oder verzögert und/oder die Laserstrahlung durch Aktivierung oder Deaktivierung einzelner oder mehrerer Diodenlaserbarren erhöht, reduziert oder deaktiviert.

[0038] Das Verfahren kann dabei vorteilhaft so ausgeführt werden, dass das Werkstück vor Einwirkung der Strahlung durch den Biegestempel einer geringen, insbesondere nur elastischen, Biegeumformung unterworfen und in dieser Stellung durch den Biegestempel fixiert wird, erst daran anschließend die Erwärmung durch Ausleitung von Strahlung an die Unterseite des Werkstücks aktiviert wird, und nach Ablauf einer vordefinierten Zeitspanne ab Aktivierung der Strahlung, die auch Null sein kann, oder ab Erreichen einer bestimmten Temperatur des Werkstücks in der Umformzone die Biegeumformung fortgesetzt wird, wobei die Strahlung bis zum oder bis knapp vor Abschluss der Biegeumformung aktiviert bleibt. Dadurch erfolgt zuerst gewissermaßen ein Einspannen des Werkstücks, zwecks Werkstückfixierung und Werkstückversteifung gegen unvorhergesehene Verformungen aufgrund von Wärmespannungen. Die erst zeitversetzt, bei fortgesetzter oder unterbrochener Stempelbewegung folgende Aktivierung der Laserstrahlung mit der dadurch bewirkten Erwärmung des Werkstücks in der Umformzone erhöht die plastische Verformbarkeit des ursprünglich spröden Werkstücks, und kann der Biegevorgang auch bis in den Bereich hoher Umformgrade fortgesetzt werden, ohne dass Risse oder Brüche im Material auftreten. Die Stempelbewegung kann also ohne Unterbrechung ausgeführt werden oder aber auch mit einer Unterbrechung, innerhalb der ein gewisses Temperaturniveau der Umformzone erreicht ist. Eine dazu eingesetzte Temperaturüberwachung kann auch sicherstellen, dass die Laserstrahlung aktiviert und wirksam ist, wodurch in eleganter Weise versehentliche Kaltumformungen ausgeschlossen werden können.

[0039] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0040] Es zeigen jeweils in stark schematisch vereinfachter Darstellung:

Fig. 1 einen Querschnitt durch eine Biegewerkzeuganordnung zur Umformung eines Werkstücks umfassend ein erfindungsgemäßes Biegegesenk und einen Biegestempel;

Fig. 2 einen Schnitt durch das Biegegesenk in Fig. 1 entlang Linie II - II mit schematisch dargestellter verteilter Erzeugung von energiereicher Laserstrahlung innerhalb des Biegegesenks;

- Fig. 3 eine Ansicht eines teilweise zusammengebauten Diodenlasereinsatzes mit mehreren Diodenlaserbarren mit Kühlelementen in Form von Mikrokanalkühlern, geeignet zum Einsatz in einem Biegegesenk gemäß Fig. 1 oder Fig. 2;
- Fig. 4 einen teilweise zusammengebauten Diodenlasereinsatz gemäß Ausführung in Fig. 3 mit teilweise montierten Elementen zur Stromführung;
- Fig. 5 einen teilweise zusammengebauten Diodenlasereinsatz gemäß Ausführung in den Fig. 3 und 4 mit teilweise montierten Gehäuseelementen;
- Fig. 6 einen vollständig zusammengebauten Diodenlasereinsatz gemäß Ausführung in den Fig. 3 bis 5;
- Fig. 7 einen Schnitt durch ein Biegegesenk in einer weiteren Ausführungsform mit schematischer Darstellung der Strahlführung innerhalb des Biegegesenks;
- Fig. 8 einen Schnitt durch ein Biegegesenk in einer weiteren Ausführungsform mit schematischer Darstellung der Strahlenführung innerhalb des Biegegesenks;
- Fig. 9 einen Schnitt durch einen Diodenlasereinsatz mit Mitteln zur Abschaltung einzelner Diodenlaserbarren, geeignet zum Einsatz in einem Biegegesenk gemäß Fig. 1, 2, 6; 7; 8; 10;
- Fig. 10 einen Schnitt durch zwei aneinander gereihte Biegegesenke einer Biegegesenkanordnung mit Mitteln zur gegenseitigen axialen Verspannung und einer möglichen Ausführung einer Anschlussschnittstelle für Kühlflüssigkeit.

[0041] Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiters können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

[0042] Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mit umfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mitumfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereiche beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1 oder 5,5 bis 10.

[0043] In den Fig. 1 und 2 ist eine Biegewerkzeuganordnung 1 dargestellt, die zum Biegen eines Werkstücks 2 unter Verwendung von einem oder mehreren erfindungsgemäßen Biegegesenken 3 geeignet ist. Die Biegewerkzeuganordnung 1 umfasst zumindest ein Biegegesenk 3, das an einem ausschnittsweise angedeuteten, feststehenden ersten Pressenbalken 4 oder Pressentisch einer Biegepresse oder einer Abkantpresse angeordnet ist und einen nur in Fig. 1 ausschnittsweise angedeuteten Biegestempel 5, der an einem nicht dargestellten verstellbaren zweiten Pressenbalken angeordnet ist und zusammen mit diesem zur Durchführung einer Biegeumformung in Verstellrichtung 6 verstellbar gelagert ist. Das Biegegesenk 3 umfasst einen Werkzeuggrundkörper 7, der von seinen äußeren Abmessungen im Wesentlichen einem herkömmlichen Biegegesenk entspricht. So weist das Biegegesenk 3 vorzugsweise ein Anschlussprofil 8 auf, das zur Aufnahme in einer Standardwerkzeugaufnahme 9 eines Pressenbalkens 4 geeignet ist.

[0044] Zum Biegen eines Werkstücks 2 wird dieses auf eine Anlagefläche 10 des Biegegesenks 3 angelegt und mittels des Biegestempels 5 in eine nutartige Biegeausnehmung 11 innerhalb der Anlagefläche 10 gedrückt, wodurch das Werkstück 2 beim Auftreten von Spannungen, die eine Streckgrenze oder eine Proportionalitätsgrenze des Werkstückmaterials überschreiten, eine bleibende Verformung erfährt. Im in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Biegeausnehmung 11 als V-Nut 12 ausgebildet und das Biegegesenk 3 demnach durch ein V-Gesenk 13 gebildet es sind jedoch auch davon abweichende Formen der Biegeausnehmung möglich, solange diese geeignet sind, das so genannte Freibiegen, also das Biegen mit Auflage des Werkstücks an zwei Linien des Biegegesenks 3 und annähernd linienförmiger Belastung durch den Biegestempel 5 zu ermöglichen. So sind etwa auch U-förmige oder rechteckige Biegeausnehmungen denkbar. Der Biegestempel 5 besitzt einen keilförmigen Querschnitt dessen Keilwinkel etwa dem Winkel der V-Nut 12 entspricht und ist zumindest annähernd in der Symmetrieebene der Biegeausnehmung 11 angeordnet. Das mit einer derartigen Biegewerkzeuganordnung 1 durchführbare Biegeverfahren wird auch als Abkanten bezeichnet, und kann als

Freibiegen oder als Prägebiegen ausgeführt werden.

[0045] In der weiteren Beschreibung wird die in Fig. 1 vertikale Symmetrieebene der Biegeausnehmung 11 als Biegeebene 14 und deren Schnittpunkt mit der Anlagefläche 10 als Biegelinie 15 bezeichnet, wobei die Biegeebene 14 in den Ausführungsbeispielen gleichzeitig mit einer Strahlenebene zusammenfällt, innerhalb der die energiereiche Strahlung

größtenteils verläuft. Die Biegelinie 15 verläuft somit in der Mitte einer Umformzone 16 des unverformten Werkstücks 2, in der während des Biegevorganges die plastische Verformung des Werkstücks 2 erfolgt.

[0046] Gattungsgemäß wird beim erfindungsgemäßen Verfahren vor oder während der Umformung durch eine Strahlenaustrittsöffnung 17 eine durch strichlierte Linien angedeutete energiereiche Strahlung 18 im Bereich der Umformzone 16 auf die Unterseite 19 des an der Anlagefläche 10 anliegenden Werkstücks 2 geleitet, wodurch dieses lokal stark erwärmt wird und dadurch dessen mechanisch-technologische Eigenschaften so verändert werden, dass die Biegeumformung mit der erforderlichen Qualität des fertigen Werkstücks 2 erfolgen kann. Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorzugsweise bei spröden Werkstoffen angewendet, bei denen durch Erwärmung des Materials eine Absenkung der Streckgrenze beziehungsweise der Proportionalitätsgrenze erreicht werden kann und das Werkstück 2 dadurch die zur plastischen Verformung - nunmehr in geringerer Höhe - erforderlichen Spannungen ertragen kann, ohne die Festigkeitsgrenzen zu überschreiten. Als Beispiele für derartige Werkstoffe oder Materialien seien hier Magnesium, Titan, Federstähle, hochfeste Aluminium-Legierungen, hochfeste Stähle oder sonstige als spröde bekannte Materialien genannt.

[0047] Erfindungsgemäß ist die energiereiche Strahlung 18 durch Laserstrahlung aus mehreren Diodenlaserbarren 20 gebildet, die innerhalb eines Biegegesenks 3 angeordnet sind.

[0048] Im in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel sind innerhalb des Biegegesenks 3 sechs Diodenlaserbarren 20 angeordnet, die an einem gemeinsamen Trägerelement 21 befestigt sind und zusammen mit dem Trägerelement 21 Teil eines Diodenlasereinsatzes 22 sind, der als Lasereinheit im Werkzeuggrundkörper 7 des Biegegesenks 3, vorzugsweise auswechselbar, befestigt ist. Natürlich können auch andere Anzahlen von Diodenlaserbarren 20 in einem erfindungsgemäßen Biegegesenk 3 enthalten sein, wobei die jeweilige Anzahl der in einem Biegegesenk 3 enthaltenen Diodenlaserbarren 20 und deren Abmessungen die Gesenklänge 23 bestimmen. Da die Barrenbreite 24 der verwendeten Diodenlaserbarren 20 nicht in beliebigen Größen erhältlich sind und Barrenbreiten von etwa 5 mm bis 20 mm und Barrenanzahlen von 2 bis 16 oder 32 Stück möglich sind ergeben sich Gesenklängen 23 in einem weiten möglichen Bereich zwischen etwa 10 mm und 400 mm oder 640 mm.

[0049] Derartige Diodenlaserbarren 20 sind elektrisch und optisch zusammengefasste Gruppen von Laserdioden, die als streifenförmige Bauteile ausgebildet sind. Die die Laserstrahlung emittierenden Laserdioden sind dabei an einem Ende eines derartigen streifenförmigen Diodenlaserbarrens angeordnet und geben ihre Laserstrahlung im Wesentlichen in Längsrichtung eines derartigen Streifens ab. Die Strahlungsleistung eines derartigen Diodenlaserbarrens 20 setzt sich aus der Summe der Einzelleistungen der Laserdioden, die elektrisch parallel und im Allgemeinen auf einem Kühlkörper oder einer Wärmesenke, die den Grundkörper des streifenförmigen Bauteils bildet, montiert. Derartige Diodenlaserbarren 20 werden auch als kantenemittierende Breitstreifenchips bezeichnet und können sowohl in den Betriebsarten Dauerstrich (continuous wave), bei der eine Laserdiode einen Laserstrahl kontinuierlich ohne Unterbrechung aussendet oder auch in der Betriebsart gepulst eingesetzt werden, bei denen zeitlich kurze Laserstrahlenimpulse abgegeben werden. Die Diodenlaserbarren 20 umfassen beispielsweise etwa jeweils 45 Einzelemittierer und besitzen eine optische Ausgangsleistung in einem Bereich von je 150 Watt bis 250 Watt, wobei durch Sonderbauformen auch noch höhere Leistungen je Diodenlaserbarren 20 möglich sind. Die Barrenbreite 24 bzw. die Breite eines den Grundkörper eines Diodenlaserbarrens bildenden Kühlkörpers bzw. Mikrokanalkühlers beträgt dabei beispielsweise ca. 11 mm und der die Laserstrahlung emittierende Laserbarren besitzt eine Breite von ca. 10 mm, wobei die emittierende, wirksame Breite geringfügig kleiner ist. Bei Verwendung solcher Diodenlaserbarren 20 können somit bei geringer räumlicher Beabstandung der benachbarten Diodenlaserbarren 20 in einem Biegegesenk mit einer Gesenklänge 23 von beispielsweise 100 mm acht derartige Diodenlaserbarren 20 eingesetzt werden. Abhängig von der Art der eingesetzten Diodenlaserbarren 20 ist die Wellenlänge der abgegebenen Laserstrahlung, wobei diese beispielsweise 940 Nanometer beträgt, jedoch sind je nach Dotierung der Halbleiter der Laserdioden auch andere Wellenlängenbereiche wie etwa 635-700 Nanometer; 780-1000 Nanometer und 1250-1700 Nanometer Wellenlänge möglich, wobei es sich dabei größtenteils um Infrarotstrahlung, also außerhalb des sichtbaren Bereichs befindliche Spektralbereiche handelt.

[0050] Jeder Diodenlaserbarren 20 besitzt eine in Richtung zur Strahlenaustrittsöffnung 17 weisende Strahlenaustrittsfläche 25, an der die von den einzelnen Laserdioden eines Diodenlaserbarrens 20 erzeugten Laserstrahlen im Wesentlichen alle angenähert in paralleler Richtung austreten und durch die gleichmäßige Anordnung der Laserdioden einen Strahlenfächer 26 bilden, der aus einer Reihe von zumindest annähernd zueinander parallelen Laserstrahlen besteht. Da die einzelnen Diodenlaserbarren 20 entlang der Biegeausnehmung 11 hinter der Strahlenaustrittsöffnung 17, hier also unterhalb der Strahlenaustrittsöffnung 17 in einer gemeinsamen Ebene montiert sind, befinden sich auch die von den einzelnen Diodenlaserbarren 20 abgestrahlten Strahlenfächer 26 zumindest annähernd in einer Ebene, die auch als Strahlenebene bezeichnet werden kann. Diese Ebene ist im dargestellten Ausführungsbeispiel im Wesentlichen identisch mit der Biegeebene 14, kann aber auch zu dieser einen Winkel einnehmen, solange im Bereich der Biegelinie

15 bzw. der Umformzone 16 am Werkstück während eines Biegevorgangs ausreichende Strahlungsleistung eingebracht werden kann. So kann die Strahlenebene beispielsweise leicht nach hinten gekippt sein, so dass evtl. austretende Strahlung das Oberwerkzeug auf der Rückseite trifft und die dann entstehende Streustrahlung in die Biegepresse hinein vom Bediener weg reflektiert wird. Dadurch trifft die Strahlung am unverformten Werkstück leicht versetzt hinter der Biegelinie auf, was aber wegen der guten Wärmeleitung der meisten zu biegenden Werkstoffe kein gravierender Nachteil ist.

[0051] Eine Aneinanderreihung mehrerer Diodenlaserbarren 20 mit in einer Ebene liegenden und zueinander etwa parallelen Strahlenfächern 26 zu einem Diodenlasereinsatz 22, insbesondere mit Mitteln zur Abfuhr der Verlustwärme, wird auch als Horizontal Stack bezeichnet.

[0052] Da die von den Laserdioden emittierten Laserstrahlen nicht die Form einer geometrisch exakten Linie (Z-Richtung) besitzen sondern aufgrund der im Allgemeinen asymmetrischen Form der aktiven Emitterregion sowohl in X-Richtung und in Y-Richtung unterschiedliche Strahlaufweitung aufweisen können und der Ausgangsstrahl zusätzlich auch astigmatisch sein kann, wodurch sich die Strahltaillen bezüglich der X-Richtung und der Y-Richtung an unterschiedlichen Stellen befinden, entsteht eine zwangsläufige Strahlaufweitung, der jedoch durch an späterer Stelle beschriebene Maßnahmen entgegen gewirkt werden kann. Für niedrige Anforderungen an die Strahlenform ist es jedoch auch denkbar Diodenlaserbarren 20 ohne die Strahlform beeinflussende bzw. korrigierende, optische Elemente einzusetzen.

[0053] In Fig. 2 ist diese Aufweitung der einzelnen Strahlen durch sich in Ausbreitungsrichtung aufweitende Strahlenfächer 26 angedeutet, wobei eine Strahlaufweitung innerhalb einer Strahlenebene für die Zwecke einer Erwärmung eines Werkstücks auch vorteilhaft sein kann, da durch geeignete Überlagerung derartiger Strahlenfächer 26 die Gleichmäßigkeit der am Werkstück 2 auftreffenden Gesamtstrahlungsintensität erhöht werden kann. Weiters ist die Verwendung von divergierenden Laserstrahlen bzw. Strahlenfächern 26 auch im Lichte der Arbeitssicherheit von Vorteil, da aus dem Umfeld des Biegegesenks 3 austretende Laserstrahlung mit zunehmendem Abstand an Intensität schnell verliert und dadurch das Gefährdungspotential für einen in diesem Bereich tätigen Bedienungsperson ebenfalls schnell abnimmt. Die beiden letzten Gründe, also gleichmäßigere Erwärmung und erhöhte Bediener-sicherheit, sprechen für zusätzliche Zerstreuungslinsen bzw. -optiken.

[0054] Eine durch die Strahlenformung und Strahlenführung erzielte Verteilung wirkt gewissermaßen wie eine Entschärfung der hochkonzentrierten Strahlung und ist insbesondere von Vorteil, wenn Werkstücke mit unterschiedlichen Biegelängen auf ein und demselben Biegegesenk 3 gebogen werden sollten, da in diesem Fall häufig Abschnitte der Biegeausnehmung 11 vorhanden sind, die nicht vom Werkstück 2 abgedeckt werden.

[0055] Die in Fig. 2 angedeutete Aufweitung der Strahlenfächer 26 innerhalb der Strahlenebene, hier der Biegeebene 14, dient insofern auch der Gleichmäßigkeit der Gesamtstrahlungsintensität am Werkstück 2, da in den Zwischenräumen zwischen zwei benachbarten Strahlenaustrittsflächen 25 benachbarter Diodenlaserbarren 20 keine Strahlungsleistung abgegeben wird, und dadurch bei streng paralleler Strahlausbreitung Bereiche der Umformzone 16 oberhalb dieser Zwischenräume möglicherweise weniger stark erwärmt werden, wodurch die Biegequalität beeinträchtigt werden könnte. Um an der Biegelinie 15 eine möglichst große Leistungsdichte je Längeneinheit zu erzielen, und dadurch die erforderlichen Aufheizzeiten zu minimieren, ist es weiters von Vorteil, wenn sich die Strahlenaustrittsfläche 25 der Diodenlaserbarren 20 zumindest annähernd auf die gesamte Barrenbreite 24 erstreckt und zwischen benachbarten Diodenlaserbarren 20 möglichst kleine Zwischenräume vorgesehen sind. Die Diodenlaserbarren 20 sind also in Längsrichtung 27 der Biegeausnehmung 11 möglichst dicht aufeinander folgend hinter der Strahlenaustrittsöffnung 17 und möglichst gleichmäßig angeordnet.

[0056] Fig. 2 zeigt weiters eine Anschlussschnittstelle 28, mit der der Diodenlasereinsatz 22 mit Strom für die Diodenlaserbarren 20 sowie Kühlflüssigkeit für die in den Diodenlaserbarren 20 enthaltenen Kühlelemente bzw. Wärmesenken, beispielsweise in Form von Mikrokanalkühlern, versorgt wird. Die Anschlussschnittstellen 28 können dabei an beliebiger Position an seitlichen Stirnflächen oder Vorder- bzw. Hinterseiten des Biegegesenks 3 vorgesehen sein, vorteilhaft ist jedoch eine Anordnung an oder nahe einer Stirnendfläche 29 des Biegegesenks 3 - entweder am Werkzeuggrundkörper 7 oder an einem Diodenlasereinsatz 22 -, da in diesem Fall zwei benachbarte Biegegesenke 3a und 3b mittels einander zugewandten und zusammenwirkenden Anschlussschnittstellen 28 miteinander verbunden werden können, wodurch entweder der Versorgungsstrom und/oder Kühlflüssigkeit von einem Biegegesenk 3 zu einem benachbarten Biegegesenk 3 weitergeleitet werden kann. Alternativ dazu ist eine Weiterleitung von Strom und/oder Kühlflüssigkeit zwischen benachbarten Biegegesenken 3 auch mit geeigneten, externen Verbindungsleitungen möglich, wobei der für die Durchführung von Biegungen erforderliche Freiraum für das Einlegen eines Werkstücks dadurch möglichst nicht reduziert wird.

[0057] Die Anschlussschnittstellen 28 können insbesondere Steckverbinder 30 umfassen, mit denen benachbarte Biegegesenke 3a und 3b durch axiales Zusammenfügen automatisch die erforderlichen Verbindungen zur Weiterleitung von Strom und/oder Kühlflüssigkeit herstellen. Zusammenwirkende Anschlussschnittstellen 28 umfassen dazu zusammenwirkende, gegenüber der Stirnendfläche 29 vorragende Steckverbinder 30 sowie am anderen Biegegesenke eine entsprechende Einstecköffnung 31. Insbesondere bei Verwendung der Anschlussschnittstellen 28 zur Weiterleitung von Kühlflüssigkeit zwischen benachbarten Biegegesenken 3a und 3b sind die dabei eingesetzten Steckverbinder 30 bzw.

die Einstecköffnungen 31 oder die Stirnendflächen 29 um einfache korrespondierende Öffnungen mit entsprechenden O-Ring Dichtungen entsprechend versehen, die einen unkontrollierten Austritt von Kühlflüssigkeit an den Stoßstellen der Biegegesenke 3a, 3b verhindern.

[0058] Fig. 3 zeigt ein mit sechs von acht vorgesehenen Diodenlaserbarren 20 bestücktes Trägerelement 21, wie es in einem Diodenlasereinsatz 22 gemäß Fig. 1 und 2 enthalten sein kann. Das Trägerelement 21 ist im Wesentlichen ein quaderförmiger Grundkörper, dessen Längsachse 32 parallel zur Biegelinie 15 bzw. der Längsrichtung 27 der Biegeausnehmung 11 verläuft und auf dem zumindest zwei - im dargestellten Ausführungsbeispiel acht - Diodenlaserbarren 20 angeordnet sind. Auf einer Befestigungsfläche 33, die im Einbauzustand gemäß Fig. 1 mit geringem Abstand und parallel zur Biegeebene 14 positioniert ist, sind die einzelnen Diodenlaserbarren 20 befestigt, wobei an der Befestigungsfläche 33 Stege 34 ausgebildet sein können, die eine exakte Positionierung der Diodenlaserbarren 20 mit gleich bleibenden Abständen, die im Wesentlichen der Breite der Stege 34 entsprechen, erleichtern. In Fig. 3 sind an den zwei äußeren rechten Positionen keine Diodenlaserbarren 20 dargestellt, wodurch die Ausführung des Trägerelements 21 besser erkennbar ist.

[0059] Ein in diesem Ausführungsbeispiel dargestellter Diodenlaserbarren 20 umfasst als Grundkörper einen streifenförmigen Kühlkörper 35, der insbesondere als Mikrokanalkühler 36 ausgebildet ist. Ein derartiger Mikrokanalkühler 36 besteht aus einer Schichtung von gut wärmeleitenden Blechen, in denen eine Vielzahl von Kanälen ausgebildet sind, die von einer Kühlflüssigkeit durchströmt werden können und dadurch eine hohe Wärmeabfuhr aus den Diodenlaserbarren 20 ermöglichen. Dies ist erforderlich, da die auf dem Kühlkörper 35 bzw. dem Mikrokanalkühler 36 angeordnete Laserdiodenanordnung 37 die zugeführte elektrische Energie nicht vollständig in energiereiche Strahlung 18 umwandeln kann, sondern immer ein gewisser Anteil an Verlustwärme produziert wird, die von der Laserdiodenanordnung 37 abtransportiert werden muss, um eine Überhitzung der darin enthaltenen Halbleiterelemente zu verhindern. Die Zufuhr von elektrischer Energie zu einem Diodenlaserbarren 20 bzw. der darauf angeordneten Laserdiodenanordnung 37 erfolgt in Form von Gleichstrom oder pulsierendem, gleichgerichtetem Wechselstrom, wobei im dargestellten Ausführungsbeispiel der Kühlkörper 35 als Pluspol 38 fungiert und mittels einer Isolierschicht 39 von diesem getrennt der Minuspol 40 in Form eines auf den Kühlkörper 35 aufgesetzten Kontaktplättchens 41 ausgeführt ist.

[0060] In Fig. 3 ist der Einfachheit halber lediglich ein Strahlenfächer 26 angedeutet, der von dem Laserdiodenbarren 20 nach oben in Richtung zur Strahl Austrittsöffnung 17 und in Folge weiter zum Werkstück 2 verläuft. Durch die Aneinanderreihung mehrerer solcher Strahlenfächer 26 erfolgt, wie bereits anhand von Fig. 2 beschrieben, die linienförmige Erwärmung des Werkstücks 2 im Bereich der Umformzone 16.

[0061] Die Kühlflüssigkeit zur Wärmeabfuhr von den Diodenlaserbarren 20 wird im dargestellten Ausführungsbeispiel durch das Trägerelement 21 zu den Kühlkörpern 35 zugeführt und auch wieder abgeführt. Dazu sind im Trägerelement 21 ein zur Richtung der Längsachse 32 paralleler Kühlflüssigkeitszulaufkanal 42 und ein dazu paralleler Kühlflüssigkeitsablaufkanal 43 ausgebildet, wobei der höhere Druck der Kühlflüssigkeit im Kühlflüssigkeitszulaufkanal 42 herrscht. Von dem Kühlflüssigkeitszulaufkanal 42 zweigt bei jedem Diodenlaserbarren 20 eine Verbindungsbohrung 44 ab, die zur Befestigungsfläche 33 und dem an dieser jeweils anliegenden Kühlkörper 35 eines Diodenlaserbarrens 20 führt. Nach Durchströmen des Kühlkörpers 35 und Aufnahme der von der Laserdiodenanordnung 37 abgegebenen Verlustwärme, strömt die Kühlflüssigkeit durch eine weitere Verbindungsbohrung 45 zum Kühlflüssigkeitsablaufkanal 43, über den die Kühlflüssigkeit aus dem Diodenlasereinsatz 22 und damit auch aus dem Biegegesenk 3 abgeführt wird. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel wird als Kühlkörper 35 jeweils ein sogenannter Mikrokanalkühler 36 verwendet, der ein Beispiel für ein aktives Kühlelement darstellt, es ist jedoch auch möglich, die Abfuhr der Verlustwärme der Laserdiodenanordnung 37 durch andere Kühlelemente, beispielsweise passive Kühlkörper usw. zu bewerkstelligen.

[0062] Das Trägerelement 21 kann aus verschiedenen Werkstoffen hergestellt werden, beispielsweise aus Metall, vorzugsweise rostfreiem Stahl, das sich durch gute Wärmeleitung auszeichnet und die Abfuhr der Verlustwärme weiter unterstützt. Da die Kühlkörper 35 jedoch, wie beschrieben als elektrische Pole der Diodenlaserbarren 20 wirken können, ist bei einem Trägerelement 21 aus Metall zwischen den Diodenlaserbarren 20 und der Befestigungsfläche 33 am Trägerelement 21 eine Isolierschicht vorzusehen. Besonders vorteilhaft ist auch eine Ausführung des Trägerelements 21 aus PEEK-Kunststoff (Polyetheretherketon). Diese Kunststoffe sind gegen sehr viele Chemikalien beständig, und schränken dadurch die Auswahl der einsetzbaren Kühlflüssigkeit nicht ein. Weiters sind PEEK-Kunststoffe sehr hitzebeständig mit Schmelztemperaturen von über 300°C und ertragen im Gebrauch auch Temperaturen von jenseits 200°C. Weiters besitzt PEEK-Kunststoff elektrisch isolierende Eigenschaften, wodurch benachbarte Diodenlaserbarren 20 auch ohne zusätzliche isolierende Materialien galvanisch voneinander getrennt sind.

[0063] Als Kühlflüssigkeit kann im einfachsten Fall normales Wasser, vorzugsweise jedoch destilliertes bzw. deionisiertes Wasser eingesetzt werden, das sich durch sehr hohe Wärmekapazität und dadurch gute Wärmeabfuhr auszeichnet.

[0064] Fig. 4 zeigt das anhand von Fig. 3 beschriebene Trägerelement 21 mit daran befestigten Diodenlaserbarren 20, die im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 mittels Diagonalverbinder-elementen 46 elektrisch in Serie geschaltet sind. Ein Diagonalverbinder-element 46 verbindet dabei jeweils einen Pluspol 38 eines Diodenlaserbarrens 20 mit dem Minuspol 40 eines benachbarten Diodenlaserbarrens 20. Durch Anlegen einer Gleichspannung zwischen dem Minuspol

40 des äußerst linken Diodenlaserbarrens 20 und dem Pluspol 38 des äußerst rechten Diodenlaserbarrens 20 fließt durch die in Serie geschalteten Diodenlaserbarren 20 und deren strahlungsaktiven Laserdiodenanordnungen 37 jeweils derselbe Strom, wodurch gewährleistet ist, dass alle Diodenlaserbarren 20 die gleiche Strahlungsenergie abgeben können. Alternativ dazu wäre auch eine Parallelschaltung der Diodenlaserbarren 20 denkbar, wobei zur Erzielung einer gleich hohen Strahlungsleistung an allen Diodenlaserbarren 20 diese mittels Kontaktelementen mit sehr kleinen elektrischen Widerständen parallel geschaltet sein müssten, um an allen Diodenlaserbarren zumindest annähernd dieselbe Versorgungsspannung bereitzustellen.

[0065] Die mechanische Befestigung der Diodenlaserbarren 20 erfolgt beispielsweise durch Befestigungsschrauben 47, die das Trägerelement 21 von seiner Rückseite 48 her in Richtung der Befestigungsfläche 33 durchragen und ein Diodenlaserbarren 20 mittels einer Schraubenmutter 49 oder vergleichbaren Befestigungsmitteln gegen die Befestigungsfläche 33 des Trägerelements 21 gespannt wird. Der über die Schraubenmutter 49 hinausragende Abschnitt der Befestigungsschraube 47 kann weiters wie in Fig. 4 dargestellt, zur Positionierung und Befestigung der Diagonalverbindererelemente 46 verwendet werden, indem diese in Durchgangsbohrungen durchragt werden und in Folge gegen die Kontaktfläche an einem Pluspol 38 eines ersten Diodenlaserbarrens 20 und einen Minuspol 40 eines dazu benachbarten, zweiten Diodenlaserbarrens 20 gepresst werden. Die Diagonalverbindererelemente 46 besitzen im dargestellten Ausführungsbeispiel eine gekröpfte Form, wobei das mit dem Pluspol eines Diodenlaserbarrens 20 in Verbindung stehende untere Drittel etwa parallel zur Längsachse 50 der Diodenlaserbarren 20 ausgerichtet ist und der restliche Teil der Diagonalverbindererelemente 46 schräg zum Minuspol 40 eines benachbarten Diodenlaserbarrens 20 hin orientiert ist. Es sind jedoch auch abweichend davon andere Ausgestaltungen von Diagonalverbindererelementen möglich. Bei einer Ausführung eines Biegegesenks 3 mit acht Diodenlaserbarren 20 sind somit sieben Diagonalverbindererelemente 46 zur Herstellung der Serienschaltung erforderlich.

[0066] Falls zum Biegen eines Werkstücks 2 nur ein Biegegesenk 3 eingesetzt wird, wird der in Fig. 4 am linken Diodenlaserbarren 20 freibleibende Minuspol 40 und der am rechten Diodenlaserbarren 20 freibleibende Pluspol über geeignete Leitungselemente, die auch durch Gehäuseteile des Diodenlasereinsatzes 22 gebildet sein können, mit einer Gleichstromquelle, die beispielsweise durch ein Netzgerät mit einem Gleichrichter gebildet ist, verbunden. Die Stromversorgung eines derartigen Diodenlasereinsatzes 22 kann selbstverständlich auch mittels einer elektronischen Steuervorrichtung erfolgen, die etwa auch zur Steuerung einer für den Biegevorgang verwendeten Biegepresse eingesetzt wird, oder aber auch durch eine eigene Steuerungsvorrichtung die über Schnittstellen mit einer Biegepresse verbunden ist.

[0067] Fig. 4 zeigt weiters eine an das Trägerelement 21 in Strahlausbreitungsrichtung anschließende, angeformte oder separate Halteleiste 51 die beispielsweise durch eine Verschraubung 52 mit dem Trägerelement 21 verbunden ist und die eine Haltenut 53 aufweist, mit der optisch wirksame Bauelemente zur Umformung oder Umlenkung der von den Diodenlaserbarren 20 abgegebenen Strahlung bzw. Strahlenfächer relativ zu den Diodenlaserbarren 20 positioniert und gehalten werden können. So können etwa mittels der Haltenut 53 und einer in Fig. 4 nicht dargestellten, weiteren Haltenut an einem gegenüberliegenden Gehäuseteil des Diodenlasereinsatzes 22; der die in Fig. 4 sichtbare Vorderseite abschließt; Prismen oder Linsen gehalten werden, mit denen die Strahlenfächer 26 bedarfsweise noch verändert werden können. Als optische Bauelemente kommen insbesondere fokussierende oder zerstreulinsensysteme sowie strahlumlenkende Prismen zum Einsatz, was anhand weiterer Ausführungsbeispiele bzw. Figuren in Folge beschrieben wird.

[0068] Fig. 5 zeigt eine weitere Phase im Zusammenbau einer möglichen Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Diodenlasereinsatzes 22 gemäß Fig. 3 und 4, wie er etwa in einem Biegegesenk 3 gemäß Fig. 1 und 2 eingesetzt werden kann.

[0069] Nach der Montage der Diagonalverbindererelemente 46 wird die Vorderseite des Diodenlasereinsatzes 22 gehäuseähnlich verschlossen, indem mittels der gegenüber den Diagonalverbindererelementen 46 vorragenden Befestigungsschrauben 47 ein Gehäusedeckel 54 befestigt wird, der zusammen mit dem Trägerelement 21 die Diodenlaserbarren 20 gehäuseartig umschließt und nach diese beiden Elemente zusammen eine nach oben führende, schlitzförmige Öffnung aufweist, durch die die Strahlung 18 nach oben in Richtung Werkstück 2 austreten kann. Im dargestellten Ausführungsbeispiel kann der Gehäusedeckel 54 insbesondere so ausgebildet sein, dass er zwei elektrisch voneinander isolierte Deckelhälften 55 und 56 umfasst, wobei in Fig. 5 nur die erste Deckelhälfte 55 dargestellt ist. Diese beiden Deckelhälften 55 und 56 können aus elektrisch leitendem Metall gebildet sein und können durch elektrisch leitende Verbindung zwischen linker Deckelhälfte 55 und dem Minuspol 40 des äußerst linken Diodenlaserbarrens 20 sowie elektrisch leitender Verbindung zwischen der rechten Deckelhälfte 56 und Pluspol 38 des äußerst rechten Diodenlaserbarrens 20 diese zur Anbindung an die Stromversorgung verwendet werden. So können beispielsweise die Deckelhälften 55 und 56 einen L-förmigen Querschnitt besitzen, wobei der untere waagerechte Schenkel eine Auflagefläche für das Trägerelement 21 bildet und dieser untere waagerechte Schenkel bündig mit der Rückseite 48 des Trägerelements 21 abschließt, wodurch ein im Wesentlichen quaderförmiger Diodenlasereinsatz 22 gebildet ist. Durch diesen Aufbau eines Diodenlasereinsatzes 22 können Trägerelement 21, Diodenlaserbarren 20, Diagonalverbindererelemente 46 und Gehäuseselement 54, insbesondere die Deckelhälften 55 und 56 mittels der Befestigungsschrauben 47, den Schraubenmuttern 49 und weiteren Schraubenmuttern 57 oder gleichwertigen Verbindungselementen zu einem kompakten Diodenlaser-

einsatz 22 zusammengestellt werden, der bei Bedarf auf einfache Weise zerlegbar ist und den Austausch einzelner Komponenten erlaubt. Zur zuverlässigen, galvanischen Trennung der Befestigungsschrauben 47 und der Deckelhälften 55 bzw. 56 sind unter den weiteren Schraubenmuttern 57 noch elektrisch isolierende Beilagscheiben 58 angeordnet. Zusätzlich sind als galvanische Trennung zwischen den Diagonalverbinder-elementen 46 und den Deckelhälften 55 und 56 weitere isolierende Bauteile vorgesehen, beispielsweise wie im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 eine Isolierplatte 59 aus elektrisch nicht leitendem Kunststoff.

[0070] Fig. 6 zeigt einen Diodenlasereinsatz 22, der vollständig zu einer Einheit montiert ist und zum Einbau in einen Werkzeuggrundkörper 7 gemäß den Fig. 1 oder 2 geeignet ist. In diesem Ausführungsbeispiel sind die elektrischen Anschlüsse zur Stromversorgung der in Serie geschalteten Diodenlaserbarren 20 im Inneren des Diodenlasereinsatzes 20 an der Vorderseite in Form von Anschlussklemmen 60 ausgeführt, wobei in Fig. 6 vereinfacht eine Anschlussklemme 60 angedeutet ist, mit der beispielsweise der Stromanschluss an einem Endgesenk erfolgen kann. Zwischen benachbarten Biegegesenken 3 erfolgt die Stromweiterleitung vorteilhaft über die Steckverbindungen 30 und 31. In Fig. 6 ist der Diodenlasereinsatz 22 mit einer ersten linken Deckelhälfte 55, die mit dem Minuspol 40 elektrisch verbunden ist, und mit der zweiten, rechten Deckelhälfte 56, die mit dem Pluspol 38 verbunden ist, an der Vorderseite verschlossen. Zusätzlich sind an den axialen Stirnseiten 61 Abschlussplatten 62 oder Abschlussfolien befestigt, die dazu dienen, den Diodenlasereinsatz 22 in axialer Richtung staubdicht abzuschließen. Die Abschlussplatten 62 können dabei gegen die Stirnflächen 61 des Trägerelements 21 und des Gehäuseelements 54 geklebt sein oder mittels Schrauben oder eines benachbarten Biegegesenks 3 gegen diese Stirnflächen 61 gespannt sein.

[0071] Fig. 6 zeigt weiters eine zwischen der Halteleiste 51 und den Deckelhälften 55, 56 angeordnete Kollimationslinse 63, aus für die Laserstrahlung 18 durchlässigem Material, also Glas oder ähnlichem, die dazu dient, die im Strahlenverlauf zwangsläufig auftretende Strahlaufweitung zu kompensieren und dadurch die Erwärmung eines Werkstücks 2 durch Laserbestrahlung in einem eng begrenzten Flächenabschnitt im Bereich der Umformzone erfolgt. Als Kollimationslinse 63 können insbesondere eine oder mehrere Zylinderlinsen 64 vorgesehen sein, deren Krümmungsachse parallel zur Biegeausnehmung 11 bzw. zur Biegelinie 15 verlaufen. Da bei gattungsgemäßen Diodenlaserbarren 20 die Strahlaufweitung quer zur Strahlabbreitungsebene, die in diesem Ausführungsbeispiel der Biegeebene 14 entspricht, sehr hohe Werte von mehr als 30° annehmen kann, ermöglichen diese Kollimationslinsen 63 eine Positionierung der Diodenlaserbarren 20 in größerem Abstand zur Anlagefläche 10, da die starke Strahldivergenz durch die Kollimationslinse 63 kompensiert wird und auch bei größerem Abstand zwischen den Diodenlaserbarren 20 und dem an der Anlagefläche 10 anliegenden Werkstück 2 die hohe Strahlungsdichte der Laserstrahlung 18 aufrecht erhalten bleibt. Alternativ oder zusätzlich zu den getrennt zu den Diodenlaserbarren 20 angeordneten Kollimationslinsen 63 ist es möglich, Diodenlaserbarren 20 einzusetzen, die an ihrer Strahlenaustrittsfläche 25 unmittelbar mit einer Kollimationslinse versehen sind, wobei hier insbesondere GRIN-Linsen (Gradienten-Index) verwendet werden können, die ihre fokussierende Wirkung nicht durch gekrümmte Oberflächen sondern durch Variation ihres Brechungsindex über deren Dicke erzielen. Die Kollimationslinsen zur Fast-Axis-Kollimation können dabei in einem Abstand von den Diodenlaserbarren 20 montiert sein. Dadurch wird zwar evtl. keine optimale Kollimation erzielt, dafür erfolgt eine Fokussierung der Strahlung 18 vor dem unverformten Werkstück 2, indem der Brennpunkt unterhalb der Anlagefläche 10 positioniert wird, wodurch eventuell aus dem Biegegesenk 3 austretende Strahlung sich möglichst rasch zerstreut.

[0072] Die Oberseite des Diodenlasereinsatzes 22 kann zusätzlich mittels entspiegelter, planparalleler Glasplatten verschlossen sein, um eine staubdichte Einhausung der Diodenlaserbarren 20 zu gewährleisten.

[0073] Fig. 7 zeigt als weiteres Ausführungsbeispiel einen Schnitt durch ein Biegegesenk 3, in dem ein Diodenlasereinsatz 22 beispielsweise in der Ausführungsform gemäß den Fig. 3 bis 6 oder aber auch in davon abgewandelter Form zum Einsatz kommen kann. Der Diodenlasereinsatz 22 wird an dieser Stelle nicht mehr näher beschrieben und bezüglich der mit Bezugszeichen versehenen Bauteile auf die Beschreibungen zu den Fig. 3 bis 6 verwiesen. Der Diodenlasereinsatz 22 gemäß Fig. 7 umfasst ebenfalls acht nebeneinander angeordnete Diodenlaserbarren 20, wodurch acht nebeneinander zumindest annähernd in der Biegeebene 14 verlaufende Strahlenfächer 26 von diesem ausgehen. Der Werkzeuggrundkörper 7 ist stark vereinfacht etwa U-förmig, wobei die obere Öffnung des U der Biegeausnehmung 11 entspricht, in die das Werkstück 2 während der Umformung eingedrückt wird und in die vor oder während des Umformvorganges Laserstrahlung 18 durch die Strahlenaustrittsöffnung 17 zur Erwärmung des Werkstücks 2 eingebracht wird. Der Diodenlasereinsatz 22 ist im unteren Bereich der Ausnehmung im U-förmigen Werkzeuggrundkörper 7 angeordnet und besitzt Anschlussschnittstellen 28 zur Versorgung mit elektrischem Strom zum Betrieb der Diodenlaserbarren 20 und für Kühlflüssigkeit zur Abfuhr der Verlustwärme. Die von den Diodenlaserbarren 20 abgegebenen Strahlenfächer 26 werden nach Durchtritt durch die Kollimationslinsen 63 bzw. Zylinderlinsen 64 zusätzlich mittels weiteren Korrekturlinsen 65 beeinflusst, wobei entweder eine Strahlaufweitung innerhalb der Strahlabbreitungsebene reduziert oder aber auch verstärkt werden kann. Die Korrekturlinsen 65 können dazu als zylindrische Sammellinsen oder Zerstreuungslinsen ausgeführt sein. Die Kollimationslinsen 63 und Korrekturlinsen 65 können allgemein als Strahlformungselemente 66 bezeichnet werden, die die Strahlenfächer 26 in ihrem Verlauf beeinflussen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel verlaufen die Strahlen in den Strahlenfächern 26 annähernd parallel in Richtung des Werkstücks 2.

[0074] Zur Erhöhung der mechanischen Festigkeit des Biegegesenks 3 sind zwischen dem Diodenlasereinsatz 22

und der Strahlenaustrittsöffnung 17 Abstandhalterelemente 67 vorgesehen, die zwischen den nach oben ragenden, freien Schenkeln des im Wesentlichen U-förmigen Werkzeuggrundkörpers 7 angeordnet sind und an denen die Schenkel des U-förmigen Werkzeuggrundkörpers 7 zusammengespant sind. Dazu weisen die Abstandhalterelemente 67 und der Werkzeuggrundkörper 7 beispielsweise zueinander fluchtende Durchgangsbohrungen 68 auf, die von Spannschrauben 69 oder Einrastelementen durchragt werden und mit denen die beiden Schenkel des U-förmigen Werkzeuggrundkörpers 7 mittels Schraubenverbindungen gegen die Abstandhalterelemente 67 gespannt bzw. fixiert werden. Der Werkzeuggrundkörper 7 erhält dadurch eine hohe, mechanische Festigkeit und werden die freien Schenkel des U-förmigen Werkzeuggrundkörpers 7 durch die bei einem Biegevorgang auftretenden Kräfte nicht oder nur unwesentlich auseinander gezwängt.

[0075] Diese oberhalb der Strahlungsquelle in Form der Diodenlaserbarren 20 angeordneten Abstandhalterelemente 67 zur mechanischen Stabilisierung des Biegegesenks 3, liegen jedoch im Strahlengang einzelner Strahlenfächer 26 und würde ein Werkstück 2 im Bereich oberhalb dieser Abstandhalterelemente 67 in der Umformzone 16 nicht oder zumindest nicht ausreichend erwärmt werden, um die Biegung mit gutem Biegeergebnis durchführen zu können. Um diese oberhalb der Abstandhalterelemente 67 liegenden Abschnitte der Umformzone trotzdem durch Laserstrahlung 18 erwärmen zu können, weisen die Abstandhalterelemente 67 schräg zur von den Diodenlaserbarren 20 eintreffenden Laserstrahlung 18 orientierte Reflexionsflächen 70 auf, an der die von den Diodenlaserbarren 20 eintreffende Laserstrahlung 18 zu dem von einem benachbarten Abstandhalterelement 67 abgeschatteten Bereich in der Umformzone 16 umgelenkt werden. Wie in Fig. 7 durch Einzelstrahlen im Randbereich der Strahlenfächer 26 angedeutet, werden die auf das mittlere Abstandhalterelement 67a eintreffenden Laserstrahlen von dessen Reflexionsflächen 70 zu den vom linken Abstandhalterelement 67b bewirkten Abschattungsbereich 71b umgelenkt bzw. zu dem vom rechten Abstandhalterelement 67c bewirkten Abschattungsbereich 71c umgelenkt, wodurch auch in diesen Bereichen Laserstrahlung 18 zur Erwärmung eines Werkstücks 2 zur Verfügung steht. Im Gegenzug wird die auf das linke Abstandhalterelement 67 eintreffende Laserstrahlung durch dessen Reflexionsfläche zum Abschattungsbereich 71a des mittleren Abstandhalterelements 67a umgelenkt, ebenso wie die Laserstrahlung 18 vom rechten Abstandhalterelement 67c durch dessen Reflexionsfläche 70. Durch diese Maßnahme ist es möglich, ein Biegegesenk 3 bzw. dessen Werkzeuggrundkörper 7 durch Spannelemente, wie etwa die beschriebenen Abstandhalterelemente 67 in Verbindung mit Spannschrauben 69, den Werkzeuggrundkörper 7 im Bereich zwischen der Strahlungsquelle zur Erzeugung der Laserstrahlung 18 - hier des Diodenlasereinsatzes 22 - und der Biegeausnehmung 11 mechanisch zu stabilisieren, ohne dass in der Umformzone 16 Bereiche mit nicht ausreichender Laserstrahlungsdichte vorhanden wären. Die Reflexionsflächen 70 sind vorzugsweise verspiegelt, damit möglichst die gesamte auftreffende Strahlungsleistung zu den benachbarten Abschattungs-bereichen 71 umgelenkt wird und die Abstandhalterelemente 67 möglichst wenig Strahlungsenergie absorbieren und sich dadurch erwärmen. Zusätzlich können auch die Oberseiten 72 der Abstandhalterelemente 67 verspiegelt ausgeführt sein, wodurch vom Werkstück 2 reflektierte Laserstrahlung 18 wieder zu diesem zurückreflektiert wird und ebenfalls für die Erwärmung der Umformzone 16 zur Verfügung steht.

[0076] Die Reflexionsflächen 70 des mittleren Abstandhalterelements 67a können leicht geknickt ausgeführt sein, um die Strahlung 18 des zugeordneten Laserdiodenbarrens 20 im Randbereich so zu konzentrieren, dass die Intensität auf der Biegelinie 15 am Gesenkende auf Null geht.

[0077] Ähnliches ist auch für die Abstandhalterelemente 67b und 67c am Rand denkbar, da die auf diese auftreffenden und reflektierten Strahlenfächer sich im mittleren Abschattungsbereich 71a überlagern.

[0078] Alternativ zu geknickten Reflexionsflächen 70 können für denselben Zweck auch gekrümmte Oberflächen verwendet werden, was fertigungstechnische Vorteile haben kann.

[0079] Fig. 7 zeigt weiters eine Ausführung des Biegegesenks 3 mit einer Abschirmvorrichtung 73, die auch bei anderen Ausführungsformen des Biegegesenks 3 zum Einsatz kommen kann und dazu dient, die von einem Werkstück 2 nicht überdeckten Bereiche der Biegeausnehmung 11 optisch zu verschließen und dadurch den Austritt von Laserstrahlung 18, die nicht auf ein Werkstück 2 treffen würde, zu verhindern. Die Abschirmvorrichtung 73 umfasst dazu im Wesentlichen ein Abschirmelement 74, das in Längsrichtung der Biegeausnehmung 11 mittels einer Verstellvorrichtung 75 verstellbar ist. Durch dieses Abschirmelement 74, das auch als Schieber oder Schubler bezeichnet werden kann, wird ein Teilabschnitt 76 der Biegeausnehmung 11, der nicht von Werkstück 2 abgedeckt wird, verdeckt, wodurch die Laserstrahlung am Austreten aus dem Biegegesenk 3 gehindert wird. Die durch die Strahlenaustrittsöffnung 17 in die Biegeausnehmung 11 ausgeleitete Laserstrahlung 18 wird in diesem Fall zumindest teilweise vom Abschirmelement 74 absorbiert oder zurück in das Innere des Biegegesenks 3 reflektiert. Die Unterseite des Abschirmelementes 74 kann dabei eine optisch zerstreue Oberfläche besitzen, wodurch die reflektierte Strahlung an Intensität weiter abnimmt und über größere Flächen des Gesenkinneren verteilt wird.

[0080] Durch die Verstellvorrichtung 75 kann das Abschirmelement 74 an verschiedene Abmessungen eines Werkstücks 2 angepasst werden. Das Anlegen des Abschirmelementes 74 an zu biegenden Werkstück 2 kann dabei dadurch sichergestellt werden, dass es mit einer gewissen Mindestkraft an das Werkstück 2 angenähert wird, wobei zusätzlich auch eine mechanische, elektrische oder optische Abfrage der Werkstückkontaktierung und damit der vollständigen Abschirmung des Teilabschnitts 76 sichergestellt werden kann. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass das

Abschirmelement 74 an seinem zum Werkstück 2 gerichteten Ende an seiner Oberseite eine Prüfmarkierung 77 aufweist, die von einer nicht dargestellten, oberhalb des Biegegesenks 3 montierten Kamera überwacht wird und bei einem Verschieben der Prüfmarkierung 77 am Abschirmelement 74 unter den Rand des Werkstücks 2 von oben durch die Kamera nicht mehr erfassbar ist, woraus ableitbar ist, dass das Abschirmelement 74 am Werkstück 2 anliegt. Der Endabschnitt mit der Prüfmarkierung 77 besitzt dabei eine Ausklinkung im Bereich der Biegelinie 15, damit diese auch am Rand des Werkstücks 2 von der Laserstrahlung bestrahlt werden kann. Zusätzlich kann das Abschirmelement 74 bzw. die gesamte Abschirmvorrichtung 75 in Richtung des Doppelpfeiles in Fig. 7 beweglich gelagert sein, wodurch es zusammen mit dem Werkstück 2 bei Durchführung eines Biegevorganges in das Innere der Biegeausnehmung 11 eingedrückt werden kann, ohne den Biegevorgang zu behindern. Das Abschirmelement 74 kann insbesondere mit vertikalem Bewegungsspiel in Führungsnuten im Werkzeuggrundkörper geführt sein, wodurch kein direkter Austritt von Laserstrahlung entlang der seitlichen Führungsflächen des Abschirmelements 74 erfolgen kann.

[0081] Fig. 8 zeigt einen Schnitt durch eine weitere, mögliche Ausführungsform eines Biegegesenks 3 mit mehreren Diodenlaserbarren 20, die entlang der Biegeausnehmung 11 im Inneren des Werkzeuggrundkörpers 7 aneinander gereiht angeordnet sind und jeweils von ihrer Laserdiodenanordnung 37 einen Strahlenfächer 26 aussenden, der zumindest annähernd in einer Ebene mit den restlichen Strahlenfächern 26 liegt. Zur Vermeidung der Strahlaufweitung quer zur Strahlenausbreitungsebene durchlaufen die Strahlenfächer eine Kollimationslinse 63 in Form einer Zylinderlinse 64 wodurch sich die Laserstrahlen im Wesentlichen innerhalb einer gemeinsamen Strahlenebene ausbreiten. Ähnlich wie im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 sind auch bei diesem Ausführungsbeispiel eines Biegegesenks 3 zwischen den Diodenlaserbarren 20 und der Biegeausnehmung 11 Abstandhalterelemente 67 angeordnet, mit denen die gegenüberliegenden und zwischen sich die Diodenlaserbarren 20 oder den Diodenlasereinsatz 22 einschließenden Abschnitte des Werkzeuggrundkörpers 7, beispielsweise unter Verwendung einer Spannschraube 69, zusammengespant werden können, wodurch die mechanische Stabilität des Biegegesenks 3 wesentlich erhöht ist. Da durch die Abstandhalterelemente 67 bei vertikalem Verlauf der Strahlenfächer 26 geradlinig nach oben abgeschattete Bereiche in der Umformzone 16 entstehen würden, sind auch bei dieser Ausführungsform Maßnahmen vorgesehen, die derartige Abschattungsgebiete mit geringerer Wärmeeinbringung vermeiden. Bei dieser Ausführungsform wird die Laserstrahlung 18 durch Verwendung von Strahlumlenkungsmitteln 78 zum überwiegenden Teil oder vorzugsweise vollständig an diesen Abstandhalterelementen 67 vorbei zur Biegeausnehmung 11 gelenkt. Die Strahlenfächer 26 werden dazu beispielsweise durch Verwendung von Prismen 79 oder prismenähnlichen, optischen Bauelementen in ihrer Richtung so umgelenkt, dass sie zwischen benachbarten Abstandhalterelementen 67 in Richtung der Biegeausnehmung 11 verlaufen. Die Strahlfächer 26 werden dazu gegenüber der geradlinigen Ausleitung aus dem Werkzeuggrundkörper gegenüber der Vertikalen um einen Winkel von vorzugsweise zwischen 15 und 30° umgelenkt, wobei die Umlenkung gegenüber der Vertikalen durch eine alternierende Anordnung von mehreren Strahlumlenkungsmitteln abwechselnd nach verschiedenen Seiten, im dargestellten Ausführungsbeispiel abwechseln nach links und nach rechts erfolgen kann.

[0082] Wie in Fig. 8 ersichtlich ist, wird beispielsweise der Strahlenfächer 26a durch eine nach links geneigte Prismenoberseite 80 nach rechts abgelenkt, und ein dazu benachbarter Strahlenfächer 26b durch eine nach rechts geneigte Prismenoberseite 80b nach links umgelenkt. Die beiden Strahlenfächer 26a und 26b bzw. deren Strahlungsmaxima kreuzen sich dadurch in einem Kreuzungspunkt 81, der im dargestellten Ausführungsbeispiel etwa auf halber Höhe zwischen den Prismen 79 und der Anlagefläche 10 für das Werkstück 2 liegt. Vier nebeneinander liegende Strahlenfächer 26, die vier Strahlumlenkungsmittel 78, hier in Form von Prismen 79, durchlaufen, ergeben somit zueinander beabstandete Kreuzungspunkte 81, in denen die Laserstrahlung ihre Maxima besitzt. Zwischen diesen Kreuzungspunkten 81 nimmt die Intensität der Laserstrahlung stark ab und sind deshalb die Abstandhalterelemente 67 vorzugsweise mittig zwischen den Kreuzungspunkten 81 angeordnet. Der relativ geringe noch auf die Abstandhalterelemente 67 auftreffende Strahlungsanteil kann zusätzlich durch Reflexionsflächen 82 in Richtung zur Biegeausnehmung 11 weiter reflektiert werden, wodurch die von den Abstandhalterelementen 67 absorbierte Laserstrahlungsleistung weiter reduziert wird und die von den Diodenlaserbarren 20 abgestrahlte Laserleistung mit geringstmöglichen Verlusten bis zu einem zu erwärmenden Werkstück 2 in dessen Umformzone 16 geleitet wird. Die Reflexionsflächen 82 können dabei ebenfalls wie die Reflexionsflächen 70 des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 7 verspiegelt ausgeführt sein. Die Abstandhalterelemente 67 können als eigene Bauteile ausgeführt sein, jedoch ist es auch möglich, dass diese einstückig mit zumindest einem Schenkel des etwa U-förmigen Werkzeuggrundkörpers 7 verbunden sind. Die Oberseite 72 der Abstandhalterelemente 67 kann wie bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 ebenfalls reflektierend bzw. verspiegelt ausgeführt sein, damit von einem Werkstück 2 reflektierte Laserstrahlung 18 wieder nach oben in Richtung des Werkstücks 2 reflektiert wird.

[0083] Die Aus- und/oder Eintrittsflächen an den Prismen 79 können auch gekrümmt ausgeführt werden, um zusätzliche Strahlaufspreizung, -kollimation oder Fokussierung durch ein einziges optisches Element realisieren zu können. Insbesondere können die Austrittsflächen an den Prismenoberseiten 80 wie eine Zerstreuungslinse gekrümmt sein, um eine gleichmäßigere Intensitätsverteilung entlang der Biegelinie 15 zu gewährleisten.

[0084] Vorteilhaft kann es weiters sein, wenn die Strahlen in beiden Ausführungsformen in Fig. 7 und Fig. 8 so gekreuzt sind, dass der Bereich einer annähernd homogenen Linienenerwärmung d.h. der Bereich mit der gleichmäßigsten Intensitätsverteilung, der in Fig. 7 und 8 genau auf der Biegelinie 15 liegt, deutlich unterhalb der Anlagefläche 10 oder der

Biegelinie 15 des unverformten Werkstücks 2 zu liegen kommt, da ja während der Umformung die Umformzone 16 nach unten wandert und eine homogene Wärmeeinbringung und gleichmäßige Werkstückerwärmung eher am Ende des Biegevorgangs bei hohen Umformgraden, also weiter unten in der Biegeausnehmung 11 erforderlich ist.

[0085] Von Vorteil kann es weiters sein, dass zwischen dem Diodenlasereinsatz 22 und der Biegeausnehmung 11 oder zwischen den Abstandhalterelementen 67 und der Biegeausnehmung 11 eine für die verwendete Laserstrahlung durchlässige Abdeckscheibe 83 angeordnet ist, die das Innere des Biegegesenks 3 vor Eintritt von Staub oder sonstigen Verschmutzungen schützt und durch die glatte Oberfläche, beispielsweise durch die Strahlenaustrittsöffnung 17 leicht zu reinigen ist und dadurch die erzeugte Laserstrahlung 18 mit möglichst geringen Verlusten bis an ein Werkstück 2 ausgeleitet werden kann. Bei Verwendung einer derartigen Abdeckscheibe 83 ist es möglich, diese unmittelbar an die Oberseiten 72 der Abstandhalterelemente 67 anzuschließen, und die Bereiche die oberhalb der Abstandhalterelemente 67 liegen, ebenfalls verspiegelt auszuführen, damit von einem Werkstück 2 nach unten zurück reflektierte Laserstrahlung wieder in Richtung des Werkstücks 2 umgelenkt wird und dadurch ein möglichst hoher Anteil der erzeugten Strahlungsleistung auf das Werkstück 2 im Bereich der Umformzone 16 übertragen wird. Ebenso kann im Strahlengang unmittelbar nach dem letzten, wirksamen Strahlbeeinflussungsmittel ebenfalls eine klare Abdeckscheibe vorgesehen sein, die auch Bestandteil des Diodenlasereinsatzes 22 sein kann und dadurch beim Lagern bzw. Handhaben eine Verschmutzung der Strahlenaustrittsflächen 25 oder der Flächen nachfolgender, optischer Elemente vermieden werden kann.

[0086] Der Werkzeuggrundkörper 7 des Biegegesenks 3 im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 8 besitzt ebenfalls ein herkömmliches Biegegesenken vergleichbare Außengeometrie und kann daher für die gleichen Biegegeometrien bzw. Werkstückabmessungen auf herkömmlichen Abkantpressen und Biegepressen eingesetzt werden wie herkömmliche Biegegesenke.

[0087] Fig. 8 zeigt weiters beispielhaft eine Anschlussschnittstelle 28 für die Versorgung der Diodenlaserbarren 20 mit Strom in Form von zumindest eines Steckverbinders 30, mit dem der Stromanschluss zur Einstecköffnung 31 eines benachbarten Biegegesenks 3 hergestellt wird. Steckverbinder 30 bzw. Einstecköffnungen 31 sind dabei in den metallischen Deckelhälften 55 und 56 (siehe Fig. 6) angeordnet, die zur Gänze jeweils einen Pol bilden und eine Kontaktpressfläche zum ersten Minuspol 40 (siehe Fig. 4 äußerst links) bzw. dem letzten Pluspol 38 - gebildet durch den Mikrokanalkühler 36 (siehe Fig. 4 äußerst rechts) hat. Wie in Fig. 8 weiters dargestellt, können im Strahlengang der Laserstrahlung weitere Zerstreuungslinsen 84 angeordnet sein, mit denen die Strahlenfächer 26 innerhalb der Strahlausbreitungsebene weiter aufgespreizt werden können, und dadurch die von den Diodenlaserbarren 20 abgegebene Strahlungsleistung noch gleichmäßiger in den Bereich der Biegeausnehmung 11 verteilt wird. Die Zerstreuungslinsen 84 sind dazu zylindrisch mit einer Krümmungsachse rechtwinkelig zur Strahlausbreitungsebene, wodurch die Strahlenfächer 26 nicht quer zu ihrer Ausbreitungsebene aufgeweitet werden und diese zumindest annähernd in der Biegeebene 14 liegt.

[0088] Die Zerstreuungslinsen 84 können zusätzlich auch als Abstandhalterelemente 67 wirken bzw. ausgeführt sein, wodurch sich ihre Ausdehnung stark vergrößern lässt, bei gleichzeitiger Minimierung der Größe abschattender Elemente, welche sich im Extremfall nur mehr auf Spannschrauben 69 bzw. auf Einrastelemente reduziert. Alternativ können auch die Einrastelemente entsprechende Ausnehmungen aufweisen, die einen definierten Abstand zwischen den distanzierten Werkzeughälften - gebildet durch die Schenkel des Werkzeuggrundkörpers 7 - gewährleisten. Die Einrastelemente können sowohl eigenständige Elemente sein oder auch zusammen mit einer Werkzeughälfte aus einem Stück gefertigt sein.

[0089] Die Abstandhalterelemente 67 im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 8 besitzen aufgrund der sich kreuzenden Strahlenfächer 26 eine etwa rautenförmige Grundform, wobei die längere Symmetrieachse der Raute etwa in vertikaler Richtung verläuft und die den Diodenlaserbarren 20 und der Biegeausnehmung 11 zugewandten Spitzen abgeflacht sind.

[0090] Die in Fig. 8 dargestellte weitgehende Umlenkung der Strahlenfächer 26 vorbei an den Abstandhalterelementen 27 kann auch bei einer Ausführungsform gemäß Fig. 7 auf ähnliche Weise eingesetzt werden, wobei die Reflexionsflächen 82 bzw. 70 in diesem Fall so ausgeführt sind, dass die von diesen Flächen reflektierte Strahlung ebenfalls zumindest annähernd in einen Abschattungsbereich 71 oberhalb eines Abstandhalterelementes 67 gelenkt wird.

[0091] Da der durch die Laserstrahlung 18 bewirkte Wärmeeintrag in die Umformzone 16 des Werkstücks 2 aufgrund natürlicher Wärmeleitungsvorgänge sich in das Werkstück 2 ausbreitet und auch Anteile dieser Wärmeenergie in das Biegegesenk 3 abfließen können, was den weiteren Wärmeentzug aus der Umformzone 16 beschleunigen kann, ist es weiters möglich, die Auflagefläche des Biegegesenks 3 mit einer Isolierlage 85 aus einem Material mit einer niedrigeren Wärmeleitfähigkeit als das des Werkzeuggrundkörpers 7, beispielsweise PEEK-Kunststoff, andere Kunststoffe, Keramik oder Metalle zu versehen. Dies ist auch bei anderen Ausführungsformen, insbesondere gemäß den Fig. 1, 2 und 7 möglich.

[0092] Betreffend die Wirkungsweise und den Aufbau des Diodenlasereinsatzes 22 wird auf die Beschreibung der vorangegangenen Fig. 1 bis 7 verwiesen, um unnötige Wiederholungen zu vermeiden.

[0093] Die bei einem erfindungsgemäßen Biegegesenk 3 eingebauten Diodenlaserbarren 20 sind in einer solchen Anzahl im Inneren des Werkzeuggrundkörpers 7 eingebaut, dass vorzugsweise über die gesamte Länge der Biegeausnehmung 11 des Biegegesenks 3 Laserstrahlung zur Erwärmung der Umformzone 16 ausgeleitet werden kann. Da

jedoch die Biegelänge eines Werkstücks 2 nicht immer mit der Gesamtlänge eines Biegegesenks 3 übereinstimmt, sondern kürzer sein kann, ist es weiters vorteilhaft, wenn die Laserstrahlung 18 an die Biegelänge eines Werkstücks 2 angepasst werden kann, indem einzelne oder mehrere der Diodenlaserbarren 20 wahlweise deaktiviert werden können. Je nach der eingesetzten, elektrischen Schaltung der Diodenlaserbarren 20 gibt es dabei unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten zur Deaktivierung einzelner oder mehrere Diodenlaserbarren 20. Sind diese beispielsweise in einer Parallelschaltung mit der Stromversorgung verbunden, kann an jedem Diodenlaserbarren 20 ein eigenes Schaltelement vorgesehen sein, wodurch jeder Diodenlaserbarren 20 unabhängig von den restlichen Diodenlaserbarren 20 aktiviert bzw. deaktiviert werden kann. Die Schaltelemente können dabei beispielsweise manuell schaltbar sein, oder aber auch etwa mittels elektrischen Schaltern, Relais oder ähnlichem über eine Steuerungsvorrichtung.

[0094] Falls die Diodenlaserbarren 20, wie in den vorangegangenen Ausführungsbeispielen beschrieben, in Serie geschaltet sind, können einzelne Diodenlaserbarren 20 nicht durch Öffnen eines Schalters deaktiviert werden, sondern müssen diese durch geeignete Kontaktelemente 86 überbrückt werden, wodurch der Arbeitsstrom anstatt durch das zu deaktivierende Diodenlaserbarrenelement 20 durch das Kontaktelement 86 fließt. Mit den Kontaktelementen 86 kann eine direkte, elektrische Verbindung zwischen entsprechenden Pluspolen bzw. Minuspole benachbarter Diodenlaserbarren 20 bzw. Mikrokanalkühlern hergestellt werden, wodurch der Strom unmittelbar zum nächsten Diodenlaserbarren 20 bzw. Mikrokanalkühler weitergeleitet wird und nicht über die Laserdiodenanordnung 37 geführt wird. Die entsprechende Laserdiodenanordnung 37 ist in diesem Fall deaktiviert und es wird von diesem Diodenlaserbarren 20 keine Laserstrahlung ausgesendet.

[0095] Ein mögliches Ausführungsbeispiel für derartige Kontaktelemente 86 ist in Fig. 9 dargestellt, die einen Schnitt durch einen Diodenlasereinsatz 22 gemäß Ausführungsbeispiel in Fig. 8 zeigt. Wie bereits anhand von den Fig. 2 und 3 beschrieben, sind die Diodenlaserbarren 20 auf einem gemeinsamen Trägerelement 21 angeordnet und mittels der Diagonalkontaktelemente 46 in Serie geschaltet. Die Kontaktelemente 86 zur Deaktivierung einzelner Laserbarren 20 sind im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 9 durch Kontaktstifte 87 mit plattenartigem Endabschnitt gebildet, die, wie Fig. 8 zeigt, zwischen benachbarten Diodenlaserbarren 20 positioniert und von der Rückseite 48 her in das Trägerelement 21 ragen und in dem sie auch in Richtung ihrer Längsachse verstellbar gelagert sind. Zum Deaktivieren eines einzelnen Diodenlaserbarrens 20 wird ein Kontaktelement 86 so verstellt, dass einander entsprechende Stromanschlusspole eines Diodenlaserbarrens 20 direkt elektrisch leitend verbunden werden, wodurch der Arbeitsstrom nicht mehr durch die entsprechende Laserdiodenanordnung 73 fließt sondern direkt zum entsprechenden Pol des benachbarten Diodenlaserbarrens 20 geleitet wird.

[0096] In Fig. 9 wird dazu etwa das Kontaktelement 86 bzw. der Kontaktstift 87 mit seinem Endabschnitt gegen die Rückseite zweier Mikrokanalkühler 36 geschoben, die gemäß den Ausführungen gemäß Fig. 3 jeweils den Pluspol für die Stromversorgung einer Laserdiodenanordnung 37 bilden. Der Strom wird dadurch nicht über ein Diagonalkontaktelement 46 und die Laserdiodenanordnung 37 zum nächsten Pluspol weitertransportiert, sondern direkt über das Kontaktelement 86, wodurch die entsprechende Laserdiodenanordnung 37 mangels Versorgungsstroms keine Laserstrahlung aussendet. Die Verstellung des Kontaktelements 86 in Form des Kontaktstiftes 87 erfolgt vorteilhaft mittels eines Piezo-Aktors 88, im Ausführungsbeispiel Fig. 9 etwa durch einen Biege-Piezo-Aktor 89, der jeweils ein Kontaktelement 86 zwischen einer Neutralstellung und einer Überbrückungsstellung verstellen kann.

[0097] Als besonders zuverlässig und unempfindlich gegenüber Lage- und Formtoleranzen der an der Stromführung beteiligten Elemente und einfach zu fertigen erweist sich ein Kontaktelement 86 in Form eines Kontaktstiftes 87, welcher an seinem Endabschnitt eine keilförmige Form besitzt. In Höhe des Biege-Piezo-Aktors 89 hat der Stift eine Ausnehmung oder eine sonstige passende Gestaltung, in welche das Piezobiegeelement eingreift und beispielsweise mit einem hochtemperatur-beständigem Klebstoff verklebt ist. Weitere Elemente, wie z.B. eine Feder könnte somit entfallen, da die Grundstellung durch das Biegeelement des Piezo-Aktors bewirkt wird. Das Verstellachse des Kontaktstiftes 87 und dessen keilförmiges Ende liegen zwischen zwei benachbarten Mikrokanalkühlern 36. Bewegt sich das Biegeelement des Piezo-Aktors in Richtung der Mikrokanalkühler 36 (durch Pfeil angedeutet), so berührt der Kontaktstift 37 zwangsläufig beide und schließt diese kurz.

[0098] Das keilförmige Ende kann auch zwischen Deckelhälfte 56 und einem Mikrokanalkühler 36 liegen. Dies ist besonders für die Teilabschaltung des letzten Diodenlaserbarrens 20, für den es keinen zu dessen Kurzschluss geeigneten benachbarten Diodenlaserbarren 20 mehr gibt, geeignet. Dabei muss der Keil eine große Anlagefläche zum Gehäuse haben, da dieses nicht gekühlt ist. Wendet man dieses Verfahren auf mittig gelegene Mikrokanalkühler an so kann man mit einem Kontaktelement 36 gleichzeitig und zusätzlich auch alle in Stromflussrichtung vor diesem Diodenlaserbarren 20 liegenden Diodenlaserbarren 20 abschalten bzw. deaktivieren.

[0099] Das keilförmige Ende eines Kontaktelements 36 kann auch zwischen die Deckelhälften 55 und 56 positionierbar sein und kann in dieser Ausführung alle Diodenlaserbarren 20 gleichzeitig deaktivieren.

[0100] Alternativ dazu ist es auch möglich, die Überbrückung zwischen benachbarten Minuspole 40 herzustellen oder aber auch zwischen benachbarten Diagonalkontaktelementen 46. Die Anordnung der Kontaktelemente 86 und der diese verstellenden Piezo-Aktoren kann davon abweichend auch an anderen Positionen vorgesehen sein. Die Betriebsspannung der Piezo-Aktoren liegt in einem Bereich von etwa +/- 30 Volt, weshalb diese mittels einer eigenen Stromver-

sorgung und zusätzlichen Steuerleitungen ausgestattet sind.

[0101] In Fig. 9 ist weiters die Strahlenebene 90 der aus dem Diodenlasereinsatz 22 austretenden Laserstrahlung 18 angedeutet, die im einfachsten Fall mit der Biegeebene 14 zusammenfällt. Die Strahlenebene 90 kann aber auch durch geringfügiges Verschieben oder Kippen der FAC-Linsen 63, 64 leicht vom Bediener weggekippt sein, sodass eventuell austretende Strahlung sich eher in die Biegemaschine, also vom Bediener weg ausbreitet.

[0102] Wie bereits anhand von Fig. 2 beschrieben, können erfindungsgemäße Biegegesenke 3 durch Aneinanderreihung in Längsrichtung der Biegelinie 15 zu einer Biegegesenkanordnung 91 zusammengestellt werden, die unmittelbar aneinander gereihete Biegegesenke 3a, 3b, ... umfasst, die jeweils erfindungsgemäß ausgeführt sind. Dies wird insbesondere erleichtert, indem diese bereits beschriebenen Anschlussschnittstellen 28 für Kühlwasser und/oder Leistungsstrom und/oder Steuerstrom aufweisen und die Anschlussschnittstellen 28 insbesondere Steckverbindungselemente 30 umfassen. Eine Anordnung der Steckverbindungselemente 30 an den axialen Stirnendflächen 29 der Werkzeuggrundkörper 7 bzw. der Diodenlasereinsätze 22 ist dabei besonders vorteilhaft. Die erfindungsgemäßen Biegegesenke 3 erlauben demnach die Anpassung an die Abmessungen eines Werkstücks 2 durch Teilabschaltung von Diodenlaserbarren 20, um Teilabschnitte 76 eines Biegegesenks die nicht von einem Werkstück 2 abgedeckt werden, zu deaktivieren und die Aneinanderreihung von mehreren Biegegesenken 3 zu einer Biegegesenkanordnung 91, um Werkstücke biegen zu können, deren Biegelänge die Gesamtlänge eines einzelnen Biegegesenks 3 überschreitet.

[0103] Fig. 10 zeigt einen Schnitt durch eine Stoßstelle zwischen zwei aneinandergrenzenden erfindungsgemäßen Biegegesenken 3a und 3b entlang der Linie IX-IX in Fig. 9. Die Stirnendflächen der Diodenlasereinsätze 22a und 22b sind dabei einander zugewandt, wodurch korrespondierende Kühlflüssigkeitskanäle 42a und 42b einander gegenüberliegen. Zumindest eine der gegenüberliegenden Stirnflächen ist mit einer Dichtung, etwa in Form eines O-Rings, versehen, die bei axialem Aneinanderpressen der Stirnflächen für die Abdichtung an der Stoßstelle sorgt.

[0104] Die gegenseitige axiale Verspannung kann durch eine sich über alle Biegegesenke erstreckende Spannvorrichtung erfolgen, von Vorteil ist jedoch besonders eine Verbindung mittels eines Axialspannelement 92, das etwa U-förmig ausgeführt ist und in Spannnuten, die an den Biegegesenken 3a und 3b ausgebildet sind eingreift. Durch keilförmig zueinander geneigte und korrespondierende Spannflächen am Axialspannelement 92 sowie an den Spannnuten der Biegegesenke 3a und 3b kann mittels einer Spannschraube 93, die das Axialspannelement 92 in radialer Richtung an die Stoßstelle heranzieht eine axiale Spannkraft erzeugt werden, die die Biegegesenke 3a und 3b stark zusammenspannt und ein dazwischen angeordneter O-Ring 94 seine Dichtwirkung erfüllen kann. Dazu ist es erforderlich, dass die Diodenlasereinsätze 22 axial unverschieblich und praktisch spielfrei mit dem jeweiligen Werkzeuggrundkörper 7 verbunden sind. Das Axialspannelement 92 kann vorteilhafterweise auch mit einem Gewinde ausgestattet sein, sodass die Spannschraube 93 direkt in diesem verschraubt werden kann. Abweichend von der Ausführung in Fig. 10 kann die Außenseite eines Axialspannelements 92 im zusammengebauten Zustand zumindest annähernd bündig oder plan mit der Gesenkrückseite sein, wodurch es keine Störgeometrie für Biegevorgänge bildet. Weiters kann ein zusätzliches Spannelement 93 mit Durchgangsbohrung auf der gegenüberliegenden Seite, hier also der Vorderseite mit dem Schraubenkopf angeordnet sein, sodass bei Anziehen der Spannschraube 93 auch die vorderen Abschnitte der Werkzeuggrundkörper 7 direkt miteinander verspannt werden.

[0105] Alternativ kann ein Diodenlasereinsatz 22 auch komplett oder teilweise verschieblich im Biegegesenk 3 gelagert sein. Durch die Spannanordnung aus Fig. 10 wird dann nur eine feste Verbindung zwischen den Biegegesenken 3 hergestellt. Um die Diodenlasereinsätze trotzdem stirnseitig axial aneinander zu pressen, werden auf beiden stirnseitigen Enden der Werkzeuggrundkörper 7 der Biegegesenkanordnung 91 Spannadapter angeschraubt, welche zu den Stirnflächen der Diodenlasereinsätze 22 passende Pressflächen aufweisen, sodass beim Anschrauben dieser Spannadapter alle dazwischenliegenden Diodenlasereinsätze 22 stirnseitig aufeinandergepresst werden. Diese Spannadapter können vorteilhafterweise gleichzeitig als Adapter für die Strom- und Kühlwasserleitungen ausgeführt sein und somit auch Anschlussschnittstellen 28 für die Versorgung der Biegegesenke 3 bilden.

[0106] In Fig. 1 ist noch eine weitere vorteilhafte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Biegegesenks 3 angedeutet, bei dem der Werkzeuggrundkörper 7 einen die Anlagefläche 10 und die Biegeausnehmung 11 bildenden Gesenkadapter 95 umfasst, der an dem die Diodenlaserbarren 20 enthaltenden restlichen Teil des Werkzeuggrundkörpers 7 auswechselbar angeordnet ist. Dadurch kann der Werkzeuggrundkörper 7 durch Austausch des Gesenkadapters 95 an unterschiedliche Biegeaufgaben angepasst werden, insbesondere kann die Gesenkweite abgeändert werden. Der Gesenkadapter 95 kann dabei zweiteilig ausgeführt sein, wobei sowohl vor als auch hinter der Biegeebene 14 ein entsprechender Adapterteil montiert wird, vorteilhaft ist jedoch eine Ausführung, bei der etwa die Abstandhalterelemente 67 Bestandteil des Gesenkadapters 95 sind und dieser dadurch als mechanisch stabile Einheit ausgeführt ist.

[0107] Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten des Biegegesenks 3, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist.

[0108] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der Biegegesenke diese bzw. deren Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

[0109] Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnom-

men werden.

Bezugszeichenaufstellung

5	1	Biegewerkzeuganordnung	41	Kontaktplättchen
	2	Werkstück	42	Kühlflüssigkeitszulaufkanal
	3	Biegegesenk	43	Kühlflüssigkeitsablaufkanal
	4	Pressenbalken	44	Verbindungsbohrung
	5	Biegestempel	45	Verbindungsbohrung
10	6	Verstellrichtung	46	Diagonalverbindererelement
	7	Werkzeuggrundkörper	47	Befestigungsschraube
	8	Anschlussprofil	48	Rückseite
	9	Standartwerkzeugaufnahme	49	Schraubenmutter
	10	Anlagefläche	50	Längsachse
15	11	Biegeausnehmung	51	Halteleiste
	12	V-Nut	52	Verschraubung
	13	V-Gesenk	53	Haltenut
	14	Biegeebene	54	Gehäuseelement
	15	Biegelinie	55	Deckelhälfte
20	16	Umformzone	56	Deckelhälfte
	17	Strahl Austrittsöffnung	57	Schraubenmutter
	18	Strahlung	58	Beilagscheiben
	19	Unterseite	59	Isolierplatte
	20	Diodenlaserbarren	60	Anschlussklemme
25	21	Trägerelement	61	Stirnseite
	22	Diodenlasereinsatz	62	Abschlussplatte
	23	Gesenklänge	63	Kollimationslinse
	24	Barrenbreite	64	Zylinderlinse
	25	Strahl Austrittsfläche	65	Korrekturlinse
30	26	Strahlenfächer	66	Strahlformungselement
	27	Längsrichtung	67	Abstandhalterelement
	28	Anschlusschnittstelle	68	Durchgangsbohrung
	29	Stirnendfläche	69	Spannschraube
	30	Steckverbinder	70	Reflexionsfläche
35	31	Einstecköffnung	71	Abschattungsbereich
	32	Längsachse	72	Oberseite
	33	Befestigungsfläche	73	Abschirmvorrichtung
	34	Steg	74	Abschirmelement
	35	Kühlkörper	75	Verstellvorrichtung
40	36	Mikrokanalkühler	76	Teilabschnitt
	37	Laserdiodenanordnung	77	Prüfmarkierung
	38	Pluspol	78	Strahlenkungsmittel
	39	Isolierschicht	79	Prisma
	40	Minuspol	80	Prismenoberseite
45	81	Kreuzungspunkt		
	82	Reflexionsfläche		
50				
55				

(fortgesetzt)

5	83	Abdeckscheibe
	84	Zerstreuungslinse
	85	Isolierlage
	86	Kontaktelement
	87	Kontaktstift
10	88	Piezo-Aktor
	89	Biege-Piezo-Aktor
	90	Strahlenebene
	91	Biegegesenkanordnung
15	92	Axialspannelement
	93	Spannschraube
	94	O-Ring
	95	Gesenkadapter

20

Patentansprüche

1. Biegegesenk (3), insbesondere V-Gesenk (13), umfassend einen Werkzeuggrundkörper (7) mit einer Anlagefläche (10) zum Anlegen eines durch einen Biegestempel (5) zu biegenden Werkstücks (2), einer nutartigen Biegeausnehmung (11) in der Anlagefläche (10) und zumindest einer sich entlang der Biegeausnehmung (11) erstreckenden Strahlenaustrittsöffnung (17) in der Biegeausnehmung (11) zur Ausleitung von energiereicher Strahlung (18) auf ein an der Anlagefläche (10) anliegendes Werkstück (2) zum Erwärmen der Umformzone des Werkstücks (2), **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erzeugung der Strahlung (18) eine Anordnung von Diodenlaserbarren (20) innerhalb des Werkzeuggrundkörpers (7) befestigt ist und die Diodenlaserbarren (20) zumindest annähernd gleichmäßig entlang der Längsrichtung (17) der Biegeausnehmung (11) hinter der Strahlenaustrittsöffnung (17) im Werkzeuggrundkörper (7) angeordnet sind.
2. Biegegesenk (3) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Diodenlaserbarren (20) eines Biegegesenks (3) auf einem Trägerelement (21) montiert sind und dadurch ein zusammenhängender Diodenlasereinsatz (22) gebildet ist, der im Werkzeuggrundkörper (7) auswechselbar befestigt ist.
3. Biegegesenk (3) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trägerelement (21) aus Kunststoff, insbesondere PEEK-Kunststoff hergestellt ist.
4. Biegegesenk (3) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Diodenlaserbarren (20) in Serie geschaltet sind.
5. Biegegesenk (3) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Stromverbindung zwischen zwei benachbarten Diodenlaserbarren (20) von einem Pluspol (38) des einen Diodenlaserbarrens (20) zu einem Minuspol (40) des anderen Diodenlaserbarrens (20) durch ein Diagonalkontaktelement (46), insbesondere aus einer Cu-Legierung, gebildet ist.
6. Biegegesenk (3) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Biegegesenk (3), insbesondere am Diodenlasereinsatz (22), schaltbare Kontaktelemente (86) gelagert sind, mit denen einzelne Diodenlaserbarren (20) von mehreren in Serie geschalteten Diodenlaserbarren (20) durch direkte Überbrückung zwischen entsprechenden Pluspolen (38, 38) oder Minuspolen (40, 40) benachbarter Diodenlaserbarren (20) deaktivierbar sind.
7. Biegegesenk (3) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kontaktelemente (86) mittels Piezo-Aktoren (88), insbesondere Biege-Piezo-Aktoren (89), zwischen einer Neutralstellung und einer Überbrückungsstellung verstellbar sind.
8. Biegegesenk (3) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an

bzw. nach der Strahlenaustrittsfläche (25) der Diodenlaserbarren (20) Strahlformungselemente (66), insbesondere Zylinderlinsen (64) mit einer Krümmungsachse parallel zur Längsachse der Biegeausnehmung (11) zur Fast-Axis-Kollimation angeordnet sind.

- 5 9. Biegegesenk (3) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** am Werkzeuggrundkörper (7) ein Luftanschluss mit daran anschließendem Strömungsweg vorgesehen ist, durch den im Bereich der Biegeausnehmung (11) zwischen Werkstück (2) und der Strahlenaustrittsöffnung (17) oder im Bereich zwischen Werkstück (2) und den Diodenlaserbarren (20) oder dem Diodenlasereinsatz (22) Spülluft durchgeleitet werden kann.
- 10 10. Biegegesenk (3) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Diodenlaserbarren (20) mit ihren wirksamen Strahlenaustrittsflächen (25) parallel zur länglichen Biegeausnehmung (11) angeordnet sind, wodurch die von den einzelnen Diodenlaserbarren (20) abgestrahlten Strahlen direkt oder nach Passieren von Strahlformungselementen (66) und/oder Strahlenkungsmitteln (78) im Wesentlichen in einer gemeinsamen Strahlenebene (90) aus der Strahlenaustrittsöffnung (17) zur Biegelinie (15) an der Werkstückunter-
15 seite (19) verlaufen.
11. Biegegesenk (3) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strahlen einzelner oder mehrerer Diodenlaserbarren (20) mittels Strahlenkungsmitteln (78), insbesondere Prismen
20 (79) innerhalb der Strahlenebene (90) umgelenkt werden.
12. Biegegesenk (3) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Werkzeuggrundkörper (7) etwa U-förmig ausgebildet ist, wobei die Anlagefläche (10) und die Biegeausnehmung (11) am offenen Ende des U angeordnet sind und die Diodenlaserbarren (20) mit ihrem Strahlenaustrittsflächen (25) zur Biegeausnehmung (11) orientiert im Werkzeuggrundkörper (7) befestigt sind.
25
13. Biegegesenk (3) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** am Werkzeuggrundkörper (7) zwischen den Diodenlaserbarren (20) und der Strahlenaustrittsöffnung (17) zumindest ein Abstandhalterelement (67) und zumindest ein den Werkzeuggrundkörper (7) gegen das Abstandhalterelement (67) spannendes Spannelement (69) angeordnet ist.
30
14. Biegegesenk (3) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strahlenaustrittsöffnung (17) oder die Strahlenaustrittsöffnungen (17) durch zumindest jeweils ein strahlungsdurchlässiges Abdeckelement (83) verschlossen ist bzw. sind.
35
15. Biegegesenkanordnung (91) umfassend zumindest zwei in Längsrichtung der Biegelinie (15) unmittelbar aneinandergereihte Biegegesenke (3a, 3b), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Biegegesenke (3a, 3b) nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet sind.
- 40 16. Biegegesenkanordnung (91) nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine Anschlussschnittstelle (28) für Kühlwasser und/oder Leistungsstrom und/oder Steuerstrom in Form eines Steckverbindungselements (30) an einer axialen Stirnendfläche (29) des Werkzeuggrundkörpers (7) bzw. des Diodenlasereinsatzes (22) angeordnet sind.
- 45 17. Verfahren zum Biegen eines flächigen Werkstücks (2) mit lokaler Erwärmung des Werkstücks (2) im Bereich einer Biegelinie (15) mittels aus einem Biegegesenk (3) austretender Laserstrahlung (18), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erwärmung mittels eines Biegegesenks (3) oder einer Biegegesenkanordnung (25) nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche erfolgt und während der Erwärmung durch Laserstrahlung (18) die Temperatur des Werkstücks (2) an der Biegelinie (15) gemessen und als Messwert einer elektronischen Steuerungsvorrichtung zugeführt wird, die in Abhängigkeit von der gemessenen Temperatur einen Biegevorgang auslöst, beschleunigt oder verzögert und/oder die Laserstrahlung (18) durch Aktivierung oder Deaktivierung einzelner oder
50 mehrerer Diodenlaserbarren (20) erhöht, reduziert oder deaktiviert.

55 Claims

1. Bending die (3), particularly a V-shaped die (13), comprising a tool base body (7) with a contact surface (10) for contacting a workpiece (2) to be bent by a bending punch (5), a groove-shaped bending recess (11) in the contact

surface (10) and at least one beam exit opening (17) in the bending recess (11) and extending along thereof, which is configured to discharge high-energy radiation (18) onto a workpiece (2) bearing against the contact surface (10) in order to heat the deformation zone of the workpiece (2), **characterized in that** an arrangement of diode laser bars (20) is fixed in the interior of the tool base body (7) for producing the radiation (18) and said diode laser bars (20) are arranged at least approximately uniformly along the longitudinal direction (27) of the bending recess (11) behind the beam exit opening (17) in the tool base body (7).

2. Bending die (3) according to claim 1, **characterized in that** the diode laser bars (20) of a bending die (3) are mounted on a carrier element (21) and thus a connected diode laser insert (22) is created, which is fixed in an exchangeable way in the tool base body (7).

3. Bending die (3) according to claim 1 or 2, **characterized in that** the carrier element (21) is made of plastics, particularly of PEEK plastics.

4. Bending die (3) according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** the diode laser bars (20) are connected in series.

5. Bending die (3) according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** a power connection between two adjacent diode laser bars (20) from a positive terminal (38) of the one diode laser bar (20) to the negative terminal (40) of the other diode laser bar (20) is set up by a diagonal connection element (46), particularly by a Cu-alloy.

6. Bending die (3) according to one or several of the preceding claims, **characterized in that** switchable contact elements (86) with which single diode laser bars (20) of several diode laser bars (20) connected in series can be deactivated by direct bypassing between corresponding positive terminals (38, 38) or negative terminals (40, 40) of adjacent diode laser bars (20) are arranged in the bending die (3) especially at the diode laser insert (22).

7. Bending die (3) according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** the contact elements (86) are adjustable between a neutral position and a bypassing position by means of piezo actuators (88), particularly bending piezo actuators (89).

8. Bending die (3) according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** at or behind the beam exit area (25) of the diode laser bars (20), beam forming elements (66), particularly cylindrical lenses (64) with an axis of curvature parallel to the longitudinal axis of the bending recess (11), are arranged to effect Fast Axis Collimation.

9. Bending die (3) according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** at the tool base body (7) an air connection with thereto following flow-path where purge air can be led through in the area of the bending recess (11) between the workpiece (2) and the beam exit opening (17) or in the area between the workpiece (2) and the diode laser bars (20) or the diode laser insert (22).

10. Bending die (3) according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** the diode laser bars (20) with their effective beam exit areas (25) are arranged parallel to the elongate bending recess (11), with the result that, directly of after passing beam forming elements (66) and/or beam control devices (78), the beams emitted by the single diode laser bars (20) essentially extend in a common beam plane (90) from the beam exit opening (17) to the bending line (15) at the bottom side (19) of the workpiece.

11. Bending die (3) according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** the beams of single or several diode laser bars (20) are deflected within the beam plane (90) by means of beam control devices (78), particularly prisms (79).

12. Bending die (3) according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** the tool base body (7) is embodied approximately U-shaped with the contact surface (10) and the bending recess (11) being arranged at the open ending of the U and the diode laser bars (20) with their beam exit areas (25) oriented towards the bending recess (11) being fixed in the interior of the tool base body (7).

13. Bending die (3) according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** at least one spacer element (67) and at least one clamping element (69) clamping the tool base body against the spacer element (67) are arranged at the tool base body (7) between the diode laser bars (20) and the beam exit opening (17).

14. Bending die (3) according to one or more of the preceding claims, **characterized in that** the beam exit opening (17) or the beam exit openings (17) is or are each closed by a covering element (83) impermeable to radiation.
- 5 15. Die arrangement (91) comprising at least two bending dies (3a, 3b) directly stringed together in longitudinal direction of the bending line (15), **characterized in that** the bending dies (3a, 3b) are embodied according to one of the preceding claims.
- 10 16. Die arrangement (91) according to claim 15, **characterized in that** at least one connection interface (28) for coolant and/or operating power and/or control current is arranged in form of a plug connection (30) at an axial end face area (29) of the tool base body (7) or the diode laser insert (22).
- 15 17. Method for bending a flat workpiece (2) with local heating of the workpiece (2) in the area of the bending line (15) by means of laser radiation discharging from a bending die (3), **characterized in that** the heating is effected by means of a bending die (3) or a die arrangement (91) according to one or more of the preceding claims and that during the heating by laser radiation (18), the temperature of the workpiece (2) is measured at the bending line (15) and is, as a measuring value, led to an electronic control device, which initiates, accelerates or decelerates a bending process and/or increases, reduces or deactivates the laser radiation (18) by activating or deactivating single or several diode laser bars (20) as a function of the temperature measured.

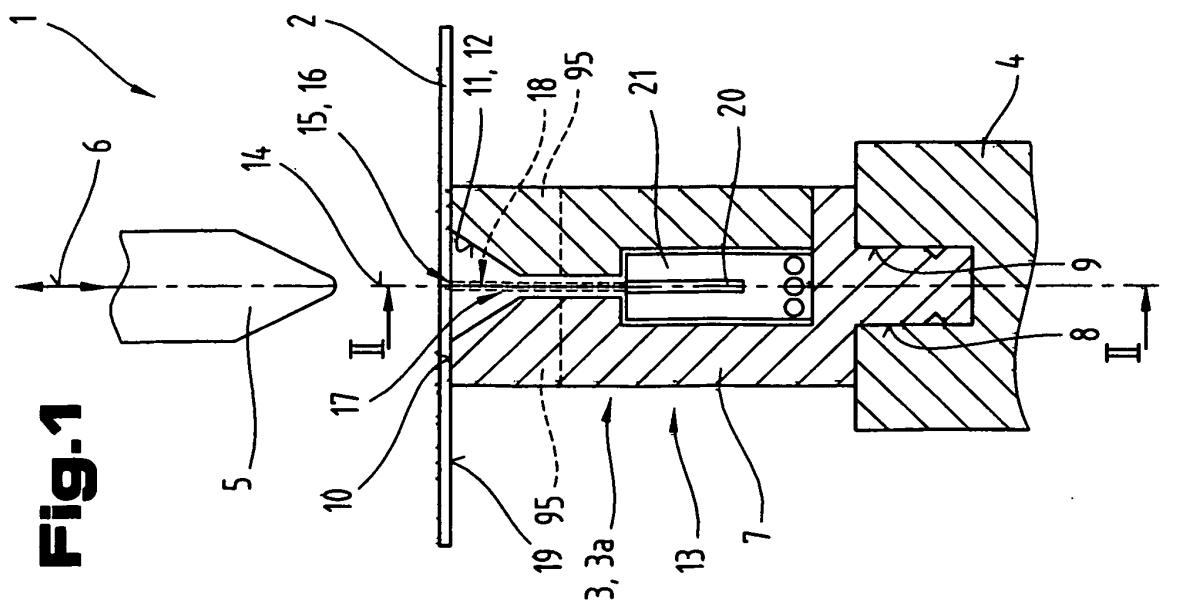
Revendications

- 25 1. Matrice de pliage (3), plus particulièrement une matrice en forme de V (13), comprenant un corps de base d'outil (7), avec une surface d'appui (10) pour l'appui d'une pièce (2) à plier à l'aide d'un poinçon de pliage (5), un évidement de pliage (11) en forme de rainure dans la surface d'appui (10) et au moins une ouverture de sortie de rayonnement (17) dans l'évidement de pliage (11), s'étendant dans l'évidement de pliage (11), pour la sortie d'un rayonnement énergétique (18) sur une pièce (2) appuyée contre la surface d'appui (10) pour l'échauffement de la zone de façonnage de la pièce (2) **caractérisée en ce que**, pour la production du rayonnement (18), une disposition de barres de diodes laser (20) est fixée à l'intérieur du corps de base d'outil (7) et les barres de diodes laser (20) sont disposées au moins approximativement uniformément le long de la direction longitudinale (17) de l'évidement de pliage (11) derrière l'ouverture de sortie du rayonnement (11) dans le corps de base d'outil (7).
- 30 2. Matrice de pliage (3) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les barres de diodes laser (20) d'une matrice de pliage (3) sont montées sur un élément de support (21) et un insert de diodes laser (22) cohérent est ainsi constitué, qui est fixé de manière amovible dans le corps de base d'outil (7).
- 35 3. Matrice de pliage (3) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** l'élément de support (21) est constitué de matière plastique, plus particulièrement du PEEK.
- 40 4. Matrice de pliage (3) selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les barres de diodes laser (20) sont branchées en série.
- 45 5. Matrice de pliage (3) selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'une** connexion électrique est réalisée entre deux barres de diodes laser (20) adjacentes, d'un pôle plus (38) d'une barre de diodes laser (20) à un pôle moins (40) de l'autre barre de diodes laser (20), à l'aide d'un élément de contact diagonal (46), plus particulièrement constitué d'un alliage de cuivre.
- 50 6. Matrice de pliage (3) selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisée en ce que**, dans la matrice de pliage (3), plus particulièrement sur l'insert de diodes laser (22), des éléments de contact commutables (86) sont logés, avec lesquels certaines barres de diodes laser (20) peuvent être désactivées par plusieurs barres de diodes laser (20) branchées en série grâce à un pontage direct entre les pôles plus (38, 38) correspondants ou les pôles moins (40, 40) des barres de diodes laser (20) adjacentes.
- 55 7. Matrice de pliage (3) selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les éléments de contact (86) peuvent être déplacés, à l'aide d'actionneurs piézo-électriques (88), plus particulièrement d'actionneur piézo-électriques flexibles (89), entre une position neutre et une position de pontage.
8. Matrice de pliage (3) selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisée en ce que**, sur ou

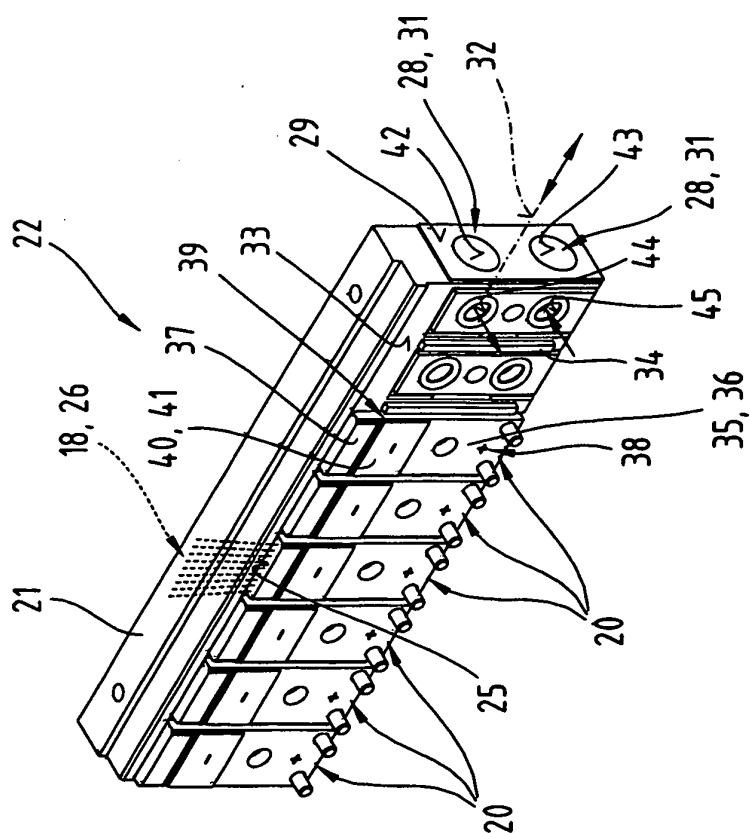
après la surface de sortie des rayons (25) des barres de diodes laser (20), se trouvent des éléments de formage des rayons (66), plus particulièrement des lentilles cylindriques (64) avec un axe de courbure parallèle à l'axe longitudinal de l'évidement de pliage (11), pour une collimation axiale rapide.

- 5 9. Matrice de pliage (3) selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisée en ce que**, sur le corps de base d'outil (7), se trouve un raccord d'air avec un trajet d'écoulement qui le prolonge, grâce auquel, au niveau de l'évidement de pliage (11), entre la pièce (2) et l'ouverture de sortie des rayons (17) ou entre la pièce (2) et les barres de diodes laser (20) ou l'insert de diodes laser (22), de l'air de nettoyage peut être guidé.
- 10 10. Matrice de pliage (3) selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les barres de diodes laser (20) sont disposées avec leurs surfaces de sortie de rayons efficaces (25) parallèles à l'évidement de pliage (11) oblong, ce qui permet de faire passer les rayons émis par les différentes barres de diodes laser (20) directement ou après le passage à travers des éléments de formage de rayons (66) et/ou des moyens de déviations de rayons (78) globalement dans un plan de rayonnement (90) commun, de l'ouverture de sortie des rayons (17) vers la ligne de pliage (15) sur le côté inférieur de la pièce (19).
- 15 11. Matrice de pliage (3) selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les rayons de certaines ou de plusieurs barres de diodes laser (20) sont déviés à l'aide de moyens de déviation de rayons (78), plus particulièrement des prismes (79) à l'intérieur du plan de rayonnement (90).
- 20 12. Matrice de pliage (3) selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le corps de base d'outil (7) présente approximativement une forme de U, la surface d'appui (10) et l'évidement de pliage (11) étant disposés au niveau de l'extrémité ouverte du U et les barres de diodes laser (20) étant fixées avec leurs surfaces de sortie de rayons (25) orientées vers l'évidement de pliage (11) dans le corps de base d'outil (7).
- 25 13. Matrice de pliage (3) selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisée en ce que**, sur le corps de base d'outil (7), entre les barres de diodes laser (20) et l'ouverture de sortie des rayons (17), se trouve au moins un élément d'écartement (67) et au moins un élément de serrage (69) serrant le corps de base d'outil (7) contre l'élément d'écartement (67).
- 30 14. Matrice de pliage (3) selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'ouverture de sortie des rayons (17) ou les ouvertures de sortie des rayons (17) est/sont obturée(s) chacune par au moins un élément de recouvrement (83) laissant passer les rayons.
- 35 15. Dispositif à matrice de pliage (91) comprenant au moins deux matrices de pliage (3a, 3b) juxtaposées dans la direction longitudinale de la ligne de pliage (15), **caractérisé en ce que** les matrices de pliage (3a, 3b) sont conçues selon les revendications précédentes.
- 40 16. Dispositif à matrice de pliage (91) selon la revendication 15, **caractérisé en ce qu'**au moins une interface de raccordement (28) pour l'eau de refroidissement et/ou du courant de puissance et/ou du courant de commande, sous la forme d'un élément enfichable (30), se trouve sur une face d'extrémité frontale (29) du corps de base d'outil (7) ou de l'insert de diodes laser (22).
- 45 17. Procédé de pliage d'une pièce (2) plane, avec un échauffement local de la pièce au niveau d'une ligne de pliage (15), à l'aide d'un rayon laser (18) sortant d'une matrice de pliage (3), **caractérisé en ce que** l'échauffement est réalisé à l'aide d'une matrice de pliage (3) ou d'un dispositif à matrices de pliage (25) selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes et, pendant l'échauffement par le rayon laser (18), la température de la pièce (2) est mesurée au niveau de la ligne de pliage (15) et introduite en tant que valeur de mesure dans un dispositif de commande électronique, qui, en fonction de la température mesurée, déclenche, accélère ou ralentit un processus de pliage et/ou augmente, réduit ou désactive le rayon laser (18) par l'activation ou la désactivation de certaines ou de plusieurs barres de diodes laser (20).
- 50 18. Procédé de pliage d'une pièce (2) plane, avec un échauffement local de la pièce au niveau d'une ligne de pliage (15), à l'aide d'un rayon laser (18) sortant d'une matrice de pliage (3), **caractérisé en ce que** l'échauffement est réalisé à l'aide d'une matrice de pliage (3) ou d'un dispositif à matrices de pliage (25) selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes et, pendant l'échauffement par le rayon laser (18), la température de la pièce (2) est mesurée au niveau de la ligne de pliage (15) et introduite en tant que valeur de mesure dans un dispositif de commande électronique, qui, en fonction de la température mesurée, déclenche, accélère ou ralentit un processus de pliage et/ou augmente, réduit ou désactive le rayon laser (18) par l'activation ou la désactivation de certaines ou de plusieurs barres de diodes laser (20).
- 55 19. Procédé de pliage d'une pièce (2) plane, avec un échauffement local de la pièce au niveau d'une ligne de pliage (15), à l'aide d'un rayon laser (18) sortant d'une matrice de pliage (3), **caractérisé en ce que** l'échauffement est réalisé à l'aide d'une matrice de pliage (3) ou d'un dispositif à matrices de pliage (25) selon l'une ou plusieurs des revendications précédentes et, pendant l'échauffement par le rayon laser (18), la température de la pièce (2) est mesurée au niveau de la ligne de pliage (15) et introduite en tant que valeur de mesure dans un dispositif de commande électronique, qui, en fonction de la température mesurée, déclenche, accélère ou ralentit un processus de pliage et/ou augmente, réduit ou désactive le rayon laser (18) par l'activation ou la désactivation de certaines ou de plusieurs barres de diodes laser (20).

2025

[illegible]

999



49 IL

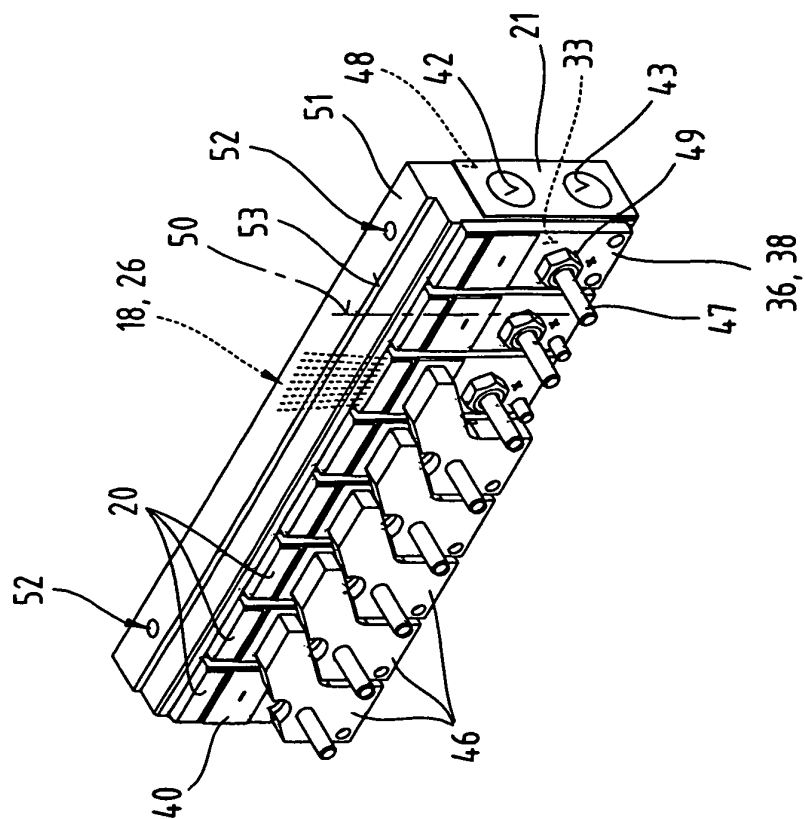


Fig.5

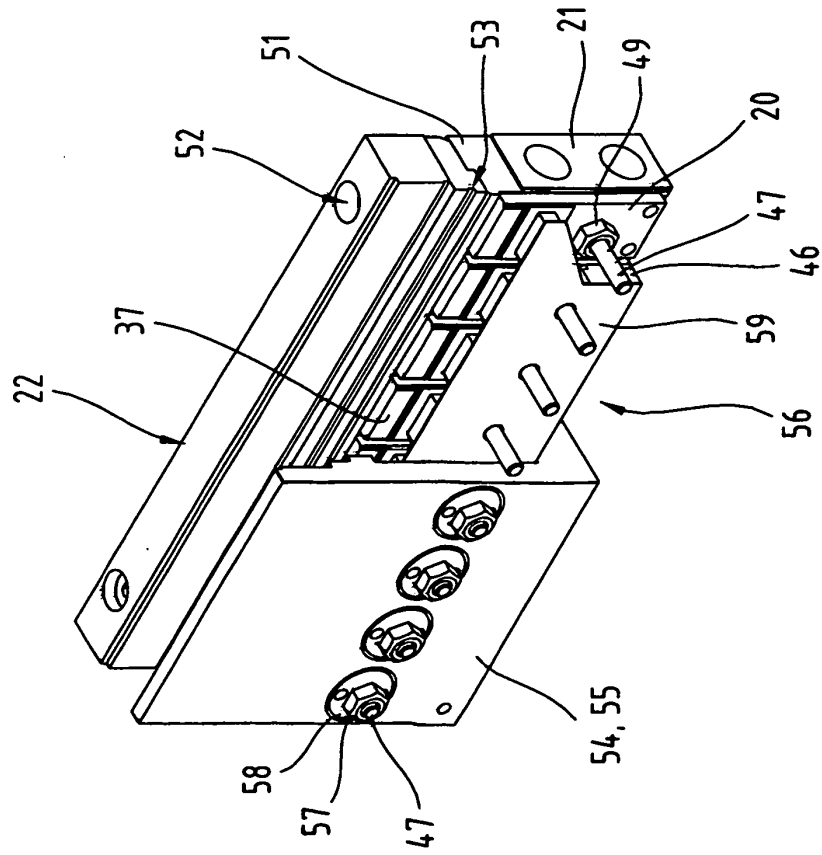


Fig.6

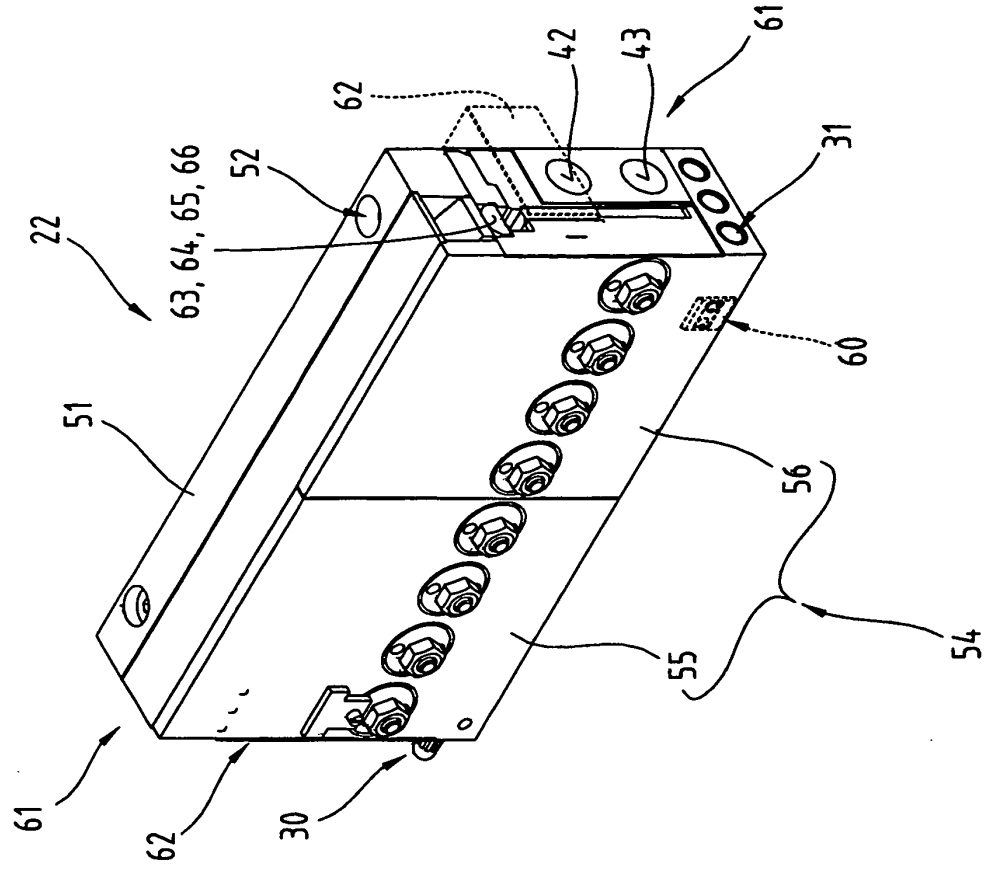
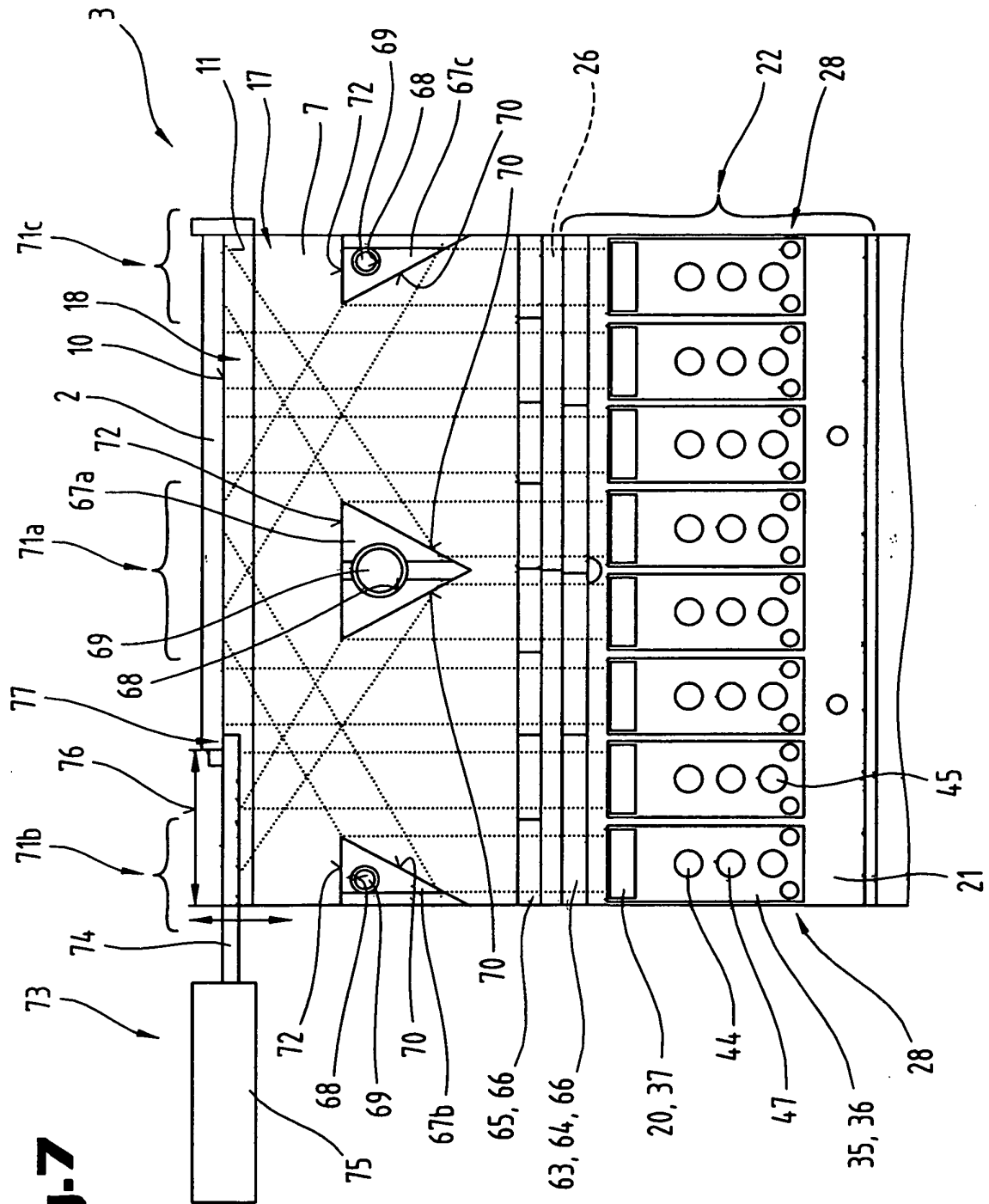
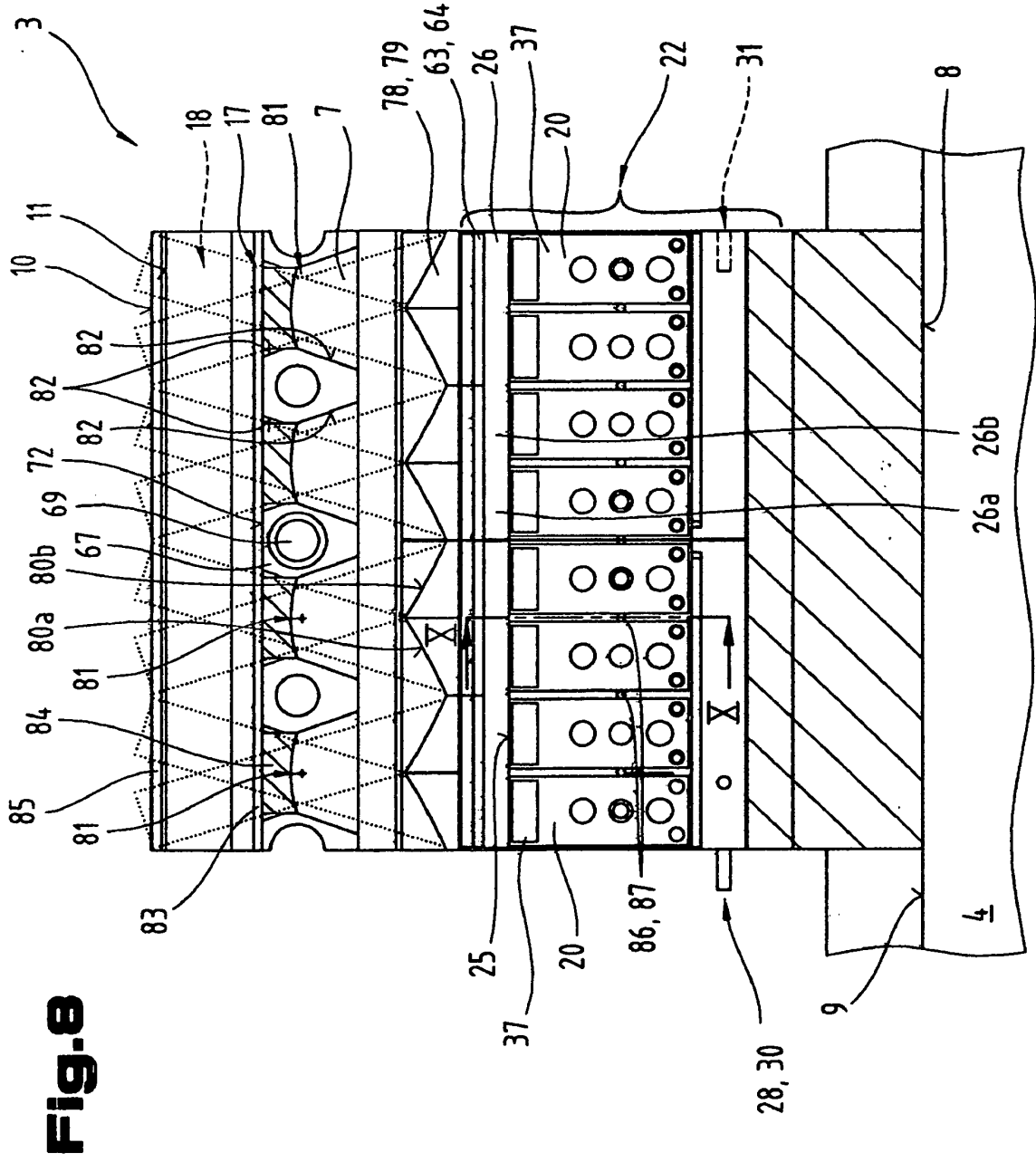
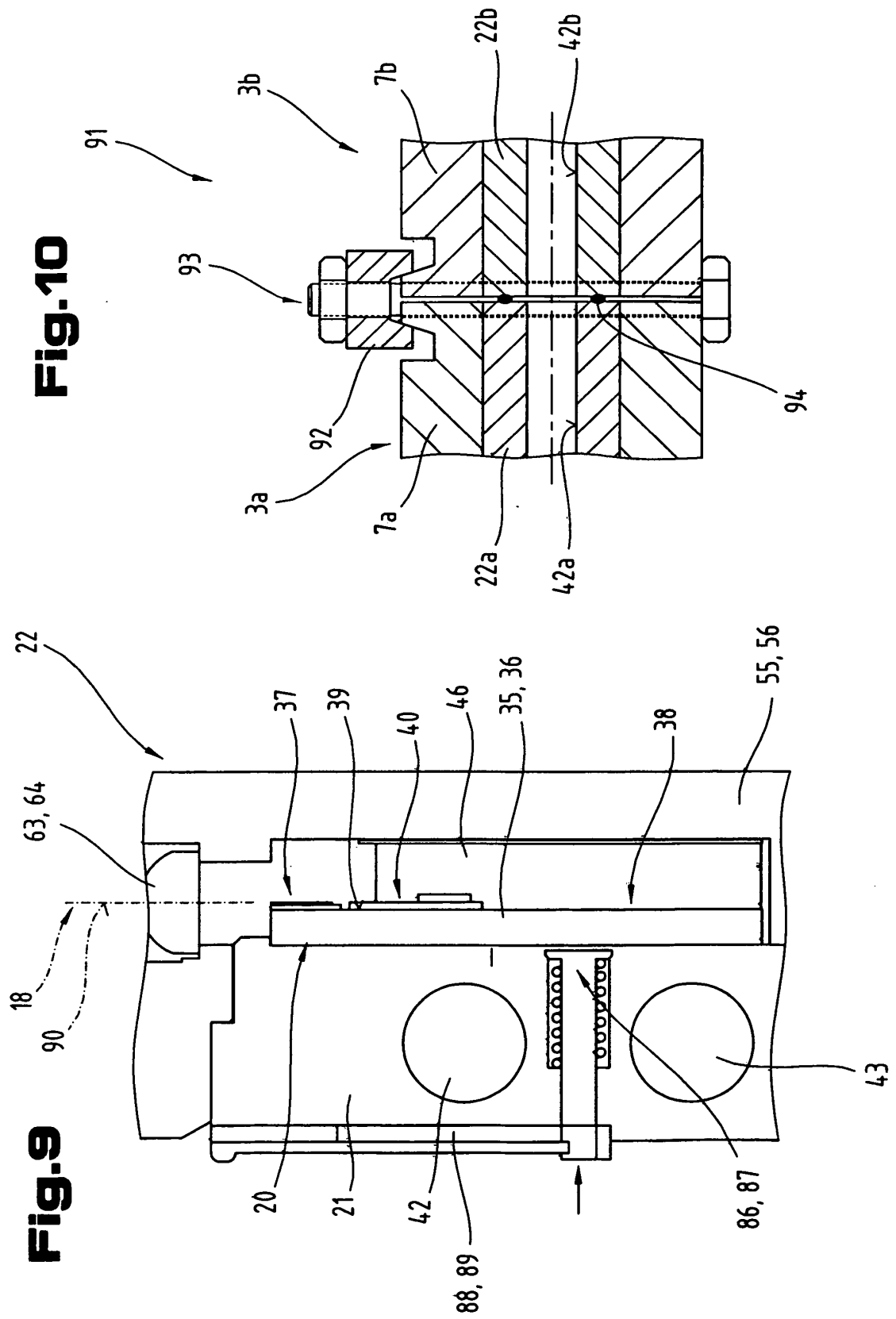


Fig. 7







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

- EP 0993345 A1 [0004] [0005]