

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 1051/2012
(22) Anmeldetag: 26.09.2012
(43) Veröffentlicht am: 15.04.2014

(51) Int. Cl.: **B21D 5/00** (2006.01)
B21D 37/16 (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 19620196 A1
DE 1160815 B
EP 0648555 A1
JP 5177366 A
WO 2012118223 A1
AT 508357 A4
WO 2011000011 A1

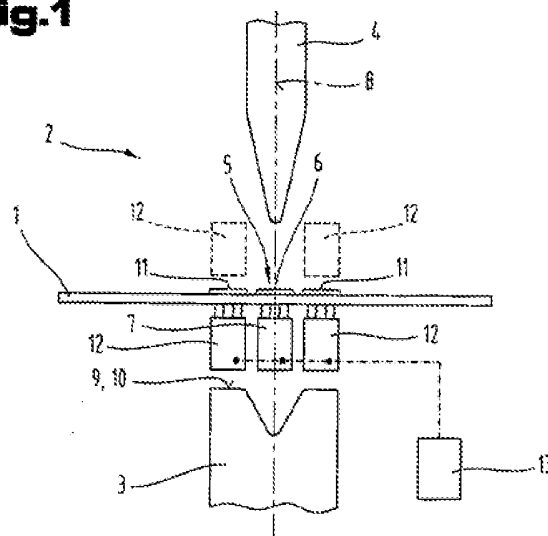
(71) Patentanmelder:
TRUMPF MASCHINEN AUSTRIA GMBH & CO.
KG.
4061 PASCHING (AT)

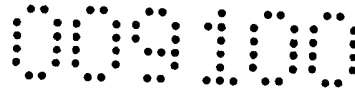
(74) Vertreter:
ANWÄLTE BURGER UND PARTNER
RECHTSANWALT GMBH
4580 WINDISCHGARSTEN (AT)

(54) **Verfahren zum Biegen eines Werkstücks**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abkanten eines Werkstückes (1) aus Metallblech, wobei vor und/oder während des Biegevorganges eine die herzustellende Biegekante (5) enthaltende, insbesondere streifenförmige Umformzone (6) am Werkstück (1) zur lokalen Erhöhung der Umformbarkeit auf eine Umformtemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Metalls erwärmt wird. Zur Reduktion von unerwünschten Verformungen aufgrund von Schrumpfspannungen wird das Werkstück (1) vor und/oder während und/oder nach dem Biegevorgang in zumindest einer von der Umformzone (6) verschiedenen Erwärmungszone (11) mittels Energieeintrag von außerhalb des Werkstücks (1) ausgehend von einer Ausgangstemperatur auf eine Behandlungstemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Metalls erwärmt.

Fig.1

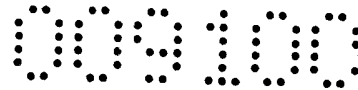




Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abkanten eines Werkstückes (1) aus Metallblech, wobei vor und/oder während des Biegevorganges eine die herzustellende Biegekante (5) enthaltende, insbesondere streifenförmige Umformzone (6) am Werkstück (1) zur lokalen Erhöhung der Umformbarkeit auf eine Umformtemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Metalls erwärmt wird. Zur Reduktion von unerwünschten Verformungen aufgrund von Schrumpfspannungen wird das Werkstück (1) vor und/oder während und/oder nach dem Biegevorgang in zumindest einer von der Umformzone (6) verschiedenen Erwärmungszone (11) mittels Energieeintrag von außerhalb des Werkstücks (1) ausgehend von einer Ausgangstemperatur auf eine Behandlungstemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Metalls erwärmt.

Fig. 1

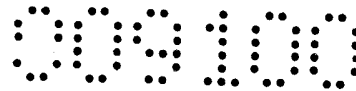


1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abkanten von Werkstücken aus Metallblech, wobei vor und/oder während des Biegevorganges eine die herzustellende Biegekante enthaltende, insbesondere streifenförmige Umformzone am Werkstück zur lokalen Erhöhung der Umformbarkeit auf eine Umformtemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Metalls erwärmt wird.

Das Biegen von Werkstücken mittels Biegepressen ist ein häufig und schon seit langem angewendetes zuverlässiges Verfahren zur Bearbeitung von Werkstücken durch Umformen. Der Anwendungsbereich von Biegeverfahren ist jedoch teilweise 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 vom Werkstück maximal ertragbaren Spannung bei Bruchbelastung setzt.

Auch bei Werkstücken aus gut umformbaren Werkstoffen kann die Umformbarkeit zu gering sein, wenn Biegeradien herzustellen sind, die im Verhältnis zur Blechdi-



2

cke sehr klein sind, z.B. wenn der Biegeradius etwa im Bereich der Blechdicke liegt oder noch kleiner ist, wodurch an der Zugseite der Umformzone die ertragbare Materialbeanspruchung überschritten werden kann.

Ein häufig angewendetes Verfahren, um auch derartige Materialien mit niedriger Bruchdehnung bzw. Werkstücke mit relativ großen Blechdicken der Anwendung eines Umformverfahrens, insbesondere für Biegen zugänglich zu machen, besteht darin, zu biegende Werkstücke im Bereich der Umformzone zu erwärmen, wodurch in diesem erwärmten Bereich die zum Erzielen der erforderlichen plastischen Verformung erforderliche Spannung lokal gesenkt werden kann.

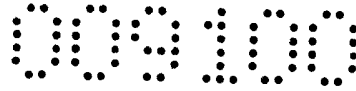
Als Beispiel für ein derartiges Verfahren offenbart EP 0 993 345 A1 ein Verfahren zum Biegen eines Werkstücks durch mechanische Krafteinwirkung unter selektiver Erwärmung des Werkstücks entlang einer Biegelinie durch Laserstrahlung, bei dem aus einem Laserstrahl oder mehreren Laserstrahlen ein längliches Strahlenfeld geformt wird und bei dem durch das Strahlenfeld das Werkstück an allen Punkten entlang der Biegelinie erwärmt wird.

Durch die lokal begrenzte Erwärmung der Umformzone am Werkstück, die die herzustellende Biegekante enthält, kann zwar das Umformen erleichtert oder überhaupt erst ermöglicht werden, bei der nachfolgenden Abkühlung der Umformzone ergeben sich jedoch häufig Schrumpfspannungen, die am Werkstück unerwünschte Formänderungen, insbesondere thermischen Verzug, Verwerfungen, Wellen oder Beulen bewirken und solche Werkstücke entweder unbrauchbar sind oder aufwändige Nacharbeit erfordern.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein gattungsgemäßes Biegeverfahren bereitzustellen, das die angeführten nachteiligen Auswirkungen der Erwärmung der Umformzone vermeidet oder zumindest reduziert.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

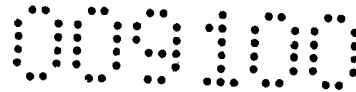
Dadurch, dass das Werkstück vor und/oder während und/oder nach dem Biegevorgang in zumindest einer von der Umformzone verschiedenen Erwärmungszone



mittels Energieeintrag von außerhalb des Werkstücks ausgehend von einer Ausgangstemperatur auf eine Behandlungstemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Metalls erwärmt wird, kann die sich bei einer alleinigen Erwärmung der Umformzone auftretende Verteilung der Schrumpfspannungen in der Weise beeinflusst werden, dass sich sanftere Spannungsverläufe ergeben und die auftretenden Schrumpfspannungen zumindest teilweise kompensiert werden. Die Abkühlung der Umformzone kann dadurch auf einfache Weise verlangsamt werden, da der Wärmeabfluss aus der Umformzone durch die erhöhte Temperatur der benachbarten Erwärmungszone reduziert wird und die Ausbreitung von inneren Spannungen in die an die hergestellte Biegekante anschließenden Biegeschenkel des Werkstücks reduziert werden.

Aufgrund der innerhalb eines Werkstückes stattfindenden Wärmeleitung finden während der Anwendung des Verfahrens hauptsächlich instationäre Wärmetransportprozesse statt, wobei jedoch bei spezieller Steuerung der Verfahrensparameter des Energieeintrages in die Erwärmungszone oder auch in die Umformzone zumindest vorübergehend annähernd quasistationäre Zustände hergestellt werden können. Durch Wärmeleitungsvorgänge innerhalb des Werkstücks gleichen sich Temperaturunterschiede nach Beendigung eines Energieeintrages natürlich aus, weshalb die Begriffe Umformzone und Erwärmungszone auf einen Zeitpunkt bezogen sind, in dem in diesen Zonen die Umformtemperatur bzw. die Behandlungstemperatur deutlich höher als in nicht erwärmten Abschnitten des Werkstückes ist.

Eine rechnerische Abschätzung der durch die Temperaturänderungen am Werkstück entstehenden Wärmespannungen und dadurch bewirkten Verformungen ist mit Hilfe von ständig verbesserten Simulationsrechnungen, z.B. FE-Methoden, durchführbar und ist es weiters möglich basierend auf Rechenmodellen und evtl. auch Einbeziehung von Messungen während der Verfahrensanwendung also vor und/oder während und/oder nach dem eigentlichen Umformvorgang durch bedarfsgerechten Energieeintrag eine Temperaturverteilung im Werkstück herzustellen, mit der unerwünschte, nach dem Abkühlvorgang verbleibende Verformungen reduziert oder eliminiert werden können.



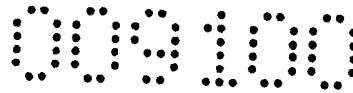
Durch die zusätzliche Erwärmungszone neben der eigentlichen Umformzone können auch bereits vor dem Umformvorgang auftretende thermische Verformungen und Verwerfungen reduziert werden, da das innerhalb des Werkstück auftretende Spannungsgefälle geringer ist. Die Positionierung des Werkstücks auf dem Biegegesenk wird aufgrund der geringeren Verformungen auch erleichtert bzw. weniger gestört.

Eine vorteilhafte Methode für den Energieeintrag in die Erwärmungszone kann aus einer Gruppe umfassend Wärmeübertragung, Wärmeleitung, Wärmestrahlung, Konvektion, elektromagnetische Induktion, elektrische Widerstandserwärmung, Laserstrahlung, energiereiche elektromagnetische Strahlung, benutzt oder eine Kombination gewählt sein. Insbesondere die Verwendung von Laserstrahlung ermöglicht ein rasches und präzises Erhöhen der Temperatur in der Erwärmungszone, da die von einer Laserlichtquelle ausgehende Strahlung in ihrer Intensität und durch geeignete Mittel zur Strahlführung in ihrem Einwirkungsort flexibel anpassbar ist.

Der Energieeintrag in die Erwärmungszone kann distanziert von der Umformzone durchgeführt werden, wobei durch einen größeren Abstand bei der Wahl der für den Energieeintrag verwendeten Mittel mehr Möglichkeiten zur Verfügung stehen. Dadurch wird ein gleichzeitiges Erwärmen von Umformzone und Erwärmungszone erleichtert.

Bei Werkstücken, in denen an die Biegekante beidseitig Abschnitte mit gleichen Abmessungen anschließen, ist es von Vorteil, wenn zwei oder mehrere Erwärmungszonen im Wesentlichen symmetrisch zur Umformzone hergestellt werden und damit durch asymmetrische Schrumpfspannungen bewirkte Verformungen vermieden werden.

Unter Berücksichtigung der durch Wärmeleitung verursachten zeitlichen Entwicklung des Temperaturverlaufs kann es von Vorteil sein, wenn bei Beendigung des Energieeintrages innerhalb einer Erwärmungszone die Behandlungstemperatur eine vorbestimmte Temperaturverteilung mit unterschiedlichen Temperaturwerten aufweist.



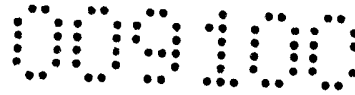
Um die für die Erwärmung des Werkstücks in der Erwärmungszone nötige Zeit zu reduzieren, kann der Energieeintrag vorteilhafterweise von beiden Seiten des Blechs erfolgen. Insbesondere bei dickeren Blechen kann so Aufheizzeit eingespart werden. Durch den Energieeintrag von beiden Seiten des Blechs steht dafür mehr Fläche zur Verfügung und kann bei gleich gehaltener Intensität des Energieeintrages die Aufheizleistung erhöht werden. Die Gefahr von lokalen Überhitzungen bis hin zum Erreichen der Schmelztemperatur des Blechs kann dadurch niedrig gehalten werden.

Eine einfache und gegebenenfalls rechnerisch planbare bzw. festlegbare Temperaturverteilung im Werkstück kann bewirkt werden, wenn die Erwärmungszone parallel zur Biegekante bzw. Umformzone orientiert festgelegt wird.

Wenn eine Länge der Erwärmungszone in Richtung parallel zur Biegekante kürzer als die Biegekantenlänge festgelegt wird, erfährt die nicht unmittelbar vom Energieeintrag erwärmte Randzone nahe dem Ende der Biegekante eine geringere Ausdehnung und Schrumpfung als die benachbarte Umformzone und Erwärmungszone, weshalb hier ein sanfterer Übergang im Spannungsverlauf zu den thermisch nicht beeinflussten Werkstückabschnitten gegeben ist.

Durch die im Werkstück stattfindende Wärmeleitung ist es zur Erzielung einer bestimmten Behandlungstemperatur innerhalb der Erwärmungszone nicht erforderlich den Energieeintrag gleichmäßig in der gesamten Erwärmungszone vorzunehmen, sondern ist es auch möglich, den Energieeintrag in die Erwärmungszone in mehreren voneinander distanzierten Erwärmungsabschnitten durchzuführen. Dies ermöglicht die Verwendung von einer oder von mehrerer lokal wirkenden Wärmequellen zur Aufheizung der Erwärmungszone anstatt der Verwendung einer vollflächig wirkenden Wärmequelle. Beispielsweise kann dadurch ein flächig anliegendes Widerstandsheizelement durch einen steuerbaren Laserstrahl ersetzt werden.

Da in den meisten Fällen eine gleichmäßige Behandlungstemperatur innerhalb der Erwärmungszonen gewünscht ist, ist es von Vorteil, wenn die Erwärmungsabschnitte innerhalb der Erwärmungszone im Wesentlichen gleichmäßig verteilt fest-



gelegt werden. Dies umfasst nicht nur die räumliche Verteilung und Ausdehnung, sondern kann auch einen weitgehend identischen Energieeintrag in die Erwärmungsabschnitte vorsehen.

Eine einfache und gegebenenfalls rechnerisch planbare bzw. festlegbare Temperaturverteilung im Werkstück kann bewirkt werden, wenn der Energieeintrag in zumindest einem Erwärmungsabschnitt im Wesentlichen entlang einer Linie oder alternativ in einem Punkt durchgeführt wird.

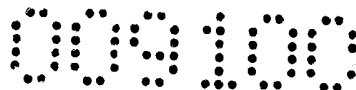
Eine gleichmäßige Temperaturverteilung und ein gut abschätzbarer oder berechenbarer zeitlicher Temperaturverlauf werden erzielt, wenn innerhalb der Erwärmungszone der Energieeintrag gleichzeitig in allen Erwärmungsabschnitten der Erwärmungszone erfolgt. Allfällige zur Festlegung des Energieeintrages verwendete Rechenmodelle können dadurch vereinfacht werden.

Alternativ dazu kann der Energieeintrag zeitlich nacheinander in einzelnen Erwärmungsabschnitten erfolgen, wodurch mit einer räumlich lokal wirkenden Energiequelle eine flächige Erwärmungszone aufgeheizt werden kann.

Um auch bei zeitlich nacheinander aufgeheizten Erwärmungsabschnitten eine möglichst gleichmäßige Temperaturverteilung erzielen zu können, ist es möglich, sich überlappende Erwärmungsabschnitte festzulegen.

Die Erwärmung der Umformzone auf die Umformtemperatur kann weiters mittels Energieeintrag in die Erwärmungszone und dadurch bewirkte Wärmeleitung innerhalb des Werkstücks erfolgen, wenn dadurch die erforderliche Umformtemperatur erreicht wird, wodurch eine eigene Heizvorrichtung für die Umformzone entfallen kann.

Um den maschinellen Aufwand für die Durchführung des Verfahrens zu reduzieren, ist es von Vorteil, die für die Erwärmung der Umformzone verwendete Energiequelle zeitlich versetzt auch für den Energieeintrag in die Erwärmungszone zu verwenden. Da beim Aufheizen der Umformzone und der Erwärmungszone vergleichbare Anforderungen vorliegen kann dies in vielen Fällen angewendet werden.



7

Bei sehr dünnen Blechen, die an der Umgebungsluft sehr rasch auskühlen können, kann es hilfreich sein, die Erwärmungszone und die Umformzone jeweils mittels einer gesonderten Energiequelle zu erwärmen.

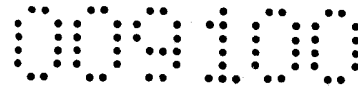
Wie bereits zuvor erwähnt, kann es zur Minimierung unerwünschter Werkstückverformungen von Vorteil sein, zumindest einen Verfahrensparameter ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Lage, Form, Ausdehnung, Behandlungstemperatur oder Temperaturverteilung der Erwärmungszone, Verteilung, Dauer oder Intensität des Energieeintrags mittels einer programmierbaren Steuerungsvorrichtung festzulegen. Dazu sind in der Steuerungsvorrichtung Modelle für das Abkühlverhalten und die damit zusammenhängenden Wärmespannungen bzw. thermisch induzierten Verformungen hinterlegt, die an den jeweiligen Anwendungsfall angepasst werden.

Insbesondere kann ein solcher Verfahrensparameter unter Verwendung einer Finite-Elemente-Methode festgelegt werden.

Eine weitere Fortbildung des Verfahrens kann darin bestehen, den Verfahrensparameter nach Vermessung der Geometrie und/oder der Temperatur des Werkstücks vor und/oder während und/oder nach dem Umformvorgang festzulegen, wodurch die Verfahrensergebnisse durch Rückführung von Regelgrößen optimiert werden können. Das Verfahren wird damit gewissermaßen derart geregelt, dass unerwünschte thermisch induzierte Verformungen nach dem Abkühlen des Werkstücks minimiert werden.

Eine effektive Minimierung von Formfehlern am Werkstück kann erzielt werden, wenn die Intensität und die Dauer des Energieeintrags so gewählt wird, dass in der Erwärmungszone und/oder den Erwärmungsabschnitten eine Behandlungstemperatur aus einem Bereich zwischen 220°C und 600°C im Wesentlichen über die gesamte Dicke des Blechs erreicht wird.

Weiters ist es möglich, die Intensität und die Dauer des Energieeintrags so zu wählen, dass in der Erwärmungszone und/oder den Erwärmungsabschnitten eine Behandlungstemperatur erreicht wird, bei der gegenüber der Ausgangstemperatur



eine Gefügeveränderung des Blechs bewirkt wird. Derartige Gefügeveränderungen können die Spannungsverteilung innerhalb des Werkstücks so beeinflussen, dass die Absolutwerte der Formfehler am Werkstück reduziert werden. Zum Beispiel kann durch mehrere Inhomogenitäten des Gefüges im Blech bewirkt werden, dass sich aufgrund der Schrumpfspannungen nicht eine große Verwerfung am Werkstück ausbildet, sondern mehrere kleinere Verwerfungen ausbilden oder sich eine leichte Welligkeit einstellt, die gegebenenfalls tolerierbare Fehler darstellen.

Eine besonders rationelle Durchführung des Verfahrens ist möglich, wenn zumindest ein Teil des Energieeintrages in die Erwärmungszone mittels eines am Biegevorgang beteiligten Biegewerkzeuges erfolgt. So kann etwa vorgesehen sein, dass in einem Biegegesenk, auf dem das Werkstück vor dem Umformvorgang aufgelegt wird eine Möglichkeit zur Ausleitung von energiereicher Strahlung, insbesondere Laserstrahlung vorgesehen ist und das Werkstück mittels eines Roboters über die austretende Strahlung positioniert wird, dass der vorgesehene Aufheizvorgang in der Umformzone und/oder der Erwärmungszone erfolgt.

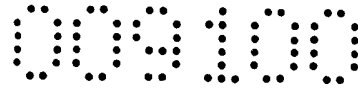
Bei Verkettung einer Laserschneidanlage und einer Abkantpresse ist es auch möglich, dass zumindest ein Teil des Energieeintrages in die Erwärmungszone in einem dem Biegevorgang vorgeordneten Zuschnittvorgang auf der Laserschneidanlage erfolgt.

Die Anwendung des Verfahrens ist besonders vorteilhaft zur Biegebearbeitung von Werkstücken aus Metallblechen auf Zinkbasis, Titanbasis, Aluminiumbasis, sowie Verbundmaterialien mit derartigen Bestandteilen oder bei Werkstücken, bei denen das Verhältnis aus kleinstem Biegeradius und Blechdicke kleiner gleich 1,0 ist.

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

Es zeigen jeweils in stark schematisch vereinfachter Darstellung:

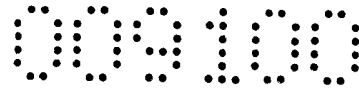
Fig. 1 Ein Verfahren zum Abkanten von Werkstücken während des Aufheizens der Umformzone und der Erwärmungszone;



- Fig. 2 Ein Verfahren zum Abkanten von Werkstücken bei Beendigung des Umformvorganges;
- Fig. 3 Eine teilweise geschnittene Ansicht in Richtung III eines fertig gebogenen Werkstückes in Fig. 2;
- Fig. 4 Eine Ansicht eines zu biegenden Werkstückes mit möglichen Varianten der Erwärmungszone;
- Fig. 5 Eine Darstellung einer möglichen Temperaturverteilung innerhalb eines umzuformenden Werkstückes nach Aufheizen der Erwärmungszone;
- Fig. 6 Einen Schnitt durch ein bei der Anwendung des Verfahrens einsetzbares Biegegesenk.

In den Figuren 1 und 2 ist ein in Folge beschriebenes Verfahren zum Abkanten eines Werkstückes 1 aus einem Metallblech dargestellt. Dabei wird ein Werkstück 1 vor dem Umformvorgang in eine Biegewerkzeuganordnung 2 eingebracht, die ein Biegegesenk 3, beispielsweise in Form eines V-Gesenks sowie einen Biegestempel 4 umfasst, die mittels einer nicht dargestellten Führungs- und Antriebsanordnung einer Biegemaschine relativ zueinander bewegbar sind und dadurch am Werkstück 1 durch plastische Umformung eine Biegekante 5 erzeugen.

Zur Erhöhung der Umformbarkeit des Werkstückes 1 wird eine, die spätere Biegekante 5 enthaltende Umformzone 6 mittels einer Heizvorrichtung 7 auf eine Umformtemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Metalls des Werkstückes 1 erwärmt. Durch diese Erwärmung der Umformzone 6 können am Werkstück 1 Umformgrade erreicht werden, die beispielsweise bei Raumtemperatur nicht möglich wären, da dabei das Werkstück 1 möglicherweise einreißen oder brechen würde. Durch die Erwärmung wird die Spannung, ab der im Werkstück 1 eine plastische Verformung einsetzt, herabgesetzt, weshalb die jeweils optimale Umformtemperatur in Abhängigkeit vom verwendeten Material des Werkstückes 1 festgelegt wird. Die Anwendung des Verfahrens ist besonders von Vorteil bei Metallblechen auf Zinkbasis, Titanbasis, Aluminiumbasis, oder bei Werkstücken, bei

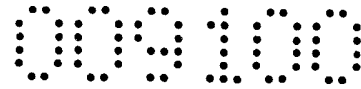


denen das Verhältnis aus kleinstem Biegeradius und Blechdicke kleiner gleich 1,0 ist.

Die Heizvorrichtung 7 bewirkt einen Energieeintrag in die Umformzone 6 des Werkstückes und kann dabei einen Mechanismus ausgewählt einer Gruppe umfassend Wärmeübertragung, Wärmeleitung, Wärmestrahlung, Konvektion, elektromagnetische Induktion, elektrische Widerstandserwärmung, Laserstrahlung, energiereiche elektromagnetische Strahlung benutzen oder eine Kombination aus diesen umfassen.

In Fig. 1 ist dargestellt, dass die Heizvorrichtung 7 und die spätere Biegekante 5 in der Biegeebene 8 positioniert sind, die auch mit der Bewegungsrichtung des verstellbaren Biegestempels 4 zusammenfällt. Nach Abschluss des Aufheizvorganges wird die Heizvorrichtung 7 aus dem unmittelbaren Arbeitsbereich der Biegewerkzeuganordnung 2 entfernt und das Werkstück 1 in die für den Umformvorgang vorgesehene Position verbracht. Im Normalfall wird es dazu auf der Oberseite 9 des Biegegesenks 3 aufgelegt, die auch eine Auflageebene 10 darstellt. Es ist jedoch auch möglich, dass die Erwärmung der Umformzone 6 distanziert von der Biegewerkzeuganordnung 2 durchgeführt wird und das Werkstück 1 auf kurzem Wege in die für den Umformvorgang erforderliche Position verbracht wird, bei der die spätere Biegekante 5 in der Biegeebene 8 liegt. Die Erwärmung der Umformzone 6 wird dazu so durchgeführt, dass das Werkstück 1 auch nach einem kurzen Positionierweg die gewünschte erhöhte Umformbarkeit gegeben ist. Dazu kann der nach dem Ende der Erwärmung eintretende Abkühlvorgang abgeschätzt werden und die Umformzone 6 auf eine dementsprechend höhere Temperatur erwärmt werden.

Erfindungsgemäß wird am Werkstück 1 zusätzlich zur Umformzone 6 auch zumindest eine Erwärmungszone 11 mittels Energieeintrag von außerhalb des Werkstücks 1 ausgehend von einer Ausgangstemperatur auf eine Behandlungstemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Werkstücks 1 erwärmt. Im dargestellten Ausführungsbeispiel werden zwei, bezüglich der Biegeebene 8 etwa symmetrisch liegende Erwärmungszonen 11 erwärmt. Der Energieeintrag erfolgt hier



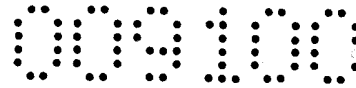
durch Heizvorrichtungen 12, die benachbart zur Heizvorrichtung 7 für die Umformzone 5 angeordnet sind und auch auf die Unterseite des Werkstücks 1 einwirken, es ist jedoch auch möglich, dass durch weitere Heizvorrichtungen 12, die oberhalb des Werkstücks 1 positioniert werden, die Erwärmungszonen 11 gleichzeitig von beiden Seiten des Werkstücks auf die Behandlungstemperatur erwärmt werden. Der Energieeintrag erfolgt in diesem Fall von beiden Seiten des Werkstückes 1 und kann dadurch auch die Zeit für den Aufheizvorgang reduziert werden.

Die Heizvorrichtungen 12 für das Aufheizen der Erwärmungszonen 11 können auch distanziert von der Biegewerkzeuganordnung 2 angeordnet sein und das Werkstück 1 nach erfolgter Erwärmung in die für den Umformvorgang erforderliche Position verbracht werden.

Als Heizvorrichtung 7, 12 kann wie in Fig. 1 dargestellt eine Quelle für energiereiche Strahlung, insbesondere Laserstrahlung vorgesehen sein, wobei jedoch auch alternative Wärmeenergiequellen zum Einsatz kommen können, wie z.B. Widerstandsheizelemente, Infrarotstrahler, Heißluftgeräte mit konzentriertem Luftaustritt, usw..

Das Aufheizen der Erwärmungszonen 11 kann auch in der Weise erfolgen, dass dazu zeitlich versetzt, die für die Erwärmung der Umformzone 6 eingesetzte Heizvorrichtung 7 verwendet wird. In diesem Fall ist der bauliche Aufwand für die Durchführung des Verfahrens verringert.

Die Heizvorrichtungen 7, 12 werden vorzugsweise von einer programmierbaren Steuerungsvorrichtung 13 angesteuert, mit der die Erwärmungsvorgänge so gesteuert werden, dass die erforderlichen Temperaturen, also die Umformtemperatur in der Umformzone 6 sowie die Behandlungstemperatur in der Erwärmungszone 11 möglichst genau erreicht bzw. eingehalten werden. Die Steuerungsvorrichtung 13 kann auch mit einer nicht dargestellten Steuerungsvorrichtung der die Biegewerkzeuganordnung 2 enthaltenden Biegemaschine verbunden sein oder Bestandteil einer solchen sein.



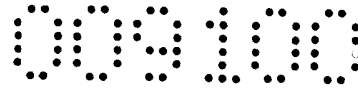
12

Mit der Steuerungsvorrichtung 13 wird der Energieeintrag in die Erwärmungszone 11 aktiviert und dabei ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Lage, Form, Ausdehnung oder Behandlungstemperatur der Erwärmungszone oder auch Verteilung, Dauer und Intensität des Energieeintrages festgelegt. Die Steuerungsvorrichtung 13 kann auch eine Beeinflussung des Energieeintrages in die Erwärmungszone 11 bewirken, indem eine automatische Positionsverstellung der Heizvorrichtungen 7, 12 erfolgt und kann diese automatische Verstellung zusätzlich auch das Entfernen der Heizvorrichtungen 7, 12 aus dem Arbeitsbereich der Biegewerkzeuganordnung 2 umfassen.

Die Festlegung der Verfahrensparameter durch die Steuerungsvorrichtung 13 kann insbesondere auch unter Anwendung einer Finite-Elemente-Methode erfolgen, mit der die bei der Erwärmung und Abkühlung des Werkstücks 1 in der Umformzone 6 entstehenden Spannungen im Voraus abgeschätzt bzw. berechnet werden und basierend darauf der Energieeintrag in die Erwärmungszonen 11 so festgelegt wird, dass die bei der Abkühlung des Werkstücks 1 nach dem Umformvorgang auftretenden Spannungen im Werkstück minimiert oder kompensiert werden.

Weiters ist es möglich, dass die Festlegung von Verfahrensparametern auch basierend auf einer Vermessung der Geometrie des Werkstückes 1 oder der Temperatur des Werkstückes 1 in der Umformzone 6 bzw. in der Erwärmungszone 11 erfolgt. Insbesondere kann der Aufheizvorgang mit einer während des Aufheizvorgangs aktivierten Temperaturmessvorrichtung, z.B. eines berührungslosen Strahlungsthermometers, und einer Regelvorrichtung erfolgen.

Damit in der Umformzone die für die unproblematische Durchführung eines Abkantvorganges erforderliche Umformbarkeit des Werkstück 1 gegeben ist, ist am Ende des Aufheizvorganges in der Umformzone 6 eine bestimmte Temperatur erforderlich, wobei zu berücksichtigen ist, dass aufgrund von Wärmeleitung innerhalb des Werkstücks 1 und Wärmeabgabe an die Umgebung die Temperatur in der Umformzone 6 absinkt. Daher ist es von Vorteil, wenn zwischen dem Abschluss des Aufheizvorganges und der Beendigung des Umformvorganges ein



möglichst kurzer Zeitraum vergeht, weshalb eine Durchführung des Aufheizvorganges in der Nähe der Biegewerkzeuganordnung oder innerhalb der Biegewerkzeuganordnung 2 von Vorteil ist.

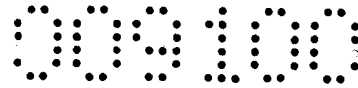
Eine Ausführungsform des Verfahrens kann auch darin bestehen, dass die Erwärmung der Umformzone 6 auf die Umformtemperatur durch Wärmeleitung während oder nach dem durch die Heizvorrichtung 12 bewirkten Energieeintrag in die Erwärmungszone 11 erfolgt. In diesem Fall kann eine eigene Heizvorrichtung 7 für die Erwärmung der Umformzone 6 entfallen.

Zur Vermeidung von unerwünschten Formfehlern am Werkstück wird die Intensität und die Dauer des Energieeintrags mittels der Heizvorrichtungen 7, 12 so gewählt, dass in der Erwärmungszone 11 eine Behandlungstemperatur aus einem Bereich zwischen 220° C und 600° C erreicht wird. Diese Temperatur soll dabei im Wesentlichen über die gesamte Dicke des Werkstücks 1 vorherrschen.

In Fig. 2 ist das Einwirken der Biegewerkzeuganordnung 2 auf das Werkstück 1 dargestellt, wobei hier beispielsweise der Abschluss des Umformvorganges dargestellt ist. Zu diesem Zeitpunkt weist die Umformzone 6 eine gegenüber nicht erwärmten Teilen des Werkstücks 1 erhöhte Temperatur auf und setzt sich in Folge der Temperaturlangleich innerhalb des Werkstückes 1 sowie die Wärmeabgabe an die Umgebung bzw. die Biegewerkzeuganordnung 2 fort.

Die nach Abschluss des Umformvorganges im Werkstück 1 vorliegende Temperaturverteilung bestimmt in weiterer Folge das Entstehen von Schrumpfspannungen im Werkstück 1 und die dadurch induzierten unerwünschten Verformungen. Erfindungsgemäß wird dieser Abkühlvorgang durch die von der Umformzone 6 verschiedenen Erwärmungszonen 11 vorteilhaft beeinflusst, wobei die Aufheizung der Erwärmungszone 11 vor und/oder während und/oder nach dem eigentlichen Umformvorgang stattfinden kann.

Anhand der Figuren 3, 4 und 5 wird in Folge die erfindungsgemäße Beeinflussung der im Werkstück 1 entstehenden Schrumpfspannungen erläutert.

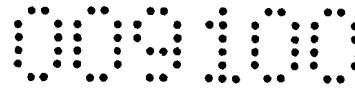


14

Fig. 3 zeigt eine Ansicht gemäß Richtung III eines abgekanteten Werkstücks 1, wobei der rechte Biegeschenkel in Fig. 2 geschnitten gemäß Linie A-A dargestellt ist. Wie bereits zuvor beschrieben, wird bei einem gattungsgemäßen Biegeverfahren die Umformzone 6, die die spätere Biegekante 5 enthält, vor und/oder während des Umformvorganges erwärmt, wodurch das Werkstück 1 lokal im Bereich der Biegekante 5 die erforderliche Umformbarkeit erreicht.

Bei der Erwärmung der streifenförmigen Umformzone 6 und der lokalen Erhöhung der Temperatur erfährt das Material in diesem Bereich eine thermische Ausdehnung, die jedoch mehr oder weniger von den angrenzenden, weniger stark oder gar nicht erwärmten Werkstückabschnitten behindert wird. Dadurch entstehen im Bereich der Umformzone 6 Druckspannungen, die sich bei einer späteren Abkühlung des Werkstücks 1 und damit verbundener Schrumpfung der Umformzone 6 wieder zurückbilden würden. Da das Werkstück 1 jedoch im erhitzten Zustand umgeformt wird und im Bereich der Biegekante 5 plastische Verformungen auftreten, durch die die inneren Spannungen in Längsrichtung der Biegekante 5 weitgehend abgebaut werden, bewirkt bei einem umgeformten Werkstück 1 die nachfolgende Abkühlung der Umformzone 6 ein Schrumpfen in Längsrichtung der Biegekante 5, die mehr oder weniger von den angrenzenden Werkstückabschnitten behindert wird. Dadurch entstehen im Bereich der Umformzone 6 nach dem Abkühlen des Werkstückes 1 auf Umgebungstemperatur Zugspannungen (Schrumpfspannungen), die unerwünschte Verformungen der angrenzenden Werkstückabschnitte bzw. der angrenzenden Biegeschenkel 14 und 15 oder aber auch der Biegekante 5 bewirken. In Fig. 3 sind derartige Verformungen als Welligkeit 16 maßstäblich übertrieben dargestellt. Selbstverständlich können auch andere Formen, zum Beispiel eine einfache Verwölbung oder Krümmung oder ähnliche unerwünschte Formfehler auftreten, die mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens deutlich reduziert oder verhindert werden können.

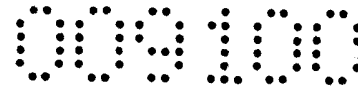
In Fig. 4 sind bei Durchführung des Verfahrens mögliche Temperaturverteilungen innerhalb eines Werkstücks 1 dargestellt.



Dabei ist im Bereich der, die spätere Biegekante 5 enthaltenden, Umformzone 6 ein Bereich mit stark erhöhter Temperatur T , da das Werkstück 1 vor oder während des Umformvorganges hier auf die gegenüber der Umgebungstemperatur wesentliche höhere, bereits zuvor beschriebene Umformtemperatur erwärmt wird. Dieser relativ eng begrenzte und spitze Temperaturverlauf 17 in der Umformzone 6 verbreitert sich durch die im Werkstück 1 stattfindende Wärmeleitung selbstverständlich nach Beendigung des Erwärmungsvorganges. Es besteht jedoch auch nach Beendigung des Umformvorganges in diesem Bereich eine deutlich erhöhte Temperatur, die die zuvor beschriebenen Schrumpfspannungen und damit zusammenhängende unerwünschte Formänderungen am fertigen Werkstück 1 bewirken.

Erfindungsgemäß wird am Werkstück 1 zusätzlich zur Umformzone 6 in einer Erwärmungszone 11 – in Fig. 4 zwei Erwärmungszonen 11 symmetrisch zur Biegekante 5 – das Werkstück 1 auf eine Behandlungstemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Metalls erwärmt, wodurch sich jeweils isoliert betrachtet weitere Temperaturverteilungen 18 ergeben, die in Folge das Abkühlverhalten des Werkstücks 1 verändern. Diese zusätzliche Temperaturerhöhung in den Erwärmungszonen 11 bewirkt, dass die Umformzone 6 nach Erreichen der Umformtemperatur wesentlich langsamer auskühlt und, dadurch der rasche Wärmeabfluss in das restliche Werkstück 1 wesentlich reduziert ist. Die ohne Erwärmungszonen 11 wesentlich spitzere ursprüngliche Temperaturverteilung 17 wird in diesem Fall durch eine wesentlich breitere Temperaturverteilung 19 ersetzt, wodurch aufgrund des wesentlich geringeren Temperaturgefälles und aufgrund von wesentlich geringerer Abkühlgeschwindigkeit die inneren Spannungen aufgrund des Abkühlvorgangs wesentlich geringer sind und dadurch auch wesentlich geringere unerwünschte thermische Verformungen am gebogenen Werkstück 1 auftreten.

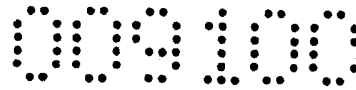
In Fig. 4 ist angedeutet, dass die Umformtemperatur 20 in der Umformzone 6 wesentlich höher gewählt ist als die Behandlungstemperatur 21 in den Erwärmungszonen 11, es ist jedoch auch möglich, dass Behandlungstemperatur 21 und Umformtemperatur 20 etwa gleich hoch sind oder auch dass die Behandlungstemperatur 21 größer ist als die Umformtemperatur 20. Wie bereits zuvor beschrieben ist



es auch möglich, dass die Umformzone 6 nicht eigens erwärmt wird, sondern durch Wärmeleitung innerhalb des Werkstücks 1 ausgehend von den Erwärmungszonen 11 auf die entsprechende Umformtemperatur gebracht wird.

In Fig. 5 sind an einer Ansicht eines ungebogenen Werkstückes 1 mögliche Ausführungsformen von Erwärmungszonen 11 dargestellt. Im Bereich der Biegeebene 8 ist dabei mit strichlierten Linien die die spätere Biegekante 5 enthaltende Umformzone 6 gekennzeichnet. Dazu distanziert ist auf der linken Seite eine Erwärmungszone 11 dargestellt, bei der der Energieeintrag durch zwei voneinander distanzierte Erwärmungsabschnitte 22 erfolgt. Der Energieeintrag muss demnach nicht gleichmäßig oder auf der gesamten Erwärmungszone 11 erfolgen, sondern kann aufgrund der ohnedies eintretenden Wärmeleitung und Verteilung der Temperatur nach Beendigung des Aufheizvorganges die Erwärmung an mehreren voneinander distanzierten Erwärmungsabschnitten 22 erfolgen. In diesem Beispiel erfolgt der Energieeintrag in den Erwärmungsabschnitten 22 entlang von Linien 23, die etwa parallel zur Biegeebene 8 verlaufen, wodurch auch die Erwärmungszone 11 etwa parallel zur Biegekante 5 orientiert verläuft. Rechts der Biegekante 5 ist eine abgewandelte zweite Erwärmungszone 11 dargestellt, bei der die Erwärmungsabschnitte 22 durch eine Reihe von Punkten 24 gebildet sind, in denen im Wesentlichen der Energieeintrag erfolgt. Um eine möglichst einfache und auch rechnerisch erfassbare Temperaturverteilung innerhalb einer Erwärmungszone 11 zu erreichen, ist es von Vorteil, wenn mehrere Erwärmungsabschnitte 22 in regelmäßiger Abfolge oder gleichmäßig angeordnet sind. Mit der in Fig. 5 dargestellten Anordnung der Erwärmungszonen 11 würde sich etwa eine anhand der Fig. 4 beschriebene Temperaturverteilung ergeben, die am fertigen Werkstück 1 reduzierte unerwünschte thermische Verformungen bewirkt.

In der Fig. 6 ist eine weitere und gegebenenfalls für sich eigenständige Ausführungsform des Verfahrens zum Abkanten eines Werkstücks 1 gezeigt, wobei wiederum für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den vorangegangenen Fig. 1 bis 5 verwendet werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung in den vorangegangenen Fig. 1 bis 5 hingewiesen bzw. Bezug genommen.

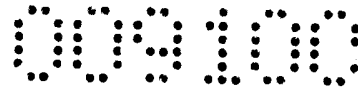


In dieser Ausführungsform erfolgt die Erwärmung der die spätere Biegekante 5 enthaltenden Umformzone 6 sowie der beiderseitig dazu angeordneten Erwärmungszonen 11 mittels einer im Biegegesenk 3 integrierten Heizvorrichtung 7, die vorzugsweise eine Laserlichtquelle 25 oder Mittel zur Verteilung von außerhalb des Biegegesenks 3 erzeugter und in dieses eingeleiteter Laserstrahlung umfasst. Die Positionierung und Handhabung des Werkstücks erfolgt hierbei manuell oder wie dargestellt mittels einer programmierbaren Handhabungsvorrichtung 26, die z.B. mit einer Greifzange 27 ausgestattet ist. Wenn dabei, wie dargestellt, die Unterseite des Werkstücks 1 an der Auflagefläche 10 des Biegegesenks 3 aufliegt, wird eine Verformung aufgrund des Eigengewichts des Werkstücks 1 reduziert und gleichzeitig ein möglicherweise gefährlicher Austritt von Laserstrahlung weitgehend unterbunden.

Die Umformzone 6 sowie die beiden Erwärmungszonen 11 werden dabei zeitlich nacheinander mit derselben Heizvorrichtung 7 erwärmt, wobei die Reihenfolge frei gewählt sein kann. Damit in der Umformzone 6 die Erreichung und Aufrechterhaltung der Umformtemperatur 20 bis zum Abschluss des Umformvorgangs erleichtert ist, ist es vorteilhaft, wenn die Umformzone 6 erst nach den Erwärmungszonen 11 aufgeheizt wird. Durch die Integration in eines der Biegewerkzeuge der Biegewerkzeuganordnung 2 kann der Energieeintrag sogar während des eigentlichen Umformvorganges erfolgen.

Abschließend 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.

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten des Verfahrens, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dar-



gestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt. Es sind also auch sämtliche denkbaren Ausführungsvarianten, die durch Kombinationen einzelner Details der dargestellten und beschriebenen Ausführungsvariante möglich sind, vom Schutzzumfang mit umfasst.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis der beim Verfahren verwendeten Vorrichtungen diese bzw. deren Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

Vor allem können die einzelnen in den Fig. 1, 2; 3; 4; 5; 6 gezeigten Ausführungen den Gegenstand von eigenständigen, erfindungsgemäßen Lösungen bilden. Die diesbezüglichen, erfindungsgemäßen Aufgaben und Lösungen sind den Detailbeschreibungen dieser Figuren zu entnehmen.

Weiters können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

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 Teilbereich 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.

009100

Bezugszeichenaufstellung

- 1 Werkstück
- 2 Biegewerkzeuganordnung
- 3 Biegegesenk
- 4 Biegestempel
- 5 Biegekante

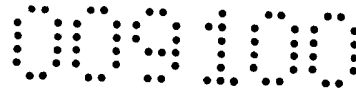
- 6 Umformzone
- 7 Heizvorrichtung
- 8 Biegeebene
- 9 Oberseite
- 10 Auflageebene

- 11 Erwärmungszone
- 12 Heizvorrichtung
- 13 Steuerungsvorrichtung
- 14 Biegeschenkel
- 15 Biegeschenkel

- 16 Welligkeit
- 17 Temperaturverteilung
- 18 Temperaturverteilung
- 19 Temperaturverteilung
- 20 Umformtemperatur

- 21 Behandlungstemperatur
- 22 Erwärmungsabschnitt
- 23 Linie
- 24 Punkt
- 25 Laserlichtquelle

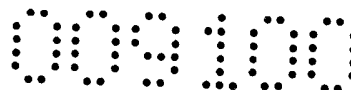
- 26 Handhabungsvorrichtung
- 27 Greifzange



1

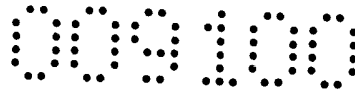
Patentansprüche

1. Verfahren zum Abkanten eines Werkstückes (1) aus Metallblech, wobei vor und/oder während des Biegevorganges eine die herzustellende Biegekante (5) enthaltende, insbesondere streifenförmige Umformzone (6) am Werkstück (1) zur lokalen Erhöhung der Umformbarkeit auf eine Umformtemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Metalls erwärmt wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück (1) vor und/oder während und/oder nach dem Biegevorgang in zumindest einer von der Umformzone (6) verschiedenen Erwärmungszone (11) mittels Energieeintrag von außerhalb des Werkstücks (1) ausgehend von einer Ausgangstemperatur auf eine Behandlungstemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Metalls erwärmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieeintrag einen Mechanismus ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Wärmeübertragung, Wärmeleitung, Wärmestrahlung, Konvektion, elektromagnetische Induktion, elektrische Widerstandserwärmung, Laserstrahlung, energiereiche elektromagnetische Strahlung, benutzt oder eine Kombination daraus umfasst.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieeintrag in die Erwärmungszone (11) distanziert von der Umformzone (6) durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwei oder mehrere Erwärmungszonen (11) im Wesentlichen symmetrisch zur Umformzone (6) angeordnet sind.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb der Erwärmungszone (11) die Behandlungstempera-

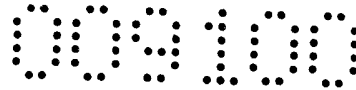


tur auf eine vorbestimmte Temperaturverteilung mit lokal unterschiedlichen Temperaturwerten gebracht wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieeintrag von beiden Seiten des Werkstücks (1) erfolgt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmungszone (11) parallel zur Biegekante (5) orientiert festgelegt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieeintrag in die Erwärmungszone (11) in mehreren voneinander distanzierten Erwärmungsabschnitten (22) erfolgt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmungsabschnitte (22) innerhalb der Erwärmungszone (11) im Wesentlichen gleichmäßig verteilt festgelegt werden
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieeintrag in zumindest einem Erwärmungsabschnitt (22) im Wesentlichen entlang einer Linie (23) durchgeführt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieeintrag in zumindest einem Erwärmungsabschnitt (22) im Wesentlichen in einem Punkt (24) durchgeführt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieeintrag gleichzeitig in allen Erwärmungsabschnitten (22) der Erwärmungszone (11) erfolgt.



13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieeintrag zeitlich nacheinander in einzelnen Erwärmungsabschnitten (22) erfolgt.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass sich Erwärmungsabschnitte (22) überlappen.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmung der Umformzone (6) auf die Umformtemperatur mittels Energieeintrag in die Erwärmungszone (11) und dadurch bewirkte Wärmeleitung innerhalb des Werkstücks (1) erfolgt.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die für die Erwärmung der Umformzone (6) verwendete Heizeinrichtung (7) zeitlich versetzt auch für den Energieeintrag in die Erwärmungszone (11) verwendet wird.
17. Verfahren nach der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmungszone (11) und die Umformzone (6) jeweils mittels einer gesonderten Heizeinrichtung (7, 12) erwärmt werden.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Verfahrensparameter ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Lage, Form, Ausdehnung oder Behandlungstemperatur der Erwärmungszone, Verteilung, Dauer oder Intensität des Energieeintrags mittels einer programmierbaren Steuerungsvorrichtung (13) festgelegt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Verfahrensparameter unter Verwendung einer Finite-Elemente-Methode festgelegt wird.



20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Verfahrensparameter nach Vermessung der Geometrie und/oder der Temperatur des Werkstücks (1) vor und/oder nach dem Umformvorgang festgelegt wird.

21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Intensität und die Dauer des Energieeintrags so gewählt wird, dass in der Erwärmungszone (11) und/oder den Erwärmungsabschnitten (22) eine Behandlungstemperatur aus einem Bereich zwischen 220°C und 600°C im Wesentlichen über die gesamte Dicke des Werkstücks erreicht wird.

22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Intensität und die Dauer des Energieeintrags so gewählt wird, dass in der Erwärmungszone (11) und/oder den Erwärmungsabschnitten (22) eine Behandlungstemperatur erreicht wird, bei der gegenüber der Ausgangstemperatur eine Gefügeveränderung des Werkstücks (1) bewirkt wird.

23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil des Energieeintrages in die Erwärmungszone (11) mittels eines am Biegevorgang beteiligten Biegewerkzeuges (3, 4) erfolgt.

24. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil des Energieeintrages in die Erwärmungszone (11) in einem dem Biegevorgang vorgeordneten Zuschnittvorgang auf einer Laserschneidanlage erfolgt.

25. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 24 zur Biegebearbeitung von Werkstücken (1) aus Metallblechen auf Zinkbasis, Titanbasis, Aluminiumbasis, Verbundwerkstoffen mit derartigen Materialien oder bei

009100

5

Werkstücken, bei denen das Verhältnis aus kleinstem Biegeradius und Blechdicke kleiner gleich 1,0 ist.

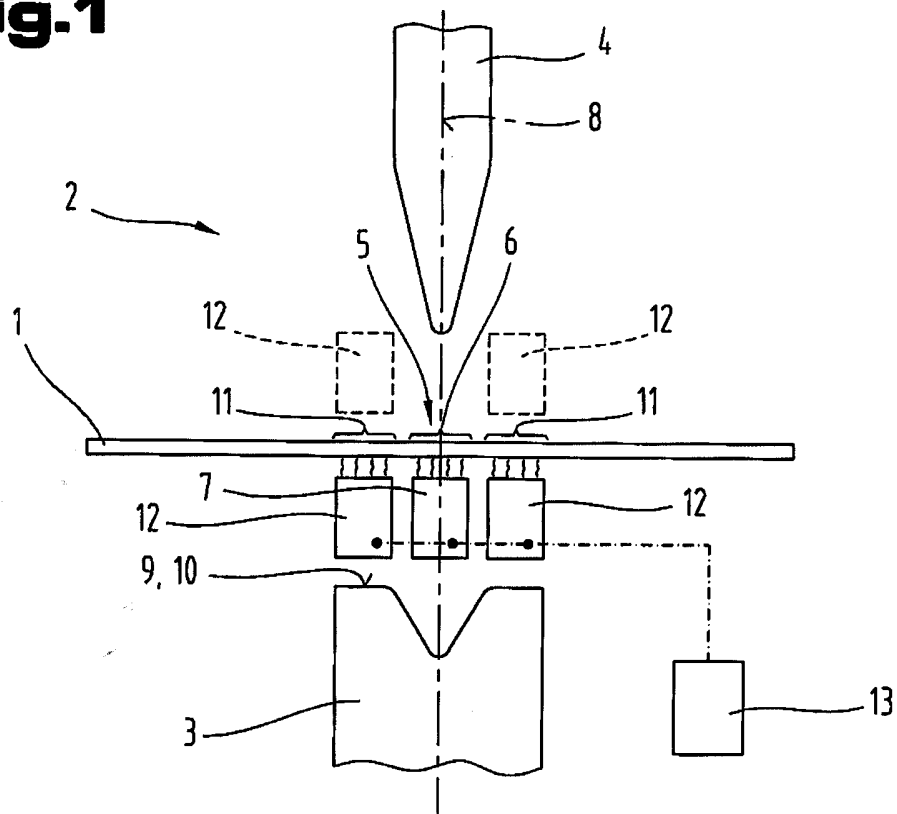
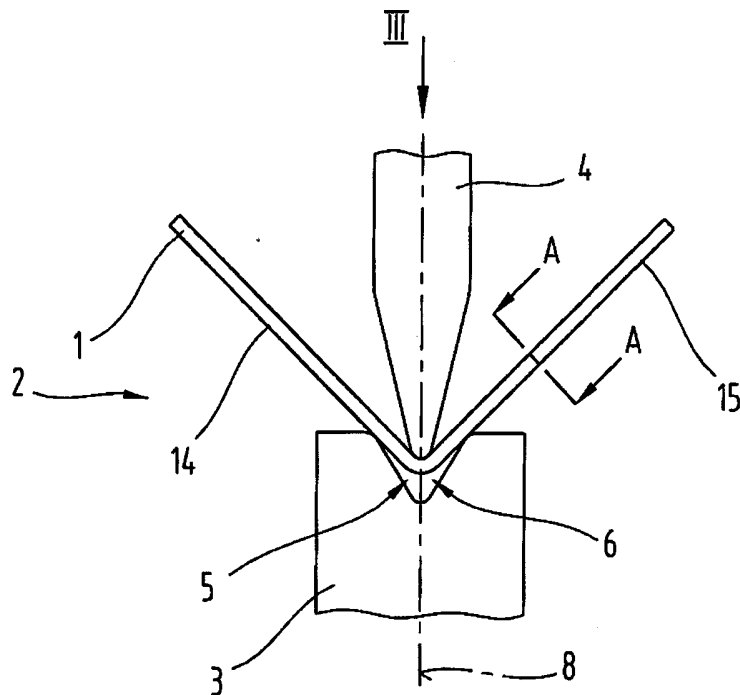
TRUMPF Maschinen Austria GmbH & Co. KG.

durch



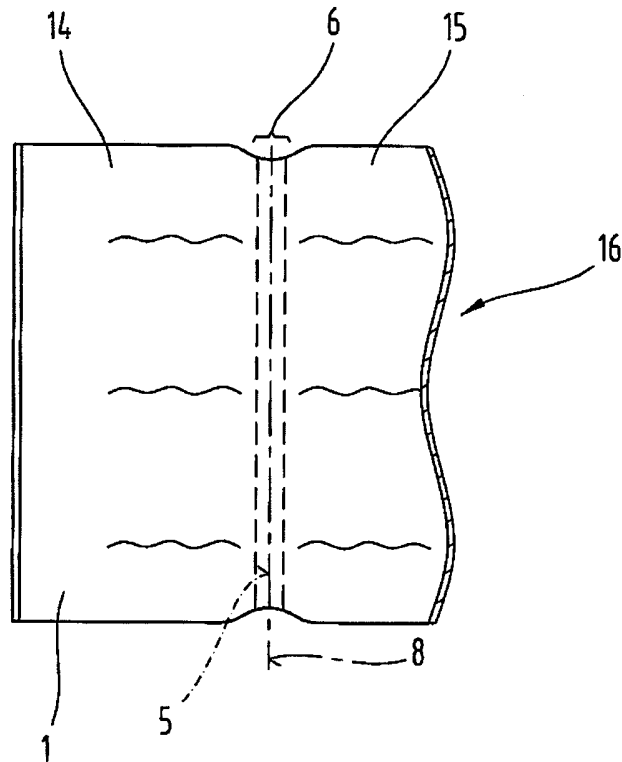
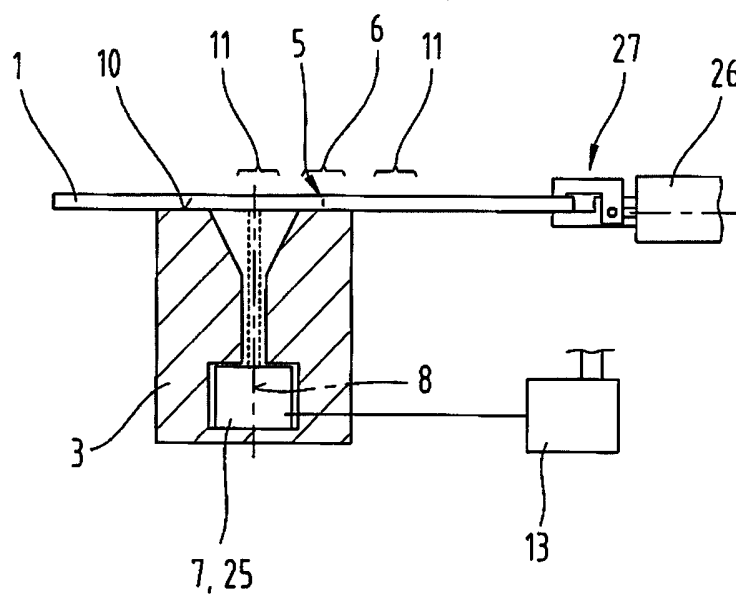
Anwälte Burger & Partner
Rechtsanwalt GmbH

009100

Fig.1**Fig.2**

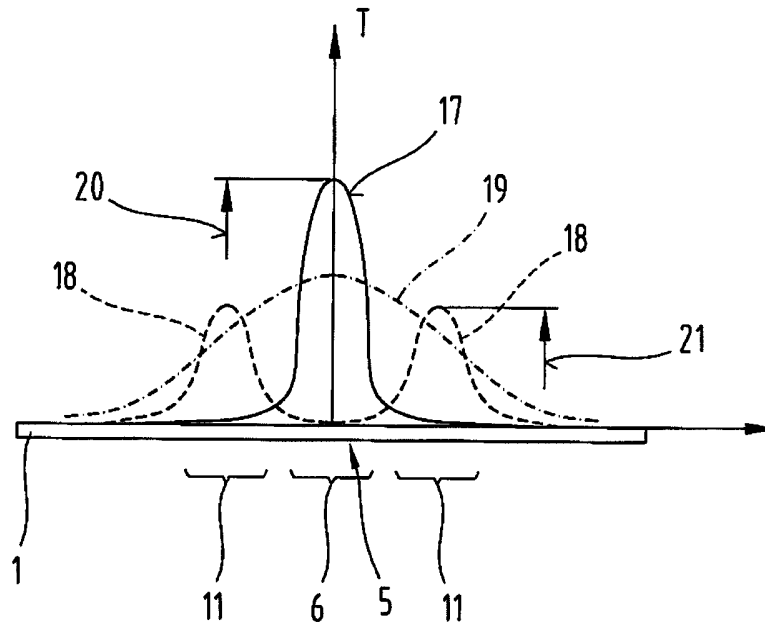
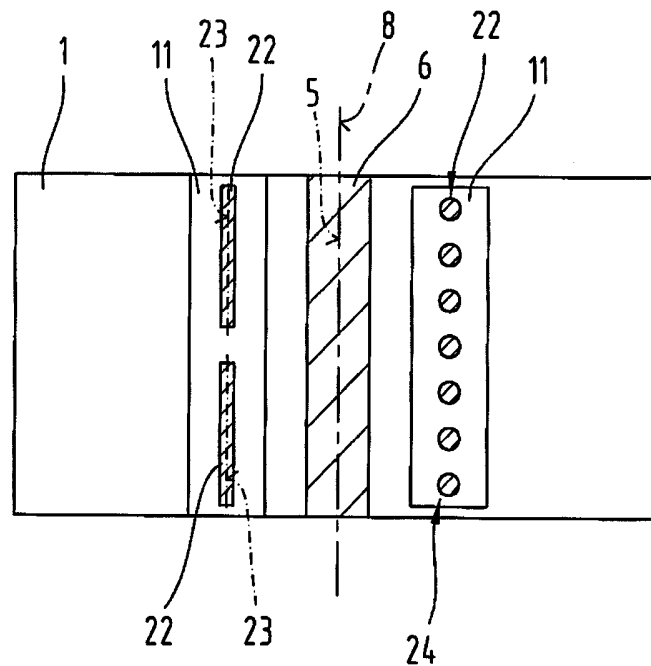
TRUMPF Maschinen Austria GmbH & Co. KG.

009100

Fig.3**Fig.6**

TRUMPF Maschinen Austria GmbH & Co. KG.

009100

Fig.4**Fig.5**

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
B21D 5/00 (2006.01); **B21D 37/16** (2006.01); **C21D 9/46** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
B21D 5/00 (2013.01); **B21D 5/002** (2013.01); **B21D 37/16** (2013.01); **C21D 9/46** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
 B21D, C21D

Konsultierte Online-Datenbank:
 EPODOC; TXT NN

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **26.09.2012** eingereichten Ansprüchen **1–25** erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	DE 19620196 A1 (AUDI AG) 27. November 1997 (27.11.1997) ganzes Dokument	1–4, 6–10, 13, 14, 16–18, 25
A	DE 1160815 B (HOESCH AG) 09. Jänner 1964 (09.01.1964) ganzes Dokument	1–25
A	EP 0648555 A1 (ROCKWELL INTERNATIONAL CORP) 19. April 1995 (19.04.1995) ganzes Dokument	1–25
A	JP 5177366 A (OKUMA CORP) 20. Juli 1993 (20.07.1993) ganzes Dokument	1–25
A	WO 2012118223 A1 (NIPPON STEEL CORP) 07. September 2012 (07.09.2012) ganzes Dokument	1–25
A	AT 508357 A4 (TRUMPF MASCHINEN AUSTRIA GMBH & CO KG) 15. Jänner 2011 (15.01.2011) ganzes Dokument	1–25
A	WO 2011000011 A1 (TRUMPF MASCHINEN AUSTRIA GMBH & CO KG) 06. Jänner 2011 (06.01.2011) ganzes Dokument	1–25

Datum der Beendigung der Recherche:
 05.04.2013

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

BABUREK Gerhard

¹⁾ **Kategorien** der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

(N e u e) P a t e n t a n s p r ü c h e

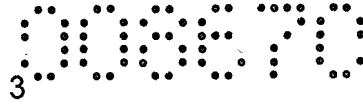
1. Verfahren zum Abkanten eines Werkstückes (1) aus Metallblech, wobei vor und/oder während des Biegevorganges eine die herzustellende Biegekante (5) enthaltende, insbesondere streifenförmige Umformzone (6) am Werkstück (1) zur lokalen Erhöhung der Umformbarkeit auf eine Umformtemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Metalls erwärmt wird, und das Werkstück (1) vor und/oder während und/oder nach dem Biegevorgang in zumindest einer von der Umformzone (6) verschiedenen Erwärmungszone (11) mittels Energieeintrag von außerhalb des Werkstücks (1) ausgehend von einer Ausgangstemperatur auf eine Behandlungstemperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Metalls erwärmt wird, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil des Energieeintrages in die Erwärmungszone (11) mittels eines am Biegevorgang beteiligten Biegewerkzeuges (3, 4) erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieeintrag einen Mechanismus ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Wärmeübertragung, Wärmeleitung, Wärmestrahlung, Konvektion, elektromagnetische Induktion, elektrische Widerstandserwärmung, Laserstrahlung, energiereiche elektromagnetische Strahlung, benutzt oder eine Kombination daraus umfasst.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieeintrag in die Erwärmungszone (11) distanziert von der Umformzone (6) durchgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwei oder mehrere Erwärmungszonen (11) im Wesentlichen symmetrisch zur Umformzone (6) angeordnet sind.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb der Erwärmungszone (11) die Behandlungstemperatur auf eine vorbestimmte Temperaturverteilung mit lokal unterschiedlichen Temperaturwerten gebracht wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieeintrag von beiden Seiten des Werkstücks (1) erfolgt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmungszone (11) parallel zur Biegekante (5) orientiert festgelegt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieeintrag in die Erwärmungszone (11) in mehreren voneinander distanzierten Erwärmungsabschnitten (22) erfolgt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmungsabschnitte (22) innerhalb der Erwärmungszone (11) im Wesentlichen gleichmäßig verteilt festgelegt werden
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieeintrag in zumindest einem Erwärmungsabschnitt (22) im Wesentlichen entlang einer Linie (23) durchgeführt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieeintrag in zumindest einem Erwärmungsabschnitt (22) im Wesentlichen in einem Punkt (24) durchgeführt wird.



12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieeintrag gleichzeitig in allen Erwärmungsabschnitten (22) der Erwärmungszone (11) erfolgt.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Energieeintrag zeitlich nacheinander in einzelnen Erwärmungsabschnitten (22) erfolgt.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass sich Erwärmungsabschnitte (22) überlappen.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmung der Umformzone (6) auf die Umformtemperatur mittels Energieeintrag in die Erwärmungszone (11) und dadurch bewirkte Wärmeleitung innerhalb des Werkstücks (1) erfolgt.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die für die Erwärmung der Umformzone (6) verwendete Heizeinrichtung (7) zeitlich versetzt auch für den Energieeintrag in die Erwärmungszone (11) verwendet wird.
17. Verfahren nach der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmungszone (11) und die Umformzone (6) jeweils mittels einer gesonderten Heizeinrichtung (7, 12) erwärmt werden.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Verfahrensparameter ausgewählt aus einer Gruppe umfassend Lage, Form, Ausdehnung oder Behandlungstemperatur der Erwärmungszone, Verteilung, Dauer oder Intensität des Energieeintrags mittels einer programmierbaren Steuerungsvorrichtung (13) festgelegt wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Verfahrensparameter unter Verwendung einer Finite-Elemente-Methode festgelegt wird.
20. Verfahren nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Verfahrensparameter nach Vermessung der Geometrie und/oder der Temperatur des Werkstücks (1) vor und/oder nach dem Umformvorgang festgelegt wird.
21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Intensität und die Dauer des Energieeintrags so gewählt wird, dass in der Erwärmungszone (11) und/oder den Erwärmungsabschnitten (22) eine Behandlungstemperatur aus einem Bereich zwischen 220°C und 600°C im Wesentlichen über die gesamte Dicke des Werkstücks erreicht wird.
22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Intensität und die Dauer des Energieeintrags so gewählt wird, dass in der Erwärmungszone (11) und/oder den Erwärmungsabschnitten (22) eine Behandlungstemperatur erreicht wird, bei der gegenüber der Ausgangstemperatur eine Gefügeveränderung des Werkstücks (1) bewirkt wird.
23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil des Energieeintrages in die Erwärmungszone (11) in einem dem Biegevorgang vorgeordneten Zuschnittvorgang auf einer Laserschneidanlage erfolgt.
24. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 23 zur Biegebearbeitung von Werkstücken (1) aus Metallblechen auf Zinkbasis, Titanbasis, Aluminiumbasis, Verbundwerkstoffen mit derartigen Materialien oder bei

Werkstücken, bei denen das Verhältnis aus kleinstem Biegeradius und Blechdicke kleiner gleich 1,0 ist.

TRUMPF Maschinen Austria GmbH & Co. KG.

durch



Anwälte Burger & Partner
Rechtsanwalt GmbH