



(10) **AT 516834 B1 2016-09-15**

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50421/2015
(22) Anmeldetag: 26.05.2015
(45) Veröffentlicht am: 15.09.2016

(51) Int. Cl.: **B21D 7/02** (2006.01)
B21D 7/12 (2006.01)
B21D 7/14 (2006.01)
B21D 5/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 0316703 A2
EP 1797973 A1
AT 514821 A1

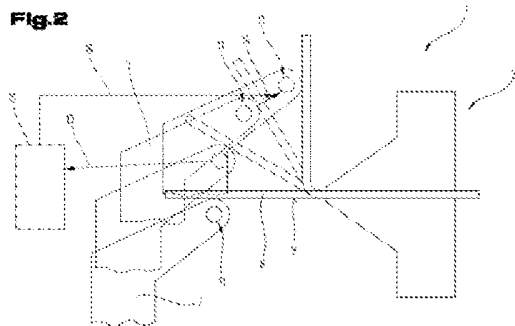
(73) Patentinhaber:
TRUMPF MASCHINEN AUSTRIA GMBH & CO.
KG.
4061 PASCHING (AT)

(74) Vertreter:
Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt
GmbH
4580 Windischgarsten (AT)

(54) Verfahren zum Schwenkbiegen

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum gesteuerten Schwenkbiegen von Werkstücken durch eine Schwenkbiegeanordnung mit zumindest einem auf eine Kontaktfläche eines Biegeschenkels des Werkstücks einwirkenden Biegewerkzeug. Das oder die Biegewerkzeug(e) sind in einem verstellbaren Werkzeugträger mit wenigstens zwei Freiheitsgraden angeordnet. Ein Schwenkbiegevorgang wird derart ausgeführt, dass in einem vorgeordneten mittels einer Sensorvorrichtung Relativbewegungen zwischen dem Biegeschenkel und dem zumindest einen Biegewerkzeug erfasst werden, und die Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt unter Verwendung der ermittelten Relativbewegungsdaten generiert werden, sodass Gleitbewegungen entlang einer Kontaktfläche des Biegeschenkels möglichst minimiert werden.

Fig. 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum gesteuerten Schwenkbiegen von Werkstücken zur Herstellung von Formteilen gemäß dem Wortlaut von Anspruch 1.

[0002] Schwenkbiegen ist eine mechanische Formgebungsmethode, welche sich besonders zur Bearbeitung von flächigen Blechen eignet. In einer Schwenkbiegeanordnung wird wenigstens ein Teil eines zu verformenden Werkstücks, beispielsweise des flächigen Blechs oder eines Blech-Halbzeugs, durch ein Niederhalterwerkzeug in Position gehalten, während ein Biegeschenkel des Werkstücks durch zumindest ein verstellbares Biegemittel bzw. wenigstens ein verstellbares Biegewerkzeug durch Biegen relativ zum festgehaltenen Teil abgewinkelt wird. Das Niederhalterwerkzeug kann zum Beispiel zweiteilig ausgeführt sein, und aus einem feststehenden und einem vertikal verstellbaren Werkzeug bestehen, zwischen welchen wenigstens ein Teil des Werkstücks geklemmt werden kann. Das wenigstens eine Biegewerkzeug kann kraftbeaufschlagt in eine Verstellbewegung versetzt werden, und wirkt so auf eine Kontaktfläche des Biegeschenkels des Werkstücks ein, wodurch das Werkstück umgeformt wird.

[0003] In der Literatur wird Schwenkbiegen teilweise unterschiedlich definiert. In Zusammenhang mit der Erfindung wird unter Schwenkbiegen ein Verfahren zur Umformung von Werkstücken verstanden, bei welchen das Biegewerkzeug selbst keine beabsichtigten Schwenkbewegungen um eine ortsfeste Rotationsachse ausführt bzw. ausführen. Unter dem Begriff ‚Schwenkbiegen‘ wird insbesondere ein Prozess verstanden, bei welchen das wenigstens eine Biegewerkzeug eine im Wesentlichen ellipsenförmige Verstellbewegung bzw. Bahnkurve vollführt bzw. so auf einen Biegeschenkel des zu verformenden Werkstücks einwirkt, wobei im Wesentlichen eine linienförmige Berührung und kein flächiger Kontakt zwischen Biegewerkzeug und Biegeschenkel stattfindet. Hierbei ist das wenigstens ein Biegewerkzeug in einem verstellbaren Werkzeugträger angeordnet, welcher wenigstens zwei Freiheitsgrade aufweist. In Bezug auf die Maschinenkoordinaten oder ein anderes ortsfestes Bezugssystem, ist die Ausrichtung des wenigstens einen Biegewerkzeugs, abgesehen von unerwünschten, deformationsbedingten Verkippungen oder Dergleichen, während einer Verstellbewegung gleichbleibend. Die Biegegeometrie, insbesondere der Biegewinkel und die Schenkellänge, kann bei dieser Art Schwenkbiegen grundsätzlich durch entsprechende Bahnbewegungen bzw. Verstellbewegungen des wenigstens einen Biegewerkzeugs beeinflusst bzw. festgelegt werden.

[0004] In der industriellen Praxis werden häufig elektronisch gesteuerte Schwenkbiegemaschinen, insbesondere CNC-gesteuerte Maschinen eingesetzt. Bei derartigen Schwenkbiegemaschinen kann eine Steuerungsvorrichtung aufgrund von diversen Eingabeparametern, beispielsweise das Werkstück, Formteil oder das oder die eingesetzten Biegewerkzeug(e) betreffend, auf Basis von mathematischen Modellrechnungen der Biegeumformung Bahnkoordinaten und Bahnbewegungen bzw. - trajektorien für das oder die Biegewerkzeug(e) errechnen, um die Biegegeometrie, beispielsweise den gewünschten Biegewinkel bzw. die gewünschte Biegeschenkellänge zu erreichen. Derartige gesteuerte Verfahren werden üblicherweise unter dem Begriff ‚Bahnsteuerung‘ zusammengefasst.

[0005] Bei derartig gesteuerten Verfahren werden Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für die auszuführende und aus einzelnen Bewegungsabschnitten zusammengesetzte Verstellbewegung aufgrund vorgegebener Biegegeometrien bzw. Soll-Positionskoordinaten vor Durchführung des Biegevorganges interpoliert bzw. generiert, und die errechneten Bahnkoordinaten und Bahnbewegungsdaten an wenigstens einen Verstellantrieb des Biegewerkzeugs bzw. eines Werkzeugträgers, in welcher ein oder mehrere Biegewerkzeug(e) angeordnet sind, übermittelt. Dabei besitzt das Biegewerkzeug bzw. der Werkzeugträger durch eine geeignete Führungsanordnung die erforderliche Beweglichkeit. Die errechneten Verstellbewegungen können in der Regel mit unterschiedlichen, vorgebbaren Vorschubgeschwindigkeiten ausgeführt werden. Die sich aus der Abfolge von Bewegungsabschnitten ergebende Bewegungsbahn, bzw. Bahntrajektorie des wenigstens einen Biegewerkzeugs kann dabei - beispielsweise je nach Typ der verwendeten Maschine oder in Abhängigkeit von den Erfordernissen für die jewei-

lige Biegeverformung - einen allgemeinen Verlauf aufweisen. Dabei sind grundsätzlich sowohl einfache Kreisbahnen oder lineare Vorschubbewegungen ebenso möglich, wie auch ein komplexer Verlauf der Bahn- bzw. Vorschubbewegungen des oder der Biegewerkzeugs(e).

[0006] Dabei kann es aufgrund von Relativbewegungen zwischen dem oder den Biegewerkzeug(en) und der Kontaktfläche des Biegeschenkels des Werkstücks zu Beschädigungen am Biegeschenkel kommen. Insbesondere können Gleitbewegungen des Biegewerkzeugs an der Kontaktfläche des Biegeschenkels, eine Bildung von Abdrücken, beispielsweise in Form von Riefen oder Rillen verursachen. Hinsichtlich der Qualität, insbesondere hinsichtlich der Qualität der Oberflächen eines durch Schwenkbiegen hergestellten Werkstücks, ist es wünschenswert, das Ausmaß bzw. die Ausdehnung derartiger Beschädigungen zumindest weitestgehend hintanzuhalten.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Schwenkbiegen bereitzustellen, bei welchem Beeinträchtigungen der Oberfläche im Kontaktbereich zwischen dem Biegewerkzeug und dem Biegeschenkel weitestgehend minimiert ist.

[0008] Die Aufgabe der Erfindung wird dadurch gelöst, dass ein Verfahren zur Herstellung von Formteilen durch gesteuertes Schwenkbiegen eines Werkstücks durch eine Schwenkbiegeanordnung mit zumindest einem auf eine Kontaktfläche eines Biegeschenkels des Werkstücks einwirkenden Biegewerkzeug bereitgestellt wird.

[0009] Das Verfahren umfasst das Generieren von Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für die Verstellbewegung des zumindest einen Biegewerkzeugs mittels einer Steuerungsvorrichtung, wobei die Verstellbewegung aus einer Abfolge von Bewegungsabschnitten zusammengesetzt wird. Die generierten Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten werden sodann an wenigstens einen Verstellantrieb für das zumindest eine Biegewerkzeug bzw. des Werkzeugträgers übertragen. Dies stellt eine grundlegende Funktion von programmgesteuerten Verstellantrieben für Schwenkbiegemaschinen dar.

[0010] Um das Ausmaß von Relativbewegungen erfindungsgemäß möglichst minimieren zu können, umfasst die Schwenkbiegeanordnung wenigstens eine mit einer Auswertelogik verbundene Sensorvorrichtung. Diese wenigstens eine Sensorvorrichtung ist zur unmittelbaren oder rechnerisch mittelbaren Erfassung einer Relativbewegung zwischen dem Biegeschenkel und dem zumindest einen Biegewerkzeug ausgebildet. Die Relativbewegung umfasst dabei eine Änderung der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel und dem zumindest einen Biegewerkzeug oder eine Gleitbewegung des zumindest einen Biegewerkzeugs entlang der Kontaktfläche des Biegeschenkels.

[0011] Mittels der wenigstens einen Sensorvorrichtung werden in einem jeweils vorgeordneten Bewegungsabschnitt Relativbewegungsdaten ermittelt, welche Daten an die Steuerungsvorrichtung übertragen werden.

[0012] Unter Verwendung auf Basis der in einem vorgeordneten Bewegungsabschnitt ermittelten Relativbewegungsdaten, werden die Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt generiert. Dabei werden die Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt derart generiert, dass auf Basis der in einem vorgeordneten Bewegungsabschnitt ermittelten Relativbewegungsdaten Korrekturwerte bzw. -faktoren errechnet und für die Generierung der Bahnkoordinaten bzw. -bewegungsdaten in einem nachgeordneten Bewegungsabschnitt verwendet werden. Insbesondere werden die Bahnkoordinaten bzw. Bahnbewegungsdaten derart generiert, dass Gleitbewegungen des zumindest einen Biegewerkzeugs entlang der Kontaktfläche des Biegeschenkels im Zuge des gesamten Biegevorgangs möglichst minimiert werden. Die aufeinanderfolgenden Bewegungsabschnitte einer vorprogrammierten Verstellbewegung bzw. Bewegungsbahn werden unter Berücksichtigung der während des Biegevorganges ermittelten Relativbewegungen zwischen Biegewerkzeug und Kontaktfläche bzw. Biegeschenkel bereits während des Biegevorganges abgeändert bzw. korrigiert.

[0013] Auf diese Weise kann das Ausmaß von Relativbewegungen, insbesondere von Gleitbewegungen zwischen dem oder den Biegewerkzeug(en) und der Kontaktfläche des Biegeschenkels des Werkstücks weitestgehend minimiert werden. Durch Korrigieren bzw. Anpassen der vorgegebenen Daten für Bahnkoordinaten und Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt können daher Beschädigungen an der Kontaktfläche des Biegeschenkels durch das Biegen selbst hintangehalten werden. Durch das vorgeschlagene Verfahren ist ein abdruckarmes Durchführen eines Schwenkbiegeprozesses ermöglicht, insbesondere kann so die Bildung von Riefen, Rillen und Dergleichen am Biegeschenkel des Werkstücks zumindest weitestgehend minimiert werden, bzw. die geometrische Ausdehnung derartiger Beschädigungen verringert werden.

[0014] Da in einem jeweiligen, vorgeordneten Bewegungsabschnitt Relativbewegungen zwischen Biegeschenkel und dem zumindest einen Biegewerkzeug messtechnisch erfasst werden, ermöglicht das Verfahren insbesondere auch ein abdruckarmes Schwenkbiegen unabhängig von beispielsweise Dicke und Materialtyp des zu biegenden Werkstücks.

[0015] Unter einem vorgeordneten Bewegungsabschnitt wird jeweils ein Bewegungsabschnitt verstanden, in welchem mittels der wenigstens einen mit der Auswertelogik verbundenen Sensorvorrichtung eine Relativbewegung zwischen dem Biegeschenkel und dem zumindest einen Biegewerkzeug ermittelt wird. Unter einem nachgeordneten Bewegungsabschnitt wird jeweils ein Bewegungsabschnitt verstanden, in welchem die Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten unter Verwendung der ermittelten Relativbewegungsdaten ausgeführt werden. Für den Fachmann ergibt sich daraus konsequenterweise, dass im Zuge der Ausführung des Verfahrens bzw. eines Biegevorgangs die einzelnen Bewegungsabschnitte außer dem ersten und letzten Bewegungsabschnitt sowohl als vorgeordnete als auch nachgeordnete Bewegungsabschnitte zu betrachten sind, wobei eine Zuordnung eines Bewegungsabschnitts als vorgeordneter bzw. nachgeordneter Bewegungsabschnitt sich konsequenterweise aus der zeitlichen Abfolge des Biegevorgangs logisch ergibt.

[0016] Weiters kann es zweckmäßig sein, dass die wenigstens eine Sensorvorrichtung zur Ermittlung der Änderung der Winkelorientierung zwischen dem Biegeschenkel und dem zumindest einen Biegewerkzeug ausgebildet ist, und die Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt derart generiert werden, dass eine Verstellbewegung bzw. Bahnbewegung des zumindest einen Biegewerkzeugs in einem nachgeordneten Bewegungsabschnitt im Wesentlichen rechtwinkelig zur Kontaktfläche verlaufen. Dabei können die Bahnbewegungen in einem nachgeordneten Bewegungsabschnitt beispielsweise linear oder kurvenförmig erfolgen, oder können die Bahnbewegungen bzw. Verstellbewegungen auch einen komplexen Verlauf aufweisen. Vorteilhaft ist hierbei, dass Gleitbewegungen des Biegewerkzeugs am Biegeschenkel zumindest weitestgehend hintangehalten werden können, und es vorherrschend lediglich zu einem Abrollen des Biegewerkzeugs am Biegeschenkel kommt. Außerdem kann durch diese Vorgehensweise die benötigte Biegekraft möglichst minimiert werden, da die Biegekraft zumindest weitestgehend normal bzw. rechtwinkelig auf den Biegeschenkel aufgebracht wird. Verluste hinsichtlich der aufgebrachten Biegekraft durch unerwünschte Gleitbewegungen entlang der Kontaktfläche des Biegeschenkels können so verringert werden. Mittels der zum Ermitteln von Änderung der Winkelorientierung ausgebildeten Sensorvorrichtung, und mit dem Wissen, dass die Verfahrbewegung möglichst normal auf den Biegeschenkel erfolgt, kann außerdem auf den aktuellen Biegewinkel geschlossen werden.

[0017] Von Vorteil kann dabei sein, dass die wenigstens eine Sensorvorrichtung durch eine optische Reflexionsmessvorrichtung gebildet ist, welche wenigstens eine Beleuchtungsvorrichtung, ein optisches Erfassungsmittel mit einer Lichterfassungsfläche sowie einen rotationssymmetrischen Reflexionskörper mit einer spiegelnden Oberfläche umfasst. Dabei ist eine Mittelachse des rotationssymmetrischen Reflexionskörpers parallel zu einer Arbeitskante des zumindest einen Biegewerkzeugs ausgerichtet, und ein von der Beleuchtungsvorrichtung ausgesandter erster Lichtstrahl wird vom Biegeschenkel reflektiert und als zweiter Lichtstrahl zum rotationssymmetrischen Reflexionskörper geleitet und der zweite Lichtstrahl wird am rotationssymmetrischen Reflexionskörper reflektiert und als dritter Lichtstrahl zum optischen Erfassungsmittel

tel, insbesondere auf dessen Lichterfassungsfläche geleitet, wobei eine Änderung der Winkelorientierung durch Bestimmung der Position von Licht-Intensitätsmaxima auf der Lichterfassungsfläche durch eine Auswertelogik ermittelt wird. Vorteilhaft ist hierbei, dass eine Änderung Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel und dem zumindest einen Biegewerkzeug sehr genau und sicher erfolgen kann, da eine derart ausgebildete Sensorvorrichtung keine sich bewegenden Teile aufweist. Daher kann eine Änderung der Winkelorientierung möglichst fehlerfrei durchgeführt werden. Mittels einer derart ausgebildeten Sensorvorrichtung ist außerdem ein berührungsfreies Erfassen einer Änderung der Winkelorientierung ermöglicht, sodass Verschmutzungen und/oder Verschleißerscheinungen vermieden werden können.

[0018] Die optische Reflexionsmessvorrichtung kann hierbei an dem Werkzeugträger angeordnet sein, und während der Verstellbewegung mit dem Werkzeugträger mitgeführt werden.

[0019] Es kann in dem Zusammenhang aber auch sinnvoll sein, dass die optische Reflexionsmessvorrichtung in einem der Kontaktfläche zugewandten, vorderen Ende von zumindest einem Biegewerkzeug befestigt ist, und während der Verstellbewegung mit dem zumindest einen Biegewerkzeug mitgeführt wird. Hierdurch kann eine Änderung der Winkelorientierung mittels einer platzsparenden Anordnung der optischen Reflexionsmessvorrichtung in einem Biegewerkzeug durchgeführt werden. Insbesondere ist eine separat angeordnete Sensorvorrichtung erübrigt. Weiters können Fehleranfälligkeit bzw. Genauigkeitsverluste aufgrund allzu langer Strahlengänge, beispielweise durch Staub bzw. Partikel in der vom Licht der Lichtquelle durchquerten Luft, verringert werden, da die optische Reflexionsmessvorrichtung während eines gesamten Biegevorgangs in unmittelbarer Nähe des Biegeschenkels angeordnet ist, bzw. durch das Biegewerkzeug selbst mit dem Biegeschenkel mitgeführt wird.

[0020] Es kann aber auch zweckmäßig sein, dass die optische Reflexionsmessvorrichtung in einem der Kontaktfläche zugewandten, vorderen Ende eines separat in dem Werkzeugträger angeordneten Sensorwerkzeugs befestigt ist, und während der Verstellbewegung mit dem Sensorwerkzeug mitgeführt wird. Hierbei kann das Sensorwerkzeug vom Biegeschenkel bedarfsabhängig beabstandet oder nicht beabstandet angeordnet sein. Im Falle eines vom Biegeschenkel beabstandeten Sensorwerkzeugs, kann die optische Reflexionsmessvorrichtung dem Biegeschenkel berührungslos nachgeführt werden. Dadurch können Messfehler während der Ermittlung einer Änderung der Winkelorientierung minimiert werden, da es während eines Biegevorgangs zu keiner Deformation des Sensorwerkzeugs kommt.

[0021] Weiters kann es von Vorteil sein, dass mit dem zumindest einen Biegewerkzeug oder dem Sensorwerkzeug eine weitere Sensorvorrichtung form- und oder kraftschlüssig verbunden ist, mittels welcher gleichzeitig mit der Ermittlung der Änderung der Winkelorientierung eine deformationsbedingte Änderung eines Lagewinkels des zumindest einen Biegewerkzeugs oder des Sensorwerkzeugs im Bezug zum Lot ermittelt wird, die ermittelten Lagewinkeldaten an die Steuerungsvorrichtung übermittelt werden, und die Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt unter Verwendung dieser ermittelten Lagewinkeldaten generiert werden. Auf diese Weise können Messungenauigkeiten, insbesondere Ungenauigkeiten bedingt durch Deformationen des oder der Biegewerkzeug(e) ausgeglichen werden, und ist somit nochmals eine nochmalige Verbesserung der Präzision des Verfahrens erzielbar. Des Weiteren kann auf diese Weise der jeweils aktuelle Biegewinkel bzw. Umformwinkel mit hoher Genauigkeit ermittelt werden.

[0022] In diesem Zusammenhang kann es sinnvoll sein, dass die weitere Sensorvorrichtung durch einen Neigungssensor gebildet ist, mittels welchem eine deformationsbedingte Änderung des Lagewinkels des zumindest einen Biegewerkzeugs oder des Sensorwerkzeugs im Bezug zum Lot ermittelt wird. Derartige Neigungssensoren erlauben aufgrund ihres mikroelektronischen Aufbaus trotz kleiner Abmessungen, beispielsweise von wenigen Millimetern gute Winkelmessauflösungen. Dies ermöglicht trotz platzsparender Einbaumöglichkeit in ein Biegewerkzeug eine Ermittlung ausreichend präziser Korrekturdaten für die Generierung der Bahnkoordinaten bzw. Verstellbewegungen des zumindest einen Biegewerkzeugs in einem nachgeordneten Bewegungsabschnitt.

[0023] Es kann aber auch zweckmäßig sein, dass die weitere Sensorvorrichtung durch ein Gyroskop gebildet ist, mittels welchem eine deformationsbedingte Änderung des Lagewinkels des zumindest einen Biegewerkzeugs oder des Sensorwerkzeugs ermittelt wird. Mittels eines Gyroskops sind im Besonderen deformationsbedingte Lagewinkeländerungen zwischen Biegeschenkel und dem zumindest einen Biegewerkzeug mit hoher Genauigkeit ermittelbar.

[0024] Bei einer Verwendung einer weiteren Sensorvorrichtung zur Ermittlung einer deformationsbedingten Änderung des Lagewinkels des zumindest einen Biegewerkzeugs oder des Sensorwerkzeugs im Bezug zum Lot kann es von Vorteil sein, dass die für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt generierten Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten unter Verwendung der ermittelten Änderung des Lagewinkels korrigiert werden. Dies ermöglicht eine Generierung bzw. Korrektur der Bahnkoordinaten bzw. Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt mit verbesserter Präzision bzw. Genauigkeit. Insbesondere können deformationsbedingte Verkippungen des Biegewerkzeugs ermittelt, und die Bahnkoordinaten bzw. Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt unter Berücksichtigung dieses erfassten Verkippungsfehlers korrigiert bzw. ausgeglichen werden.

[0025] Des Weiteren kann es zweckmäßig sein, dass mittels der wenigstens einen Sensorvorrichtung und der weiteren Sensorvorrichtung der aktuelle Biegewinkel ermittelt bzw. an die Steuerungsvorrichtung übermittelt wird. Die Messung des aktuellen Biegewinkels kann dabei zu bestimmten Zeitpunkten oder aber auch fortlaufend gemessen werden, wobei der so ermittelte, aktuelle Biegewinkel in Abhängigkeit von der Messdurchführung auf unterschiedliche Weise verwendet werden kann. Insbesondere ist die Messung des aktuellen Biegewinkels bzw. Umformwinkels hilfreich, um den Zielwert für den Biegewinkel möglichst präzise erreichen zu können.

[0026] Je nach den Anforderung an die Genauigkeit der Ermittlung bzw. Messung einer Änderung der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel und dem zumindest einen Biegewerkzeug kann es aber auch zweckmäßig sein, dass in einem der Kontaktfläche zugewandten, vorderen Ende eines Biegewerkzeugs ein Tastelement, etwa eine Tastscheibe mit einer Flachseite, drehbar oder schwenkbar angeordnet ist, wobei die Flachseite während einer Verstellbewegung an der Kontaktfläche des Biegeschenkels anliegt, und die wenigstens eine Sensorvorrichtung dem Tastelement zugeordnet ist. Dadurch sind taktile bzw. den Biegeschenkel berührende Varianten zur Ermittlung der Änderung der Winkelorientierung ermöglicht, bzw. können weitere, insbesondere verhältnismäßig und kostengünstige Sensorvorrichtungen zur Ermittlung einer Änderung der Winkelorientierung eingesetzt werden. Im Besonderen können Sensorvorrichtungen in dem Tastelement angeordnet werden, bei welchen eine Detektion einer Änderung der Winkelorientierung durch Übertragung des Biegewinkels vom Tastelement an die Sensorvorrichtung möglich ist.

[0027] Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass die wenigstens eine Sensorvorrichtung durch einen Drehgeber gebildet ist, wobei Änderungen der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel und dem zumindest einen Biegewerkzeug während einer Verstellbewegung durch das Tastelement an den Drehgeber übertragen werden. Durch Einsatz eines Drehgebers ist eine besonders kostengünstige, aber dennoch ausreichend genaue Verfahrensführung ermöglicht.

[0028] Alternativ kann es aber auch zweckmäßig sein, dass die wenigstens eine Sensorvorrichtung durch einen mit dem Tastelement verbundenen Neigungssensor gebildet ist, wobei Änderungen der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel und dem zumindest einen Biegewerkzeug während einer Verstellbewegung durch das Tastelement an den Neigungssensor übertragen werden. Derartige Neigungssensoren ermöglichen Winkelmessauflösungen von bis zu $0,001^\circ$, und ermöglichen somit eine hochpräzise Verfahrensführung, da Änderungen der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel und dem zumindest einen Biegewerkzeug mit hoher Genauigkeit ermittelt werden können. In dieser Ausführungsform wird die Winkeländerung zwischen Biegeschenkel und Biegewerkzeug durch die Winkeländerung zwischen Biegeschenkel und der im Neigungssensor enthaltenen Lotrichtung ermittelt, wobei allfällige durch die Biegekraft bewirkte Verformungen und Winkeländerungen des Biegewerkzeuges unberücksichtigt bleiben können.

[0029] Weiters kann vorgesehen sein, dass die wenigstens eine Sensorvorrichtung zur Ermittlung der Gleitbewegung des zumindest einen Biegewerkzeugs entlang der Kontaktfläche des Biegeschenkels ausgebildet ist, und die Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt derart generiert werden, dass der nachgeordnete Bewegungsabschnitt mit einer zu einer in einem vorgeordneten Bewegungsabschnitt ermittelten Gleitbewegung entgegengerichteten Ausgleichsbewegung überlagert wird. Auch auf diese Weise kann in einem vorgeordneten Bewegungsabschnitt eine Relativbewegung zwischen Biegeschenkel und dem zumindest einen Biegewerkzeug ermittelt, und die Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt unter Verwendung der ermittelten Relativbewegungsdaten generiert werden. Dabei ist es beispielsweise möglich, dass unter Verwendung einer ermittelten Gleitbewegung in eine bestimmte Richtung entlang der Kontaktfläche, die Verstellbewegung für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt derart generiert wird, bzw. die Bahnbewegungsdaten bzw. Bahnkoordinaten des zumindest einen Biegewerkzeugs derart abgeändert werden, dass die Verstellbewegung für den nachgeordneten Bewegungsabschnitt mit einer Ausgleichsbewegung, welche in Gegenrichtung zur im vorgeordneten Bewegungsabschnitt ermittelten Gleitbewegung führt, überlagert wird. Auf diese Weise ist ein fortwährendes Ausgleichen von ermittelten bzw. detektierten Gleitbewegungen ermöglicht, und kann das Verfahren zum gesteuerten Schwenkbiegen möglichst abdruckarm durchgeführt werden. Beispielsweise können unter Verwendung einer ermittelten Gleitbewegung die Bahnkoordinaten bzw. Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt auch derart generiert werden, dass eine Verstellbewegung möglichst normal bzw. senkrecht auf die Kontaktfläche des Biegeschenkels ausgeführt wird.

[0030] Wiederum kann vorgesehen sein, dass in einem der Kontaktfläche zugewandten, vorderen Ende eines Biegewerkzeugs ein Tastelement, etwa eine Tastscheibe mit einer Flachseite drehbar oder schwenkbar angeordnet ist, wobei die Flachseite während der Verstellbewegung an der Kontaktfläche des Biegeschenkels anliegt, und die wenigstens eine Sensorvorrichtung dem Tastelement zugeordnet ist.

[0031] Dabei kann es zweckmäßig sein, dass die wenigstens eine Sensorvorrichtung durch einen optischen Bewegungssensor umfassend eine Beleuchtungsvorrichtung und eine Bilderfassungsvorrichtung gebildet ist, und während einer Verstellbewegung durch den optischen Bewegungssensor Gleitbewegungen des zumindest einen Biegewerkzeugs entlang der Kontaktfläche ermittelt, und via die Auswertelogik an die Steuerungsvorrichtung übertragen werden. Bevorzugt ist die Beleuchtungsvorrichtung dabei als LED oder Laser ausgebildet. Die Bilderfassungsvorrichtung kann als 2D-Bildsensor ausgebildet sein. Derartige optische Bilderfassungs- bzw. Verfolgungssysteme sind zum Beispiel aus der Computertechnik bekannt, und werden dort etwa in optischen ‚Mäusen‘ verwendet. Ein Vorteil eines derartigen Sensors zur Erfassung von Gleitbewegungen liegt darin begründet, dass eben aufgrund der weiten Verbreitung sehr kompakte und auch kostengünstige Sensormodule zur Verfügung stehen. Diese Module beleuchten einen Oberflächenabschnitt und erfassen in rascher Abfolge Abbilder des beleuchteten Abschnitts. Diese Abbilder können durch eine Auswertelogik einer weiteren Verarbeitung bzw. Aufbereitung zugeführt werden.

[0032] In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens ist auch denkbar, dass die im Zuge eines Schwenkbiegeprozesses sensorisch ermittelten Relativbewegungsdaten und/oder die generierten Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten zur Verwendung für nachfolgende, gleich auszuführende Biegeprozesse in einer oder mehreren mit der Steuerungsvorrichtung datentechnisch verbundenen Datenspeichervorrichtung gespeichert werden. Auf diese Weise können durch Analyse der ermittelten und aufgezeichneten Relativbewegungen Erkenntnisse über die durchgeführten Biegeprozesse gewonnen werden. Beispielsweise können Fehlereinflüsse, wie etwa Unregelmäßigkeiten im Material des Werkstücks, aber auch Verfahrensfehler wie etwa asymmetrischer Werkstückeinzug, Reibungseinflüsse, etc. detektiert zw. Zumindest abgeschätzt werden. Diese Kenntnisse können in weiterer Folge zur Verbesserung künftiger Schwenkbiegeprozesse verwendet werden.

[0033] Zur Optimierung der Verfahrensführung für eine Serie von gleichen Biegeprozessen kann schließlich vorgesehen sein, dass der jeweils erste Biegeprozess einer Serie von ident auszuführenden Biegeprozessen mit einer geringeren Verstellgeschwindigkeit für das zumindest einen Biegewerkzeugs durchgeführt wird. Dadurch kann die Abtastezeit bzw. die Anzahl an Messungen zur Ermittlung von Relativbewegungen zwischen Biegeschenkel und dem zumindest einen Biegewerkzeug pro Zeiteinheit bzw. pro Grad Biegewinkel erhöht werden. In weiterer Folge ist damit eine Verbesserung der Genauigkeit für das Generieren von Bahnkoordinaten bzw. Bahnbewegungsdaten für die jeweils nachgeordneten Bewegungsabschnitte erzielbar, welche Verbesserung für folgende, idente Biegeformungen vorteilhaft verwendet werden kann. Folgende, gleich auszuführende Biegeprozesse können mit einer höheren Verstellgeschwindigkeit ausgeführt werden, wobei die sensorischen Messungen zur Ermittlung von Relativbewegungen in den nachfolgenden Schwenkbiegeprozessen zur Korrektur abweichender Einflussfaktoren, wie etwa unterschiedlichen Materialstärken der Werkstücke und Dergleichen herangezogen werden können.

[0034] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0035] Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

[0036] Fig. 1 ausschnittsweise eine Schwenkbiegeanordnung zur Ausführung des gegenständlichen Verfahrens, in stark vereinfachter, schematischer und perspektivischer Darstellung;

[0037] Fig. 2 eine stark vereinfachte, stilisierte Prinzipdarstellung für eine Ausführungsvariante des gegenständlichen Verfahrens;

[0038] Fig. 3 ein perspektivische, schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels für eine in einem Biegewerkzeug angeordnete optische Reflexionsmessvorrichtung;

[0039] Fig. 4 eine weitere, stark vereinfachte, stilisierte Prinzipdarstellung für eine Ausführungsvariante des gegenständlichen Verfahrens;

[0040] Fig. 5 eine Ausführungsform und Anordnungsvariante für eine Sensorvorrichtung zur Durchführung des gegenständlichen Verfahrens;

[0041] Fig. 6 eine weitere Ausführungsform und Anordnungsvariante für eine Sensorvorrichtung zur Durchführung des gegenständlichen Verfahrens;

[0042] Fig. 7 eine weitere, stark vereinfachte, stilisierte Prinzipdarstellung für eine Ausführungsvariante des gegenständlichen Verfahrens.

[0043] 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 diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

[0044] In der Fig. 1 ist ausschnittsweise eine Schwenkbiegeanordnung 1 zum Umformen bzw. Schwenkbiegen von Werkstücken dargestellt. Derartige Schwenkbiegeanordnungen sind grundsätzlich Einrichtungen zur Herstellung von Formteilen durch Umformen von Werkstücken. Es sind zahlreiche, unterschiedliche Ausgestaltungsformen bekannt, wobei in Fig. 1 nur die jene Bestandteile einer solchen Schwenkbiegeanordnung gezeigt sind, welche zur Darstellung bzw. Erklärung des erfindungsgemäßen Verfahrens relevant sind. Je nach Ausgestaltungform können derartige Schwenkbiegeanordnungen zahlreiche, weitere Bestandteile aufweisen, wie etwa Anschläge, Positionierwerkzeuge, Überwachungseinrichtungen usw.

[0045] Eine Schwenkbiegeanordnung 1 zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens weist wie in der Fig. 1 dargestellt, eine Niederhaltervorrichtung 2 auf, mittels welcher ein zu formendes bzw. biegendes Werkstück 3 gehalten wird. Die Niederhaltervorrichtung 2 gemäß dem Ausführungsbeispiel in Fig. 1 besteht aus einem unteren Niederhalterwerkzeug 4 und einem oberen Niederhalterwerkzeug 5, zwischen welchen das zu bearbeitende Werkstück 3, beispielsweise ein Blech geklemmt ist. Üblicherweise ist wenigstens eines der Niederhalterwerkzeuge 4, 5 verstellbar ausgeführt, um das zu biegende Werkstück 3 positionieren und klemmen zu können.

[0046] Weiters weist die in Fig. 1 dargestellte Schwenkbiegeanordnung 1 einen Werkzeugträger 6 mit wenigstens zwei Freiheitsgraden auf. In dem Werkzeugträger 6 ist zumindest ein Biegewerkzeug 7 angeordnet, wobei in der Fig. 1 exemplarisch zwei Biegewerkzeuge 7 dargestellt sind. Eine Umformung des Werkstücks 3 kann beim Schwenkbiegen mittels der Schwenkbiegeanordnung 1 dadurch erreicht werden, dass die Biegewerkzeuge 7 durch einen Verstellantrieb für den Werkzeugträger 6 in Richtung eines Biegeschenkels 8 des Werkstücks verfahren werden. Hierdurch wirkt während der Verstellbewegung ein Biegewerkzeug 7 auf eine Kontaktfläche 9 des Biegeschenkels 8 ein, und kann der Schwenkbiegevorgang durchgeführt werden. Der Verstellantrieb (nicht dargestellt) kann dabei auf verschiedene Weise gemäß dem Stand der Technik ausgestaltet sein. Wesentlich ist, dass der Verstellantrieb für das zumindest eine Biegewerkzeug 7 bzw. den Werkzeugträger 6 in Verbindung mit einer geeigneten Führungsanordnung Verstellbewegungen mit wenigstens zwei Freiheitsgraden ermöglicht.

[0047] Üblicherweise werden bei modernen Schwenkbiegeanordnungen Verstellbewegungen für das zumindest eine Biegewerkzeug 7 bzw. den Werkzeugträger 6 automatisiert mittels einer Steuerungsvorrichtung 10 durchgeführt. Zum Einsatz kommen beispielsweise sogenannte CNC-Steuerungen. Dabei werden von der Steuerungsvorrichtung 10 Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für eine Verstellbewegung des zumindest einen Biegewerkzeugs 7 generiert, wobei die gesamte Verstellbewegung für einen Schwenkbiegevorgang aus einer Abfolge von bewegungsabschnitten zusammengesetzt sein kann. Die Verstellbewegung wird dadurch ausgeführt, dass die von der Steuerungsvorrichtung 10 generierten Bahnkoordinaten bzw. Bahnbewegungsdaten an wenigstens einen Verstellantrieb für das zumindest ein Biegewerkzeug 7 übertragen werden.

[0048] In der Realität treten im Zuge eines Schwenkbiegevorgangs häufig Gleitbewegungen des Biegewerkzeugs 7 oder der Biegewerkzeuge 7 an der Kontaktfläche 9 des Biegeschenkels 8 auf, welche eine Beschädigung des Werkstücks 3 am Biegeschenkel 8 bedingen können. Derartige Gleitbewegungen können beispielsweise aufgrund von Unregelmäßigkeiten in der Dicke des zu bearbeiteten Werkstücks 3 verursacht sein. Generell ist bei Schwenkbiegevorgängen eine vorhergehende Abschätzung möglicher Fehlerquellen, welche unerwünschte Gleitbewegungen bedingen können, nicht mit absoluter Sicherheit möglich, sodass auch bei bestmöglicher Programmierung der Verstellbewegungen für einen Schwenkbiegevorgang derartige, unerwünschte Gleitbewegungen entlang des Biegeschenkels 8 nicht völlig vermieden werden können. Zur Lösung dieser Problematik ist nunmehr vorgesehen, dass ein Schwenkbiegevorgang sensorunterstützt durchgeführt wird, um während eines Biegevorgangs mittels detektierter Relativbewegungen zwischen Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7, Verstellbewegungen für das zumindest einen Biegewerkzeug 7 in nachfolgenden Bewegungsabschnitten anzupassen, und unerwünschte Gleitbewegungen entlang des Biegeschenkels 8 möglichst zu minimieren.

[0049] Wie in der Fig. 1 ersichtlich ist, umfasst die Schwenkbiegeanordnung 1 hierzu wenigstens eine mit einer Auswertelogik verbundenen Sensorvorrichtung 11, welche zur unmittelbaren oder mittelbaren Ermittlung einer Relativbewegung zwischen dem Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 ausgebildet ist. Die Auswertelogik kann dabei in der Sensorvorrichtung 11 oder baulich separat von der Sensorvorrichtung 11 angeordnet sein. Beispielsweise kann die Auswertelogik auch Bestandteil der Steuerungsvorrichtung 10 sein.

[0050] Grundsätzlich können zur Durchführung des Verfahrens verschiedene Sensorvorrichtungen 11 verwendet werden, um Relativbewegungen zwischen Biegeschenkel 9 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 zu ermitteln. Daher ist die in der Fig. 1 dargestellte, wenigstens eine Sensorvorrichtung 11 als exemplarisch für zur Erfassung bzw. Ermittlung von Relativbewegungen geeignete Sensorvorrichtungen anzusehen, und ist deshalb die Sensorvorrichtung 11 in der Fig. 1 stark vereinfacht, lediglich schematisch und stilisiert dargestellt. Beispiele für geeignete Sensorvorrichtungen 11 werden nachfolgend und anhand der weiteren Figuren noch näher beschrieben bzw. erläutert. Weiters ist anzumerken, dass auch die in der Fig. 1 dargestellte Anordnung der wenigstens einen Sensorvorrichtung 11 in einem separat in dem Werkzeugträger 6 angeordneten Sensorwerkzeug 12 lediglich als Beispiel für eine mögliche Anordnung der wenigstens einen Sensorvorrichtung 11 anzusehen ist. Beispiele für weitere, mögliche Anordnungen der wenigstens einen Sensorvorrichtung 11 werden - in Abhängigkeit vom Typ der jeweiligen Sensorvorrichtung - ebenfalls nachfolgend und anhand der weiteren Figuren noch näher beschrieben.

[0051] Eine mittels bestimmter Sensorvorrichtungen 11 detektierbare bzw. ermittelbare Relativbewegung zwischen dem Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 ist eine Änderung der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7. Eine weitere, erfassbare Relativbewegung ist eine Gleitbewegung des zumindest einen Biegewerkzeugs 7 entlang der Kontaktfläche 9 des Biegeschenkels 8.

[0052] In der Fig. 2 ist eine Ausführungsform des Ablaufs des Verfahrens stark vereinfacht und schematisch stilisiert dargestellt. Für gleiche Teile werden gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in der vorangegangenen Fig. 1 verwendet. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung in den vorangegangenen Fig. 1 hingewiesen bzw. Bezug genommen.

[0053] Die stark vereinfachte und schematische Prinzipdarstellung des Verfahrensablaufs in Fig. 2 zeigt einen Schwenkbiegevorgang, welcher in einzelne Bewegungsabschnitte unterteilt ist. Aus Gründen der Übersichtlichkeit bzw. zur besseren Veranschaulichung des Verfahrens sind in der Fig. 2 lediglich einige, wenige Teilabschnitte des Biegevorgangs dargestellt. Selbstverständlich kann ein solcher Biegevorgang in der Realität steuerungstechnisch in eine Vielzahl von Bewegungsabschnitten unterteilt werden. Die maximal mögliche inkrementelle Unterteilung in einzelne Bewegungsabschnitte ist dabei unter anderem abhängig von der vorhandenen Rechenkapazität der Steuerungsvorrichtung.

[0054] Wie aus der Fig. 2 ersichtlich ist, kommt es im Zuge der Ausführung des Biegevorgangs zu einer Relativbewegung bzw. zu einer Änderung der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7. Die Änderung der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 ergibt sich aus dem Abrollen des zumindest einen Biegewerkzeugs 7 am Biegeschenkel während des Biegevorgangs, wie dies aus Betrachtung von Fig. 2 klar ersichtlich ist. Diese Änderung der Winkelorientierung kann mittels einer geeigneten Sensorvorrichtung 11 erfasst bzw. ermittelt werden, wobei die Sensorvorrichtung 11 in der Fig. 2 wiederum stark vereinfacht, lediglich schematisch und stilisiert dargestellt ist, da mehrere Typen von Sensorvorrichtungen 11 hierfür in Betracht kommen, wie die nachfolgend noch näher beschrieben wird.

[0055] Wie in der Fig. 2 weiters schematisch durch den strichpunktierten Pfeil 13 dargestellt ist, werden von der wenigstens einen Sensorvorrichtung 11 in einem vorgeordneten Bewegungsabschnitt ermittelte Relativbewegungsdaten, beispielsweise eine Änderung der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7, an die Steuerungsvorrichtung 10 übertragen.

[0056] Diese in einem vorgeordneten Bewegungsabschnitt ermittelten Relativbewegungsdaten werden von der Steuerungsvorrichtung 10 verwendet, um für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt die Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten zu generieren. Durch diese rechnerische Verwendung der ermittelten Relativbewegungsdaten, können die Bahnkoordinaten bzw. Bahnbewegungsdaten insbesondere derart generiert werden, dass die Verstell-

bewegungen für das zumindest eine Biegewerkzeug so ausgeführt werden, dass Gleitbewegungen entlang der Kontaktfläche 9 des Biegeschenkels 8 möglichst minimiert werden.

[0057] Dabei kann vorgesehen sein, dass die Bahnkoordinaten bzw. Bahnbewegungsdaten von der Steuerungsvorrichtung 10 für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt derart generiert werden, dass die Verstellbewegung des zumindest einen Biegewerkzeugs 7 in einem nachgeordneten Bewegungsabschnitt im Wesentlichen rechtwinkelig zur bzw. normal auf die Kontaktfläche 9 verläuft, wie dies durch Pfeil 14 in Fig. 2 schematisch und stilisiert angedeutet ist. Die generierten Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten werden in einem jeweiligen nachgeordneten Bewegungsabschnitt zur Ausführung der jeweiligen Verstellbewegung an wenigstens einen Verstellantrieb des Werkzeugträgers übermittelt, wie in der Fig. 2 durch den strichpunktierten Pfeil 15 stilisiert angedeutet ist. Der Verstellantrieb selbst ist in Fig. 2 und den weiteren Figuren aus Übersichtlichkeitsgründen nicht dargestellt.

[0058] In der Fig. 2 ist Pfeil 14 zur lediglich stilisierten und stark vereinfachten Veranschaulichung einer Verstellbewegung in Normalenrichtung bzw. senkrechter Richtung auf den Biegeschenkel 8 dargestellt. An dieser Stelle wird festgehalten, dass die Verstellbewegungen bzw. Bahntrajektorien des wenigstens einen Biegewerkzeugs 7 dabei in den einzelnen Bewegungsabschnitten grundsätzlich einen allgemeinen Verlauf aufweisen können. Dabei sind grundsätzlich sowohl einfache Kreisbahnen oder lineare Vorschubbewegungen ebenso möglich, wie auch ein komplexer Verlauf der Bahn- bzw. Vorschubbewegungen des oder der Biegewerkzeugs(e) 7. Generell gilt jedoch, dass die Verstellbewegungen in einem nachgeordneten Bewegungsabschnitt unabhängig von der Form der ausgeführten Bahnkurve möglichst senkrecht bzw. in Normalenrichtung auf die Kontaktfläche 9 des Biegeschenkels 8 ausgeführt werden.

[0059] An dieser Stelle wird ergänzend angemerkt, dass die Genauigkeit des Verfahrens von der Anzahl der Bewegungsabschnitte, in welche eine Verstellbewegung für das zumindest ein Biegewerkzeug unterteilt wird, abhängt. Mit anderen Worten ausgedrückt, lässt sich die Genauigkeit des Verfahrens dadurch steigern, dass die Anzahl der einzelnen Bewegungsabschnitte aus welchen eine gesamte Verstellbewegung des zumindest einen Biegewerkzeugs während eines Biegevorgangs zusammengesetzt wird, erhöht wird.

[0060] Die in den Fig. 1 und 2 jeweils stilisiert und stark vereinfacht dargestellte Sensorvorrichtung 11, kann beispielsweise durch eine optische Reflexionsmessvorrichtung 16 gebildet sein, wobei ein Ausführungsbeispiel für eine derartige Reflexionsmessvorrichtung 16 in der Fig. 3 dargestellt ist. In der Fig. 3 werden wiederum für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den vorangegangenen Fig. 1 und 2 verwendet werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung in den vorangegangenen Fig. 1 und 2 hingewiesen bzw. Bezug genommen. In Fig. 3 sind zur besseren Ersichtlichkeit ein Biegeschenkel 8 und ein Biegewerkzeug 7 lediglich ausschnittsweise dargestellt.

[0061] Im gezeigten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 ist die optische Reflexionsmessvorrichtung 16 in einem der Kontaktfläche 9 zugewandten, vorderen Ende von zumindest einem Biegewerkzeug 7 befestigt, und wird während der Verstellbewegung mit dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 mitgeführt. Grundsätzlich ist es auch möglich, dass die optische Reflexionsmessvorrichtung 16 in einem der Kontaktfläche 9 zugewandten, vorderen Ende eines separat in dem Werkzeugträger 6 angeordneten, vom Biegeschenkel 8 beabstandeten Sensorwerkzeugs 12 befestigt ist, und während der Verstellbewegung mit dem Sensorwerkzeug 12 mitgeführt wird, wie dies stark vereinfacht und stilisiert in der Fig. 1 dargestellt ist. Alternativ zum dargestellten Ausführungsbeispiel wäre auch denkbar, dass Sensorwerkzeug auch vom Biegeschenkel 8 nicht beabstandet anzuordnen, sodass auch das Sensorwerkzeug während eines Biegevorgangs auf den Biegeschenkel 8 einwirkt. Des Weiteren ist es auch vorstellbar, dass eine solche optische Reflexionsmessvorrichtung am Werkzeugträger 6 befestigt ist (nicht dargestellt), und während der Verstellbewegung mit dem Werkzeugträger 6 mitgeführt wird. In den beiden letztgenannten Fällen, hätte eine mögliche, deformationsbedingte Änderung des Lagewinkels des zumindest einen Biegewerkzeugs 7 keinen Einfluss auf das Messergebnis zur Ermittlung der Änderung der Winkelorientierung zwischen dem Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7.

[0062] Wie aus Fig. 3 ersichtlich, umfasst die optische Reflexionsmessvorrichtung 16 eine Beleuchtungsvorrichtung 17, welche zumindest eine Lichtquelle aufweist. Die Beleuchtungsvorrichtung 17 kann zum Beispiel in Form einer punktförmigen Lichtquelle, wie etwa einer LED, ausgebildet sein. Weitere, mögliche Ausführungsformen von Beleuchtungsvorrichtungen mit unterschiedlichen Lichtquellen können vom Fachmann grundsätzlich unter Berücksichtigung von Anforderungen, wie etwa die Oberflächenbeschaffenheit und Material des zu biegenden Werkstücks gemäß dem Stand der Technik ausgewählt werden.

[0063] Wie in der Fig. 3 weiters dargestellt ist, umfasst die optische Reflexionsmessvorrichtung ein optisches Erfassungsmittel 18, welches eine Lichte Erfassungsfäche 19 aufweist. Die Lichte Erfassungsfäche 19 ist vorzugsweise durch einen zweidimensionalen Bildsensor, wie etwa einem CCD Sensor (charge-coupled device) ausgebildet.

[0064] Weiters umfasst die in Fig. 3 dargestellte, optische Reflexionsmessvorrichtung 16 einen rotationssymmetrischen Reflexionskörper 20, welcher eine spiegelnde Oberfläche aufweist. Im Idealfall ist die Rauigkeit der Oberfläche des rotationssymmetrischen Reflexionskörpers 20 hierbei so gewählt bzw. ausgeführt, dass sie gegenüber der Wellenlänge des von der Beleuchtungsvorrichtung 17 erzeugten Lichtes vergleichsweise kleine Rauigkeitsstrukturen aufweist, das heißt möglichst glatt ist, wodurch es zu einer gerichteten Reflexion eines auf die Oberfläche des rotationssymmetrischen Reflexionskörpers 20 einfallenden Lichtstrahles kommt und somit das Reflexionsgesetz anzuwenden ist. Mit anderen Worten ausgedrückt, ist der Einfallswinkel eines an der Oberfläche des rotationssymmetrischen Reflexionskörpers 20 einfallenden Lichtstrahles gleich groß dem Ausfallswinkel eines an der Oberfläche reflektierten Lichtstrahles. Ein derartiger rotationssymmetrischer Reflexionskörper 20 mit einer spiegelnden Oberfläche kann beispielsweise aus einem metallischen Werkstoff wie etwa Edelstahl hergestellt werden.

[0065] Der rotationssymmetrische Reflexionskörper 20 weist eine Mittelachse 21 auf, welche auch als Symmetrieachse bezeichnet werden kann und um welche die Oberfläche des Reflexionskörpers 20 rotationssymmetrisch angeordnet ist. Um mittels der optischen Reflexionsmessvorrichtung 16 eine Änderung der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 bestimmen zu können, ist es notwendig, dass die optische Reflexionsmessvorrichtung 16 in deren Lage relativ zum Biegeschenkel 8 so ausgerichtet ist, dass die Mittelachse 21 des rotationssymmetrischen Reflexionskörpers 20 parallel zum Biegeschenkel 8 liegt. Dies wird dadurch erreicht, dass die Mittelachse 21 des rotationssymmetrischen Reflexionskörpers 20 parallel zu einer Arbeitskante 22 des zumindest einen Biegewerkzeugs 7 liegt. Die Arbeitskante 22 ist dabei jener Abschnitt eines Biegewerkzeugs 7, welcher während eines Schwenkbiegevorgangs Kontakt mit dem Biegeschenkel 8 hat und somit den überwiegenden Teil der von wenigstens einem Verstellantrieb für den Werkzeugträger auf das oder die Biegewerkzeug(e) aufgebrachten Kraft auf den Biegeschenkel 8 einwirken lässt, und dadurch die Biegeumformung durchführt.

[0066] Wie in Fig. 3 dargestellt, kann vorgesehen sein, dass der rotationssymmetrische Reflexionskörper 20 in Form einer Kugel ausgebildet ist. Dies hat den Vorteil, dass jede beliebig liegende bzw. gewählte Achse, welche durch den Mittelpunkt der Kugel verläuft, die Mittelachse 21 darstellen kann. Somit wird eine richtige Positionierung des rotationssymmetrischen Reflexionskörpers 20, welcher in Form einer Kugel ausgebildet ist, erleichtert. Alternativ dazu ist es auch möglich, dass verschiedenste andere Körperformen, wie etwa Kegel als rotationssymmetrische Reflexionskörper 20 ausgebildet sind.

[0067] In weiterer Folge wird in diesem Dokument zur Erklärung der Funktionsweise der optischen Reflexionsmessvorrichtung 16 von Lichtstrahlen gesprochen. Hiermit sei erwähnt, dass beim Gebrauch des Wortes Lichtstrahl jener Strahlengang eines Lichtstrahles gemeint und dargestellt ist, welcher als für die Funktionalität der optischen Reflexionsmessvorrichtung 16 relevanter Strahlengang in Fig. 3 dargestellt ist, und anhand welchem diese erklärt werden. Zur Vereinfachung bzw. zur Veranschaulichung wurde in Fig. 3 nur dieser Strahlengang des Lichtstrahles dargestellt bzw. beschrieben, welcher aufgrund der physikalischen Gesetzmäßigkeiten des Lichtes zum Bestimmen einer Änderung der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 herangezogen wird.

[0068] Wie aus Fig. 3 ersichtlich, kann vorgesehen sein, dass die Beleuchtungsvorrichtung 17 konzentrisch um die Mittelachse 21 liegend angeordnet ist. Weiters kann vorgesehen sein, dass das optische Erfassungsmittel 18 ebenfalls konzentrisch um die Mittelachse 21 liegend angeordnet ist, wobei die Lichte Erfassungsfäche 19 normal auf die Mittelachse stehend angeordnet ist.

[0069] Wie aus der Fig. 3 weiters ersichtlich, wird in diesem Ausführungsbeispiel der optischen Reflexionsmessvorrichtung 16 von der Beleuchtungsvorrichtung 17 ein erster Lichtstrahl 23 abgestrahlt. Hierbei kann, wie in diesem Ausführungsbeispiel dargestellt, vorgesehen sein, dass der erste Lichtstrahl 23 auf die Oberfläche des rotationssymmetrischen Reflexionskörpers 20 gerichtet ist und an dieser reflektiert wird. Die von der Beleuchtungsvorrichtung 17 ausgehenden ersten Lichtstrahlen 23 werden von der Oberfläche des rotationssymmetrischen Reflexionskörpers 20 entsprechend dem Reflexionsgesetz in alle Raumrichtungen reflektiert, wobei, wie bereits erläutert, nur jener Strahlengang des Lichtstrahles 23 dargestellt ist, welcher zur Ermittlung einer Änderung der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 relevant ist.

[0070] Dies ist jener Strahlengang welcher in der Ansicht nach Fig. 3 betrachtet, vom rotationssymmetrischen Reflexionskörper 20 im rechten Winkel auf die Oberfläche des Biegeschenkels 8 gestrahlt wird, da dieser Strahlengang des ersten Lichtstrahles 23 in weiterer Folge auf die Lichte Erfassungsfäche 19 des optischen Erfassungsmittels 18 trifft und somit ausgewertet werden kann.

[0071] Der relevante und dargestellte Strahlengang des ersten Lichtstrahles 23, welcher auf die Oberfläche des Biegeschenkels 8 abgegeben wird, wird nach dem Reflexionsgesetz von der Oberfläche reflektiert und als zweiter Lichtstrahl 24 zum rotationssymmetrischen Reflexionskörper 20 zurückgestrahlt. Voraussetzung hierfür ist natürlich ein entsprechendes Reflexionsvermögen der Kontaktfläche 9 des Biegeschenkels 8, welches Reflexionsvermögen insbesondere bei der Umformung von Werkstücken aus Metall, wie etwa Blechstücke, durch Schwenkbiegen gegeben ist. Der zweite Lichtstrahl 24 wird nun abermals von der Oberfläche des rotationssymmetrischen Reflexionskörpers 20 reflektiert und als dritter Lichtstrahl 25 auf die Lichte Erfassungsfäche 19 gestrahlt.

[0072] Die Reflexionen, welche vom rotationssymmetrischen Reflexionskörper 20 als dritter Lichtstrahl 25 auf die Lichte Erfassungsfäche 19 geworfen werden, bilden an der Lichte Erfassungsfäche 19, eine unterschiedliche Helligkeitsverteilung bzw. Lichtintensität. Ein Durchmesser der Lichte Erfassungsfäche 19 an welcher die relevanten Lichtstrahlen 25 einfallen können, kann hierbei gleich groß wie ein Durchmesser des rotationssymmetrischen Reflexionskörpers 20 sein.

[0073] Wie bereits erwähnt, kann vorgesehen sein, dass, wie aus der Fig. 3 ersichtlich, ein Zentrum 26 der Lichte Erfassungsfäche 19 auf der Mittelachse 21 liegt und die Lichte Erfassungsfäche 19 normalstehend auf die Mittelachse 21 angeordnet ist. Dadurch kann erreicht werden, dass die auf die Lichte Erfassungsfäche 19 einfallenden Lichtstrahlen verzerrungsfrei dargestellt werden. Wie in Fig. 3 veranschaulicht, ist jener Strahlengang, welcher senkrecht von der Kontaktfläche 9 des Biegeschenkels 8 reflektiert wird, auch jener Strahlengang, welcher an der Lichte Erfassungsfäche 19 die aktuelle Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 repräsentiert bzw. anzeigt, da er an der Lichte Erfassungsfäche 19 ein Intensitätsmaximum der Lichtstärke erzeugt. Somit ist der in Fig. 3 dargestellte, relevante Strahlengang genau jener Strahlengang, welcher im rechten Winkel auf den Biegeschenkel 8 reflektiert wird, und ein Intensitätsmaximum der Lichtstärke auf der Lichte Erfassungsfäche 19 hervorruft. Aus der Position des Intensitätsmaximums der Lichtstärke auf der Lichte Erfassungsfäche 19 kann somit die aktuelle Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 abgeleitet bzw. ermittelt werden.

[0074] Die in der Fig. 3 dargestellte optische Reflexionsmessvorrichtung 16 ist lediglich ein Ausführungsbeispiel für eine derartige Messvorrichtung. Insbesondere können auch von dem gezeigten Ausführungsbeispiel abweichende geometrische Anordnungen der einzelnen Kom-

ponenten der Reflexionsmessvorrichtung geeignet sein. Außerdem sind grundsätzlich weitere optische Komponenten, wie etwa Spiegel, Strahlteiler, oder Lichtwellenleiter und Dergleichen, insbesondere zur Beeinflussung des Strahlengangs anwendbar. Daher sind auch andere Ausgestaltungsvarianten als jene beispielhaft in der Fig. 3 dargestellte durchaus denkbar.

[0075] In der Fig. 3 ist weiters eine mögliche Einbauvariante einer optischen Reflexionsmessvorrichtung 16 in ein Biegewerkzeug 7 schematisch dargestellt. Dabei kann zum Beispiel vorgesehen sein, dass im Biegewerkzeug 7 eine parallel zur Arbeitskante 22 verlaufende Bohrung 27 eingebracht ist, in welcher die Beleuchtungsvorrichtung 17 sowie der rotationssymmetrische Reflexionskörper 20 und das Erfassungsmittel 18 eingebracht sind. Hierbei dient das Biegewerkzeug 7 gleichzeitig als Einhausung 28, sodass die optische Reflexionsmessvorrichtung 16 vor unerwünschtem Lichteinfall bzw. vor anderen Umgebungseinflüssen geschützt ist. Um den Eintritt bzw. den Austritt des relevanten Lichtstrahls zur Bestimmung einer Änderung der Winkelorientierung zwischen dem Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 zu ermöglichen, kann eine Ausnehmung 29 vorgesehen sein, in welcher der rotationssymmetrische Reflexionskörper 20 aufgenommen ist.

[0076] Alternativ zu dieser Ausführungsvariante nach Fig. 3 ist es auch denkbar, dass die Einhausung durch einen einfachen rohrförmigen Körper an einem separat am Werkzeugträger 6 angeordnetem Sensorwerkzeug 12 gebildet wird, sodass die optische Reflexionsmessvorrichtung 16 unabhängig von dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 an der Schwenkbiegeanordnung 1 positioniert werden kann, wie dies stark vereinfacht und stilisiert in Fig. 1 dargestellt ist.

[0077] In der Fig. 4 ist eine weitere und gegebenenfalls für sich eigenständige Ausführungsform des Verfahrens zum gesteuerten Schwenkbiegen gezeigt, wobei wiederum für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den vorangegangenen Fig. 1-3 verwendet werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung in den vorangegangenen Fig. 1-3 hingewiesen bzw. Bezug genommen.

[0078] Wie in der Fig. 4 stark vereinfacht dargestellt ist, kann es durch die Verstellbewegung für das zumindest eine Biegewerkzeug 7 kraftbedingt durch das Umformen bzw. Biegen des Biegeschenkels 8 zu Deformationen kommen. Eine derartige Deformation kann zum Beispiel eine Verkippung bzw. eine Änderung des Lagewinkels 43 des oder der Biegewerkzeugs(e) 7 im Bezug zum Lot hervorrufen, wie dies auch in Fig. 4 exemplarisch dargestellt ist. Ist nun die zumindest eine Sensorvorrichtung 11 in einem Biegewerkzeug 7 angeordnet, können daher Messfehler bei der Erfassung von Änderungen der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 auftreten, wie in der Fig. 4 veranschaulicht ist.

[0079] Aus diesem Grunde kann es zweckmäßig sein, dass mit dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 eine weitere Sensorvorrichtung 30 form- und oder kraftschlüssig verbunden ist. Mittels dieser weiteren Sensorvorrichtung 30 kann in einem vorgeordneten Bewegungsabschnitt ergänzend zur Erfassung einer Änderung der Winkelorientierung zwischen dem Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 (strichpunktierter Pfeil 13) eine deformationsbedingte Änderung des Lagewinkels 43 des zumindest einen Biegewerkzeugs 7 oder eines Sensorwerkzeugs im Bezug zum Lot ermittelt werden. Die ermittelten Lagewinkeldaten können an die Steuerungsvorrichtung 10 übermittelt werden, wie dies durch den strichpunktierten Pfeil 31 in Fig. 4 angedeutet ist. In weiterer Folge können die Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt unter zusätzlicher Verwendung dieser ermittelten Lagewinkeldaten generiert, und an wenigstens einen Verstellantrieb für das zumindest eine Biegewerkzeug 7 übertragen werden (strichpunktierter Pfeil 15).

[0080] Auf diese Weise kann insbesondere die Genauigkeit des Verfahrens gesteigert werden, weil deformationsbedingte Ungenauigkeiten bei der Ermittlung einer Änderung der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 ausgeglichen werden können. Für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt können die Bahnkoordinaten bzw. Bahnbewegungsdaten im Besonderen wiederum derart generiert werden, dass die Verstellbewegung bzw. Verstellbewegungen des zumindest einen Biegewerkzeugs 7 jeweils zumindest im Wesentlichen rechtwinkelig zur Kontaktfläche 9 des Biegeschenkels 8 verläuft bzw.

verlaufen. Eine durch Pfeil 14 in der Fig. 4 angedeutete, rechtwinkelig auf die Kontaktfläche 9 verlaufende Verstellbewegung, kann wiederum einen allgemeinen Verlauf aufweisen können. Dabei sind grundsätzlich sowohl einfache Kreisbahnen oder lineare Vorschubbewegungen ebenso möglich, wie auch ein komplexer Verlauf der Bahn- bzw. Vorschubbewegungen des oder der Biegewerkzeugs(e) 7. Generell gilt dabei, dass die Verstellbewegungen in einem nachgeordneten Bewegungsabschnitt unabhängig von der Form der ausgeführten Bahnkurve möglichst senkrecht bzw. in Normalenrichtung auf die Kontaktfläche 9 des Biegeschenkels 8 ausgeführt werden.

[0081] Die in Fig. 4 dargestellte, weitere Sensorvorrichtung 30 kann zum Beispiel durch einen Neigungssensor 32 gebildet sein. Alternativ kann die weitere Sensorvorrichtung 30 auch zum Beispiel durch ein Gyroskop oder einen anderen Inertialsensor gebildet sein. Mit beiden Sensortypen kann eine deformationsbedingte Änderung des Lagewinkels 43 des zumindest einen Biegewerkzeugs 7 oder des Sensorwerkzeugs im Bezug zum Lot ermittelt werden. Unter Verwendung der mittels derartiger Sensorvorrichtungen 30 ermittelbarer bzw. erfassbarer Änderungen des Lagewinkels 43, können insbesondere die für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt generierten Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für die Verstellbewegung des zumindest einen Biegewerkzeugs 7 korrigiert bzw. angepasst werden. Mit anderen Worten ausgedrückt, können die Bahnkoordinaten bzw. Bahnbewegungsdaten für einen jeweiligen nachgeordneten Bewegungsabschnitt unter Verwendung der in einem vorgeordneten Bewegungsabschnitt ermittelten Änderung der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel 8 und Biegewerkzeug 7, als auch der in einem vorgeordneten Bewegungsabschnitt ermittelten Änderung des Lagewinkels 43 des Biegewerkzeugs 7 zum Lot, generiert werden.

[0082] Durch Kombinieren der mittels der zumindest einen Sensorvorrichtung 11 ermittelten Daten zur Änderung der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7, mit den mittels der weiteren Sensorvorrichtung 30 ermittelten Daten zur Änderung des Lagewinkels 43 des zumindest einen Biegewerkzeugs 7 zum Lot, kann auch der aktuelle Biegewinkel mit hoher Genauigkeit ermittelt werden.

[0083] In der Fig. 5 ist eine alternative Ausführungsform für Sensorvorrichtungen 11 zur Ermittlung einer Änderung der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 dargestellt. Für gleiche Teile werden wiederum gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den vorangegangenen Fig. 1-4 verwendet. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung in den vorangegangenen Fig. 1-4 hingewiesen bzw. Bezug genommen.

[0084] Im Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 5 ist in einem der Kontaktfläche 9 des Biegeschenkels 8 zugewandten, vorderen Ende von zumindest einem Biegewerkzeug 7 ein Tastelement 33, etwa eine Tastscheibe 35 mit einer Flachseite 34 angeordnet. Dabei ist das Tastelement 33 gegenüber dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 um die Arbeitskante 22 schwenkbar oder um eine zur Arbeitskante 22 parallele Achse drehbar gehalten, wobei die Arbeitskante 22 während des Schwenkbiegevorgangs auf den Biegeschenkel 8 einwirkt. Während einer Verstellbewegung für das zumindest einen Biegewerkzeug 7, bzw. während eines Biegevorgangs, ist bzw. wird die Flachseite 34 des Tastelements 33 an der Kontaktfläche 9 des Biegeschenkels 8 angelegt, wie dies klar aus der Fig. 5 ersichtlich ist. Eine Änderung der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 bewirkt unmittelbar eine Dreh- oder Schwenkbewegung des Tastelements 33, bzw. folgt die an der Kontaktfläche 9 anliegende Flachseite 34 der Verschwenkung des Biegeschenkels 8 in Relation zu dem zumindest einen Biegewerkzeug 7.

[0085] Im Besonderen kann die wenigstens eine Sensorvorrichtung 11 dem Tastelement 33 zugeordnet sein bzw. in dem Tastelement 33 angeordnet sein. Bevorzugt besteht in solchen Fällen eine kraft- und/oder formschlüssige Verbindung zwischen dem Tastelement 33 und zumindest Teilen oder Abschnitten der wenigstens einen Sensorvorrichtung 11.

[0086] Dabei kann die wenigstens eine Sensorvorrichtung 11 durch einen in dem Tastelement 33 angeordneten Drehgeber 36 gebildet sein. Änderungen der Winkelorientierung zwischen

Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 werden in diesem Falle während der Verstellbewegung durch das Tastelement 33 an den Drehgeber 36 übertragen werden. Ein Drehgeber 36 kann hierbei beispielsweise als Inkrementalgeber oder als Absolutwertgeber ausgestaltet sein. Bei Einsatz eines Drehgebers 36 in Kombination mit dem Tastelement 33 zur Ermittlung einer Änderung der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel 8 und dem Biegewerkzeug 7, kann auch wiederum der Einsatz einer weiteren Sensorvorrichtung zur Ermittlung einer deformationsbedingten Lagewinkeländerung des Biegewerkzeugs 7 zum Lot zweckmäßig sein. Die Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt können wiederum derart generiert werden, dass die Verstellbewegungen des zumindest einen Biegewerkzeugs 7 jeweils zumindest im Wesentlichen rechtwinkelig zur Kontaktfläche 9 verlaufen.

[0087] Alternativ kann aber auch vorgesehen sein, dass die wenigstens eine Sensorvorrichtung 11 durch einen mit dem Tastelement 33 verbundenen Neigungssensor 37 gebildet ist, wie dies in Fig. 6 dargestellt ist. In der Fig. 6 werden wiederum für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den vorangegangenen Fig. 1-5 verwendet. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung in den vorangegangenen Fig. 1-5 hingewiesen bzw. Bezug genommen. Im Zuge eines Schwenkbiegevorgangs bzw. während einer Verstellbewegung werden in diesem Falle Änderungen der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 durch das Tastelement 33 an den Neigungssensor 37 übertragen. Die Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt können wiederum derart generiert werden, dass die Verstellbewegungen des zumindest einen Biegewerkzeugs 7 jeweils zumindest im Wesentlichen rechtwinkelig zur Kontaktfläche 9 verlaufen.

[0088] Die wenigstens eine Sensorvorrichtung 11 kann aber auch zur Ermittlung der Gleitbewegung des zumindest einen Biegewerkzeugs 7 entlang der Kontaktfläche 9 des Biegeschenkels 8 ausgebildet sein. Auch auf diese Weise sind Relativbewegungen zwischen Biegeschenkel 8 und dem zumindest einen Biegewerkzeug 7 detektierbar bzw. ermittelbar. Eine solche Ausführungsvariante ist in der Fig. 7 dargestellt, wobei wiederum für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den vorangegangenen Fig. 1-6 verwendet werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung in den vorangegangenen Fig. 1-6 hingewiesen bzw. Bezug genommen.

[0089] Auf Basis bzw. unter Verwendung solcher in einem vorgeordneten Bewegungsabschnitt ermittelten Gleitbewegungen können Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt derart generiert werden, dass der nachgeordnete Bewegungsabschnitt mit einer zu einer in einem vorgeordneten Bewegungsabschnitt ermittelten Gleitbewegung entgegengerichteten Ausgleichsbewegung überlagert wird. Eine in einem vorgeordneten Bewegungsabschnitt ermittelte Gleitbewegung ist in der Fig. 7 durch Pfeil 38 stilisiert dargestellt. Eine überlagerte Ausgleichsbewegung in Gegenrichtung zu einer ermittelten Gleitbewegung in einem nachgeordneten Bewegungsabschnitt ist stilisiert in Fig. 7 durch Pfeil 39 dargestellt. Alternativ zu dem in Fig. 7 dargestellten Ausführungsbeispiel, können die Bahnkoordinaten bzw. Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt auch wiederum derart generiert werden, dass die Verstellbewegungen des zumindest einen Biegewerkzeugs 7 jeweils zumindest im Wesentlichen rechtwinkelig zur Kontaktfläche 9 des Biegeschenkels 8 verlaufen (Pfeil 14).

[0090] Wie in der Fig. 7 weiters dargestellt ist, kann wiederum vorgesehen sein, dass in einem der Kontaktfläche 9 zugewandten, vorderen Ende eines Biegewerkzeugs 7 ein Tastelement 33 mit einer Flachseite 34, etwa eine Tastscheibe 35 drehbar oder schwenkbar angeordnet ist, wobei die Flachseite 34 während der Verstellbewegung an der Kontaktfläche 9 des Biegeschenkels 8 anliegt, und die wenigstens eine Sensorvorrichtung 11 in dem Tastelement 33 angeordnet ist. Die Flachseite 34 des Tastelements 33 liegt während eine Verstellbewegung bzw. während eines Biegevorgangs am Biegeschenkel 8 bzw. dessen Kontaktfläche 9 an, und folgt somit wiederum der Verschwenkung des Biegeschenkels 8 in Relation zu dem zumindest einen Biegewerkzeug 7.

[0091] Die wenigstens eine Sensorvorrichtung 11 zur Ermittlung von Gleitbewegungen des zumindest einen Biegewerkzeugs 7 entlang der Kontaktfläche 9, kann zum Beispiel durch einen optischen Bewegungssensor 40 gebildet sein. Wie in dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 dargestellt ist, umfasst der optische Bewegungssensor 40 eine Beleuchtungsvorrichtung 41 und eine Bilderfassungsvorrichtung 42. Von der Beleuchtungsvorrichtung 41 wird dabei ein Abschnitt auf der Kontaktfläche 9 beleuchtet, welcher Abschnitt von der Bilderfassungsvorrichtung 42 zyklisch erfasst wird. Aufgrund der stets vorhandenen Oberflächenstruktur der Kontaktfläche 9 wird von der Bilderfassungsvorrichtung 42 während einer Relativbewegung bzw. Gleitbewegung des Biegewerkzeugs 7 entlang der Kontaktfläche 9 im Bezug zum optischen Bewegungssensor 40, ein sich stetiges änderndes Oberflächenmuster erfasst. Die erfassten Abbilder werden von einer nicht dargestellten Auswertelogik aufbereitet und analysiert, um aus aufeinanderfolgenden Abbildern des beleuchteten Abschnitts der Kontaktfläche 9 einen Bewegungsvektor zu ermitteln, welcher Informationen hinsichtlich Richtung und Ausmaß einer erfolgten Gleitbewegung beinhaltet. Eine derartige Ausführung der wenigstens einen Sensorvorrichtung 11 als optischer Bewegungssensor 40 ist beispielsweise von optischen Computermäusen bekannt.

[0092] Bevorzugt ist außerdem, dass die wenigstens eine, zur Ermittlung von Gleitbewegungen ausgebildete Sensorvorrichtung 11 bzw. der Bewegungssensor 40 in seiner Ausrichtung der Verschwenkbewegung des Tastelements 33 folgt. Dies kann beispielweise dadurch bewirkt werden, dass eine kraft- und/oder formschlüssige Verbindung zwischen der wenigstens einen Sensorvorrichtung 11 und dem Tastelement 33 besteht. Dadurch ist eine stets gleiche Ausrichtung des Bewegungssensors 40 zum Biegeschenkel 8 gewährleistet, und die ermittelten Daten für Gleitbewegungen können nicht durch eine variierende Ausrichtung zwischen Bewegungssensor 40 und Biegeschenkel 8 beeinträchtigt werden.

[0093] Alternativ zu dem bevorzugt zur Ermittlung von Gleitbewegungen verwendeten optischen Bewegungssensor 40 sind auch andere hierzu Sensorvorrichtungen möglich bzw. einsetzbar. Beispielsweise ist denkbar, dass die wenigstens eine Sensorvorrichtung 11 zur Ermittlung von Gleitbewegungen durch eine Kontaktelement, etwa eine Rolle oder Dergleichen gebildet ist, welche zum Beispiel mittels Federkraft an den Biegeschenkel 8 gedrückt wird.

[0094] Üblicherweise wird die Erfassung von Relativbewegungen zwischen dem Biegeschenkel und dem zumindest einen Biegewerkzeug mittels einer Sensorvorrichtung ausreichend sein. Je nach Anforderung an die Regel- bzw. Steuergenauigkeit der Bewegungen des Biegewerkzeugs, kann jedoch auch der Einsatz einer Kombination mehrerer, unterschiedlicher Sensoren sinnvoll sein.

[0095] Es kann weiters vorgesehen sein, dass die im Zuge eines Schwenkbiegeprozesses sensorisch ermittelten Relativbewegungsdaten und/oder die generierten Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten zur Verwendung für nachfolgende, gleich auszuführende Biegeprozesse in einer oder mehreren mit der Steuerungsvorrichtung datentechnisch verbundenen Datenspeichervorrichtung gespeichert werden. Durch Analyse dieser im Zuge eines Schwenkbiegevorgangs ermittelten Relativbewegungsdaten und/oder der generierten Bahnbewegungsdaten können Erkenntnisse über die durchgeführten Biegeprozesse gewonnen werden, und die gewonnenen Erkenntnisse zur Verbesserung künftiger Schwenkbiegeprozesse verwendet werden.

[0096] Schließlich kann auch vorgesehen sein, dass der jeweils erste Biegeprozess einer Serie von ident auszuführenden Biegeprozessen mit einer geringeren Verstellgeschwindigkeit für das zumindest einen Biegewerkzeugs durchgeführt wird. Auf diese Weise kann die Abtastrate bzw. die Anzahl an Messungen zur Ermittlung von Relativbewegungen zwischen Biegeschenkel und dem zumindest einen Biegewerkzeug für einen jeweils ersten Biegevorgang pro Zeiteinheit bzw. pro Grad Biegewinkel erhöht werden. In weiterer Folge ist damit eine Verbesserung der Genauigkeit für das Generieren von Bahnkoordinaten bzw. Bahnbewegungsdaten für die jeweils nachgeordneten Bewegungsabschnitte erzielbar, welche Verbesserung für folgende, idente Biegeformungen vorteilhaft verwendet werden kann. Folgende, gleich auszuführende Biegeprozesse können mit einer höheren Verstellgeschwindigkeit ausgeführt werden, wobei die

sensorischen Messungen zur Ermittlung von Relativbewegungen in den nachfolgenden Schwenkbiegeprozessen zur Korrektur abweichender Einflussfaktoren, wie etwa unterschiedlichen Materialstärken der Werkstücke und Dergleichen herangezogen werden können.

[0097] Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten des Verfahrens zum gesteuerten Schwenkbiegen.

[0098] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Verfahrens zum gesteuerten Schwenkbiegen, dieses bzw. Komponenten zur Ausführung des Verfahrens und deren Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Schwenkbiegeanordnung	31	Pfeil
2	Niederhaltervorrichtung	32	Neigungssensor
3	Werkstück	33	Tastelement
4	Niederhalterwerkzeug	34	Flachseite
5	Niederhalterwerkzeug	35	Tastscheibe
6	Werkzeugträger	36	Drehgeber
7	Biegewerkzeug	37	Neigungssensor
8	Biegeschenkel	38	Pfeil
9	Kontaktfläche	39	Pfeil
10	Steuerungsvorrichtung	40	Bewegungssensor
11	Sensorvorrichtung	41	Beleuchtungsvorrichtung
12	Sensorwerkzeug	42	Bilderfassungsvorrichtung
13	Pfeil	43	Lagewinkel
14	Pfeil		
15	Pfeil		
16	Reflexionsmessvorrichtung		
17	Beleuchtungsvorrichtung		
18	Erfassungsmittel		
19	Lichterfassungsfläche		
20	Reflexionskörper		
21	Mittelachse		
22	Arbeitskante		
23	Lichtstrahl		
24	Lichtstrahl		
25	Lichtstrahl		
26	Zentrum		
27	Bohrung		
28	Einhausung		
29	Ausnehmung		
30	Sensorvorrichtung		

Patentansprüche

1. Verfahren zum gesteuerten Schwenkbiegen von Werkstücken zur Herstellung von Formteilen durch eine Schwenkbiegeanordnung (1) mit zumindest einem auf eine Kontaktfläche (9) eines Biegeschenkels (8) des Werkstücks (3) einwirkenden Biegewerkzeug (7), welches in einem verstellbaren Werkzeugträger (6) mit wenigstens zwei Freiheitsgraden angeordnet ist, umfassend:

Generieren von Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für eine Verstellbewegung des zumindest einen Biegewerkzeugs (7) mittels einer Steuerungsvorrichtung (10), wobei die Verstellbewegung aus einer Abfolge von Bewegungsabschnitten zusammengesetzt wird,

und Übertragen der generierten Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten an wenigstens einen Verstellantrieb für das zumindest eine Biegewerkzeug (7) bzw. den verstellbaren Werkzeugträger (6),

dadurch gekennzeichnet, dass

die Schwenkbiegeanordnung (1) wenigstens eine mit einer Auswertelogik verbundene Sensorvorrichtung (11) umfasst, welche zur Ermittlung einer Relativbewegung zwischen dem Biegeschenkel (8) und dem zumindest einen Biegewerkzeug (7) ausgebildet ist, wobei die Relativbewegung eine Änderung der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel (8) und dem zumindest einen Biegewerkzeug oder (7) eine Gleitbewegung des zumindest einen Biegewerkzeugs (7) entlang der Kontaktfläche (9) des Biegeschenkels (8) umfasst,

von der wenigstens einen Sensorvorrichtung (11) in einem vorgeordneten Bewegungsabschnitt ermittelte Relativbewegungsdaten an die Steuerungsvorrichtung (10) übertragen werden,

und die Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt unter Verwendung der ermittelten Relativbewegungsdaten generiert werden, sodass Gleitbewegungen entlang der Kontaktfläche (9) möglichst minimiert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Sensorvorrichtung (11) zur Ermittlung der Änderung der Winkelorientierung zwischen dem Biegeschenkel (8) und dem zumindest einen Biegewerkzeug (7) ausgebildet ist, und die Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt derart generiert werden, dass die Verstellbewegung des zumindest einen Biegewerkzeugs (7) in einem nachgeordneten Bewegungsabschnitt im Wesentlichen rechtwinklig zur Kontaktfläche (9) verläuft.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Sensorvorrichtung (11) durch eine optische Reflexionsmessvorrichtung (16) gebildet ist, welche wenigstens eine Beleuchtungsvorrichtung (17), ein optisches Erfassungsmittel (18) mit einer Lichterfassungsfläche (19) sowie einen rotationssymmetrischen Reflexionskörper (20) mit einer spiegelnden Oberfläche umfasst, wobei eine Mittelachse (21) des rotationssymmetrischen Reflexionskörpers (20) parallel zu einer Arbeitskante (22) des zumindest einen Biegewerkzeugs (7) ausgerichtet ist, und ein von der Beleuchtungsvorrichtung (17) ausgesandter erster Lichtstrahl (23) vom Biegeschenkel (8) reflektiert und als zweiter Lichtstrahl (24) zum rotationssymmetrischen Reflexionskörper (20) geleitet wird und der zweite Lichtstrahl (24) am rotationssymmetrischen Reflexionskörper (20) reflektiert und als dritter Lichtstrahl (25) zum optischen Erfassungsmittel (18), insbesondere auf dessen Lichterfassungsfläche (19) geleitet wird, wobei eine Änderung der Winkelorientierung durch Bestimmung der Position von Licht-Intensitätsmaxima auf der Lichterfassungsfläche (19) durch eine Auswertelogik ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optische Reflexionsmessvorrichtung (16) an dem Werkzeugträger (6) befestigt ist, und während der Verstellbewegung mit dem Werkzeugträger (6) mitgeführt wird.

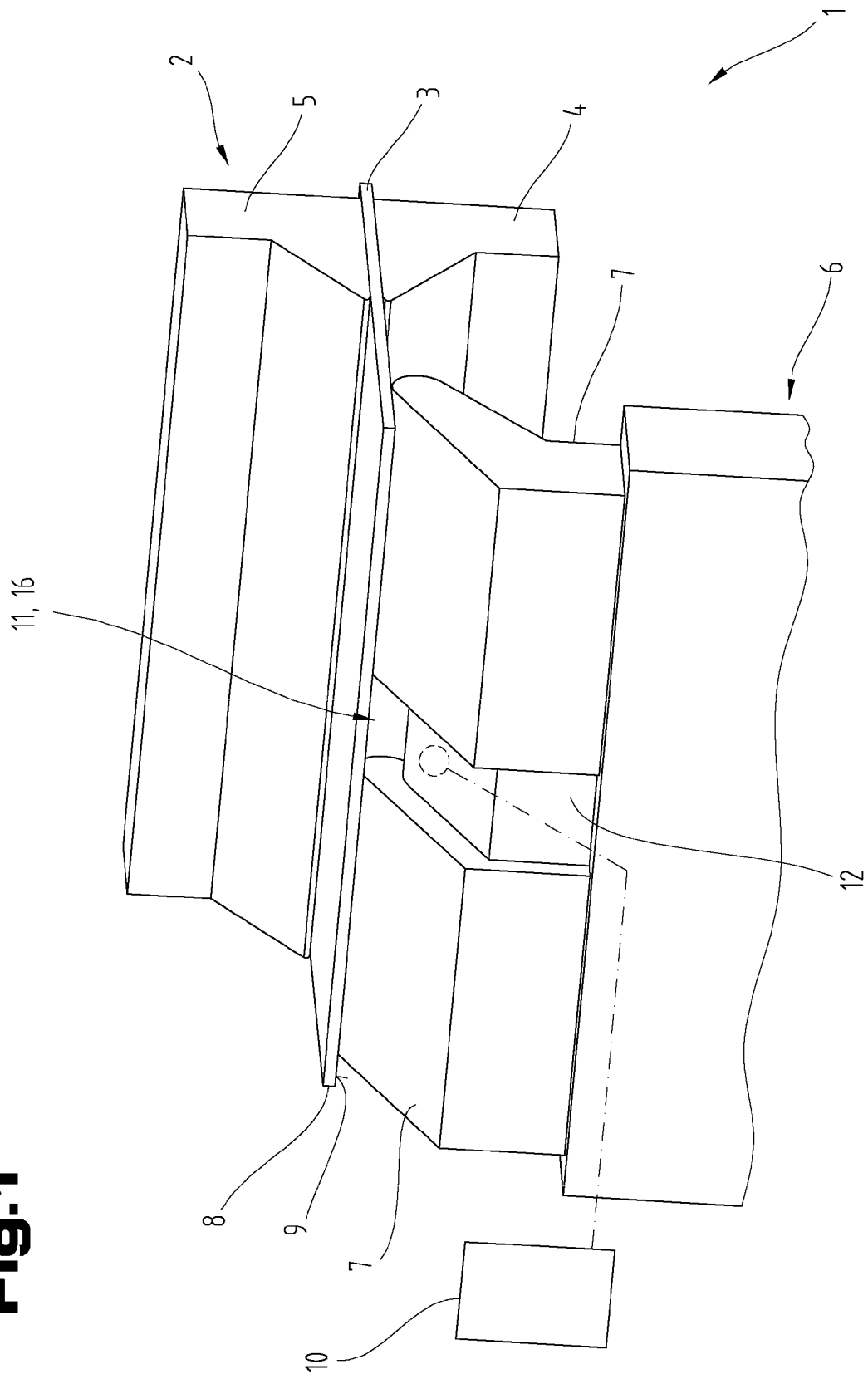
5. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optische Reflexionsmessvorrichtung (16) in einem der Kontaktfläche (9) zugewandten, vorderen Ende von zumindest einem Biegewerkzeug (7) befestigt ist, und während der Verstellbewegung mit dem zumindest einen Biegewerkzeug (7) mitgeführt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optische Reflexionsmessvorrichtung (16) in einem der Kontaktfläche (9) zugewandten, vorderen Ende eines separat in dem Werkzeugträger (6) angeordneten Sensorwerkzeugs (12) befestigt ist, und während der Verstellbewegung mit dem Sensorwerkzeug (12) mitgeführt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit dem zumindest einen Biegewerkzeug (7) oder dem Sensorwerkzeug (12) eine weitere Sensorvorrichtung (30) form- und oder kraftschlüssig verbunden ist, mittels welcher in einem vorgeordneten Bewegungsabschnitt eine deformationsbedingte Änderung eines Lagewinkels (43) des zumindest einen Biegewerkzeugs (7) oder des Sensorwerkzeugs (12) im Bezug zum Lot ermittelt wird, die ermittelten Lagewinkeldaten an die Steuerungsvorrichtung (10) übermittelt werden, und die Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt unter zusätzlicher Verwendung dieser ermittelten Lagewinkeldaten generiert werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die weitere Sensorvorrichtung (30) durch einen Neigungssensor (32) gebildet ist, mittels welchem eine deformationsbedingte Änderung des Lagewinkels (43) des zumindest einen Biegewerkzeugs (7) oder des Sensorwerkzeugs (12) im Bezug zum Lot ermittelt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die weitere Sensorvorrichtung (30) durch ein Gyroskop gebildet ist, mittels welchem eine deformationsbedingte Änderung des Lagewinkels (43) des zumindest einen Biegewerkzeugs (7) oder des Sensorwerkzeugs (12) ermittelt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt generierten Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten unter Verwendung einer mittels der weiteren Sensorvorrichtung (30) ermittelten Änderung des Lagewinkels (43) des zumindest einen Biegewerkzeugs (7) korrigiert werden.
11. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem der Kontaktfläche (9) zugewandten, vorderen Ende von zumindest einem Biegewerkzeug (7) ein Tastelement (33), etwa eine Tastscheibe (35) mit einer Flachseite (34), drehbar oder schwenkbar angeordnet ist, wobei die Flachseite (34) während einer Verstellbewegung an der Kontaktfläche (9) des Biegeschenkels (8) anliegt, und die wenigstens eine Sensorvorrichtung (11) dem Tastelement (33) zugeordnet ist.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Sensorvorrichtung (11) durch einen Drehgeber (36) gebildet ist, wobei Änderungen der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel (8) und dem zumindest einen Biegewerkzeug (7) während einer Verstellbewegung durch das Tastelement (33) an den Drehgeber (36) übertragen werden.
13. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Sensorvorrichtung (11) durch einen mit dem Tastelement verbundenen Neigungssensor (37) gebildet ist, wobei Änderungen der Winkelorientierung zwischen Biegeschenkel (8) und dem zumindest einen Biegewerkzeug (7) während einer Verstellbewegung durch das Tastelement (33) an den Neigungssensor (37) übertragen werden.
14. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Sensorvorrichtung (11) zur Ermittlung der Gleitbewegung des zumindest einen Biegewerkzeugs (7) entlang der Kontaktfläche (9) des Biegeschenkels (8) ausgebildet ist, und die Bahnkoordinaten und/oder Bahnbewegungsdaten für einen nachgeordneten Bewegungsabschnitt

derart generiert werden, dass der nachgeordnete Bewegungsabschnitt mit einer zu einer in einem vorgeordneten Bewegungsabschnitt ermittelten Gleitbewegung entgegengerichteten Ausgleichsbewegung überlagert wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem der Kontaktfläche (9) zugewandten, vorderen Ende eines Biegewerkzeugs (7) ein Tastelement (33), etwa eine Tastscheibe (35) mit einer Flachseite (34) drehbar oder schwenkbar angeordnet ist, wobei die Flachseite (34) während der Verstellbewegung an der Kontaktfläche (9) des Biegeschenkels (8) anliegt, und die wenigstens eine Sensorvorrichtung (11) dem Tastelement (33) zugeordnet ist.
16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine Sensorvorrichtung (11) durch einen optischen Bewegungssensor (40) umfassend eine Beleuchtungsvorrichtung (41) und eine Bilderfassungsvorrichtung (42) gebildet ist, und während einer Verstellbewegung in einem vorgeordneten Bewegungssensor durch den optischen Bewegungssensor (40) Gleitbewegungen des zumindest einen Biegewerkzeugs (7) entlang der Kontaktfläche (9) ermittelt werden.

Hierzu 6 Blatt Zeichnungen

Fig.1



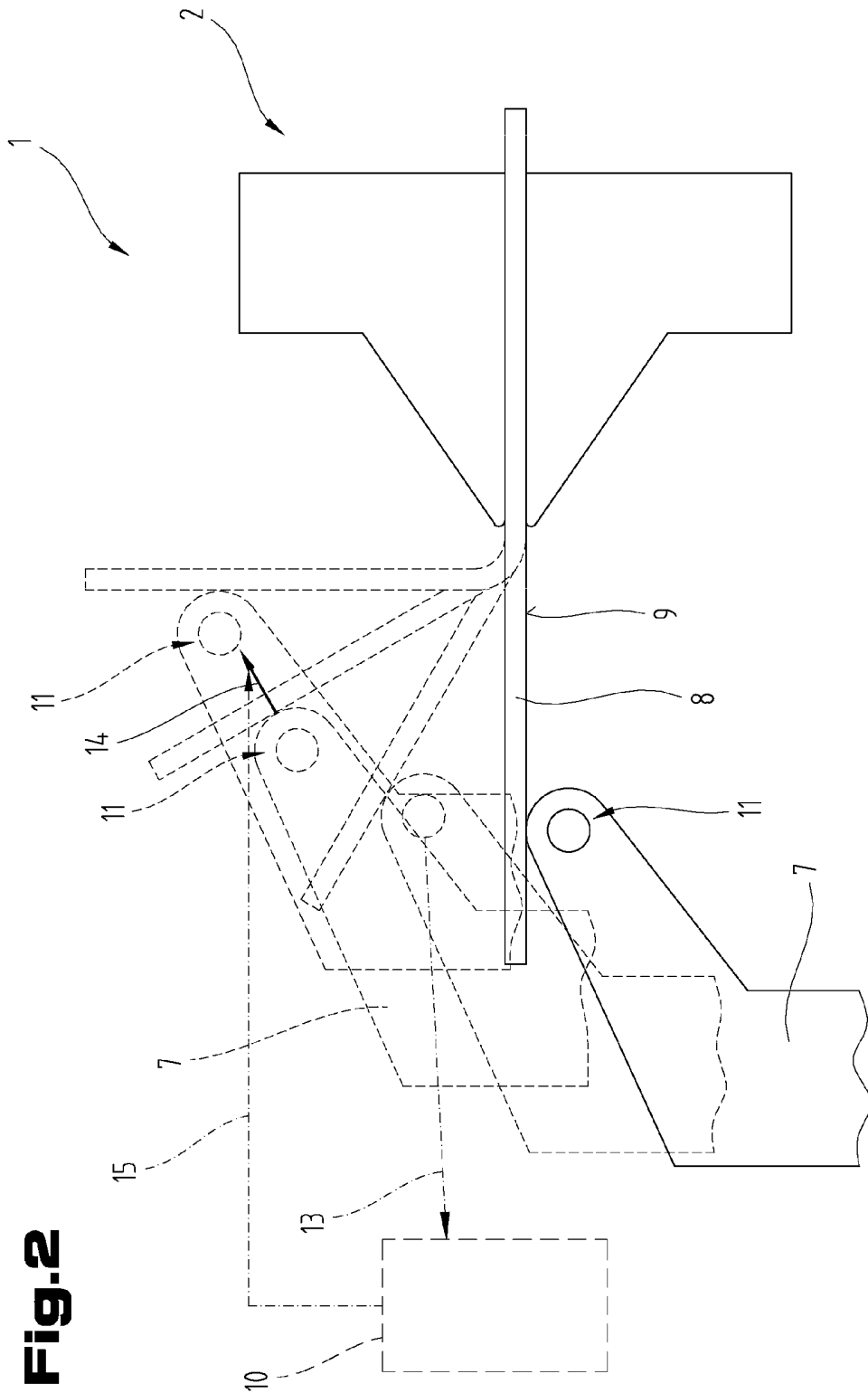


Fig. 2

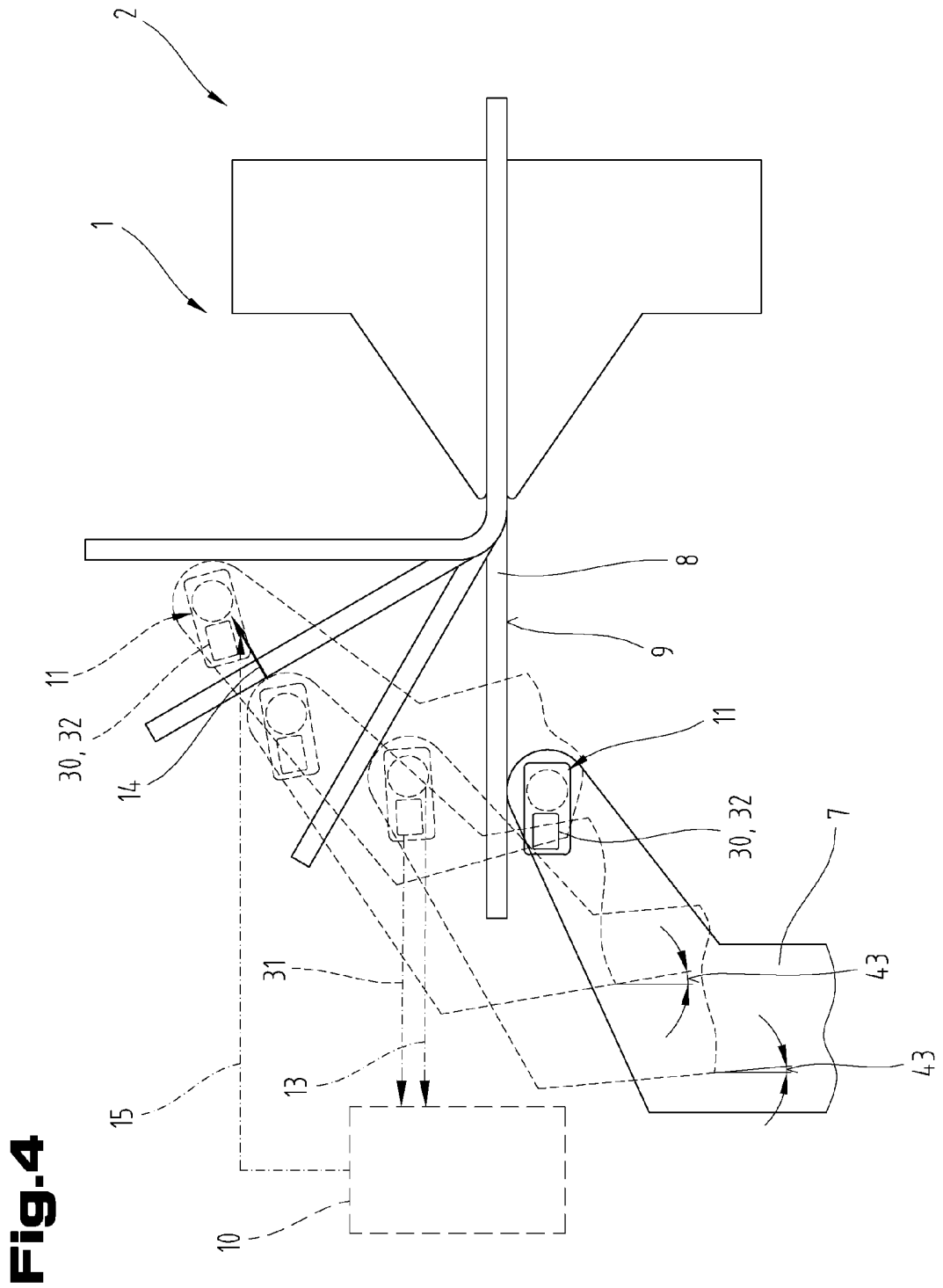


Fig.5

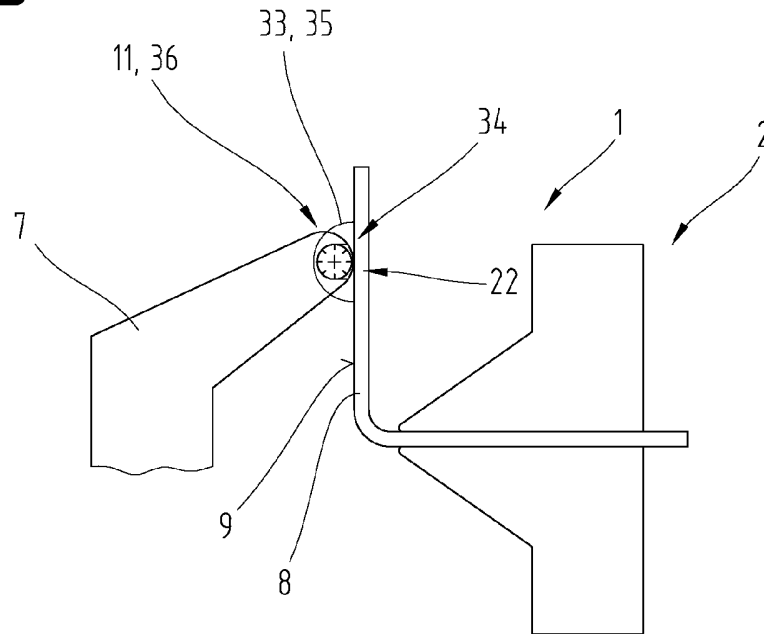
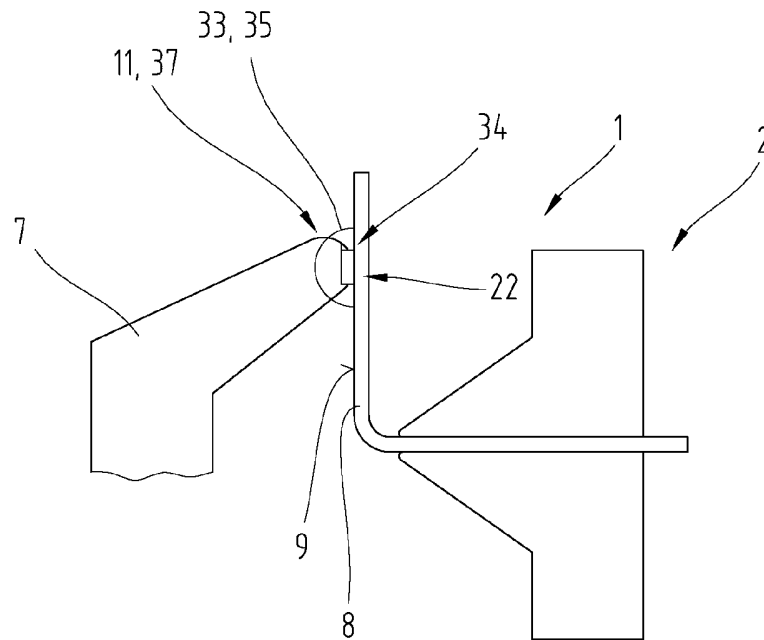


Fig.6



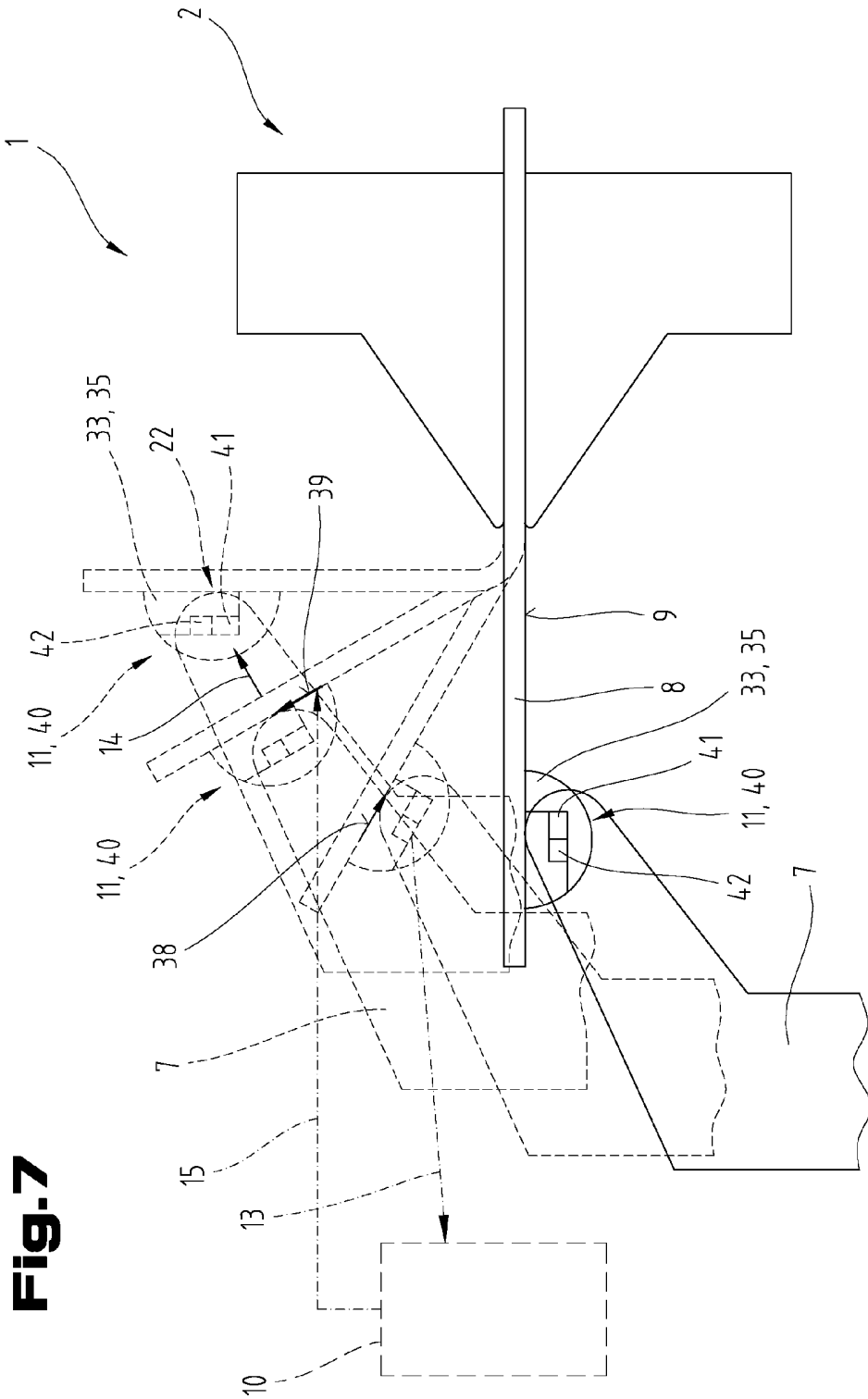


Fig. 7