

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
31. Dezember 2014 (31.12.2014)



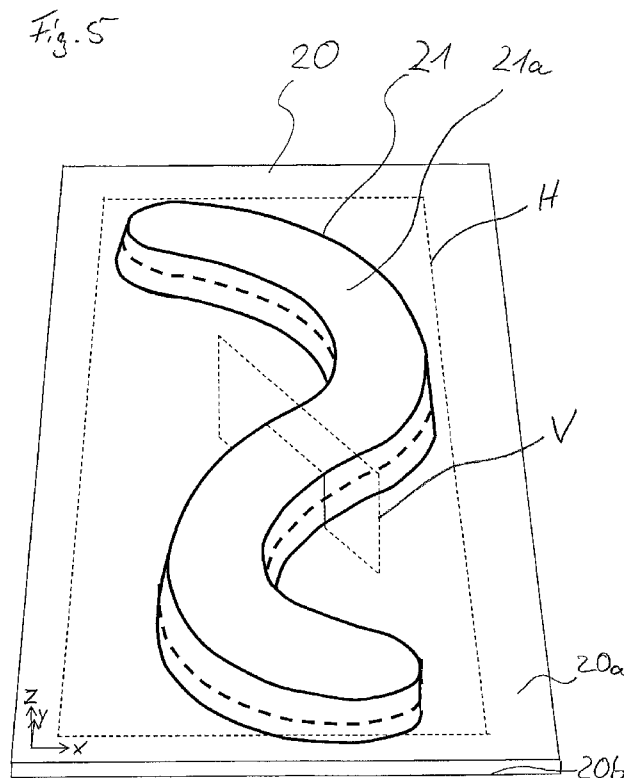
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2014/206532 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
**G05B 19/4093** (2006.01) **G05B 19/4097** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/001597
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
12. Juni 2014 (12.06.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2013 211 960.7 24. Juni 2013 (24.06.2013) DE
- (71) Anmelder: **TRUMPF WERKZEUGMASCHINEN GMBH + CO. KG** [DE/DE]; Johann-Maus-Strasse 2, 71254 Ditzingen (DE).
- (72) Erfinder: **KOEHLER, Uwe**; Bahnhofstrasse 14, 73240 Wendlingen (DE). **BAIERL-MÖHLER, Monika**; Schoenblickstrasse 25, 71735 Nussdorf (DE).
- (74) Anwalt: **SCHMID, Annegret**; Trumpf GmbH + Co. KG, Johan-Maus-Strasse 2, 71254 Ditzingen (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR DETECTING SHAPING

(54) Bezeichnung : SYSTEM UND VERFAHREN ZUR ERKENNUNG VON UMFORMUNGEN



(57) Abstract: The invention relates to a system and a method for automatically detecting three-dimensional shaping in a three-dimensional model of a sheet metal part (20). According to the invention, data of a three-dimensional model of a sheet metal part (20), which extends in a plane spanned by a first direction (X) and a second direction (Y), is recorded, wherein the sheet metal part (20) has a bulge (21) in a third direction (Z), which is different from the first and the second direction (X, Y). Then a horizontal section is made through the bulge (21), and a vertical section is made perpendicularly to the plane spanned by the directions (X, Y), so that closed cross-sectional contours of the bulge (21) are created. After a Fourier transform of the cross-sectional contours, a tool that produces the bulge can be associated with the Fourier coefficients.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein System und ein Verfahren zum automatischen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

Erkennen von dreidimensionalen Umformungen auf in einem dreidimensionalen Modell eines Blechteils (20). Dabei werden von Daten eines dreidimensionalen Modells eines Blechteils (20), welches sich in einer von einer ersten Richtung (X) und einer zweiten Richtung (Y) aufgespannten Ebene erstreckt, erfasst, wobei das Blechteil (20) eine Ausbuchtung (21) in eine dritte Richtung (Z) aufweist, welche von der ersten und der zweiten Richtung (X, Y) verschieden ist. Anschließend wird horizontaler Schnitt durch die Ausbuchtung (21) ausgeführt, sowie ein vertikaler Schnitt senkrecht zur der durch die Richtungen (X, Y) aufgespannten Ebene, so dass geschlossene Querschnittsumrisse der Ausbuchtung (21) gebildet werden. Nach einer Fourier-Transformation der Querschnittsumrisse kann den Fourierkoeffizienten (F1, F2) ein Werkzeug, das die Ausbuchtung erzeugt, zugeordnet werden.

5

10

---

## System und Verfahren zur Erkennung von Umformungen

---

15 Die Erfindung betrifft ein System und ein Verfahren zum automatischen Erkennen von dreidimensionalen Umformungen in einem dreidimensionalen Modell eines Blechteils.

Die genannten Umformungen, wie z.B. Näpfe oder Sicken, können  
20 in der Praxis beispielsweise durch eine Maschine 10, welche in Fig. 1 gezeigt ist, in das Blechteil eingebracht werden. Die Maschine 10 umfasst hier ein zweiteiliges Umformwerkzeug 11a, 11b welches in einem Gehäuse 12 der Maschine 10 aufgenommen ist. Bei der Herstellung der Umformung wird das Blechteil (in  
25 der Figur nicht gezeigt) zwischen dem oberen und dem unteren Umformwerkzeug 11a, 11b hindurchgeführt, wobei die Umformwerkzeuge 11a, 11b an dem Blechteil angreifen, so dass eine Ausbuchtung erzeugt wird, welche die Umformung bildet. Um die Maschine 10 als CAM-Vorrichtung automatisiert im Rahmen eines  
30 CAM-Verfahrens (Computer Aided Manufacturing) einsetzen zu können, umfasst die Maschine 10 ferner einen Prozessor 13 für die automatische Ansteuerung der notwendigen Verfahrensschritte

durch die einzelnen Maschinenteile auf der Basis elektronischer Daten.

In Fig. 2 sind beispielhaft Paare von Umformwerkzeugen 11a, 11b  
5 dargestellt, die in der Maschine 10 von Fig. 1 eingesetzt werden können.

Eine dreidimensionale Darstellung eines auf diese Weise hergestellten Blechteils 20 mit Ausbuchtung 21 ist in der perspektivischen Ansicht von Fig. 3 gezeigt.  
10

Bei der Herstellung solcher Blechteile muss, falls die Herstellung automatisiert mittels eines CAM-Verfahrens erfolgen soll, der entsprechenden CAM-Vorrichtung (wie z.B. der in Fig. 1 dargestellten Maschine 10 oder einem externen Computer) ein Modell  
15 zugeführt werden. Dieses wird herkömmlicherweise aus einem durch ein CAD-Verfahren (= Computer Aided Design = computerunterstützte Konstruktion) erzeugten dreidimensionalen Modell hergeleitet. Hierbei muss ermittelt werden, welches Werkzeug  
20 für die Erzeugung der dreidimensionalen Umformung verwendet werden soll. Gegenwärtig muss diese Information von Hand ermittelt und gegebenenfalls in eine CAM-Vorrichtung eingespeist werden, was sowohl zeit- als auch arbeitsintensiv ist.

25 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein System und ein Verfahren zum automatischen Erkennen von dreidimensionalen Umformungen in einem dreidimensionalen Modell eines Blechteils anzugeben, mittels derer sich aus einem dreidimensionalen Modell des Blechteils mit einer Umformung eine automatische Zuordnung eines die Umformung erzeugenden Werkzeugs ermitteln  
30 lässt.

Diese Aufgabe wird durch ein System nach Anspruch 1 bzw. ein Verfahren nach Anspruch 10 gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

- 5 Ein System zum automatischen Erkennen von dreidimensionalen Umformungen in einem dreidimensionalen Modell eines Blechteils gemäß der Erfindung weist Folgendes auf:  
eine Eingabeeinheit zum Eingeben von Daten eines dreidimensionalen Modells eines Blechteils, welches sich in einer durch ei-  
10 ne erste Richtung X und eine zweiten Richtung Y aufgespannten Ebene erstreckt, wobei das Blechteil eine Ausbuchtung in eine dritte Richtung Z aufweist, welche zur ersten Richtung X und zur zweiten Richtung Y senkrecht ist;  
eine Rechneinheit, die dafür ausgelegt ist, einen horizontalen Schnitt mit dem dreidimensionalen Modell durch die Ausbuchtung parallel zu der durch die erste Richtung X und die zweite  
15 Richtung Y aufgespannten Ebene zu erzeugen, um einen geschlossenen zweidimensionalen horizontalen Querschnittsumriss der Ausbuchtung zu erhalten; sowie mindestens einen vertikalen Schnitt senkrecht zu der durch die erste Richtung X und die  
20 zweite Richtung Y aufgespannte Ebene des Blechteils zu erzeugen, um einen geschlossenen zweidimensionalen vertikalen Querschnittsumriss der Ausbuchtung zu erhalten, der sich zusammensetzt aus einer konvexen Teilstrecke S1, einer ersten  
25 Schnittteilstrecke S2, einer konkaven Teilstrecke S3 und einer zweiten Schnittteilstrecke S4, wobei sich die erste Schnittteilstrecke S2 und die zweite Schnittteilstrecke S4 jeweils zwischen einer ersten Seite des Blechs und einer gegenüberliegenden zweiten Seite desselben erstrecken, und  
30 die Rechneinheit weiter dafür ausgelegt ist, den horizontalen und den vertikalen Querschnittsumriss einer Fouriertransformation zu unterziehen, um spezifische

Fourierkoeffizienten  $F_1$ ,  $F_2$  des horizontalen und des vertikalen Querschnittsumrisses zu ermitteln;  
mindestens eine Speichereinheit, auf welcher eine Zuordnungstabelle gespeichert ist, die den Fourierkoeffizienten  $F_1$ ,  $F_2$   
5 Werkzeugdaten zuordnet, wobei die Werkzeugdaten einen Werkzeugtyp angeben, und wobei die Rechneinheit auf die Speichereinheit zugreifen kann, um die Werkzeugdaten durch die ermittelten Fourierkoeffizienten zu ermitteln; und  
mindestens eine Ausgabereinheit zum Ausgeben der Daten des dreidimensionalen Modells zusammen mit den Werkzeugdaten.  
10

Unter Einsatz des erfindungsgemäßen Systems werden somit zwei Schnitte durch das dreidimensionale Modell der Ausbuchtung des Blechstücks erhalten, die eine Information über den Werkzeugtyp  
15 erlauben, durch welchen die Ausbuchtung erzeugt werden kann. Die Verknüpfung zwischen der Information über den Werkzeugtyp und der durch die Schnitte erhaltenen Querschnittsumrisse erfolgt über eine Fourier-Transformation der letztgenannten sowie eine Zuordnung der Fourierkoeffizienten, die sich aus der  
20 Transformation ergeben, durch eine Zuordnungstabelle. Auf diese Weise kann über die Ausgabereinheit eine Werkzeuginformation ausgegeben werden, die in einem CAM-Prozess zur Auffindung des entsprechenden Werkzeugtyps verwendet werden kann. Auf diese Weise entfällt die bisher notwendige manuelle Eingabe der Werkzeugdaten in eine CAM-Vorrichtung, welche mit einem hohen Zeit- und Arbeitsaufwand verbunden ist. Durch die Verwendung von  
25 Fourierkoeffizienten anstelle der kompletten geometrischen Daten des Werkzeugs in einer Werkzeugdatenbank ist das Suchen und Auffinden entsprechender Werkzeuge mit geringerem technischen Aufwand möglich, da eine Liste der Koeffizienten schneller  
30 durchsucht werden kann als eine Vielzahl komplexer Werkzeuggeometriedaten.

Die erste Schnittteilstrecke S2 und die zweite Schnittteilstrecke S4 können sich insbesondere senkrecht zu der durch die erste Richtung X und die zweite Richtung Y aufgespannten Ebene erstrecken. Hierbei wird eine besonders genaue Wiedergabe des Werkzeugtyps ermöglicht.

10 Ferner ist es möglich, dass sich die erste Schnittteilstrecke S2 und die zweite Schnittteilstrecke S4 an jeweiligen Positionen in der ersten Richtung X und der zweiten Richtung Y erstrecken, an denen die Ausbuchtung beginnt bzw. endet. Mit anderen Worten schließen sich die Schnittteilstrecken S2 und S4 unmittelbar an die Ausbuchtung an, wodurch der Umriss der Ausbuchtung besonders exakt wiedergegeben wird, was die Sicherheit  
15 der Zuordnung zu einem entsprechenden Werkzeugtyp erhöht.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Rechereinheit dafür ausgelegt, einen weiteren vertikalen Schnitt zu erzeugen, welcher von dem genannten vertikalen Schnitt verschieden ist, und den sich durch den weiteren vertikalen Schnitt ergebenden weiteren vertikalen Querschnittsumriss der Ausbuchtung einer Fouriertransformation zu unterziehen, um einen spezifischen Fourierkoeffizienten des weiteren vertikalen Querschnittsumrisses zu ermitteln. Diese Ausgestaltung bietet  
20 die Möglichkeit, durch den weiteren vertikalen Schnitt eine eindeutige Zuordnung zu einem Werkzeugtyp zu erhalten, wenn eine solche eindeutige Zuordnung durch den ersten vertikalen Schnitt nicht möglich war. In diesem Fall kann der Fourierkoeffizient des ersten vertikalen Schnitts verworfen  
25 werden und für die Zuordnung lediglich der Fourierkoeffizient des weiteren vertikalen Schnitts verwendet werden. Ferner kann eine Zuordnung über beide oder mehrere vertikale Schnitte ge-

troffen werden. Auf diese Weise kann die Treffsicherheit des Systems in Bezug auf die Werkzeuginformation erhöht werden, oder auch unterschiedliche und variable Profiltiefen behandelt werden. Selbstverständlich können mehrere weitere vertikale  
5 Schnitte an verschiedenen Stellen erzeugt werden, bis eine eindeutige Zuordnung des entsprechenden Fourierkoeffizienten zu einem Werkzeugtyp möglich ist.

Das erfindungsgemäße System kann ferner eine Anzeigeeinheit  
10 aufweisen und die Rechneinheit kann dafür ausgelegt sein, eine manuelle Eingabe von Werkzeugdaten über die Anzeigeeinheit anzufordern, wenn für die ermittelten Fourierkoeffizienten keine entsprechenden Werkzeugdaten in der Speichereinheit gespeichert sind. Auf diese Weise ist es möglich, die Zuordnungsta-  
15 belle zu ergänzen und neue Werkzeugtypen zu integrieren.

Die Rechneinheit kann darüber hinaus dafür ausgelegt sein, aus den Daten des dreidimensionalen Modells des Blechteils ein zweidimensionales Modell des Blechteils in der durch die erste  
20 Richtung X und die zweite Richtung Y aufgespannten Ebene zu erzeugen und in das zweidimensionale Modell die ermittelten oder eingegebenen Werkzeugdaten zu integrieren. Somit kann ein Datensatz erzeugt werden, der insbesondere alle für den Einsatz in einer CAM-Vorrichtung notwendigen Informationen in kompri-  
25 mierter Form enthält. Diese Daten können von der CAM-Vorrichtung unmittelbar zur Steuerung eines CAM-Verfahrens zur automatisierten Herstellung eines Blechteils mit entsprechender Ausbuchtung eingesetzt werden.

30 Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist Rechneinheit dafür ausgelegt, die ermittelten oder eingegebenen Werkzeugdaten als Textbaustein in das zweidimensionale Modell des

Blechteils zu integrieren. Diese Ausgestaltung eignet sich insbesondere für die bildliche Wiedergabe eines Modells eines Blechstücks mit Ausbuchtung, da hier der Werkzeugtyp auch unmittelbar optisch durch einen Benutzer erfasst werden kann.

5

Die Eingabeeinheit kann weiter dafür ausgelegt sein, Werkzeugdaten zur Speicherung in der Zuordnungstabelle der Speichereinheit einzugeben. Auf diese Weise kann die Zuordnungstabelle manuell oder automatisch ergänzt bzw. neuen Werkzeugtypen angepasst werden.

10

Um einen Querschnittsumriss zu erhalten, welcher dem einzusetzenden Werkzeugtyp möglichst exakt entspricht, ist es vorzuziehen, dass der horizontale Schnitt auf einer Höhe in der dritten Richtung Z erfolgt, die zwischen dem höchsten Punkt der Ausbuchtung und derjenigen Seite des Blechstücks liegt, welche dem höchsten Punkt der Ausbuchtung am nächsten liegt.

15

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum automatischen Erkennen von dreidimensionalen Umformungen in einem dreidimensionalen Modell eines Blechteils weist die folgenden Schritte auf:

20

Erfassen von Daten eines dreidimensionalen Modells eines Blechteils, welches sich in einer durch eine erste Richtung X und eine zweite Richtung Y aufgespannten Ebene erstreckt, wobei das Blechteil eine Ausbuchtung in eine dritte Richtung Z aufweist, welche zu der durch die erste Richtung X und die zweite Richtung Y aufgespannten Ebene senkrecht ist;

25

Erzeugen eines horizontalen Schnitts mit dem dreidimensionalen Modell durch die Ausbuchtung parallel zu der durch die erste Richtung X und die zweite Richtung Y aufgespannte Ebene, um einen geschlossenen zweidimensionalen horizontalen Querschnittsumriss der Ausbuchtung zu erhalten; sowie

30

Erzeugen mindestens eines vertikalen Schnitts senkrecht zu der durch die erste Richtung X und die zweite Richtung Y aufgespannten Ebene des Blechteils, um einen geschlossenen zweidimensionalen vertikalen Querschnittsumriss der Ausbuchtung zu erhalten, der sich zusammensetzt aus einer konvexen Teilstrecke S1, einer ersten Schnittteilstrecke S2, einer konkaven Teilstrecke S3 und einer zweiten Schnittteilstrecke S4, wobei sich die erste Schnittteilstrecke S2 und die zweite Schnittteilstrecke S4 jeweils zwischen einer ersten Seite des Blechs und einer gegenüberliegenden zweiten Seite desselben erstrecken,

Anwenden einer Fourier-Transformation auf den horizontalen Querschnittsumriss und den vertikalen Querschnittsumriss, um spezifische Fourierkoeffizienten F1, F2 des horizontalen und des vertikalen Querschnittsumrisses zu ermitteln;

Speichern einer Zuordnungstabelle, die den Fourierkoeffizienten F1, F2 Werkzeugdaten zugeordnet, wobei die Werkzeugdaten einen Werkzeugtyp angeben; und

Ausgeben der Daten des dreidimensionalen Modells zusammen mit den Werkzeugdaten.

Die durch das erfindungsgemäße Verfahren erzielbaren Vorteile und Effekte sind gleich denjenigen, die vorstehend in Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen System beschrieben wurden.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine Maschine zur Herstellung einer Umformung in einem Blechteil;

Fig. 2 in der Maschine von Fig. 1 einsetzbare Umformwerkzeuge;

- Fig. 3 ein Blechstück mit einer dreidimensionalen Umformung, welche durch die Maschine von Fig. 1 erzeugt werden kann;
- Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Systems gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 5 das Blechstück mit Umformung von Fig. 5 mit eingezeichneten Schnittebenen für einen horizontalen Schnitt und einen vertikalen Schnitt;
- Fig. 6 eine Ansicht des horizontalen Schnitts durch die Umformung in dem Blechteil von Fig. 5;
- Fig. 7 eine Ansicht des vertikalen Schnitts durch die Umformung im Blechteil von Fig. 6; und
- Fig. 8 ein Flussdiagramm, welches die Schritte eines Verfahrens nach einer Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht.

In Fig. 4 sind schematisch wesentliche Elemente eines Systems zum automatischen Erkennen von dreidimensionalen Umformungen auf in einem dreidimensionalen Modell eines Blechteils schematisch dargestellt. Wie dies in der Figur zu erkennen ist, umfasst ein System gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung eine Eingabeeinheit 100, beispielsweise eine Schnittstelle zur Datenübertragung oder eine Benutzungsschnittstelle aus Maus und Tastatur, zur manuellen oder automatischen Eingabe von Daten eines dreidimensionalen Modells eines Blechteils, eine Rechneinheit 200, welche einen Prozessor umfasst und dafür ausgelegt ist, die für das Erkennen der Umformungen notwendigen Verfahrensschritte auszuführen, eine Speichereinheit 300 zur Speicherung einer Zuordnungstabelle, sowie optional eine Anzeigeeinheit 400, z.B. einen Monitor, zur Kommunikation mit einem Benutzer und eine Ausgabeeinheit 500. Die Eingabeeinheit 100, die Speichereinheit 300 die Anzeigeeinheit 400 sowie die Ausga-

beeinheit 500 sind mit der Rechneinheit 200 funktional verbunden.

Mit nunmehrigem Bezug auf Fig. 5 wird das Prinzip eines erfindungsgemäßen Verfahrens erläutert, welches beispielsweise mit dem in Fig. 4 dargestellten System ausgeführt werden kann. Fig. 5 stellt eine perspektivische Ansicht des Blechteils 20 mit der Ausbuchtung 21 von Fig. 3 als ein dreidimensionales Modell dar, wie es beispielsweise im Rahmen eines CAD-Verfahrens erzeugt wird. Wie dies in der Figur gezeigt ist, erstreckt sich das Blechteil 20 des dreidimensionalen Modells in einer durch eine erste Richtung X und eine zweite Richtung Y aufgespannten Ebene, wobei die Ausbuchtung 21 in einer Richtung Z ausgeprägt ist, so dass das Blechteil 20 mit der Ausbuchtung 21 insgesamt eine dreidimensionale Einheit bildet.

In Fig. 5 sind dabei zusätzlich zwei Schnittebenen eingezeichnet, nämlich eine horizontale Schnittebene H parallel zu der durch die ersten und die zweiten Richtung X, Y aufgespannten Ebene und eine vertikale Schnittebene V senkrecht zu der durch die erste und die zweite Richtung X, Y aufgespannten Ebene. Im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens werden zunächst ein horizontaler Schnitt entlang der horizontalen Schnittebene H sowie ein vertikaler Schnitt entlang der vertikalen Schnittebene V durch das dreidimensionale Modell ausgeführt. Die in der Figur eingezeichneten Lagen der horizontalen Schnittebene H und der vertikalen Schnittebene V sind lediglich beispielhaft angegeben. Sie können auch an anderen Stellen der Ausbuchtung 21 angesetzt werden, solange sie jeweils die Ausbuchtung 21 schneiden.

Durch den horizontalen Schnitt und den vertikalen Schnitt werden ein horizontaler bzw. ein vertikaler Querschnittsumriss der Ausbuchtung 21 erzeugt, welche im gezeigten Ausführungsbeispiel jeweils eine geschlossene Kontur bilden. Dabei verläuft der horizontale Schnitt vorzugsweise zwischen einem in Z-Richtung  
5 höchstgelegenen Punkt 21a der Ausbuchtung 21 und derjenigen Seite des Blechstücks 20, welche dem höchstgelegenen Punkt 21a in Z-Richtung am nächsten liegt. Bei der genannten Seite des Blechstücks 20 handelt es sich um eine Oberseite 20a, welche im  
10 Rahmen der Erfindung so definiert ist, dass sie die Seite ist, auf welcher die Konvexität der Ausbuchtung ausgebildet ist. Der „höchste Punkt“ 21a ist im vorliegenden Fall, wie aus der Figur zu entnehmen ist, ein ebener flächiger Bereich, welcher den oberen Abschluss der Ausbuchtung 21, mit anderen Worten deren  
15 Oberseite, bildet. Insbesondere kann der horizontale Schnitt so gemacht werden, dass er nur geringfügig unterhalb des höchsten Punktes 21a d.h. nur geringfügig unterhalb der Oberseite der Ausbuchtung 21 verläuft. Unter „geringfügig“ ist im Rahmen der Erfindung beispielsweise ein Abstand von wenigen  $\mu\text{m}$  bis wenigen  
20 mm zu verstehen.

Demgegenüber kann der vertikale Schnitt an verschiedenen Stellen entlang der Verlaufsrichtung der Ausbuchtung 21 gesetzt werden, wobei er jedoch vorzugsweise senkrecht zur momentanen  
25 Verlaufsrichtung an der Schnittstelle gemacht wird (die Verlaufsrichtung ist in Fig. 6 durch Pfeile angedeutet).

In Fig. 6 ist in Draufsicht der geschlossene horizontale Querschnittsumriss gezeigt, welcher sich durch den vorstehend  
30 beschriebenen horizontalen Schnitt ergibt. Da der horizontale Schnitt im vorliegenden Fall nur geringfügig unterhalb der Oberseite der Ausbuchtung 21 verläuft, entspricht die Fläche

innerhalb des gezeigten Querschnittsumrisses näherungsweise der Fläche der Oberseite der Ausbuchtung 21, wie sie in Fig. 5 gezeigt ist. Durch die Linie V durch den Querschnittsumriss von Fig. 6 ist der vertikale Schnitt angedeutet, welcher die in  
5 Fig. 7 gezeigte Ansicht ergibt.

Hat die Ausbuchtung nicht wie in Fig. 5 gezeigt eine Form mit einer Strecke, beispielsweise die in Fig. 5 gezeigte S-Form mit zwei Endpunkten, sondern eine geschlossene Form, beispielsweise  
10 ein Ring, ergibt sich durch den horizontalen schnitt nicht eine geschlossene Kontur, sondern zwei, in diesem Fall kreisförmige Konturen, nämlich die Innenkreiskontur und die Außenkreiskontur der kreisförmigen Ausbuchtung.

15 Wie in Fig. 7 zu erkennen ist, führt der vertikale Schnitt senkrecht zu der durch die ersten Richtung X und die zweite Richtung Y aufgespannten Ebene ebenfalls zu einem geschlossenen Querschnittsumriss, welcher aus einer Folge aus mehreren Teilstrecken zusammengesetzt ist, nämlich aus einer konvexen Teilstrecke S1, einer ersten Schnittteilstrecke S2, einer konkaven  
20 Teilstrecke S3 und einer zweiten Schnittteilstrecke S4. Dabei erstreckt sich die konvexe Teilstrecke S1 von der Oberseite des Blechstücks 20 hier schräg nach oben in Z-Richtung, geht dann in einen flachen Teil über, der hier parallel zur Oberseite des Blechstücks 20 verläuft, und erstreckt sich im weiteren Verlauf  
25 schräg nach unten bis wiederum zur Oberseite des Blechstücks 20. Die daran anschließende Schnittteilstrecke S2 erstreckt sich hier in Z-Richtung senkrecht nach unten von der Oberseite des Blechstücks 20 bis zu einer gegenüberliegenden Unterseite desselben. Die konkave Teilstrecke S3 ist hier wieder aus einem schräg nach oben verlaufenden Teil, einem daran anschließenden näherungsweise parallel zur Oberseite des Blechstücks 20  
30

und einem schräg nach unten verlaufenden Teil zusammengesetzt. Der Querschnittsumriss wird schließlich durch die Schnittteilstrecke S4 geschlossen, die sich hier im Wesentlichen senkrecht zwischen der Unterseite des Blechstücks 20 und dessen Oberseite erstreckt.

Somit werden durch die beiden Schnitte zwei geschlossene Querschnittsumrisse erhalten, die einen geschlossenen Polygonzug darstellen. Ein solcher geschlossener Polygonzug kann, wie dies bekannt ist, einer Fourier-Transformation unterzogen werden, durch die für jeden geschlossenen Polygonzug ein Fourierkoeffizient F1, F2 erhalten wird. Das Verfahren der Fourier-Transformation ist dem Fachmann auf dem Gebiet der computerunterstützten Konstruktion wohlbekannt, beispielsweise aus Bronstein, Semendjajew, Taschenbuch der Mathematik, und soll deshalb an dieser Stelle nicht näher erläutert werden.

Mittels dieser Fourierkoeffizienten F1, F2 lässt sich eine Zuordnung der Geometrie der Ausbuchtung 21 zu einem Werkzeug treffen, mittels dessen eine Ausbuchtung 21 mit dieser Geometrie erzeugt werden kann.

Sind weitere Querschnittsumrisse vorhanden, beispielsweise im Falle einer ringförmigen Ausbuchtung zwei horizontale Querschnittsumrisse, kann eine Zuordnung durch die Bildung entsprechender weiterer Fourierkoeffizienten gebildet werden.

Eine entsprechende Zuordnungstabelle, welche verschiedene Fourierkoeffizienten F1, F2 mit entsprechenden Werkzeugdaten verknüpft, kann in der in Fig. 4 gezeigten Speichereinheit 300 gespeichert sein. Die Werkzeugdaten können dann über die Ausgabereinheit 500 von Fig. 4 ausgegeben und beispielsweise ei-

ner CAM-Vorrichtung, wie sie in Fig. 1 gezeigt ist, zugeführt werden.

Es ist anzumerken, dass die konvexe Teilstrecke S1 allgemein  
5 diejenige Teilstrecke darstellt, welche sich zwischen jeweiligen Positionen in der ersten Richtung X und der zweiten Richtung Y, an denen die Ausbuchtung beginnt bzw. endet, oberhalb der Oberseite des Blechstücks 20 erstreckt. Auf ähnliche Weise stellt die konkave Teilstrecke S3 allgemein diejenige Teilstrecke dar,  
10 cke dar, welche sich zwischen jeweiligen Positionen in der ersten Richtung X und der zweiten Richtung Y, an denen die Ausbuchtung beginnt bzw. endet, oberhalb der Unterseite des Blechstücks 20 erstreckt.

15 Dies hat auch zum Ergebnis, dass sich für unterschiedliche Umformhöhen unterschiedliche Querschnittsumrisse durch den vertikalen Schnitt ergeben. Dies schlägt sich wiederum in unterschiedlichen Fourierkoeffizienten für den Querschnittsumriss nieder. Aufgrund der noch vorhandenen Ähnlichkeiten der  
20 Fourierkoeffizienten kann auf ein dafür verwendbares Werkzeug geschlossen werden, und es können zusätzlich dafür benötigte Bearbeitungsparameter wie beispielsweise die Eindringtiefe ermittelt werden.

25 Der Ablauf eines erfindungsgemäßen Verfahrens lässt sich dem schematischen Flussdiagramm von Fig. 8 entnehmen.

Demzufolge werden in einem ersten Schritt Stl Daten einer dreidimensionalen Abbildung (= 3D-Abbildung) eines Blechteils mit  
30 einer dreidimensionalen Umformung erfasst. Dies erfolgt beispielsweise durch Erstellen eines dreidimensionalen Modell

durch einen Benutzer auf dem System oder durch Übermitteln eines solchen Modells an das erfindungsgemäße System.

Anschließend wird in einem Schritt St2 ein horizontaler Schnitt  
5 durch die Ausbuchtung des Modells berechnet. Hierzu wird eine Ebene parallel zur Richtung X und zur Richtung Y eingesetzt, um deren Schnittfläche mit der Ausbuchtung zu ermitteln.

In einem Schritt St3 werden ein oder mehrere vertikale Schnitte  
10 durch die Ausbuchtung (dreidimensionale Umformung) des Modells ausgeführt. Hierbei wird eine Ebene senkrecht zu der durch Richtung X und Richtung Y aufgespannten Ebene verwendet, um eine Querschnittsfläche des Blechstücks zu erhalten. Die Ausrichtung der Ebene erfolgt hier vorzugsweise so, dass sie senkrecht  
15 zum Längsverlauf der Ausbuchtung verläuft. Um einen geschlossenen Querschnittsumriss der Ausbuchtung zu erhalten, wird die Querschnittsfläche dort, wo sie sich von dem Blechteil abhebt, begrenzt. Es wird dafür dort, wo die Ausbuchtung erstmalig in Richtung Z von der Grundfläche des Blechteils abweicht, die  
20 Querschnittsfläche senkrecht zum Blech des Blechteils begrenzt.

Danach werden in einem Schritt St4 die durch die Schnitte erhaltenen geschlossenen Querschnittsumrisse einer Fourier-Transformation unterzogen, um Fourierkoeffizienten der  
25 Querschnittsumrisse zu erhalten. Für eine Ausbuchtung mit in ihrem Verlauf variabler Ausdehnung in Richtung Z kann es erforderlich sein, zwei oder mehrere vertikale Schnitte und entsprechende Koeffizienten zu berechnen, um ein Werkzeug eindeutig zu bestimmen.

30 Den so erhaltenen Fourierkoeffizienten werden in einem nächsten Schritt St5 Werkzeugdaten eines Werkzeugtyps zugeordnet, bei-

spielsweise mit Hilfe einer vordefinierten Zuordnungstabelle. Hierfür wird in der Tabelle nach sich in bestimmten Toleranzbereichen bewegendem Koeffizienten gesucht, und zu entsprechenden Koeffizienten gespeicherte Werkzeuginformation, beispielsweise  
5 eine Identifikationsnummer des Werkzeugs, ausgelesen. Sollte zu den Koeffizienten keine entsprechende Werkzeuginformation vorhanden sein, wird der Benutzer aufgefordert, entsprechende Information einzugeben. In diesem Fall wird die eingegebene Information dauerhaft in der Zuordnungstabelle gespeichert und  
10 steht auch für spätere Anwendungsfälle zur Verfügung.

Schließlich erfolgt in einem Schritt St6 die Ausgabe der Werkzeugdaten des so ermittelten Werkzeugtyps.

15 Einzelne Komponenten des Systems, beispielsweise Steuerkomponenten der Rechneinheit können gegebenenfalls durch Einsatz eines Dongles, d.h. einer Vorrichtung, die nicht replizierbar ist und deren Präsenz von den Steuerkomponenten für den eigenen Betrieb erforderlich ist und abgefragt wird, gegen  
20 unautorisiertes Einspeisen von Daten gesichert werden.

Dem Fachmann ist offensichtlich, dass innerhalb des Umfangs der Ansprüche Abwandlungen der oben ohnehin nur beispielhaft beschriebenen Ausführungsform möglich sind. So ist die Erfindung  
25 nicht auf das beschriebene abgeflachte Profil der Ausbuchtung beschränkt, sondern auf jedes Profil anwendbar. Ferner ist es nicht nur auf laufende Umformungswerkzeuge beschränkt, sondern auch auf Stanz- oder Stempelwerkzeuge oder andere anwendbar.

30 Insbesondere ist die Erfindung nicht darauf beschränkt, die Koeffizienten für die Zuordnung zwischen der zu formenden Ausbuchtung und dem Werkzeug mittels Fourier-Transformation zu be-

stimmen. Diese ist zwar vorteilhaft, da aus den hiermit ermittelten Fourierkoeffizienten der Schwerpunkt des Werkzeugs bestimmt werden kann. Letzteres ist hilfreich für die Positionierung des Werkzeugs zum Werkstück. Alternativ können andere  
5 Transformationen, insbesondere Integraltransformationen, beispielsweise die Laplace-Transformation zur Bestimmung der Koeffizienten verwendet werden.

Die Junktoren ... „und“, „oder“ und „entweder ... oder“ werden in  
10 der Bedeutung verwendet, die an die logische Konjunktion, die logische Adjunktion (oft „und/oder“), bzw. die logische Contravalenz angelehnt sind.

## PATENTANSPRÜCHE

1. System zum automatischen Erkennen von dreidimensionalen Umformungen in einem dreidimensionalen Modell eines Blechteils (20), das aufweist:

eine Eingabeeinheit (100) zum Eingeben von Daten eines dreidimensionalen Modells eines Blechteils (20), welches sich in einer durch eine erste Richtung X und eine zweite Richtung Y aufgespannte Ebene erstreckt, wobei das Blechteil (20) eine Ausbuchtung (21) in eine dritte Richtung Z aufweist, welche zu der durch die erste Richtung X und die zweite Richtung Y aufgespannten Ebene senkrecht ist;

eine Rechneinheit (200), die dafür ausgelegt ist, einen horizontalen Schnitt mit dem dreidimensionalen Modell durch die Ausbuchtung (21) parallel zu der durch die erste Richtung X und die zweite Richtung Y aufgespannten Ebene zu erzeugen, um mindestens einen geschlossenen zweidimensionalen horizontalen Querschnittsumriss der Ausbuchtung (21) zu erhalten; sowie

mindestens einen vertikalen Schnitt senkrecht zur durch die erste Richtung X und die zweite Richtung Y aufgespannte Ebene des Blechteils (20) zu erzeugen, um jeweils einen geschlossenen zweidimensionalen vertikalen Querschnittsumriss der Ausbuchtung (21) für jeden vertikalen Schnitt zu erhalten, der sich zusammensetzt aus

einer konvexen Teilstrecke (S1),  
einer ersten Schnittteilstrecke (S2),  
einer konkaven Teilstrecke (S3) und  
einer zweiten Schnittteilstrecke (S4)

wobei sich die erste Schnittteilstrecke (S2) und die zweite Schnittteilstrecke (S4) jeweils zwischen einer ersten Seite des Blechs (20) und einer gegenüberliegenden zweiten Sei-

te desselben erstrecken, und

die Rechneinheit (200) weiter dafür ausgelegt ist, den mindestens einen horizontalen und den vertikalen Querschnittsumriss einer Transformation zu unterziehen, um spezifische Transformationskoeffizienten ( $F_1$ ,  $F_2$ ) des mindestens einen horizontalen und des vertikalen Querschnittsumrisses zu ermitteln;

mindestens eine Speichereinheit (300), auf welcher eine Zuordnungstabelle gespeichert ist, die den Transformationskoeffizienten ( $F_1$ ,  $F_2$ ) Werkzeugdaten zugeordnet, wobei die Werkzeugdaten einen Werkzeugtyp angeben, und wobei die Rechneinheit (200) auf die Speichereinheit zugreifen kann, um die Werkzeugdaten durch die ermittelten Transformationskoeffizienten zu ermitteln; und

mindestens eine Ausgabereinheit zum Ausgeben der Daten des dreidimensionalen Modells zusammen mit den Werkzeugdaten.

2. System nach Anspruch 1, wobei die Transformation eine Fourier-Transformation, insbesondere eine diskrete Fourier-Transformation, und die Transformationskoeffizienten Fourierkoeffizienten sind.

3. System nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei

die Recheneinheit (200) dafür ausgelegt ist, durch den horizontalen Schnitt zwei geschlossene zweidimensionale horizontale Querschnittsumrisse der Ausbuchtung (21) zu erhalten, und

die Rechneinheit (200) dafür ausgelegt ist, sowohl den ersten als auch den zweiten vertikalen Querschnittsumriss der Transformation zu unterziehen, um spezifische Transformationskoeffizienten zu erhalten.

4. System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei sich die erste Schnittteilstrecke (S2) und die zweite Schnittteilstrecke (S4) senkrecht zur durch die erste Richtung X und die zweite Richtung Y aufgespannten Ebene erstrecken.
- 5 5. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei sich die erste Schnittteilstrecke (S2) und die zweite Schnittteilstrecke (S4) an jeweiligen Positionen in der ersten Richtung X und der zweiten Richtung Y erstrecken, an denen die Ausbuchtung beginnt bzw. endet.
- 10 6. System nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Rech-  
nereinheit (200) dafür ausgelegt ist, einen weiteren vertikalen Schnitt zu erzeugen, welcher von dem genannten vertikalen Schnitt verschieden ist, und den sich durch den weiteren verti-  
kalen Schnitt ergebenden weiteren vertikalen Querschnittsumriss  
15 der Ausbuchtung (21) einer Fourier-Transformation zu unterzie-  
hen, um einen spezifischen Fourierkoeffizienten (F3) des weite-  
ren vertikalen Querschnittsumrisses zu ermitteln.
7. System nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das System eine Anzeigeeinheit (400) aufweist und die Rechereinheit (200)  
20 dafür ausgelegt ist, eine manuelle Eingabe von Werkzeugdaten über die Anzeigeeinheit (400) anzufordern wenn für die ermit-  
telten Fourierkoeffizienten keine entsprechenden Werkzeugdaten in der Speichereinheit (300) gespeichert sind.
8. System nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Rech-  
25 nereinheit (300) dafür ausgelegt ist, aus den Daten des dreidi-  
mensionalen Modells des Blechteils (20) ein zweidimensionales Modell des Blechteils (20) in der durch die erste Richtung X und die zweite Richtung Y aufgespannten Ebene zu erzeugen und

in das zweidimensionale Modell die ermittelten oder eingegebenen Werkzeugdaten zu integrieren.

9. System nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Rech-  
nereinheit (300) dafür ausgelegt ist, die ermittelten oder ein-  
5 gegebenen Werkzeugdaten als Textbaustein in das zweidimensiona-  
le Modell des Blechteils (20) zu integrieren.

10. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die  
Eingabeeinheit (100) weiter dafür ausgelegt ist, Werkzeugdaten  
zur Speicherung in der Zuordnungstabelle der Speichereinheit  
10 (300) einzugeben.

11. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der  
horizontale Schnitt auf einer Höhe in der dritten Richtung Z  
erfolgt, die zwischen dem höchsten Punkt der Ausbuchtung (21)  
und derjenigen Seite des Blechstücks (20) liegt, welche dem  
15 höchsten Punkt der Ausbuchtung (21) am nächsten liegt.

12. Verfahren zum automatischen Erkennen von dreidimensionalen  
Umformungen in einem dreidimensionalen Modell eines Blechteils  
(20), das die folgenden Schritte aufweist:

Erfassen von Daten eines dreidimensionalen Modells eines  
20 Blechteils (20), welches sich in einer durch eine erste Rich-  
tung X und eine zweite Richtung Y aufgespannten Ebene er-  
streckt, wobei das Blechteil (20) eine Ausbuchtung (21) in eine  
dritte Richtung Z aufweist, welche zur durch die erste Richtung  
X und die zweite Richtung Y aufgespannten Ebene senkrecht ist;  
25 Erzeugen eines horizontalen Schnitts mit dem dreidimensio-  
nale Modell durch die Ausbuchtung (21) parallel zur durch die  
erste Richtung X und die zweite Richtung Y aufgespannten Ebene,  
um mindestens einen geschlossenen zweidimensionalen horizonta-

len Querschnittsumriss der Ausbuchtung (21) zu erhalten; sowie

Erzeugen mindestens eines vertikalen Schnitts senkrecht zu der durch die erste Richtung X und die zweite Richtung Y aufgespannten Ebene des Blechteils (20), um jeweils einen geschlossenen zweidimensionalen vertikalen Querschnittsumriss der Ausbuchtung (21) für jeden vertikalen Schnitt zu erhalten, der sich zusammensetzt aus

einer konvexen Teilstrecke (S1),  
einer ersten Schnittteilstrecke (S2),  
einer konkaven Teilstrecke (S3) und  
einer zweiten Schnittteilstrecke (S4)

wobei sich die erste Schnittteilstrecke (S2) und die zweite Schnittteilstrecke (S4) jeweils zwischen einer ersten Seite des Blechs (20) und einer gegenüberliegenden zweiten Seite desselben erstrecken,

Anwenden einer Transformation auf den mindestens einen horizontalen Querschnittsumriss und den vertikalen Querschnittsumriss, um spezifische Fourierkoeffizienten (F1, F2) des mindestens einen horizontalen und des vertikalen Querschnittsumrisses zu ermitteln;

Speichern einer Zuordnungstabelle, die den Fourierkoeffizienten (F1, F2) Werkzeugdaten zugeordnet, wobei die Werkzeugdaten einen Werkzeugtyp angeben; und

Ausgeben der Daten des dreidimensionalen Modells zusammen mit den Werkzeugdaten.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die Transformation eine Fourier-Transformation, insbesondere eine diskrete Fourier-Transformation und die Transformationskoeffizienten Fourierkoeffizienten sind.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 13, wobei  
beim Erzeugen des horizontalen Schnitts zwei geschlossene  
zweidimensionale horizontale Querschnittsumrisse der Ausbuch-  
tung (21) erhalten werden, und
- 5 beim Anwenden der Transformation die Transformation sowohl  
den ersten als auch den zweiten vertikalen Querschnittsumriss  
der Transformation angewandt wird, um spezifische Transformati-  
onskoeffizienten für den sowohl den ersten als auch den zweiten  
horizontalen Querschnittsumriss zu erhalten.
- 10 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei sich  
beim Erzeugen des vertikalen Schnitts die erste Schnittteil-  
strecke (S2) und die zweite Schnittteilstrecke (S4) senkrecht  
zur durch die erste Richtung X und die zweite Richtung Y aufge-  
spannten Ebene erstrecken.
- 15 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15, wobei sich  
beim Erzeugen des vertikalen Schnitts die erste Schnittteil-  
strecke (S2) und die zweite Schnittteilstrecke (S4) an jeweili-  
gen Positionen in der ersten Richtung X und der zweiten Rich-  
tung Y erstreckt, an denen die Ausbuchtung beginnt bzw. endet.
- 20 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16, das ferner  
die Schritte aufweist:  
Erzeugen eines weiteren vertikalen Schnitts, welcher von  
dem genannten vertikalen Schnitt verschieden ist, und  
Anwenden einer Fourier-Transformation auf den sich durch  
25 den weiteren vertikalen Schnitt ergebenden weiteren vertikalen  
Querschnittsumriss der Ausbuchtung (21), um einen spezifischen  
Fourierkoeffizienten (F3) des weiteren vertikalen  
Querschnittsumrisses zu ermitteln.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17, das ferner den Schritt aufweist:

Anfordern einer manuellen Eingabe von Werkzeugdaten über eine Anzeigeeinheit (400), wenn für die ermittelten

5 Fourierkoeffizienten keine entsprechenden Werkzeugdaten (300) gespeichert sind.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 18, das ferner den Schritt aufweist:

10 Erzeugen aus den Daten des dreidimensionalen Modells des Blechteils (20) ein zweidimensionales Modell des Blechteils (20) in der durch die erste Richtung X und die zweite Richtung Y aufgespannten Ebene und

Integrieren der ermittelten oder eingegebenen Werkzeugdaten in das zweidimensionale Modell.

15 20. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 19, das ferner den Schritt aufweist:

Integrieren der ermittelten oder eingegebenen Werkzeugdaten als Textbaustein in das zweidimensionale Modell des Blechteils (20).

20 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 20, das ferner den Schritt aufweist:

Eingeben von Werkzeugdaten zur Speicherung in der Zuordnungstabelle.

25 22. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 21, wobei beim Erzeugen des horizontalen Schnitts dieser Schnitt auf einer Höhe in der dritten Richtung Z erfolgt, die zwischen dem höchsten Punkt der Ausbuchtung (21) und derjenigen Seite des Blech-

stücks (20) liegt, welche dem höchsten Punkt der Ausbuchtung (21) am nächsten liegt.

Fig. 1

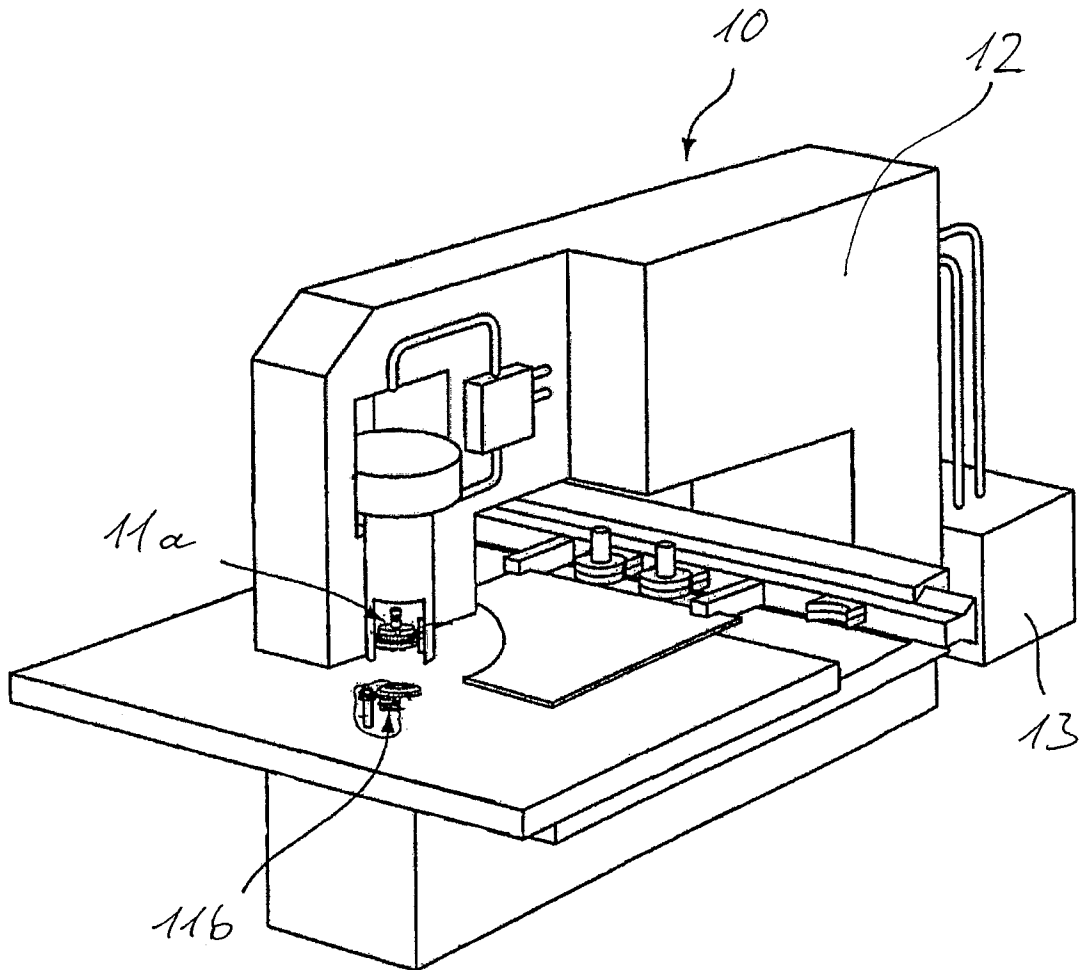


Fig. 2

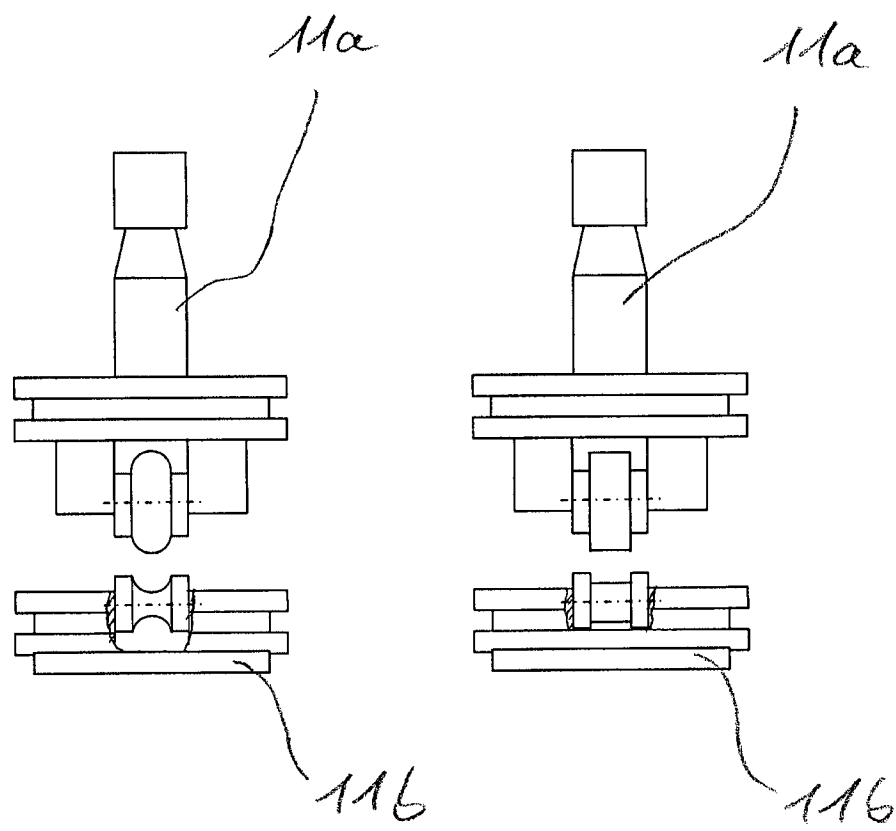


Fig. 3

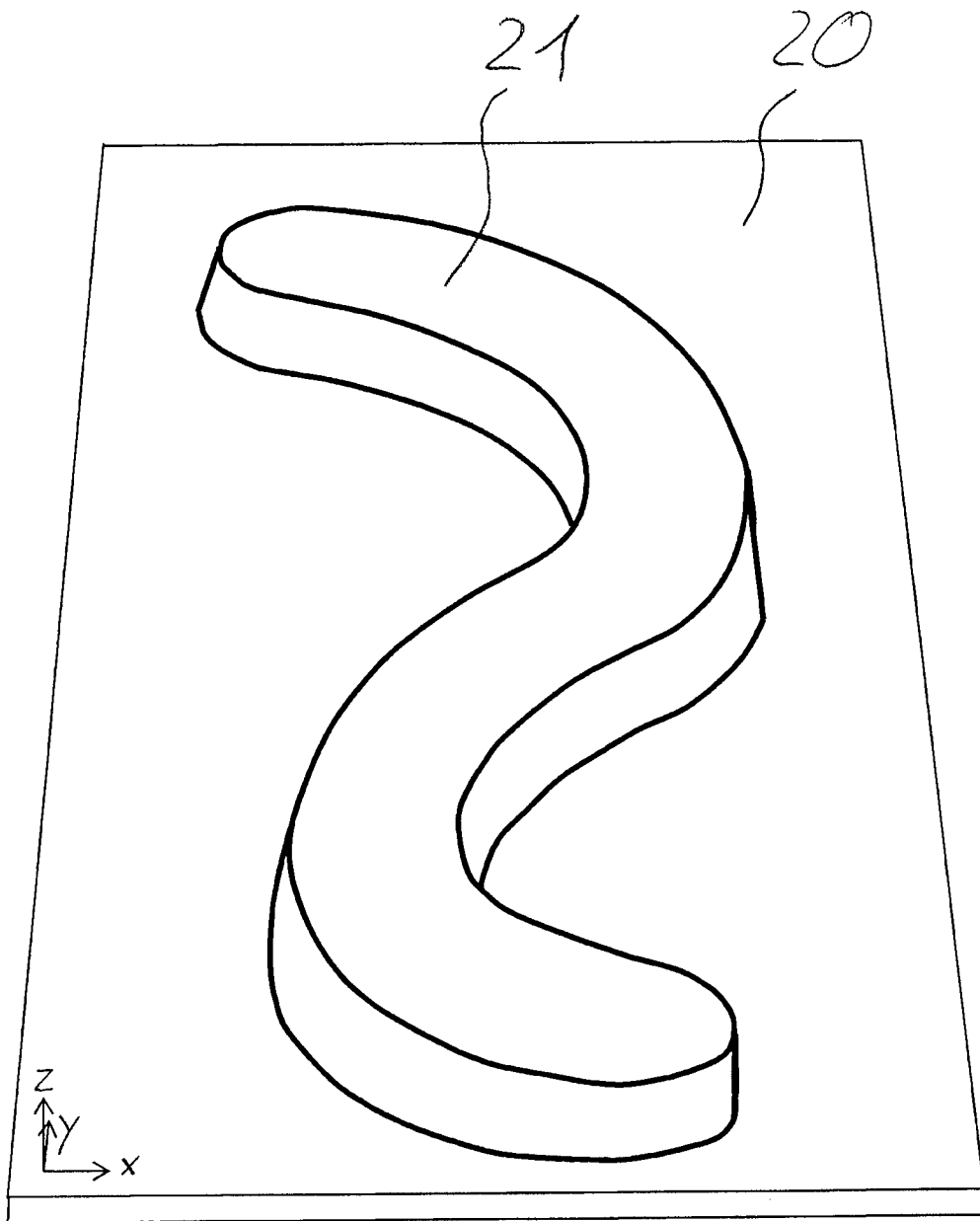


Fig. 4

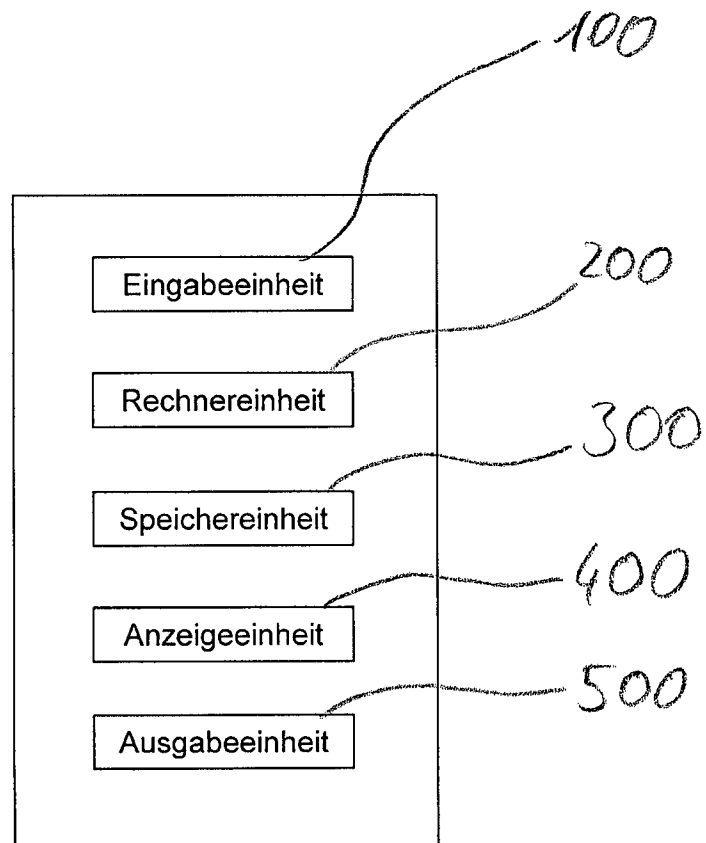


Fig. 5

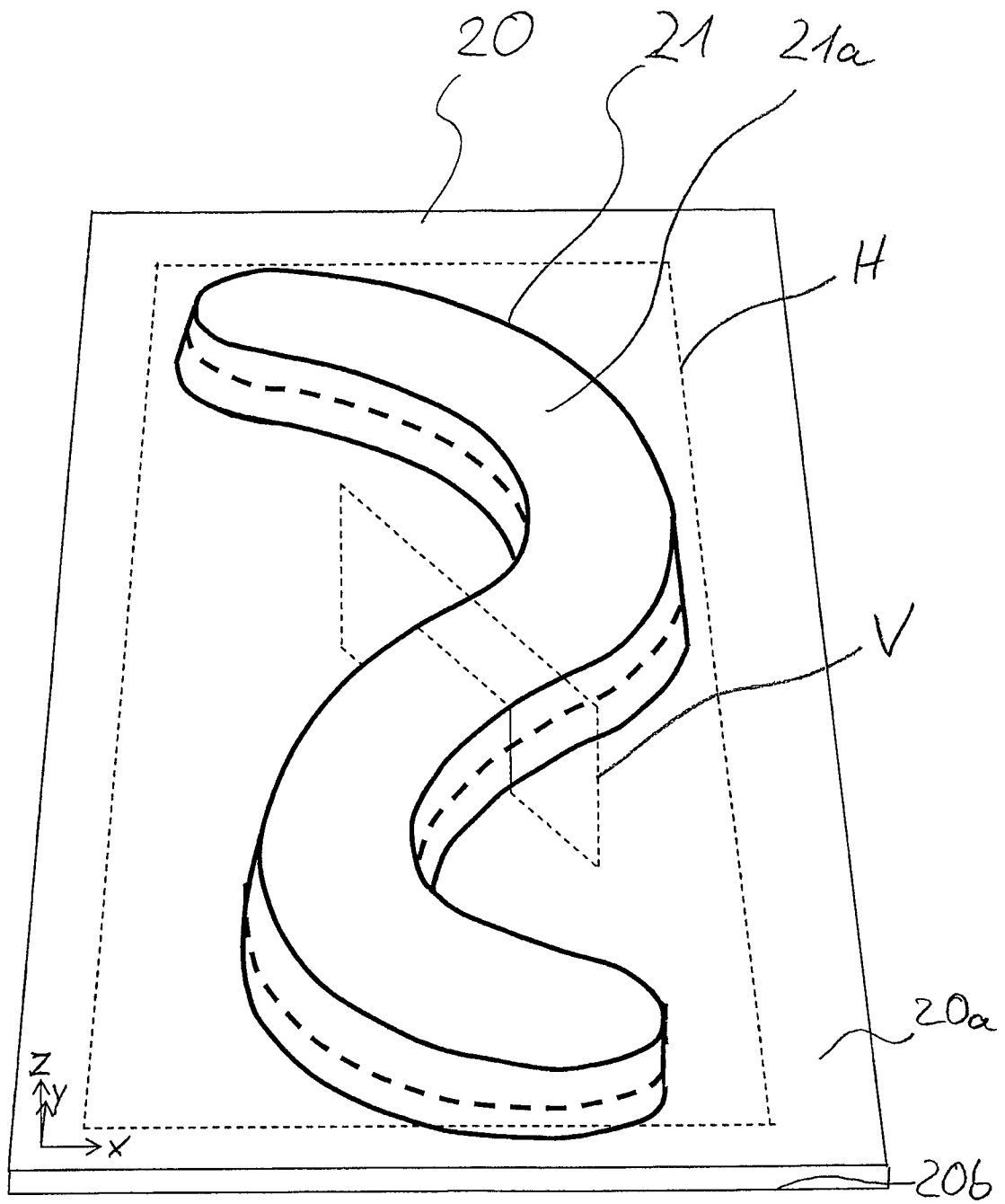


Fig. 6

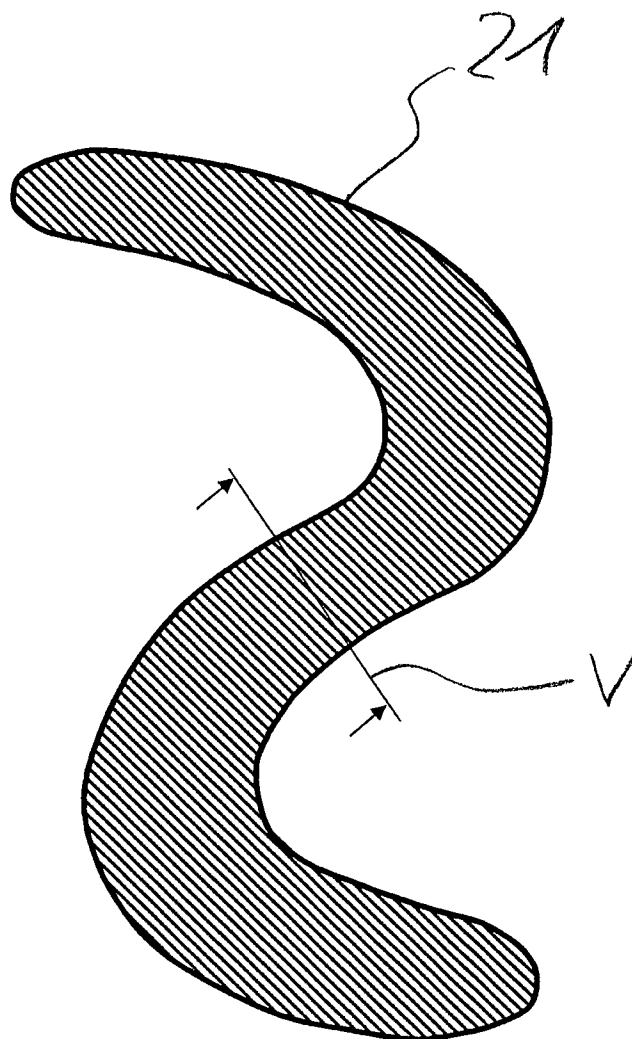


Fig. 7

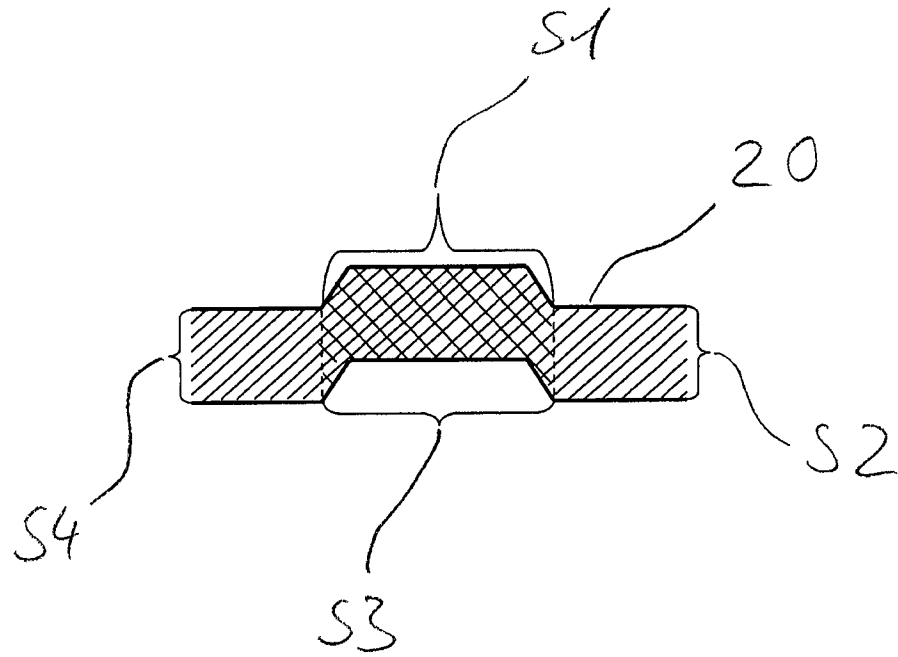
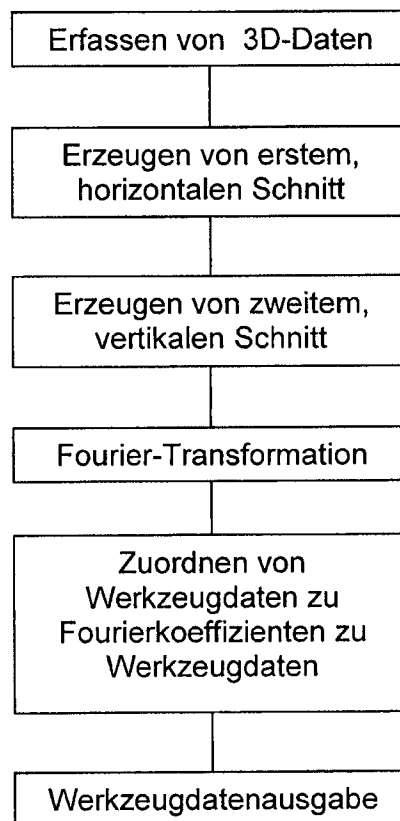


Fig. 8



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2014/001597

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G05B19/4093 G05B19/4097  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | <p>US 2007/225847 A1 (PIETSCH MATTHIAS [CH]<br/>ET AL) 27 September 2007 (2007-09-27)</p> <p>paragraph [0002]<br/>paragraph [0034] - paragraph [0046]<br/>paragraph [0064] - paragraph [0073]<br/>paragraph [0075] - paragraph [0083]<br/>paragraph [0152] - paragraph [0156]<br/>paragraph [0165]<br/>paragraph [0179] - paragraph [0182]<br/>paragraph [0215] - paragraph [0253]<br/>claim 1</p> <p style="text-align: center;">-----<br/>-/-</p> | 1-22                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 August 2014

Date of mailing of the international search report

15/09/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hristov, Stefan

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/001597

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                       |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Category*                                            | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Relevant to claim No. |
| A                                                    | <p>CHOONG N F ET AL: "THE IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATIC TOOL SELCTION SYSTEM FOR CNC NIBBLING",<br/>COMPUTERS IN INDUSTRY, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS. AMSTERDAM, NL,<br/>vol. 23, no. 3,<br/>1 December 1993 (1993-12-01), pages<br/>205-222, XP000422075,<br/>ISSN: 0166-3615, DOI:<br/>10.1016/0166-3615(93)90007-N<br/>the whole document</p> <p>-----</p>             | 1-22                  |
| A                                                    | <p>US 2005/228534 A1 (SHIBANO RYOZO [JP])<br/>13 October 2005 (2005-10-13)<br/>the whole document</p> <p>-----</p>                                                                                                                                                                                                                                                           | 1-22                  |
| A                                                    | <p>DUFLOU J R ET AL: "Automated Tool Selection for Computer-Aided Process Planning in Sheet Metal Bending",<br/>CIRP ANNALS, ELSEVIER BV, NL, CH, FR,<br/>vol. 54, no. 1,<br/>1 January 2005 (2005-01-01), pages<br/>451-454, XP027601627,<br/>ISSN: 0007-8506, DOI:<br/>10.1016/S0007-8506(07)60142-5<br/>[retrieved on 2005-01-01]<br/>the whole document</p> <p>-----</p> | 1-22                  |
| A                                                    | <p>DUFLOU ET AL: "Computer aided process planning for sheet metal bending: A state of the art",<br/>COMPUTERS IN INDUSTRY, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS. AMSTERDAM, NL,<br/>vol. 56, no. 7,<br/>1 September 2005 (2005-09-01), pages<br/>747-771, XP005045576,<br/>ISSN: 0166-3615<br/>the whole document</p> <p>-----</p>                                                    | 1-22                  |
| A                                                    | <p>FARYAR ETESAMI ET AL: "Automatic Dimensional Inspection of Machine Part Cross-Sections Using Fourier Analysis",<br/>COMPUTER VISION, GRAPHICS, AND IMAGE PROCESSING,<br/>vol. 29, no. 2,<br/>1 February 1985 (1985-02-01), pages<br/>216-247, XP055136741,<br/>ISSN: 0734-189X, DOI:<br/>10.1016/0734-189X(85)90119-7<br/>the whole document</p> <p>-----</p>             | 1-22                  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/001597

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US 2007225847 A1                          | 27-09-2007          | EP 1903409 A2              | 26-03-2008          |
|                                           |                     | EP 2442194 A1              | 18-04-2012          |
|                                           |                     | JP 5499126 B2              | 21-05-2014          |
|                                           |                     | JP 2007280381 A            | 25-10-2007          |
|                                           |                     | JP 2012248229 A            | 13-12-2012          |
|                                           |                     | US 2007225847 A1           | 27-09-2007          |
|                                           |                     | US 2011160888 A1           | 30-06-2011          |
| -----                                     |                     |                            |                     |
| US 2005228534 A1                          | 13-10-2005          | EP 1486839 A1              | 15-12-2004          |
|                                           |                     | JP 3679110 B2              | 03-08-2005          |
|                                           |                     | US 2005228534 A1           | 13-10-2005          |
|                                           |                     | WO 2004001514 A1           | 31-12-2003          |
| -----                                     |                     |                            |                     |

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. G05B19/4093 G05B19/4097  
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 G05B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                                                                                                                                                                                                       | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| A          | US 2007/225847 A1 (PIETSCH MATTHIAS [CH]<br>ET AL) 27. September 2007 (2007-09-27)<br>Absatz [0002]<br>Absatz [0034] - Absatz [0046]<br>Absatz [0064] - Absatz [0073]<br>Absatz [0075] - Absatz [0083]<br>Absatz [0152] - Absatz [0156]<br>Absatz [0165]<br>Absatz [0179] - Absatz [0182]<br>Absatz [0215] - Absatz [0253]<br>Anspruch 1<br>-----<br>-/- | 1-22               |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

28. August 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/09/2014

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hristov, Stefan

| C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                    |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Kategorie*                                            | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                                                                                                                                                                                                                      | Betr. Anspruch Nr. |
| A                                                     | <p>CHOONG N F ET AL: "THE IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATIC TOOL SELCTION SYSTEM FOR CNC NIBBLING",<br/>COMPUTERS IN INDUSTRY, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS. AMSTERDAM, NL,<br/>Bd. 23, Nr. 3,<br/>1. Dezember 1993 (1993-12-01), Seiten 205-222, XP000422075,<br/>ISSN: 0166-3615, DOI:<br/>10.1016/0166-3615(93)90007-N<br/>das ganze Dokument</p> <p>-----</p>           | 1-22               |
| A                                                     | <p>US 2005/228534 A1 (SHIBANO RYOZO [JP])<br/>13. Oktober 2005 (2005-10-13)<br/>das ganze Dokument</p> <p>-----</p>                                                                                                                                                                                                                                                     | 1-22               |
| A                                                     | <p>DUFLOU J R ET AL: "Automated Tool Selection for Computer-Aided Process Planning in Sheet Metal Bending",<br/>CIRP ANNALS, ELSEVIER BV, NL, CH, FR,<br/>Bd. 54, Nr. 1, 1. Januar 2005 (2005-01-01),<br/>Seiten 451-454, XP027601627,<br/>ISSN: 0007-8506, DOI:<br/>10.1016/S0007-8506(07)60142-5<br/>[gefunden am 2005-01-01]<br/>das ganze Dokument</p> <p>-----</p> | 1-22               |
| A                                                     | <p>DUFLOU ET AL: "Computer aided process planning for sheet metal bending: A state of the art",<br/>COMPUTERS IN INDUSTRY, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS. AMSTERDAM, NL,<br/>Bd. 56, Nr. 7,<br/>1. September 2005 (2005-09-01), Seiten 747-771, XP005045576,<br/>ISSN: 0166-3615<br/>das ganze Dokument</p> <p>-----</p>                                                  | 1-22               |
| A                                                     | <p>FARYAR ETESAMI ET AL: "Automatic Dimensional Inspection of Machine Part Cross-Sections Using Fourier Analysis",<br/>COMPUTER VISION, GRAPHICS, AND IMAGE PROCESSING,<br/>Bd. 29, Nr. 2,<br/>1. Februar 1985 (1985-02-01), Seiten 216-247, XP055136741,<br/>ISSN: 0734-189X, DOI:<br/>10.1016/0734-189X(85)90119-7<br/>das ganze Dokument</p> <p>-----</p>            | 1-22               |

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/001597

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument |    | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |               | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|----|-------------------------------|-----------------------------------|---------------|-------------------------------|
| US 2007225847                                      | A1 | 27-09-2007                    | EP                                | 1903409 A2    | 26-03-2008                    |
|                                                    |    |                               | EP                                | 2442194 A1    | 18-04-2012                    |
|                                                    |    |                               | JP                                | 5499126 B2    | 21-05-2014                    |
|                                                    |    |                               | JP                                | 2007280381 A  | 25-10-2007                    |
|                                                    |    |                               | JP                                | 2012248229 A  | 13-12-2012                    |
|                                                    |    |                               | US                                | 2007225847 A1 | 27-09-2007                    |
|                                                    |    |                               | US                                | 2011160888 A1 | 30-06-2011                    |
| -----                                              |    |                               |                                   |               |                               |
| US 2005228534                                      | A1 | 13-10-2005                    | EP                                | 1486839 A1    | 15-12-2004                    |
|                                                    |    |                               | JP                                | 3679110 B2    | 03-08-2005                    |
|                                                    |    |                               | US                                | 2005228534 A1 | 13-10-2005                    |
|                                                    |    |                               | WO                                | 2004001514 A1 | 31-12-2003                    |
| -----                                              |    |                               |                                   |               |                               |