

(19)



(11)

EP 3 247 511 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
27.11.2019 Patentblatt 2019/48

(51) Int Cl.:
B21D 19/04 ^(2006.01) **B21D 39/02** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16700894.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/050934

(22) Anmeldetag: **18.01.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2016/116414 (28.07.2016 Gazette 2016/30)

(54) **BÖRDELSYSTEM UND BÖRDELVERFAHREN FÜR EIN AUTARKES BÖRDELN**

FLANGING SYSTEM AND FLANGING METHOD FOR AUTONOMOUS FLANGING

SYSTÈME DE SERTISSAGE ET PROCÉDÉ DE SERTISSAGE PERMETTANT UN SERTISSAGE AUTONOME

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

- **ZENTGRAF, Heiko**
36142 Tann / Rhön (DE)
- **HERBERT, Ralf**
97653 Bischofsheim / Rhön (DE)

(30) Priorität: **19.01.2015 DE 102015100659**

(74) Vertreter: **SSM Sandmair**
Patentanwälte Rechtsanwalt
Partnerschaft mbB
Joseph-Wild-Straße 20
81829 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.11.2017 Patentblatt 2017/48

(73) Patentinhaber: **FFT Produktionssysteme GmbH & Co. KG**
36041 Fulda (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 1 640 080 EP-A2- 2 108 466
EP-A2- 2 276 590 US-A1- 2008 245 124
US-A1- 2008 302 159

(72) Erfinder:
• **GÄRTNER, Wolfgang**
36043 Fulda (DE)

EP 3 247 511 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Bördelsystem, eine Bördereinheit und ein Bördelverfahren für ein autarkes Bördeln von Bauteilen. Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet ist der Fahrzeugbau, insbesondere der Automobilbau. Gebördelt wird vorzugsweise an einem Karosserieteil oder einer Karosserie eines Fahrzeugs, vorzugsweise eines Automobils. Das erfindungsgemäße System und Verfahren sowie die erfindungsgemäße Bördereinheit sind vorteilhaft insbesondere für das Bördeln an einer bereits gefügten Karosserie. Bei dem Bördeln wird ein Flansch des Bauteils längs einer Bördelkante in einem einzigen oder in mehreren aufeinander folgenden Schritten teilweise oder ganz umgelegt. Die Erfindung ist besonders vorteilhaft für das Falzen, d.h. für die Herstellung einer Falzverbindung von wenigstens zwei Bauteilen. Der Begriff des Bördelns umfasst das Falzen und darüber hinaus das Umlegen eines Flansches ohne Fügeoperation.

[0002] In Serienfertigungen des Automobilbaus wird an Karosserien typischerweise mittels Robotern gebördelt, die längs einer die Karosserien nacheinander fördernden Fertigungsstraße angeordnet sind. Eine derartige Ausgangslage liegt in bevorzugten Anwendungen auch bei der Erfindung vor.

[0003] Beim Bördeln übt ein Bördелеlement eines Bördelwerkzeugs auf einen umzulegenden Flansch eines Bauteils eine Bördelkraft aus, die bei entsprechend dimensioniertem Bauteil zwar grundsätzlich von diesem aufgenommen werden kann, in den meisten Anwendungsfällen jedoch von einem Gegenelement aufgenommen wird. Werden das Bördелеlement und ein Gegenelement einander gegenüberliegend längs der Bördelkante bewegt, kann das Bauteil durch den Kontakt mit dem Gegenelement in Mitleidenschaft gezogen werden. Störend sind bereits kleinere Kratzer und Riefen, wenn das Gegenelement auf einer Fläche des Bauteils entlang bewegt wird, die später im fertigen Bauteil als Sichtfläche dient.

[0004] Um Beschädigungen dieser Art zu vermeiden, schlägt die EP 1 640 080 B1 vor, eine Schutzstruktur zu verwenden, die für das Bördeln an eine dem Flansch gegenüberliegende Bauteilfläche angelegt wird und die vom Bördелеlement beim Bördeln ausgeübte Bördelkraft aufnimmt. Die Schutzstruktur bildet an einer vom Bauteil abgewandten Seite eine Rollbahn für ein als Gegenrolle ausgebildetes Gegenelement. Auf diese Weise wird der Kraftfluss zwischen Bördелеlement und Gegenelement im Bördelwerkzeug über die Schutzstruktur geschlossen, wobei die Schutzstruktur am Bauteil unbeweglich anliegt und das Bauteil vor Beeinträchtigungen durch das Gegenelement schützt. In die gleiche Richtung zielen auch die EP 2 108 466 B1, nach der die Schutzstruktur zusätzlich eine gewisse Führungsfunktion für das Bördelwerkzeug erfüllt, und die EP 2 276 590 B1, die anstelle einer mobilen Schutzstruktur, die mittels eines Roboters am Bauteil positioniert wird, eine längs der Fertigungs-

straße ortsfest angeordnete Schutzstruktur vorschlägt. Aus der US 2008/245 124 A1 ist ein Roboter bekannt, der mit einem Bördelwerkzeug bestückt ist. Mit dem Bördelwerkzeug bearbeitet der Roboter ein Karosserieteil, das in einer separaten Aufnahme liegt, die zumindest die Bördelkraft des Bördelwerkzeugs aufnimmt. Bei der US 2008/0 302 159 A1 wird die Bördelkraft des Bördelwerkzeugs von einer separaten Stützeinrichtung aufgenommen. Gleiches gilt für die EP 1 640 080 A1, die die Basis für den Oberbegriff des Anspruchs 1 bildet. Aus der EP 2 276 590 B1 ist eine Falzvorrichtung bekannt, mit einer Falzeinrichtung und einem separaten Gegenhalter, der an den zu falzenden Werkstückbereich zugestellt werden kann, um die vom Falzwerkzeug aufgebrachten Falzkräfte außerhalb des Werkstücks abzustützen. Die EP 2 108 466 A2 betrifft eine Bördelvorrichtung, bei der das zu bördelnde Werkstück in ein separates Werkzeug eingelegt wird, dass die Bördelkräfte des Bördelwerkzeugs aufnimmt.

[0005] Das Bördelwerkzeug ist üblicherweise an einem Gelenkarm eines Roboters befestigt, so beispielsweise auch im genannten Stand der Technik. Der Roboter bewegt das Werkzeug auf einer vorgegebenen Bahn, die dem Verlauf der Bördelkante nachgebildet und in einer programmierbaren Robotersteuerung abgelegt ist. In Serienfertigungen, aber auch in anderen Anwendungen, werden typischerweise Industrieroboter eingesetzt. Dies sind Gelenkarmroboter, die von unterschiedlichen Herstellern sozusagen von der Stange erhältlich und nicht auf spezielle Anwendungen zugeschnitten sind. Der Anwender oder Hersteller des vom Roboter zu handhabenden Bördelwerkzeugs muss den Roboter dem spezifischen Bördelfall entsprechend konfigurieren, üblicherweise durch Programmierung einer Robotersteuerung. Für das Konfigurieren sind Spezialisten erforderlich, denen nicht nur die Eigenheiten des Bördelns und des jeweiligen Bördelwerkzeugs, sondern auch die Details der Robotersteuerung und deren Programmierung bekannt sein müssen.

[0006] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, das automatisierte Bördeln ohne Einbuße der Präzision, zu vereinfachen.

[0007] Diese Aufgabe wird durch das Bördelsystem des Anspruchs 1 und das Bördelverfahren nach dem Anspruch 15 gelöst.

[0008] Gegenstand der Erfindung sind ein Bördelsystem und ein Bördelverfahren zum Umlegen eines Flansches eines Bauteils durch Bördeln, vorzugsweise zum Herstellen einer Falzverbindung. Das Bördelsystem umfasst ein Bördelwerkzeug mit einem zum Umlegen des Flansches längs einer Bördelkante des Bauteils auf dem Flansch abfahrbaren Bördелеlement. Das Bördелеlement kann zwar grundsätzlich ein Bördelgleitelement sein, das zum Umlegen des Flansches auf diesem der Bördelkante folgend gleitet. Bevorzugter ist das Bördелеlement jedoch eine Bördelrolle, die beim Bördeln längs der Bördelkante auf dem Flansch abrollt. Das Bördelsystem umfasst ferner eine Bördereinheit mit einer Führungstruktur

zur Führung des Bördelwerkzeugs längs der Bördelkante und eine Trageinrichtung zum Positionieren und Halten der Bördeleinheit in einer relativ zum Bauteil bestimmten Bördelposition. Die Bördeleinheit ist mittels der Trageinrichtung als Einheit handhabbar, insbesondere relativ zum Bauteil positionierbar. Die Bördeleinheit umfasst eine an der Führungsstruktur geformte Anlagefläche, die an eine dem Flansch gegenüberliegend an die Bördelkante grenzende Oberfläche des Bauteils angepasst geformt und anlegbar ist. Bevorzugt liegt die Anlagefläche in der Bördelposition am Bauteil flächig an. Die Trageinrichtung ist ferner dazu ausgebildet, die Bördeleinheit im positionierten Zustand, d.h. in der für das Bördeln geeigneten Bördelposition, relativ zum und am Bauteil anliegend zu halten. Die Trageinrichtung ist entsprechend dafür eingerichtet, das Gewicht der Bördeleinheit aufzunehmen. Das Bauteil ist vom Gewicht der Bördeleinheit entlastet, zumindest im Wesentlichen.

[0009] Ein Bördelantrieb und eine Medienversorgung für den Bördelantrieb sind weitere Bestandteile des Bördelsystems. Der Bördelantrieb ist dafür eingerichtet, das Bördelwerkzeug in Bördelrichtung längs der Bördelkante anzutreiben, also für den Vortrieb des Bördelwerkzeugs und damit gemeinsam des Bördelements zu sorgen. Ist das Bördelement als Bördelrolle ausgeführt, kann der Bördelantrieb ein Drehantrieb unmittelbar der Rolle sein, so dass die unmittelbar angetriebene Bördelrolle einen sie drehbar lagernden Träger in Bördelrichtung mitnimmt. Bevorzugter lagert das Bördelwerkzeug jedoch ein als Bördelrolle ausgeführtes Bördelement frei drehbar und ist mittels des Bördelantriebs im Ganzen, insbesondere einschließlich des Bördelements, in Bördelrichtung vortreibbar.

[0010] Nach der Erfindung sind das Bördelwerkzeug und der Bördelantrieb innerhalb der Bördeleinheit abgestützt, so dass eine zum Antreiben des Bördelwerkzeugs und/oder unmittelbar eines als Bördelrolle ausgeführten Bördelements erforderliche Antriebskraft und eine vom Bördelement zum Bördeln auf den Flansch auszuübende Bördelkraft zumindest im Wesentlichen, vorzugsweise gänzlich, innerhalb der Bördeleinheit aufgenommen werden. Das Bördelwerkzeug und der Bördelantrieb sind integrierte Bestandteile der mittels der Trageinrichtung als Einheit handhabbaren Bördeleinheit. Durch die Integration von Führungsstruktur, Bördelwerkzeug und Bördelantrieb in einer Bördeleinheit, die als Einheit handhabbar ist, schafft die Erfindung eine völlig neue Verteilung von Funktionen. Während das Bördelwerkzeug nach dem Stand der Technik mittels eines Roboters längs der Bördelkante bewegt wird, kommt die Erfindung ohne einen solchen Roboter aus oder entlastet einen am Einsatzort vorhandenen Roboter von der komplexen Aufgabe, das Bördelement dem Verlauf der Bördelkante folgend im Raum zu bewegen. Zu berücksichtigen ist, dass die Bördelkante im Raum einen mehrdimensionalen, in vielen Anwendungen einen dreidimensionalen Verlauf haben, sich also um zwei oder drei zueinander orthogonale Raumachsen krümmen kann. Die Funktion

des Führens wird innerhalb der Bördeleinheit erfüllt und muss nicht programmtechnisch aufwändig durch einen Roboter übernommen werden. Abgesehen von der Abstützung der Bördeleinheit im Ganzen, als Einheit, erlaubt die Erfüllung der beiden Funktionen des Führens und des Antreibens innerhalb der Bördeleinheit ein von externen Hilfseinrichtungen, wie etwa einem Roboter, unabhängiges und in diesem Sinne autarkes Bördeln.

[0011] Ein am Einsatzort vorzugsweise vorhandener Roboter kann allerdings die Trageinrichtung bilden. Handelt es sich bei dem Roboter wie bevorzugt um einen Gelenkarmroboter, etwa einen im Fahrzeugbau üblichen Industrieroboter, muss dieser lediglich noch die Bördeleinheit im Ganzen, samt Führungsstruktur, Bördelwerkzeug und Bördelantrieb, zum Bördeln in der Bördelposition relativ zum Bauteil positionieren und halten. Entsprechend vereinfacht sich das Konfigurieren des Roboters, während andererseits das Bauteil entlastet wird, indem es die Führungsstruktur und im weiteren die gesamte Bördeleinheit nicht tragen oder allenfalls nur einen kleinen Teil des Gewichts der Bördelkraft aufnehmen muss. Bevorzugt wird der weit überwiegende Teil, bevorzugt mehr als 90%, noch bevorzugter mehr als 95%, des Gewichts der Bördeleinheit von der Trageinrichtung aufgenommen. Die Gefahr, dass sich das Bauteil unter dem Gewicht einer beim Bördeln verwendeten Struktur verzieht, wird verringert. Beim Bördeln können auch keine Ungenauigkeiten mehr auftreten, wie sie beim Bewegen des Bördelwerkzeugs mittels des Roboters aufgrund beispielsweise von im Gelenkarm des Roboters vorhandenen Elastizitäten und anderen Positionierungenauigkeiten auftreten können, da Vortrieb und Führung des Bördelements innerhalb der positionierten Bördeleinheit stattfinden.

[0012] Die Bördeleinheit kann innerhalb einer Fertigung, vorzugsweise einer Serienfertigung von Karosserien oder Karosserieteilen von Fahrzeugen, stationär angeordnet sein. In derartigen Ausführungen kann das Positionieren der entsprechend ortsfest angeordneten Trageinrichtung darin bestehen, dass das Bauteil die zum exakten Positionieren erforderlichen Bewegungen ausführt. Optional kann zusätzlich oder stattdessen die ortsfeste Trageinrichtung für ein Feinjustieren der Bördeleinheit relativ zu dem zur Bördeleinheit bewegten Bauteil eingerichtet sein.

[0013] In bevorzugten Ausführungen ist die Bördeleinheit jedoch eine mobile Einheit, die mittels der Trageinrichtung im Raum beweglich und relativ zum Bauteil positionierbar ist. Die Trageinrichtung kann in derartigen Ausführungen eine Hilfseinrichtung sein, die nur das Gewicht der Bördeleinheit aufnimmt, während die von der Trageinrichtung aufgenommene Bördeleinheit von einer Person, d.h. manuell, oder einer separaten Positioniereinheit relativ zum Bauteil in der Bördelposition positioniert und in der Bördelposition von der Trageinrichtung gehalten wird. Die Hilfstrageinrichtung kann beispielsweise einen oder mehrere Traggurte umfassen, der oder die im Bereich des Bördelns von einer Decke oder an-

deren erhöht angeordneten Plattform hängen und an der Decke oder Plattform verfahrbar angeordnet ist oder sind. Ein motorisch angetriebener Deckenkran oder eine nicht angetriebene Laufkatze mit daran befestigtem Gurtzeug, gegebenenfalls nur einem einzigen Traggurt, kann solch eine Hilfstrageinrichtung bilden. Geeignete Hilfstrageinrichtungen sind auch unter der Bezeichnung 'Balancer' bekannt.

[0014] In bevorzugten Ausführungen bildet jedoch ein Roboter die Trageinrichtung. Der Roboter kann insbesondere ein Gelenkarmroboter sein, beispielsweise ein Industrieroboter, wie er im Fahrzeugbau üblicherweise eingesetzt wird. Grundsätzlich kann der Roboter jedoch auch anders ausgeführt sein, solange er nur die Haltefunktion erfüllen kann und die zum Positionieren der Bördereinheit erforderliche Beweglichkeit aufweist.

[0015] Die Medienversorgung für den Bördelantrieb und optional eine oder mehrere andere Komponenten der Bördereinheit erfolgt in bevorzugten Ausführungen über die Trageinrichtung. Die Medienversorgung kann die Versorgung der Bördereinheit, insbesondere des Bördelantriebs, mit der erforderlichen Energie umfassen. Die Medienversorgung kann stattdessen oder vorzugsweise zusätzlich dafür eingerichtet sein, die Bördereinheit, insbesondere den Bördelantrieb, mit Steuerungs- oder Regelungssignalen zu versorgen. Als Medien werden dementsprechend elektrische, mechanische und fluidische Energie, Steuerungssignale, Regelungssignale, Messsignale und dergleichen verstanden. Handelt es sich bei der Trageinrichtung um einen Roboter, ist eine Energieversorgung und/oder eine Signalübermittlung vom Roboter vorzugsweise separat oder zumindest teilweise separat. In bevorzugten Ausführungen werden zumindest die Steuer- und/oder Regelsignale für die Bördereinheit von einer Steuerung erzeugt und/oder verarbeitet, die von der Robotersteuerung unabhängig ist und vom Roboter auch räumlich getrennt sein kann. Die Energieversorgung und/oder Versorgung mit einem oder mehreren Medien zu anderen Zwecken kann zwar ebenfalls unabhängig und separat vom Roboter verwirklicht sein, andererseits kann die Bördereinheit aber auch vom Roboter mit Energie, beispielsweise mit elektrischer und/oder fluidischer Energie versorgt werden, da dies keinen nennenswerten Eingriff in die Robotersteuerung mit sich bringt. Jedenfalls muss innerhalb einer Robotersteuerung keine Bewegungssteuerung zum Führen eines Bördelwerkzeugs vorgesehen sein.

[0016] In Bezug auf die Steuerung und/oder Regelung ist die Kooperation von Trageinrichtung, die vorzugsweise als Roboter gebildet ist, und Bördereinheit so gestaltet, dass die Trageinrichtung Signale zur Steuerung der Bördereinheit durchleitet. Eine Bewegungssteuerung der Trageinrichtung, die bei Ausführung der Trageinrichtung als Roboter von der Robotersteuerung gebildet wird, kann dafür eingerichtet sein, bezüglich der Bördereinheit eine Anwesenheitskontrolle und/oder eine Positionsdatenkontrolle durchzuführen. Bei einer reinen Anwesenheitskontrolle stellt die Steuerung der Trageinrichtung le-

diglich fest, dass sie mit der Bördereinheit in einer für das Bördeln erforderlichen Weise verbunden ist. Bei einer Positionsdatenkontrolle stellt sie darüber hinaus die Position der Bördereinheit in einem körpereigenen Koordinatensystem der Trageinrichtung und/oder relativ zu dem zu bördelnden Bauteil fest. Das Bördeln wird hingegen von einer Bördelsteuerung eigenständig gesteuert und/oder geregelt. Aufgrund der Anwesenheits- und/oder Positionsdatenkontrolle kann die Trageinrichtung sicherheitsrelevante Aspekte berücksichtigen, wie etwa Kollisionen mit einer benachbarten Arbeitseinheit, beispielsweise mit einem Nachbarroboter, oder mit einer im Arbeitsbereich der Trageinrichtung befindlichen Person verhindern.

[0017] Die Erfindung betrifft über das Bördelsystem hinaus auch die nicht separat beanspruchte Bördereinheit als solche, ohne die Trageinrichtung. Die Bördereinheit kann jedes beliebige Merkmal der im Zusammenhang mit dem Bördelsystem beschriebenen Bördereinheit und auch jede in diesem Zusammenhang für die Bördereinheit offenbarte Merkmalskombination aufweisen. Die Bördereinheit umfasst dementsprechend in integrierter Bauweise die Führungsstruktur, das Bördelwerkzeug und den Bördelantrieb sowie einen Anschluss zur Herstellung einer für die Handhabung mittels der Trageinrichtung geeigneten Verbindung.

[0018] Der Anschluss ist insbesondere für eine mechanische Verbindung mit einer Aufnahme der Trageinrichtung eingerichtet. Ein mechanischer Anschluss kann vorteilhafterweise zu einem Medienanschluss weiterentwickelt sein, über den die Bördereinheit mit den für den Betrieb erforderlichen Medien, wie etwa elektrische und/oder optische Steuer- und/oder Regelsignale und/oder von Energie, beispielsweise elektrische und/oder fluidische Energie, versorgt werden kann.

[0019] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Bördereinheit des vorbesprochenen Bördelsystems mittels der Trageinrichtung in der Bördelposition relativ zum Bauteil positioniert, vorzugsweise an das Bauteil angelegt. Weist die Bördereinheit die Schutzstruktur mit angepasster Anlagefläche auf, die vorzugsweise ein schlanker, der Bördelkante folgender Streifen ist, wird die Bördereinheit so in der Bördelposition positioniert, dass die Anlagefläche in einem der Bördelkante nahen Oberflächenbereich des Bauteils, der dem Bördелеlement beim Bördeln längs der Bördelkante gegenüberliegt, am Bauteil flächig anliegt. Die Trageinrichtung hält die Bördereinheit in der Bördelposition, wobei die Trageinrichtung zumindest einen überwiegenden Teil des Gewichts der Bördereinheit trägt. Das Bördelwerkzeug wird in einem Führungs- und Stützeingriff mit der Führungsstruktur mittels des Bördelantriebs der Bördereinheit in die Bördelrichtung vorgetrieben. Bei dieser in Bördelrichtung stattfindenden Bewegung wird der Flansch unter der Einwirkung des Bördелеlements um einen vorbestimmten Winkel umgelegt. Eine vom Bördelantrieb zum Vortreiben des Bördelwerkzeugs ausgeübte Antriebskraft und eine vom Bördелеlement zum Umlegen

auf den Flansch ausgeübte Bördelkraft werden innerhalb der Bördereinheit, vorzugsweise von der Führungsstruktur, aufgenommen. Vorzugsweise nimmt die Trageinrichtung nicht nur das Gewicht oder zumindest einen überwiegenden Teil des Gewichts der Bördereinheit auf. In dem sie die Bördereinheit und dadurch die Führungsstruktur in der Bördelposition hält, nimmt sie vorzugsweise auch zumindest einen überwiegenden Teil der für den Vortrieb des Bördелеlements aufzubringenden Antriebskraft und/oder zumindest einen überwiegenden Teil der Bördelkraft auf.

[0020] Das Bördelsystem umfasst eine Bördelsteuerung für die Steuerung, optional eine geregelte Steuerung, des Bördelantriebs und/oder einer optionalen Verstelleinrichtung zum Verstellen einer Winkelposition des Bördелеlements. In bevorzugten Ausführungen arbeitet die Bördelsteuerung autark. Ist die Trageinrichtung ein Roboter, dessen Bewegungen und Greifoperationen einschließlich der für das Positionieren erforderlichen Bewegungen und Greifoperationen von einer Robotersteuerung gesteuert werden, ist die Bördelsteuerung von der Robotersteuerung unabhängig verwirklicht. Es bedarf keines Eingriffs in die Robotersteuerung, um den Bördelantrieb und/oder die Verstelleinrichtung zu steuern. Es soll allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass der Roboter an die Bördelsteuerung ein Signal ausgibt, wenn die Bördereinheit in der Bördelposition positioniert ist, um der Bördelsteuerung dies mitzuteilen und die Bördelsteuerung dadurch zu triggern. Von diesem Moment an steuert jedoch die Bördelsteuerung die beim Bördeln auszuführenden Operationen des Bördelantriebs und/oder der Verstelleinrichtung ohne Eingriff des Roboters, der während des Bördelns nur die Haltefunktion ausübt. Die Robotersteuerung und die Bördelsteuerung können insbesondere als programmierte oder programmierbare Steuerungen ausgeführt sein. In bevorzugten Ausführungen ist die Steuerungssoftware oder sind zumindest Teile der Steuerungssoftware der Bördelsteuerung unabhängig von der Steuerungssoftware oder zumindest Teilen der Steuerungssoftware der Robotersteuerung implementiert. Beim Bördeln arbeitet die Bördelsteuerung vorzugsweise unabhängig von der Robotersteuerung. Ein Bördelprogramm kann von der Bördelsteuerung in derartigen Ausführungen unabhängig von der Robotersteuerung und in diesem Sinne autark abgearbeitet werden.

[0021] Das Zusammenspiel von Robotersteuerung und Bördelsteuerung kann insbesondere so gestaltet sein, dass der Roboter die Bördereinheit am Bauteil positioniert und der Bördelsteuerung mitteilt, wenn sich die Bördereinheit am Bauteil in der vorgesehenen Position befindet. Die Bördereinheit kann eine Messeinrichtung zur Erfassung des umzulegenden Flansches und/oder der Bördelkante aufweisen. In bevorzugten Ausführungen ist die Messeinrichtung mit dem Bördelwerkzeug gemeinsam beweglich angeordnet. Vorzugsweise ist sie am Bördelwerkzeug angeordnet. Weist die Bördereinheit solch eine Messeinrichtung auf, kann die vorgesehene Position, in der der Roboter die Bördereinheit positioniert,

eine Messposition sein. Bei in der Messposition befindlicher Bördereinheit kann die Bördelsteuerung die Bördereinheit mittels der Messeinrichtung relativ zum Flansch und/oder der Bördelkante einmessen. Die Bördelsteuerung teilt der Robotersteuerung das Ergebnis des Einmessens mit. In Abhängigkeit vom Ergebnis des Einmessens kann die Robotersteuerung eine Korrektur der Position der Bördereinheit relativ zum Bauteil veranlassen. Die durchzuführende Korrektur wird vorzugsweise von der Bördelsteuerung ermittelt und der Robotersteuerung zur Ausführung mitgeteilt. Der Vorgang der Positionskorrektur bzw. des Nachjustierens der Position und des Einmessens kann ein oder mehrere Male wiederholt werden, bis das Einmessen ergibt, dass sich die Bördereinheit in der zum Bördeln erforderlichen, korrekten Bördelposition befindet. Wenn die Bördereinheit korrekt positioniert ist, obliegt der Bördelsteuerung die Steuerung und/oder Regelung der Bördereinheit. Nach Ausführung des Bördelns teilt die Bördelsteuerung der Robotersteuerung den Abschluss des Bördelns mit, so dass die Robotersteuerung, d. h. der Roboter, die Bördereinheit vom Bauteil wegbewegen kann.

[0022] Vorteilhafte Merkmale werden auch in den Unteransprüchen und durch die beanspruchten Kombination von in den Unteransprüchen beschriebenen Merkmalen offenbart.

[0023] Auch in den nachstehend formulierten Aspekten werden Merkmale der Erfindung beschrieben. Die Aspekte sind in der Art von Ansprüchen formuliert und können diese ersetzen. In den Aspekten offenbarte Merkmale können die Ansprüche ferner ergänzen und/oder relativieren, Alternativen zu einzelnen Merkmalen aufzeigen und/oder Anspruchsmerkmale erweitern oder präzisieren. In Klammern gesetzte Bezugszeichen beziehen sich auf ein nachfolgend in Figuren illustriertes Ausführungsbeispiel. Sie schränken die in den Aspekten beschriebenen Merkmale nicht unter den Wortsinn als solchen ein, zeigen aber andererseits bevorzugte Möglichkeiten der Verwirklichung des jeweiligen Merkmals auf.

Aspekt 1. Bördelsystem zum Umlegen eines Flansches eines Bauteils durch Bördeln, vorzugsweise zur Herstellung einer Falzverbindung, das Bördelsystem umfassend:

- (a) ein Bördelwerkzeug (10) mit einem zum Umlegen des Flansches (2) längs einer Bördelkante (3) des Bauteils (1) auf dem Flansch (2) abfahrbaren Bördелеlements (12),
- (b) eine Bördereinheit (5) mit einer Führungsstruktur (30) zur Führung des Bördelwerkzeugs (10) längs der Bördelkante (3),
- (c) einen Bördelantrieb (20) zum Antreiben des Bördelwerkzeugs (10) und/oder des Bördелеlements (12) in eine Bördelrichtung (X) längs der Bördelkante (3),
- (d) und eine Medienversorgung für den Börde-

lantrieb (20),

(e) eine Trageinrichtung (9) zum Positionieren und Halten der Bördereinheit (5) in einer relativ zum Bauteil (1) bestimmten Bördelposition,

(f) wobei das Bördelwerkzeug (10) und der Bördelantrieb (20) innerhalb der Bördereinheit (5) abgestützt sind, so dass eine zum Antreiben aufzubringende Antriebskraft und eine vom Bördel-
element (12) zum Bördeln auf den Flansch (2) auszuübende Bördelkraft innerhalb der Bördel-
einheit (5) aufgenommen werden,

(g) und das Bördelwerkzeug (10) und der Bördelantrieb (20) integrierte Bestandteile der von der Trageinrichtung (9) als Einheit handhabbaren Bördereinheit (5) sind.

Aspekt 2. Bördelsystem nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei das Bördelwerkzeug (10) und der Bördelantrieb (20) an einem gemeinsamen Werkzeugträger (11) angeordnet sind, der relativ zur Führungsstruktur (30) längs der Bördelkante (3) beweglich ist.

Aspekt 3. Bördelsystem nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei der Werkzeugträger (11) längs der Führungsstruktur (30) und dadurch längs der Bördelkante (3) beweglich ist.

Aspekt 4. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, umfassend einen mit der Führungsstruktur (30) zum Tragen ausreichend fest verbundenen Anschluss (6) zur mechanischen Verbindung mit der Trageinrichtung (9).

Aspekt 5. Bördelsystem nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei der Anschluss (6) mit der Führungsstruktur (30) unbeweglich verbunden ist.

Aspekt 6. Bördelsystem nach einem der zwei unmittelbar vorhergehenden Aspekte, wobei der Anschluss (6) für eine automatische Aufnahme der Bördereinheit (5) durch die Trageinrichtung (9) eingerichtet ist.

Aspekt 7. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, umfassend einen mit der Führungsstruktur (30) verbundenen Anschluss (6) für die Medienversorgung der Bördereinheit (5).

Aspekt 8. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei das Bördel-
element (12) eine auf dem Flansch abrollbare Bördelrolle (12) ist.

Aspekt 9. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei die Trageinrichtung (9) ein Roboter, vorzugsweise ein Gelenkarmroboter, für eine vollautomatisierte Positionierung der Bördereinheit (5) ist

Aspekt 10. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei die Führungsstruktur (30) gemeinsam mit einem Anschluss (6) für die Trageinrichtung (9) Bestandteil eines Anschluss- und Führungsmoduls (6, 30) und das Bördelwerkzeug (10) und der Bördelantrieb (20) Bestandteile eines Werkzeug- und Antriebsmoduls (10, 20) sind, wobei der

Werkzeug- und Antriebsmodul (10, 20) in einem Führungseingriff mit einer Führungsbahn (31) der Führungsstruktur (30) ist und mittels des Bördelantriebs (20) als modulare Einheit im Führungseingriff längs der Führungsbahn (31) relativ zur Führungsstruktur (30) antreibbar ist.

Aspekt 11. Bördelsystem nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei die Führungsbahn (31) dem Verlauf der Bördelkante (3) nachgebildet ist.

Aspekt 12. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei die Führungsstruktur (30) eine Führungsbahn (31) bildet, die dem Verlauf der Bördelkante (3) vorzugsweise nachgebildet ist, und das Bördelwerkzeug (10) und der Bördelantrieb (20) jeweils oder das Bördelwerkzeug (10) vorzugsweise gemeinsam mit dem Bördelantrieb (20) in einem Führungseingriff mit der Führungsbahn (31) längs der Bördelkante (3) geführt beweglich ist oder sind.

Aspekt 13. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei die Führungsstruktur (30) eine Führungsbahn (31) bildet, die dem Verlauf der Bördelkante (3) vorzugsweise nachgebildet ist, und die Bördereinheit (5) ein mit dem Bördelwerkzeug (10) verbundenes Eingriffsglied (24, 25) umfasst, das mit der Führungsstruktur (30) in einem an der Führungsbahn (31) geführten Führungseingriff ist, so dass sich das Bördelwerkzeug (10) bei in Bördelposition befindlicher Bördereinheit (5) im Führungseingriff längs der Bördelkante (3) bewegt.

Aspekt 14. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei die Führungsstruktur (30) eine Führungsbahn (31) bildet, die vorzugsweise dem Verlauf der Bördelkante (3) nachgebildet ist, und das Bördelwerkzeug (10) in einem Führungseingriff eines Eingriffsglieds (24, 25) und der Führungsbahn (31) längs der Führungsbahn (31) geführt wird, so dass sich das Bördelwerkzeug (10) bei in Bördelposition befindlicher Bördereinheit (5) im Führungseingriff längs der Bördelkante (3) bewegt.

Aspekt 15. Bördelsystem nach einem der zwei unmittelbar vorhergehenden Aspekte, wobei das Eingriffsglied (24, 25) einen Führungsträger (24) und am Führungsträger (24) angeordnete Eingriffselemente (25) umfasst, die voneinander beabstandet und jeweils mit der Führungsstruktur (30) in Kontakt sind, und wobei die Eingriffselemente (25) in solch einer Anzahl und Anordnung vorgesehen sind, dass das sich der Führungsträger (24) relativ zur Führungsstruktur (30) nur translatorisch längs der Führungsbahn (31) bewegen kann.

Aspekt 16. Bördelsystem nach einem der drei unmittelbar vorhergehenden Aspekte, wobei die Führungsbahn (31) und das Eingriffsglied (24, 25) in einem ersten Schwalbenschwanzeingriff und in einem dem ersten Schwalbenschwanzeingriff quer zur Bördelrichtung (X) entgegen wirkenden zweiten Schwalbenschwanzeingriff gegeneinander gedrückt sind, um den Führungseingriff zu bilden, und

wobei das Eingriffsglied (24, 35) im ersten Schwalbenschwanzeingriff und im zweiten Schwalbenschwanzeingriff in Bördelrichtung (X) voneinander beabstandete Eingriffselemente (25) umfasst.

Aspekt 17. Bördelsystem nach einem der vier unmittelbar vorhergehenden Aspekte, wobei die Eingriffselemente Eingriffsrollen sind.

Aspekt 18. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei das Bördelwerkzeug (10), vorzugsweise auch der Bördelantrieb (20), in einem Führungseingriff an der Führungsstruktur (30) beweglich geführt und abgestützt ist, so dass wenigstens ein überwiegender Teil der Bördelkraft und/oder wenigstens ein überwiegender Teil des Gewichts des Bördelwerkzeugs (10), vorzugsweise auch des Bördelantriebs (20), im Führungseingriff aufgenommen wird oder werden.

Aspekt 19. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei die Bördeleinheit (5) ein mit dem Bördelwerkzeug (10) verbundenes Eingriffsglied (24, 25) umfasst, das mit der Führungsstruktur (30) in einem die Bördelkraft aufnehmenden Stützeingriff und im Stützeingriff relativ zur Führungsstruktur (30) beweglich ist, so dass das Bördelwerkzeug (10) im Stützeingriff in Bördelrichtung (X) beweglich an der Führungsstruktur (30) abgestützt ist.

Aspekt 20. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei die Bördeleinheit (5) eine Schutzstruktur (33) mit einer Anlagefläche (34) umfasst, die an eine dem Flansch (2) gegenüberliegend an die Bördelkante (3) grenzende Oberfläche des Bauteils (1) angepasst geformt und an diese Oberfläche (4) anlegbar ist.

Aspekt 21. Bördelsystem nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei die Anlagefläche (34) der Schutzstruktur (33) streifenförmig ist.

Aspekt 22. Bördelsystem nach einem der zwei unmittelbar vorhergehenden Aspekte, wobei die Anlagefläche (34) an der Führungsstruktur (30) geformt ist, so dass die Führungsstruktur (30) auch die Schutzstruktur (33) bildet.

Aspekt 23. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei das Bördelwerkzeug (10) und der Bördelantrieb (20) gemeinsam beweglich angeordnet sind, wobei der Bördelantrieb (20) einen Motor (22), ein vom Motor antreibbares Antriebsrad (23) und eine Antriebsbahn (32) mit einem dem Verlauf der Bördelkante (3) nachgebildeten Bahnverlauf umfasst und wobei das Antriebsrad (23) in einem reib- und/oder formschlüssigen Eingriff mit der Antriebsbahn (32) ist, so dass sich das Antriebsrad (23) bei Drehantrieb gemeinsam mit dem Motor (22) und dem Bördelwerkzeug (10) längs der Antriebsbahn (32) bewegt.

Aspekt 24. Bördelsystem nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei das Antriebsrad (23) ein mit der Antriebsbahn (32) in einem Zahneingriff befindliches Zahnrad ist und die Antriebsbahn (32) eine Verzäh-

nung oder aber vorzugsweise eine Kette oder einen Zahnriemenstreifen aufweist, die oder der im Verlauf der Antriebsbahn (32) abgestützt ist.

Aspekt 25. Bördelsystem nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei die als Verzahnung, Kette oder Zahnriemenstreifen gebildete Antriebsbahn (32) im Verlauf der Antriebsbahn (32) an der Führungsstruktur (30) abgestützt ist.

Aspekt 26. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei das Bördelement (12) relativ zur Führungsstruktur (30) winkelverstellbar ist.

Aspekt 27. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei das Bördelement (12) an einem Werkzeugträger (11) des Bördelwerkzeugs (10) verstellbar angeordnet ist und das Bördelwerkzeug (10) eine Verstelleinrichtung (13-19) zum Verstellen einer Winkelposition des Bördelements (12) relativ zum Werkzeugträger (11) umfasst.

Aspekt 28. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei

- das Bördelwerkzeug (10) eine Verstellbahn (16-18) und ein mit der Verstellbahn (16-18) in einem Verstelleingriff befindliches Verstellglied (13, 14) umfasst,
- das Bördelement (12) an einem aus Verstellbahn (16-18) und Verstellglied (13, 14), vorzugsweise am Verstellglied (13, 14), angeordnet ist,
- und eine Winkelposition des Bördelements (12) durch eine Relativbewegung von Verstellbahn (16-18) und Verstellglied (13, 14) im Führungseingriff von Verstellbahn (16-18) und Verstellglied (13, 14) relativ zur Verstellbahn (16-18) verstellbar ist

Aspekt 29. Bördelsystem nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei das Bördelement (12) ortsfest zu dem einen aus Verstellbahn (16-18) und Verstellglied (13, 14) angeordnet ist.

Aspekt 30. Bördelsystem nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei die Verstellbahn (16-18) einen gekrümmten, vorzugsweise über einen Winkel von wenigstens 60° gekrümmten Verstellabschnitt (16) für die Verstellung der Winkelposition, einen Ein- und Ausfahrabschnitt (18) und einen Rampenabschnitt (17) aufweist, der den Ein- und Ausfahrabschnitt (18) über eine Rampe mit dem Verstellabschnitt (16) verbindet.

Aspekt 31. Bördelsystem nach einem der drei unmittelbar vorhergehenden Aspekte, wobei die Verstellbahn (16-18) quer zur Bördelrichtung (X) über die Führungsstruktur (30) hinausragt und in Bezug auf die Führungsstruktur (30) konkav gekrümmt ist und wobei das Bördelement (12) zumindest in einer Arbeitsposition in einem Bereich zwischen der Verstellbahn (16-18) und der Führungsstruktur (30) und/oder der Schutzstruktur (33) nach Aspekt 15 an-

geordnet ist, um die Bördelkraft in Richtung auf die Führungsstruktur (30) und/oder die Schutzstruktur (33) nach Aspekt 15 auszuüben.

Aspekt 32. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei das Bördelement (12) relativ zu der Führungsstruktur (30) und/oder der Schutzstruktur (33) nach Aspekt 20 so angeordnet ist, dass die von des Bördelements (12) auf den Flansch (2) ausübende Bördelkraft in Richtung auf die Führungsstruktur (30) und/oder die Schutzstruktur (33) nach Aspekt 20 wirkt.

Aspekt 33. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei die Bördeleinheit (5) eine Messeinrichtung (27) zur Erfassung des Flansches (2) und/oder der Bördelkante (3) aufweist und die Messeinrichtung (27) mit dem Bördelwerkzeug (10) gemeinsam beweglich angeordnet ist, vorzugsweise am Bördelwerkzeug (10) angeordnet ist.

Aspekt 34. Bördelsystem nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei die Messeinrichtung (27) am Bördelwerkzeug (10) so angeordnet ist, dass die Messeinrichtung (27) die Bördelkante (3) und/oder den Flansch (2) von der Seite des Bördelements (12) aus erfasst.

Aspekt 35. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei die Trageinrichtung (9) ein Roboter mit einer Robotersteuerung zur Steuerung und/oder Regelung von Bewegungen des Roboters, vorzugsweise eines Gelenkarms des Roboters, ist und das Bördelsystem eine Bördelsteuerung für den Bördelantrieb (20) umfasst, wobei die Bördelsteuerung unabhängig von der Robotersteuerung ist.

Aspekt 36. Bördelsystem nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei die Bördelsteuerung von der Robotersteuerung auch räumlich getrennt verwirklicht ist.

Aspekt 37. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, umfassend eine Bördelsteuerung, die dazu eingerichtet ist, den Bördelantrieb (20) und/oder die in Aspekt 27 beschriebene Verstelleinrichtung (19) zu steuern, optional geregelt zu steuern, wobei die Trageinrichtung (9) ein Roboter mit einer Robotersteuerung ist und die Bördelsteuerung dazu eingerichtet ist, den Bördelantrieb (20) und/oder die Verstelleinrichtung (19) unabhängig von der Robotersteuerung zu steuern, optional geregelt zu steuern.

Aspekt 38. Bördelsystem nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei die Bördelsteuerung von der Robotersteuerung oder dem Roboter räumlich getrennt angeordnet ist.

Aspekt 39. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Aspekte, wobei die Bördelsteuerung und eine Bewegungssteuerung der Trageinrichtung (9), vorzugsweise eine Robotersteuerung, programmierte oder programmierbare Steuerungen sind und ein Bördelprogramm der Bördelsteuerung unabhängig von einem Steuerungsprogramm der Bewe-

gungssteuerung der Trageinrichtung (9) implementiert ist.

Aspekt 40. Bördeleinheit zum Umlegen eines Flansches eines Bauteils durch Bördeln, vorzugsweise zur Herstellung einer Falzverbindung, die Bördeleinheit umfassend:

- (a) ein Bördelwerkzeug (10) mit einem zum Umlegen des Flansches (2) längs einer Bördelkante (3) des Bauteils (1) auf dem Flansch (2) abfahrbaren Bördelement (12),
- (b) eine Führungsstruktur (30) zur Führung des Bördelwerkzeugs (10) längs der Bördelkante (3),
- (c) einen Bördelantrieb (20) zum Antreiben des Bördelwerkzeugs (10) und/oder des Bördelements (12) in eine Bördelrichtung (X) längs der Bördelkante (3),
- (d) und eine Medienversorgung für den Bördelantrieb (20),
- (e) einen Anschluss (6) zum Verbinden der Bördeleinheit (5) mit einer Trageinrichtung (9) zum Positionieren und Halten der Bördeleinheit (5) in einer relativ zum Bauteil (1) bestimmten Bördelposition,
- (f) wobei das Bördelwerkzeug (10) und der Bördelantrieb (20) innerhalb der Bördeleinheit (5) abgestützt sind, so dass eine zum Antreiben aufzubringende Antriebskraft und eine vom Bördelement (12) zum Bördeln auf den Flansch (2) auszuübende Bördelkraft innerhalb der Bördeleinheit (5) aufgenommen werden,
- (g) und das Bördelwerkzeug (10) und der Bördelantrieb (20) integrierte Bestandteile der von der Trageinrichtung (9) als Einheit handhabbaren Bördeleinheit (5) sind.

Aspekt 41. Bördeleinheit nach dem vorhergehenden Aspekt, wobei das Bördelement (12) eine auf dem Flansch (2) abrollbare Bördelrolle (12) ist.

Aspekt 42. Verfahren zum Bördeln eines Flansches eines Bauteils, vorzugsweise zum Falzen, bei dem

- (a) die in wenigstens einem der vorhergehenden Aspekte beschriebene Bördeleinheit (5) mittels einer Trageinrichtung (9), vorzugsweise einem Roboter, in einer Bördelposition relativ zum Bauteil (1) positioniert
- (b) und von der Trageinrichtung (9) in der Bördelposition gehalten wird,
- (c) während das Bördelwerkzeug (10) in einem Führungs- und Stützeingriff mit der Führungsstruktur (30) mittels des Bördelantriebs (20) der Bördeleinheit (5) in die Bördelrichtung (X) vorgetrieben und bei dieser Bewegung der Flansch (2) unter der Einwirkung des Bördelements (12) um einen vorbestimmten Winkel umgelegt wird,

(d) wobei eine vom Bördelantrieb (20) zum Vortreiben des Bördelwerkzeugs (10) ausgeübte Antriebskraft und eine vom Bördelement (12) zum Umlegen auf den Flansch (2) ausgeübte Bördelkraft innerhalb der Bördeleinheit (5) aufgenommen werden.

Aspekt 43. Verfahren nach dem vorhergehenden Aspekt, bei dem

- die Trageinrichtung (9) ein Roboter mit einer Robotersteuerung ist, die den Roboter zur Positionierung der Bördeleinheit (5) steuert,
- und eine Bördelsteuerung den Bördelantrieb (20) und/oder die in Aspekt 27 beschriebene Verstelleinrichtung (19) unabhängig von der Robotersteuerung steuert, optional geregelt steuert.

Aspekt 44. Verfahren nach einem der zwei unmittelbar vorhergehenden Aspekte, bei dem eine vom Bördelantrieb (20) zum Vortreiben des Bördelwerkzeugs (10) ausgeübte Antriebskraft und eine vom Bördelement (12) zum Umlegen auf den Flansch (2) ausgeübte Bördelkraft innerhalb der Bördeleinheit (5) von der Führungsstruktur (30) aufgenommen werden.

[0024] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand von Figuren erläutert. Am Ausführungsbeispiel offenbarte Merkmale bilden jeweils einzeln und in jeder Merkmalskombination die Gegenstände der Ansprüche und der Aspekte und auch die vorstehend erläuterten Ausgestaltungen vorteilhaft weiter. Es zeigen:

- Figur 1 ein Bördelsystem mit integrierter Bördeleinheit in Bördelposition an einem Bauteil,
 Figur 2 die Bördeleinheit in Bördelposition,
 Figur 3 einen Bördelbereich mit teilweise umgelegtem Bauteilflansch,
 Figur 4 die Bördeleinheit und das Bauteil in einer rückwärtigen Sicht,
 Figur 5 ein Werkzeug- und Antriebsmodul der Bördeleinheit,
 Figur 6 die Bördeleinheit in perspektivischer Sicht, und
 Figur 7 die Bördeleinheit in einer anderen Sicht.

[0025] Die Figuren 1 und 2 zeigen ein Bauteil 1 und eine Bördeleinheit 5, die in einer Bördelposition relativ zum Bauteil 1 positioniert und mittels einer Trageinrichtung 9 in der Bördelposition gehalten wird. Die Bördeleinheit 5 weist einen Anschluss 6 für eine mechanische Verbindung mit der Trageinrichtung 9 auf. Der Anschluss 6 ist für die Befestigung an einem Gelenkarm eines Roboters, vorzugsweise eines üblichen Industrieroboters, eingerichtet und weist die hierfür erforderliche Geometrie

und Verbindungselemente beispielsweise in Form eines üblichen Anschlussflansches auf. Vorzugsweise ist der Anschluss 6 für eine lösbare Befestigung an einem Robotergelenkarm eingerichtet. Als Trageinrichtung 9 kann somit insbesondere ein Gelenkarmroboter dienen. Vom Gelenkarmroboter ist in Figur 1 nur das Ende des Gelenkarms dargestellt. In Figur 2 nimmt die Bördeleinheit 5 zwar ebenfalls die Bördelposition ein, wird also von der Trageinrichtung 9 gehalten, die Trageinrichtung 9 ist jedoch nicht dargestellt, so dass der Blick auf den Anschluss 6 frei ist. Der Anschluss 6 kann dafür eingerichtet sein, dass der Roboter die Bördeleinheit 5 an- und abdocken, also automatisch aufnehmen und auch wieder ablegen kann.

[0026] Die Bördeleinheit 5 dient dem Bördeln eines Radhausflansches einer Automobilkarosserie längs einer Bördelkante. Das Bördeln kann insbesondere der Herstellung einer Falzverbindung dienen.

[0027] Figur 3 veranschaulicht die Herstellung einer Falzverbindung zwischen dem Bauteil 1 und einem Bauteil 4. Das Bauteil 1 ist ein Außenblech der Karosserie, und das Bauteil 4 ist eine innenliegende Flächenstruktur der Karosserie, beispielsweise ein Innenblech. Beim Falzen wird ein randseitiger Flansch 2 des Bauteils 1 um eine Bördelkante 3 des Bauteils 1 und dabei um einen Rand des Bauteils 4 umgelegt, so dass das Bauteil 4 nach Fertigstellung der Falzverbindung in eine vom Bauteil 1 gebildete Falztasche ragt und aufgrund eines gekrümmten Verlaufs der Falz- bzw. Bördelkante 3 formschlüssig mit dem Bauteil 1 verbunden ist. Falzverbindungen dieser Art und deren Herstellung in einem oder mehreren Falzschritten sind im Stand der Technik bekannt. Diesbezüglich kann beispielsweise auf die EP 1 640 080 B1 verwiesen werden. Figur 3 zeigt die Verhältnisse beim Falzen schematisch am Beispiel eines Flachfalzes, während in den anderen Figuren für das Ausführungsbeispiel ein Bördelement 12 mit kegel-zylindrischem Umfang für die Herstellung eines Tropfenflansches dargestellt ist.

[0028] Figur 4 zeigt das Bauteil 1 in einer rückwärtigen Sicht auf den bereits teilweise umgelegten Flansch 2. Vom in Figur 1 dargestellten Außenblech bzw. Bauteil 1 sind nur der bereits umgelegte Flansch 2 und die Bördelkante 3 erkennbar, um die der Flansch 2 umgelegt ist. Das Bauteil 4, die innenliegende Flächenstruktur, ragt längs der Bördelkante 3 in die durch das Bördeln gebildete Falztasche. Von der Bördeleinheit 5 ist nur ein in das Radhaus ragender Teil erkennbar, an dem ein zum Bördeln unmittelbar auf den Flansch 2 wirkendes Bördelement 12 angeordnet ist. Das Bördelement 12 ist eine Bördelrolle, die beim Bördeln auf dem Flansch 2 abrollt, dabei die zum Umlegen erforderliche Bördelkraft auf den Flansch 2 ausübt und diesen dadurch um einen bestimmten Winkel umlegt. Das Umlegen des Flansches 2 kann in einem einzigen Bördelschritt oder, wie im Ausführungsbeispiel, in mehreren nacheinander ausgeführten Bördelschritten durchgeführt werden. Um den Flansch 2 in mehreren Schritten umzulegen, ist das Börd-

delement 12 in der Bördereinheit 5 winkelverstellbar angeordnet. Anders als im Stand der Technik wird ein Anstellwinkel, den das Bördелеlement 12 relativ zum Bauteil 1 aufweist, nicht mittels eines Roboters verändert, sondern durch die Verstellung eines Anstellwinkels, den das Bördелеlement 12 relativ zu einem Werkzeugträger 11 der Bördereinheit 5 aufweist. Das Bördелеlement 12 ist somit winkelverstellbar an der Bördereinheit 5 angeordnet.

[0029] Die Bördereinheit 5 umfasst ein erstes Modul, zu dem der Anschluss 6 und eine Führungsstruktur 30 gehören, im Folgenden auch Anschluss- und Führungsmodul 6, 30 genannt, und ein zweites Modul, das ein Bördelwerkzeug 10 und einen Bördelantrieb 20 umfasst und im Folgenden als Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20 bezeichnet wird. Das Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20 ist am Anschluss- und Führungsmodul 6, 30 längs der Bördelkante 3 beweglich geführt.

[0030] Die Führungsstruktur 30 bildet eine Führungsbahn 31, die dem Verlauf der Bördelkante 2 nachgebildet ist, so dass sie bei in Bördelposition befindlicher Bördereinheit 5 dem Verlauf der Bördelkante 2 folgt. Das Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20 ist mit der Führungsstruktur 30 in einem Führungseingriff, in dem das Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20 längs der Führungsbahn 31 und in der Bördelposition somit längs der Bördelkante 2 translatorisch geführt wird. Im Führungseingriff verbleibt dem Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20 nur der Freiheitsgrad der translatorischen Bewegung längs der Führungsbahn 31.

[0031] Das Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20 ist aufgrund des integrierten Bördelantriebs 20 selbstfahrend. Der Bördelantrieb 20 treibt das Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20 beim Bördeln entlang der Führungsbahn 31 in eine Bördelrichtung vor, so dass das Bördелеlement 12 seinem Anstellwinkel entsprechend den Flansch 2 längs der Bördelkante 2 in Bördelrichtung fort-fahrend umlegt.

[0032] Das Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20 ist an der Führungsstruktur 30 beweglich abgestützt. Die Führungsstruktur 30 trägt das Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20, nimmt also dessen Gewicht auf, und nimmt ferner auch die für den Vortrieb aufzubringende Antriebskraft und die für das Bördeln aufzubringende Bördelkraft auf. Die Abstützung erfolgt im Führungseingriff von Führungsstruktur 30 und Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20 und kann ferner in einem Antriebseingriff einer mit der Führungsstruktur 30 fest verbundenen Antriebsbahn 32 mit dem Bördelantrieb 20 erfolgen. Grundsätzlich können die Funktionen des Führens und Abstützens an der Führungsstruktur 30 jedoch auch voneinander separat verwirklicht sein, dem kombinierten Abstütz- und Führungseingriff wird jedoch der Vorzug gegeben, da hierdurch das Volumen und insbesondere auch das Gewicht der Bördereinheit 5 gegenüber einer Separierung der Funktionen verringert werden kann.

[0033] Die Antriebsbahn 32 folgt dem Verlauf der Führungsbahn 31. Im Ausführungsbeispiel sind die Bahnen

31 und 32 parallel und in eine Richtung quer zur Bördelrichtung nebeneinander angeordnet. In einer Modifikation können sie beispielsweise ineinander geschachtelt angeordnet sein. In noch einer Modifikation kann die Führungsbahn 31 in Doppelfunktion auch die Antriebsbahn 32 bilden, so dass Führungseingriff und Antriebseingriff zusammenfallen. Da der Antriebseingriff von Anschluss- und Führungsmodul 6, 30 und Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20 bevorzugt auf Formschluss beruht, während die Führungsbahn 31 bevorzugt glatt ist, wird eine räumliche Trennung von Führungsbahn 31 und Antriebsbahn 32 bevorzugt, wobei die beiden Bahnen 31 und 32 jedoch zwecks Volumen- und Gewichtersparnis vorteilhafterweise unmittelbar nebeneinander oder übereinander verlaufen.

[0034] Das Anschluss- und Führungsmodul 6, 30 umfasst ferner eine Schutzstruktur 33, mit der es in der Bördelposition in einem vom Flansch 2 aus gesehen über die Bördelkante 3 gegenüberliegenden Bauteilbereich am Bauteil 1 anliegt. Die Schutzstruktur 33 weist eine in der Bördelposition am Bauteil 1 anliegende Anlagefläche auf, die an besagten Bauteilbereich angepasst geformt ist. Die Schutzstruktur 33 kann hinsichtlich der Schutzfunktion der Schutzstruktur der EP 1 640 080 B1 entsprechen. Im Unterschied zu dieser ist die Schutzstruktur 33 allerdings unbeweglich mit der Führungsstruktur 30 verbunden. Im Ausführungsbeispiel sind Führungsstruktur 30 und Schutzstruktur 33 in einem Stück ausgeführt, beispielsweise separat geformt und fest miteinander verfügt oder vorzugsweise bereits in einem Verfahren der gemeinsamen Urformung geformt und gegebenenfalls endbearbeitet.

[0035] Die Antriebsbahn 32 kann ebenfalls in einem gemeinsamen Verfahren der Urformung mit der Führungsstruktur 30 geformt sein. Die Führungsstruktur 30 und die Antriebsbahn 32, optional auch die Schutzstruktur 33, können in einem gemeinsamen Verfahren der Urformung in einem Stück geformt sein, wobei sich an die Urformung eine Endbearbeitung anschließen kann, um für die jeweilige Struktur bzw. Bahnen 30 bis 33 die erforderliche Präzision zu gewährleisten. In einer Weiterentwicklung, die im Ausführungsbeispiel verwirklicht ist, wird die Antriebsbahn 32 unmittelbar jedoch von einer Kette gebildet, die an der Führungsstruktur 30 zumindest in Kettenendbereichen befestigt und von einer unbeweglich mit der Führungsstruktur 30 verbundenen Stützbahn über ihren Verlauf gestützt wird. Die Stützbahn kann mit der Führungsstruktur 30 unbeweglich gefügt oder vorzugsweise in einem Verfahren der Urformung an der Führungsstruktur 30 geformt und danach erforderlichenfalls endbearbeitet sein. Die Verwendung einer Kette oder stattdessen eines Zahnriemenstreifens dient der Verwirklichung eines formschlüssigen Antriebseingriffs mit dem Bördelantrieb 20 und gewährt im Rahmen der Formflexibilität einer Kette oder eines Zahnriemenstreifens Gestaltungsspielraum in Bezug auf den Verlauf der Antriebsbahn 32. Die Antriebsbahn 32 folgt wie bereits erwähnt der Führungsbahn 31, die dem Verlauf der Bördel-

delkante 2 nachgebildet ist und daher wie diese in vielen Anwendungsfällen, insbesondere auch beim Radhausfalzen, mehrdimensional gekrümmt sein kann, sich also um zueinander nicht parallele Achsen krümmen kann. Würde die Antriebsbahn 32 als nicht nachgiebige Verzahnung unmittelbar an der Führungsstruktur 30 bereitgestellt werden, was grundsätzlich möglich wäre, müsste sich die Verzahnung in besagten Anwendungsfällen ebenfalls um nicht parallele Achsen krümmen. Die Fertigungskosten für solch eine Verzahnung übersteigen jedoch die Kosten für die Verwirklichung der Antriebsbahn im Vergleich zur Verwendung einer Kette oder eines Zahnriemenstreifens deutlich.

[0036] Die Führungsstruktur 30 ist einschließlich der dem Bauteil 1 zugewandten Anlagefläche und der Antriebsbahn 32 als ein dem Verlauf der Bördelkante nachgebildeter, schmaler Streifen ausgeführt, um Gewicht zu sparen. Dem Verlauf der Bördelkante 2 des Ausführungsbeispiels entsprechend ist die Führungsstruktur 30 bündelartig geformt und kann auch als Führungsbügel bezeichnet werden.

[0037] An der Führungsstruktur 30 kann, wie in den Figuren 1 und 2 erkennbar, eine Fixiereinrichtung mit einem oder mehreren Fixierelementen 29 angeordnet sein. Falls das Anschluss- und Führungsmodul 6, 30 mit einer Fixiereinrichtung ausgestaltet ist, wird die Fixiereinrichtung jedoch nicht dafür benötigt, das Gewicht der Bördelereinheit 5 am Bauteil 1 abzustützen. Diese Funktion übernimmt die Trageinrichtung 9. Mittels einer optionalen Fixiereinrichtung mit einem oder mehreren Fixierelementen 29, die voneinander beabstandet längs der Führungsbahn 31 angeordnet sind, kann die mittels der Trageinrichtung 9 in der Bördelposition positionierte und gehaltene Bördelereinheit 5 allerdings mit höherer Präzision relativ zum Bauteil 1 fixiert werden. Eine Fixiereinrichtung kann insbesondere dazu dienen, die Bördelkante 2 relativ zur Führungsstruktur 30 zu spannen, um Fertigungstoleranzen des Bauteils 1 zu kompensieren.

[0038] Figur 5 zeigt das Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20 losgelöst vom Anschluss- und Führungsmodul 6, 30. Das Bördelwerkzeug 10 umfasst den Werkzeugträger 11, an dem das als Bördelrolle gebildete Bördelerelement 12 winkelvestellbar angeordnet ist, und einen am Werkzeugträger 11 angeordneten Verstellantrieb 19 für die Winkelverstellung des Bördelerelements 12. Mit X, Y und Z sind die zueinander orthogonalen Achsen eines in Bezug auf den Werkzeugträger 11 ortsfesten Koordinatensystems bezeichnet. Die X-Achse ist parallel zur lokalen Bördelrichtung, die sich über den Verlauf der Führungsbahn 31 ändert. Ist das Bördelerelement 12 als Bördelrolle ausgeführt, weist die Drehachse R der Bördelrolle vorzugsweise orthogonal zur Bördelrichtung, d.h. zur X-Achse des Bördelwerkzeugs 10. Die Bördelkraft wirkt zumindest im Wesentlichen orthogonal zur Bördelrichtung und orthogonal zur Drehachse R.

[0039] Das Bördelerelement 12 ist relativ zum Werkzeugträger 11 winkelvestellbar, um den Anstellwinkel, den das Bördelerelement 12 beim Bördeln relativ zum

Flansch 2 unmittelbar vor Ausführung der jeweiligen Bördeloperation aufweist, in der Y-Z-Ebene des Bördelwerkzeugs 10 verstellen zu können. Im Rahmen der Winkelverstellbarkeit ist das Bördelerelement 12 um eine zur jeweils lokalen Bördelrichtung parallele Achse, d.h. um eine werkzeugeigene X-Achse schwenkbar.

[0040] Zur Verstellung des Anstellwinkels des Bördelerelements 12 weist das Bördelwerkzeug 10 eine Verstellstruktur 15 mit einer Verstellbahn 16-18 auf. Das Bördelerelement 12 ist drehbar auf einem Eingriffsglied gelagert, das einen Bördelerelementträger 13 mit Eingriffselementen 14 aufweist, die mit der Verstellstruktur 15 in einem Führungseingriff sind, in dem das Eingriffsglied 13, 14 mit dem Bördelerelement 12 längs der Verstellbahn der Führungsstruktur 15 geführt beweglich und dadurch winkelvestellbar ist. Die Eingriffselemente 14 können wie im Ausführungsbeispiel insbesondere Eingriffsrollen sein.

[0041] Die Verstellbahn weist einen gekrümmten Verstellabschnitt 16 auf, längs dem das Eingriffsglied 13, 14 und somit das Bördelerelement 12 bei dem Verstellen in einem Verstelleingriff geführt ist. Durch den Verlauf des Verstellabschnitts 16 wird die Verstellbewegung des Bördelerelements 12 vorgegeben. Im Verstelleingriff fährt das Eingriffsglied 13, 14 mit seinen Eingriffselementen 14 den Verstellabschnitt 16 ab. Die Verstellbewegung des Bördelerelements 12 hängt vom Krümmungsradius des Verstellabschnitts 16 und dem Abstand ab, den ein Flächenbereich am äußeren Umfang des Bördelerelements 12 vom Verstellabschnitt 16 aufweist. Besagter Flächenbereich am äußeren Umfang des Bördelerelements 12 ist der Flächenbereich, mit dem das Bördelerelement 12 beim Bördeln im Kontakt mit dem Flansch 2 ist. Der Krümmungsradius des Verstellabschnitts 16 kann konstant sein, damit eine Kante des besagten Flächenbereichs, bei Ausbildung des Bördelerelements 12 als Bördelrolle ein Rollkontaktpunkt am äußeren Umfang der Rolle, in Bezug auf den Werkzeugträger 11 bei der Verstellung ortsfest bleibt. Der Verstellabschnitt 16 muss jedoch keinen Kreisabschnitt oder nicht nur einen Kreisabschnitt beschreiben. Er kann auch variieren, damit das Bördelerelement 12 einer reinen Schwenkbewegung überlagert noch eine weitere Bewegung ausführt.

[0042] Die Verstellbahn 16-18 weist über den Verstellabschnitt 16 hinaus einen Ein- und Ausfahrabschnitt 18 sowie einen Rampenabschnitt 17 auf, der den Ein- und Ausfahrabschnitt 18 mit dem Verstellabschnitt 16 verbindet. In Figur 5 nimmt das Bördelerelement 12 in Bezug auf die Führungsstruktur 15 und deren Verstellbahn 16-18 eine Endposition ein, die das Bördelerelement 12 beim Fertigbördeln bzw. Fertigfalzen einnimmt, also zur Ausführung des letzten Bördelschritts, bei dem der Flansch 2 vollständig umgelegt und gegen den in die fertige Falztasche ragenden Rand des Bauteils 4 (Figuren 2 und 3) gedrückt wird. Nach Ausführung dieses letzten Bördelschritts wird das Eingriffsglied 13, 14 mit dem daran angeordneten Bördelerelement 12 im Verstelleingriff längs des Verstellabschnitts 16 über den Rampenabschnitt 18

bis in einen Eingriff mit dem Ein- und Ausfahrabschnitt 18 bewegt. Wenn das nach dem Bördeln im Verstelleingriff die Verstellbahn 16-18 abfahrende Eingriffsglied 13, 14 in den Ein- und Ausfahrabschnitt 18 gelangt ist, wird die Bördereinheit 5 mittels der Trageinrichtung 9 aus der Bördelposition bewegt und steht für das Bördeln eines nächsten Bauteils 1 zur Verfügung.

[0043] Der Ein- und Ausfahrabschnitt 18 dient dem Freifahren des Bördelements 12. In einer ausgefahrenen Position, die das Eingriffsglied 13, 14 vor Beginn und nach Beendigung des Bördelns des jeweiligen Bauteils 1 einnimmt, ist das Eingriffsglied 13, 14 in einem hinteren Bereich mit dem Ein- und Ausfahrabschnitt 18 und in einem vorderen Bereich mit dem Verstellabschnitt 16 im Eingriff. Dazwischen verläuft der verbindende Rampenabschnitt 17. Ist die Bördereinheit 5 am Bauteil 1 in der Bördelposition positioniert, wird das Eingriffsglied 13, 14 mit seinem hinteren Bereich aus dem Ein- und Ausfahrabschnitt 17 vollständig in den Verstellabschnitt 16 eingefahren. Das Eingriffsglied 13 und 14 und damit das Bördelement 12 führen bei dieser Einfahrbewegung eine Kippbewegung um eine werkzeugeigene X-Achse aus. Durch die Kippbewegung gelangt das Bördelement 12 in Kontakt mit oder zumindest in unmittelbare Nähe zu dem Flansch 2.

[0044] Für die Verstellung des Bördelements 12 weist das Bördelwerkzeug 10 einen Verstellantrieb 19 auf, der insbesondere ein Linearantrieb sein kann. Der Linearantrieb kann als fluidischer Antrieb gebildet sein. Bevorzugt handelt es sich um einen elektrischen Antrieb. Der Verstellantrieb 19 ist mittels eines Gestänges mit dem Eingriffsglied 13, 14 verbunden, um bei Ausführung von Verstellbewegungen stattfindende Relativbewegungen zwischen dem Eingriffsglied 13, 14 und dem Verstellantrieb 19 ausgleichen zu können. Zusätzlich oder anstelle einer gelenkigen Verbindung mittels Gestänge kann der Verstellantrieb 19 auch selbst schwenkbeweglich am Werkzeugträger 11 abgestützt sein.

[0045] Das Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20 umfasst wie bereits erwähnt den Bördelantrieb 20. Der Bördelantrieb 20 umfasst einen Antriebsträger 21, einen am Antriebsträger 21 abgestützten Motor 22 und ein mittels des Motors 22 antreibbares Antriebsrad 23, das als außenverzahntes Stirnrad gebildet. Das Antriebsrad 23 ist coaxial zu einer Motorwelle des Motors 22 angeordnet, grundsätzlich sind andere Anordnungen jedoch möglich. Das Antriebsrad 23 kann zwar drehsteif unmittelbar auf der Motorwelle angeordnet sein, bevorzugter ist es mittels eines Untersetzungsgetriebes mit der Motorwelle verbunden. Der Antriebsträger 21 ist am Werkzeugträger 11 abgestützt. Werkzeugträger 11 und Antriebsträger 21 können zwar grundsätzlich bereits in einem Verfahren der Urformung in einem Stück gefertigt sein, zweckmäßigerweise werden sie jedoch getrennt geformt und fest miteinander gefügt. Das Antriebsrad 23 ist mit der Antriebsbahn 32 (Figur 1) im formschlüssigen Antriebseingriff. Im Antriebseingriff wirken das Antriebsrad 23 und

die Antriebsbahn 32 wie Ritzel und Kette oder Zahnrad und Zahnriemen zusammen.

[0046] Der Bördereinheit 5 ist eine Bördelsteuerung zugeordnet, die den Bördelantrieb 20 und den Verstellantrieb 19 steuert, optional geregelt steuert. Sie gibt den beiden Antrieben 19 und 20 die Steuersignale vor, nach denen der Bördelantrieb 20 das Bördelwerkzeug 10 und im speziellen Ausführungsbeispiel das Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20 relativ zur Führungsstruktur 30 bewegt und positioniert und der Verstellantrieb 19 das Bördelement 12 relativ zum Werkzeugträger 11 verstellt. Die Bördelsteuerung arbeitet autark. Bildet ein Roboter die Trageinrichtung 9, arbeitet sie unabhängig von einer Robotersteuerung. Sie kann gleichwohl am Roboter angeordnet, aufgrund ihrer autarken Arbeitsweise vorteilhafterweise aber von der Robotersteuerung oder auch vom Roboter räumlich getrennt angeordnet sein. Sie kann mit der Robotersteuerung allerdings so gekoppelt sein, dass sie von der Robotersteuerung ein Startsignal erhält, wenn die Bördereinheit 5 die Bördelposition einnimmt, und/oder der Robotersteuerung ein Endsignal aufgibt, wenn das Bördeln am jeweiligen Bauteil abgeschlossen ist. Das Starsignal und/oder das Endsignal kann aber auch von einer übergeordneten Fertigungssteuerung ausgegeben werden. Die Bördelsteuerung kann das Bördeln in noch einer Ausführung in einer getakteten Serienfertigung aber auch dem Takt entsprechend nur in Abhängigkeit von der vorgegebenen Taktzeit steuern, so dass auch auf die erwähnte Start/Ende-Kommunikation verzichtet werden kann.

[0047] Das Bördelement 12 kann im Verstelleingriff längs des Verstellabschnitts 16 in unterschiedliche, diskret vorgegebene Winkelpositionen verstellt werden, um den Flansch 2 in mehreren Bördelschritten sukzessive entsprechend einer dem jeweiligen Bördelschritt zugeordneten Winkelposition umzulegen. In einer Weiterentwicklung kann die Bördelsteuerung anstelle oder zusätzlich zu einer Vorgabe diskreter Winkelpositionen dafür eingerichtet sein, die Winkelposition des Bördelements 12 innerhalb des gesamten Verstellbereichs oder nur innerhalb eines Teils des gesamten, durch den Verstellabschnitt 16 vorgegebenen Verstellbereichs kontinuierlich zu verstellen. So kann eine Steuerung für die Bördereinheit 5 vorteilhafterweise dazu eingerichtet sein, die Winkelposition des Bördelements 12 während des Bördelns und in diesem Sinne dynamisch kontinuierlich zu verstellen, um beispielsweise an einem oder an beiden Längsenden der Bördelkante 3 einen kontinuierlich auslaufenden Flansch 2 zu generieren, so dass sich die Falztasche kontinuierlich öffnet.

[0048] Für den Führungseingriff mit der Führungsstruktur 30 weist das Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20 ferner ein in der Art eines Rollwagens gebildetes Eingriffsglied mit einem als Modulträger dienenden Führungsträger 24 und als Führungsrollen gebildeten Eingriffselementen 25 auf. Genauer gesagt umfasst das Eingriffsglied 24, 25 zwei Rollwagen, die einander in einem lichten Abstand gegenüberliegend angeordnet und je-

weils relativ zum Werkzeugträger 11, sieht man von der Drehbeweglichkeit der Eingriffselemente 25 ab, unbeweglich sind.

[0049] In Figur 6 sind der Führungseingriff und auch der Antriebseingriff von Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20 und Führungsstruktur 30 deutlich zu erkennen. In Bezug auf den Führungseingriff ist nur der Eingriff des einen Rollwagens des Eingriffsglieds 24, 25 erkennbar. Die Verhältnisse sind spiegelbildlich an der Unterseite der Führungsstruktur 30 mit dem dort im Führungseingriff befindlichen Eingriffsglied 24, 25 die gleichen. In den Figuren 6 und 7 sind ferner die unmittelbar an der Führungsstruktur 30 geformte Schutzstruktur 33 mit der an das Bauteil 1 angepassten Anlagefläche 34 (Figur 7) und die Antriebsbahn 32 erkennbar. Die Antriebsbahn 32 kann wie bereits erwähnt von einer Kette gebildet werden, die selbst allerdings nicht abgebildet ist. Die Kette kann zweckmäßigerweise in einer Nut 35 der Führungsstruktur 30 angeordnet und somit nicht nur an einer im Führungseingriff dem Antriebsrad 23 abgewandten Unterseite an einer Stützbahn 36 abgestützt, sondern in der Nut 35 auch seitlich geführt sein.

[0050] Der Führungseingriff ist als zweifacher Schwalbenschwanzeingriff ausgeführt. Die Führungsbahn 31 setzt sich entsprechend aus einem ersten Paar aus relativ zueinander im Querschnitt der Führungsstruktur 30 geneigten Führungsbahnsegmenten 31 und einem zweiten Paar ebenfalls relativ zueinander geneigten Führungsbahnsegmenten 31 zusammen. Die beiden Paare von Führungsbahnsegmenten 31 sind quer zur Bördelrichtung X voneinander abgewandt und einander gegenüberliegend an der Führungsstruktur 30 geformt. Die Eingriffselemente 25 sind dem jeweils zugeordneten Bahnsegment der Führungsbahn 31 entsprechend um relativ zueinander geneigte Drehachsen drehbar am Führungsträger 24 angeordnet. Durch den zweifachen Schwalbenschwanzeingriff wird eine besonders feste Abstützung und präzise Führung des Werkzeug- und Antriebsmoduls 10, 20 an der Führungsstruktur 30 gewährleistet. Der Führungseingriff wird im Hinblick darauf, dass das Eingriffsglied 24, 25 die Führungsstruktur 30 und insbesondere deren Führungsbahn 31 umgreift als Schwalbenschwanzeingriff bezeichnet, obgleich die den Umgriff bildenden Eingriffselemente 25 wie bevorzugt Rollen sind.

[0051] Zu Führungseingriff und Verstelleingriff ist noch anzumerken, dass beide Eingriffe jeweils durch Eingriffsrollelemente, nämlich die Eingriffselemente 14 des Verstellangriffs und die Eingriffselemente 25 des Führungseingriffs, gebildet sind. Dies ist zwar im Hinblick auf die Reibungsverhältnisse und den Verschleiß von Vorteil, grundsätzlich könnte jedoch der Verstelleingriff und/oder der Führungseingriff als Gleiteingriff gebildet sein.

[0052] Die Verstellstruktur 15 ragt mit ihrem verstellbaren Abschnitt 16, optional auch mit dem Rampenabschnitt 17 oder auch noch dem Ein- und Ausfahrabschnitt 18, quer zur Bördelrichtung X über den Führungseingriff, d.h. über die Führungsstruktur 30 vor. Der Verstellab-

schnitt 16 ist in Bezug auf den Führungseingriff von Führungsstruktur 30 und Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20 konkav gekrümmt und kann dem Führungseingriff insbesondere, wie im Ausführungsbeispiel, zugewandt sein. Das Bördelement 12 ist in einem Bereich zwischen der Verstellbahn 16-18 und dem Führungseingriff angeordnet. Diese Ausgestaltung ist vorteilhaft insbesondere für das Radhausbördeln- oder falzen, da die Bördeleinheit 5 am Bauteil 1 außen in der Bördelposition positioniert und gehalten wird, während das Bördelement 12 im Radhaus zum Bördeln zumindest zum Fertigbördeln von innen nach außen, in Richtung auf die Führungsstruktur 30 oder die optional vorhandene Schutzstruktur 33 wirkt.

[0053] Umfasst die Bördeleinheit 5 wie bevorzugt eine Schutzstruktur mit einer Anlagefläche, die in der Bördelposition am Bauteil 1 im umgelegten Flansch 2 außen anliegt, wie etwa die Schutzstruktur 33, kann durch eine in bevorzugten Ausführungen der Bördelkraft entgegenwirkende Abstützung durch die Trageinrichtung 9 auf ein gemeinsam mit dem Bördelement 12 in Bördelrichtung bewegliches Gegenelement verzichtet werden. Nimmt die Trageinrichtung nur das Gewicht der Bördeleinheit 5 auf, ist bevorzugt eine Fixiereinrichtung zur Aufnahme der Bördelkraft zusätzlich vorgesehen. Eine derartige Fixiereinrichtung kann extern vorgesehen sein, um die Bördeleinheit 5 in Bezug auf das Bauteil 1 extern der Bördelkraft entgegenwirkend abzustützen. Grundsätzlich soll aber auch nicht ausgeschlossen werden, dass die Trageinrichtung nur das Gewicht der Bördeleinheit 5 beim Bördeln trägt und die Abstützung der Bördelkraft durch eine Fixierung am Bauteil 1 vorgenommen wird.

[0054] Am Werkzeug- und Antriebsmodul 10, 20 kann eine Messeinrichtung angeordnet sein, beispielsweise wie in Figur 7 mit dem Bezugszeichen 27 illustriert. Mit der Messeinrichtung 27 kann vor und/oder bei und/oder nach dem Bördeln der Flansch 2 und/oder die Bördelkante 3 erfasst werden. Die Messeinrichtung 27 kann für eine bevorzugt optische Erfassung des Flansches 2 und/oder der Bördelkante 3 einen Laser und eine Aufnahmeeinrichtung für das vom Laser auf den Flansch 2 und/oder die Bördelkante 3 abgestrahlte und von dort zur Aufnahmeeinrichtung reflektierte Licht aufweisen. Mit einer optischen Messeinrichtung 27 kann der Flansch 2 und/oder die Bördelkante 3 insbesondere mittels eines Triangulationsverfahrens vermessen werden. Die Aufnahmeeinrichtung kann für eine kontinuierliche Aufnahme oder für eine Momentaufnahme des reflektierten Laserlichts eingerichtet sein. Die Aufnahmeeinrichtung kann insbesondere eine Videokamera sein. Der Signalabstrahler, etwa eine Lichtquelle und insbesondere ein Laser, und die Aufnahmeeinrichtung sind vorteilhafterweise in unmittelbarer Nähe zueinander und bevorzugt in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet, wie es im Ausführungsbeispiel ebenfalls der Fall ist. Die Messeinrichtung 27 kann insbesondere in einem über den Führungseingriff vorragenden Bereich, im Ausführungsbeispiel im Bereich der Verstellstruktur 15, angeordnet sein,

um beim Radhausbördeln oder -falzen von innen, aus dem Radhaus heraus, den Flansch 2 und/oder die Bördelkante 3 erfassen zu können.

[0055] Die messtechnische Erfassung des Flansches 2 und/oder der Bördelkante 3 kann einem Einmessen des Bördelsystems und/oder einer Qualitätskontrolle des gebördelten Bauteils 1 dienen. Ist die Trageinrichtung 9 wie bevorzugt ein Roboter, kann der Roboter in Abhängigkeit vom Ergebnis eines Einmessens die Bördelposition dem jeweils zu bearbeiteten Bauteil 1 gemäß individuell und dadurch besonders genau anpassen. Die Bördereinheit 5 kann auf diese Weise den fertigungsbedingten Besonderheiten des jeweiligen Bauteils Rechnung tragend, d.h. unter Berücksichtigung der von Bauteil zu Bauteil im Rahmen von Fertigungstoleranzen vorhandenen Geometrieabweichungen, positioniert werden.

Bezugszeichen:

[0056]

1	Bauteil	
2	Flansch	
3	Bördelkante	
4	Bauteil	
5	Bördereinheit	
6	Anschluss für Trageinrichtung	
7	-	
8	-	
9	Trageinrichtung	
10	Bördelwerkzeug	
11	Werkzeugträger	
12	Bördelement	
13	Bördelementträger	
14	Eingriffselement	
15	Verstellstruktur	
16	Verstellabschnitt	
17	Rampenabschnitt	
18	Ein- und Ausfahrabschnitt	
19	Verstellantrieb	
20	Bördelantrieb	
21	Antriebsträger	
22	Motor	
23	Antriebsrad	
24	Führungsträger	
25	Eingriffselement	
26	-	
27	Messeinrichtung	
28	-	
29	Fixiereinrichtung	
30	Führungsstruktur	
31	Führungsbahn	
32	Antriebsbahn	
33	Schutzstruktur	
34	Anlagefläche	
35	Nut	
36	Stützbahn	

R Drehachse
X, Y, Z Koordinatensystem des Werkzeugs

5 Patentansprüche

1. Bördelsystem zum Umlegen eines Flansches eines Bauteils durch Bördeln, vorzugsweise zur Herstellung einer Falzverbindung, das Bördelsystem umfassend:

- (a) ein Bördelwerkzeug (10) mit einem zum Umlegen des Flansches (2) längs einer Bördelkante (3) des Bauteils (1) auf dem Flansch (2) abfahrbaren Bördelements (12), vorzugsweise einer auf dem Flansch abrollbaren Bördelrolle (12),
 - (b) eine Bördereinheit (5) mit einer Führungsstruktur (30) zur Führung des Bördelwerkzeugs (10) längs der Bördelkante (3),
 - (c) einen Bördelantrieb (20) zum Antreiben des Bördelwerkzeugs (10) und/oder des Bördelements (12) in eine Bördelrichtung (X) längs der Bördelkante (3),
 - (d) und eine Medienversorgung für den Bördelantrieb (20),
 - (e) eine Trageinrichtung (9) zum Positionieren und Halten der Bördereinheit (5) in einer relativ zum Bauteil (1) bestimmten Bördelposition,
 - (f) wobei das Bördelwerkzeug (10) und der Bördelantrieb (20) innerhalb der Bördereinheit (5) abgestützt sind, so dass eine zum Antreiben aufzubringende Antriebskraft und eine vom Bördelement (12) zum Bördeln auf den Flansch (2) auszuübende Bördelkraft innerhalb der Bördereinheit (5) aufgenommen werden,
 - (g) und das Bördelwerkzeug (10) und der Bördelantrieb (20) integrierte Bestandteile der von der Trageinrichtung (9) als Einheit handhabbaren Bördereinheit (5) sind,
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- (h) die Bördereinheit (5) eine an der Führungsstruktur (30) geformte Anlagefläche (34) umfasst, die an eine dem Flansch (2) gegenüberliegend an die Bördelkante (3) grenzende Oberfläche des Bauteils (1) angepasst geformt und anlegbar ist.

2. Bördelsystem nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Trageinrichtung (9) ein Roboter mit einer Robotersteuerung zur Steuerung und/oder Regelung von Bewegungen des Roboters, vorzugsweise eines Gelenkarms des Roboters, ist und das Bördelsystem eine Bördelsteuerung für den Bördelantrieb (20) und/oder für eine in Anspruch 3 beschriebene Verstellereinrichtung (19) umfasst, wobei die Bördelsteuerung dazu eingerichtet ist, den Bördelantrieb (20) und/oder die Verstellereinrichtung (19) von der Robotersteuerung unabhängig zu steuern, optional

geregelt zu steuern, und vorzugsweise von der Robotersteuerung räumlich getrennt angeordnet ist.

3. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Bördelement (12) relativ zu einem Werkzeugträger (11) des Bördelwerkzeugs (10) verstellbar angeordnet ist und das Bördelwerkzeug (10) eine Verstelleinrichtung (13-19) zum Verstellen einer Winkelposition des Bördelements (12) relativ zum Werkzeugträger (11) umfasst. 5 10
4. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
 - das Bördelwerkzeug (10) eine gekrümmte Verstellbahn (16-18) und ein mit der Verstellbahn (16-18) in einem Verstelleingriff befindliches Verstellglied (13, 14) umfasst, 15
 - das Bördelement (12) an einem aus Verstellbahn (16-18) und Verstellglied (13, 14) angeordnet ist, vorzugsweise ortsfest zu dem einen aus Verstellbahn (16-18) und Verstellglied (13, 14), 20
 - und eine Winkelposition des Bördelements (12) durch eine Relativbewegung von Verstellbahn (16-18) und Verstellglied (13, 14) im Führungseingriff von Verstellbahn (16-18) und Verstellglied (13, 14) relativ zur Verstellbahn (16-18) verstellbar ist. 25
5. Bördelsystem nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Verstellbahn (16-18) einen gekrümmten, vorzugsweise über einen Winkel von wenigstens 60° gekrümmten Verstellabschnitt (16) für die Verstellung der Winkelposition, einen Ein- und Ausfahrabschnitt (18) und einen Rampenabschnitt (17) aufweist, der den Ein- und Ausfahrabschnitt (18) über eine Rampe mit dem Verstellabschnitt (16) verbindet. 30 35
6. Bördelsystem nach einem der zwei unmittelbar vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verstellbahn (16-18) quer zur Bördelrichtung (X) über die Führungsstruktur (30) hinausragt und in Bezug auf die Führungsstruktur (30) konkav gekrümmt ist und wobei das Bördelement (12) zumindest in einer Arbeitsposition in einem Bereich zwischen der Verstellbahn (16-18) und der Führungsstruktur (30) und/oder der Schutzstruktur (33) nach Anspruch 12 angeordnet ist, um die Bördelkraft in Richtung auf die Führungsstruktur (30) und/oder die Schutzstruktur (33) nach Anspruch 12 auszuüben. 40 45 50
7. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Bördelwerkzeug (10) und der Bördelantrieb (20) an einem gemeinsamen Werkzeugträger (11) angeordnet sind, der relativ zur Führungsstruktur (30) längs der Bördelkante (3), vor-

zugsweise auch längs der Führungsstruktur (30), beweglich ist.

8. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Führungsstruktur (30) eine Führungsbahn (31) bildet und das Bördelwerkzeug (10), vorzugsweise gemeinsam mit dem Bördelantrieb (20), in einem Führungseingriff mit der Führungsbahn (31) längs der Bördelkante (3) geführt beweglich ist.
9. Bördelsystem nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Bördelwerkzeug (10) in einem Führungseingriff eines Eingriffsglieds (24, 25) und der Führungsbahn (31) längs der Führungsbahn (31) geführt wird und das Eingriffsglied (24, 25) einen Führungsträger (24) und am Führungsträger (24) angeordnete Eingriffselemente (25) umfasst, die voneinander beabstandet und jeweils mit der Führungsstruktur (30) in Kontakt sind, um den Führungseingriff zu bilden, und wobei die Eingriffselemente (25) in solch einer Anzahl und Anordnung vorgesehen sind, dass das sich der Führungsträger (24) relativ zur Führungsstruktur (30) nur translatorisch längs der Führungsbahn (31) bewegen kann.
10. Bördelsystem nach einem der zwei unmittelbar vorhergehenden Ansprüche, wobei die Führungsbahn (31) und das Eingriffsglied (24, 25) in einem ersten Schwalbenschwanzeingriff und in einem dem ersten Schwalbenschwanzeingriff quer zur Bördelrichtung (X) entgegen wirkenden zweiten Schwalbenschwanzeingriff gegeneinander gedrückt sind, um den Führungseingriff zu bilden, und wobei das Eingriffsglied (24, 35) im ersten Schwalbenschwanzeingriff und im zweiten Schwalbenschwanzeingriff in Bördelrichtung (X) voneinander beabstandete Eingriffselemente (25) umfasst.
11. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Bördelwerkzeug (10), vorzugsweise auch der Bördelantrieb (20) in einem Führungseingriff an der Führungsstruktur (30) beweglich geführt und abgestützt ist, so dass wenigstens ein überwiegender Teil der Bördelkraft und/oder wenigstens ein überwiegender Teil des Gewichts des Bördelwerkzeugs (10), vorzugsweise auch des Bördelantriebs (20), im Führungseingriff aufgenommen wird oder werden.
12. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Führungsstruktur (30) eine Schutzstruktur (33) mit der Anlagefläche (34) umfasst.
13. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Bördelwerkzeug (10) und der Bördelantrieb (20) gemeinsam beweglich angeord-

net sind, wobei der Bördelantrieb (20) einen Motor (22), ein vom Motor antreibbares Antriebsrad (23) und eine Antriebsbahn (32) mit einem dem Verlauf der Bördelkante (3) nachgebildeten Bahnverlauf um-
fasst und wobei das Antriebsrad (23) in einem reib-
und/oder formschlüssigen Eingriff mit der Antriebs-
bahn (32) ist, so dass sich das Antriebsrad (23) bei
Drehantrieb gemeinsam mit dem Motor (22) und
dem Bördelwerkzeug (10) längs der Antriebsbahn
(32) bewegt, und wobei die Antriebsbahn (32) vor-
zugsweise eine Kette oder einen Zahnriemenstrei-
fen aufweist, die oder der im Verlauf der Antriebs-
bahn (32) abgestützt ist, vorzugsweise an der Füh-
rungsstruktur (30).

14. Bördelsystem nach einem der vorhergehenden An-
sprüche, wobei die Bördeleinheit (5) eine Messein-
richtung (27) zur Erfassung des Flansches (2)
und/oder der Bördelkante (3) aufweist und die Mes-
seinrichtung (27) mit dem Bördelwerkzeug (10) ge-
meinsam beweglich angeordnet ist, vorzugsweise
am Bördelwerkzeug (10), vorzugsweise so, dass die
Messeinrichtung (27) die Bördelkante (3) und/oder
den Flansch (2) von der Seite des Bördelements
(12) aus erfasst.

15. Verfahren zum Bördeln eines Flansches eines Bau-
teils mit einem Bördelsystem nach einem der An-
sprüche 1 bis 14, bei dem

(a) die Bördeleinheit (5) mittels einer Tragein-
richtung (9), vorzugsweise einem Roboter, in ei-
ner Bördelposition relativ zum Bauteil (1) posi-
tioniert

(b) und von der Trageinrichtung (9) in der Bör-
delposition gehalten wird, wobei die Tragein-
richtung (9) zumindest einen überwiegenden
Teil des Gewichts der Bördeleinheit (5) trägt,

(c) während das Bördelwerkzeug (10) in einem
Führungs- und Stützeingriff mit der Führungs-
struktur (30) mittels des Bördelantriebs (20) der
Bördeleinheit (5) in die Bördelrichtung (X) vor-
getrieben und bei dieser Bewegung der Flansch
(2) unter der Einwirkung des Bördelements
(12) um einen vorbestimmten Winkel umgelegt
wird,

(d) wobei eine vom Bördelantrieb (20) zum Vor-
treiben des Bördelwerkzeugs (10) ausgeübte
Antriebskraft und eine vom Bördelement (12)
zum Umlegen auf den Flansch (2) ausgeübte
Bördelkraft innerhalb der Bördeleinheit (5), vor-
zugsweise von der Führungsstruktur (30), auf-
genommen werden.

16. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, bei
dem

- die Trageinrichtung (9) ein Roboter mit einer

Robotersteuerung ist, die den Roboter zur Po-
sitionierung der Bördeleinheit (5) steuert,
- und eine Bördelsteuerung den Bördelantrieb
(20) und/oder die in Anspruch 3 beschriebene
Verstelleinrichtung (19) unabhängig von der Ro-
botersteuerung steuert, optional geregelt steu-
ert.

10 Claims

1. A flanging system for beading a flange of a compo-
nent part by flanging it, preferably in order to produce
a hemmed connection, the flanging system compris-
ing:

(a) a flanging tool (10) comprising a flanging el-
ement (12) which can run off on the flange (2)
in order to bead the flange (2) along a flanging
edge (3) of the component part (1), and which
is preferably a flanging roller (12) which can roll
off on the flange (2);

(b) a flanging unit (5) comprising a guide struc-
ture (30) for guiding the flanging tool (10) along
the flanging edge (3);

(c) a flanging drive (20) for driving the flanging
tool (10) and/or the flanging element (12) in a
flanging direction (X) along the flanging edge (3);

(d) a media supply for the flanging drive (20); and
(e) a bearing device (9) for positioning and hold-
ing the flanging unit (5) in a particular flanging
position relative to the component part (1);

(f) wherein the flanging tool (10) and the flanging
drive (20) are supported within the flanging unit
(5), such that a drive force to be applied for the
purpose of driving and a flanging force to be ex-
erted on the flange (2) by the flanging element
(12) for the purpose of flanging are absorbed
within the flanging unit (5),

(g) and the flanging tool (10) and the flanging
drive (20) are integrated components of the
flanging unit (5) which can be handled as a unit
by the bearing device (9),

characterised in that

(h) the flanging unit (5) comprises an abutment
area (34) which is formed on the guide structure
(30) and which is shaped so as to conform to
and can be placed onto a surface of the compo-
nent part (1) which borders the flanging edge (3)
opposite the flange (2).

2. The flanging system according to the preceding
claim, wherein the bearing device (9) is a robot com-
prising a robot controller for controlling and/or regu-
lating movements by the robot, preferably a jointed
arm of the robot, and the flanging system comprises
a flanging controller for the flanging drive (20) and/or
for an adjusting device (19) described in Claim 3,

wherein the flanging controller is designed to control the flanging drive (20) and/or adjusting device (19) independently of the robot controller, optionally in a regulated manner, and is preferably arranged such that it is spatially separated from the robot controller.

3. The flanging system according to any one of the preceding claims, wherein the flanging element (12) is arranged such that it can be adjusted relative to a tool support (11) of the flanging tool (10), and the flanging tool (10) comprises an adjusting device (13-19) for adjusting an angular position of the flanging element (12) relative to the tool support (11).

4. The flanging system according to any one of the preceding claims, wherein:

- the flanging tool (10) comprises a curved adjusting track (16-18) and an adjusting member (13, 14) which is in adjusting engagement with the adjusting track (16-18);
- the flanging element (12) is arranged on one of the adjusting track (16-18) and the adjusting member (13, 14), preferably spatially fixed with respect to said one of the adjusting track (16-18) and the adjusting member (13, 14);
- and an angular position of the flanging element (12) can be adjusted relative to the adjusting track (16-18) by a relative movement between the adjusting track (16-18) and the adjusting member (13, 14) in the guiding engagement between the adjusting track (16-18) and the adjusting member (13, 14).

5. The flanging system according to the preceding claim, wherein the adjusting track (16-18) comprises: a curved adjusting portion (16), which is curved by an angle of at least 60°, for adjusting the angular position; a retracting and extending portion (18); and a ramp portion (17) which connects the retracting and extending portion (18) to the adjusting portion (16) via a ramp.

6. The flanging system according to any one of the immediately preceding two claims, wherein the adjusting track (16-18) protrudes beyond the guide structure (30) transverse to the flanging direction (X) and is curved concavely in relation to the guide structure (30), and wherein the flanging element (12), at least in its processing position, is arranged in a region between the adjusting track (16-18) and the guide structure (30) and/or the protective structure (33) according to Claim 12, in order to exert the flanging force in the direction of the guide structure (30) and/or the protective structure (33) according to Claim 12.

7. The flanging system according to any one of the pre-

ceding claims, wherein the flanging tool (10) and the flanging drive (20) are arranged on a shared tool support (11) which can be moved relative to the guide structure (30) along the flanging edge (3) and preferably also along the guide structure (30).

8. The flanging system according to any one of the preceding claims, wherein the guide structure (30) forms a guide track (31), and the flanging tool (10) can be moved, preferably together with the flanging drive (20), while being guided in a guiding engagement with the guide track (31) along the flanging edge (3).

9. The flanging system according to the preceding claim, wherein the flanging tool (10) is guided along the guide track (31) in a guiding engagement between an engaging member (24, 25) and the guide track (31), and the engaging member (24, 25) comprises a guide support (24) and engaging elements (25) which are arranged on the guide support (24) and spaced from each other and which are respectively in contact with the guide structure (30) in order to form the guiding engagement, and wherein the engaging elements (25) are provided in a number and arrangement such that the guide support (24) can only move translationally along the guide track (31) relative to the guide structure (30).

10. The flanging system according to any one of the immediately preceding two claims, wherein the guide track (31) and the engaging member (24, 25) are pressed against each other in a first dovetail engagement and in a second dovetail engagement which acts counter to the first dovetail engagement, transverse to the flanging direction (X), in order to form the guiding engagement, and wherein the engaging member (24, 25) comprises engaging elements (25) which are spaced from each other in the flanging direction (X) in the first dovetail engagement and in the second dovetail engagement.

11. The flanging system according to any one of the preceding claims, wherein the flanging tool (10), and preferably also the flanging drive (20), is/are supported and movably guided on the guide structure (30) in a guiding engagement, such that the flanging force and/or the weight of the flanging tool (10), and preferably also the flanging drive (20), is/are at least predominantly absorbed in the guiding engagement.

12. The flanging system according to any one of the preceding claims, wherein the guide structure (30) comprises a protective structure (33) comprising the abutment area (34).

13. The flanging system according to any one of the preceding claims, wherein the flanging tool (10) and the flanging drive (20) are arranged such that they can

be moved together, wherein the flanging drive (20) comprises: a motor (22); a drive wheel (23) which can be driven by the motor (22); and a drive track (32) exhibiting a track profile which matches the profile of the flanging edge (3); and wherein the drive wheel (23) is in a frictional-fit and/or positive-fit engagement with the drive track (32), such that the drive wheel (23) moves along the drive track (32) when rotary-driven together with the motor (22) and the flanging tool (10), and wherein the drive track (32) preferably comprises a chain or toothed belt strip which is supported in the profile of the drive track (32), preferably on the guide structure (30).

14. The flanging system according to any one of the preceding claims, wherein the flanging unit (5) comprises a measuring device (27) for detecting the flange (2) and/or flanging edge (3), and the measuring device (27) is arranged such that it can be moved together with the flanging tool (10), preferably on the flanging tool (10) and preferably such that the measuring device (27) detects the flanging edge (3) and/or flange (2) from the side of the flanging element (12).

15. A method for flanging a flange of a component part using a flanging system according to any one of Claims 1 to 14, wherein:

- (a) the flanging unit (5) is positioned in a flanging position relative to the component part (1) by means of a bearing device (9), preferably a robot,
- (b) and held in the flanging position by the bearing device (9), wherein the bearing device (9) at least predominantly bears the weight of the flanging unit (5),
- (c) while the flanging tool (10) is advanced in the flanging direction (X) by means of the flanging drive (20) of the flanging unit (5) in a guiding and supporting engagement with the guide structure (30) and, during this movement, the flange (2) is beaded by a predetermined angle by the action of the flanging element (12),
- (d) wherein a drive force exerted by the flanging drive (20) for advancing the flanging tool (10) and a flanging force exerted on the flange (2) by the flanging element (12) for the purpose of beading are absorbed within the flanging unit (5), preferably by the guide structure (30).

16. The method according to the preceding claim, wherein:

- the bearing device (9) is a robot comprising a robot controller which controls the robot for positioning the flanging unit (5);
- and a flanging controller controls the flanging drive (20) and/or the adjusting device (19) de-

scribed in Claim 3 independently of the robot controller and optionally in a regulated manner.

5 Revendications

1. Système de bordage destiné à rabattre un rebord d'un composant par bordage, de préférence pour réaliser un joint replié, le système de bordage comprenant :

- a) un outil de bordage (10) comportant un élément de bordage (12), de préférence un galet de bordage (12) pouvant rouler sur le rebord, pouvant être déplacé sur le rebord (2) afin de rabattre le rebord (2) le long d'une arête de bordage (3) du composant (1),
 - b) une unité de bordage (5) ayant une structure de guidage (30) pour guider l'outil de bordage (10) le long de l'arête de bordage (3),
 - c) un entraînement de bordage (20) pour entraîner l'outil de bordage (10) et/ou l'élément de bordage (12) dans une direction de bordage (X) le long de l'arête de bordage (3),
 - d) et une alimentation en moyens pour l'entraînement de bordage (20),
 - e) un dispositif de support (9) pour positionner et maintenir l'unité de bordage (5) dans une position de bordage déterminée par rapport au composant (1),
 - f) dans lequel l'outil de bordage (10) et l'entraînement de bordage (20) sont supportés à l'intérieur de l'unité de bordage (5), de sorte qu'une force d'entraînement à appliquer pour l'entraînement et une force de bordage à exercer sur le rebord (2) par l'élément de bordage (12) pour le bordage sont absorbées à l'intérieur de l'unité de bordage (5),
 - g) et l'outil de bordage (10) et l'entraînement de bordage (20) sont des composants intégrés de l'unité de bordage (5) manipulable d'un seul tenant par le dispositif de support (9),
- caractérisé en ce que**
- h) l'unité de bordage (5) comprend une surface de contact (34) formée sur la structure de guidage (30), laquelle surface de contact est formée de manière à s'adapter à une surface du composant (1) délimitant l'arête de bordage (3) à l'opposé du rebord (2) et peut être placée contre celle-ci.

2. Système de bordage selon la revendication précédente, dans lequel le dispositif de support (9) est un robot ayant une commande de robot pour commander et/ou réguler des mouvements du robot, de préférence d'un bras articulé du robot, et le système de bordage comprend une commande de bordage pour l'entraînement de bordage (20) et/ou pour un dispo-

- sitif de réglage (19) décrit dans la revendication 3, dans lequel la commande de bordage est configurée pour commander, facultativement pour commander de manière régulée, l'entraînement de bordage (20) et/ou le dispositif de réglage (19) indépendamment de la commande de robot, et est agencée de préférence de manière spatialement séparée de la commande de robot.
3. Système de bordage selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'élément de bordage (12) est agencé de manière à pouvoir être réglé par rapport à un porte-outil (11) de l'outil de bordage (10) et l'outil de bordage (10) comprend un dispositif de réglage (13-19) pour régler une position angulaire de l'élément de bordage (12) par rapport au porte-outil (11).
 4. Système de bordage selon l'une des revendications précédentes, dans lequel
 - l'outil de bordage (10) comprend une glissière de réglage incurvée (16-18) et un organe de réglage (13, 14) en prise de réglage avec la glissière de réglage (16-18),
 - l'élément de bordage (12) est agencé sur un élément parmi la glissière de réglage (16-18) et l'organe de réglage (13, 14), de préférence de manière spatialement fixe par rapport à l'élément parmi la glissière de réglage (16-18) et l'organe de réglage (13, 14),
 - et une position angulaire de l'élément de bordage (12) peut être réglée par rapport à la glissière de réglage (16-18) par un mouvement relatif de la glissière de réglage (16-18) et de l'organe de réglage (13, 14) pendant la prise de guidage de la glissière de réglage (16-18) et de l'organe de guidage.
 5. Système de bordage selon la revendication précédente, dans lequel la glissière de réglage (16-18) comporte une partie de réglage (16) incurvée, de préférence à un angle d'au moins 60°, pour le réglage de la position angulaire, une partie d'entrée et de sortie (18) et une partie de rampe (17) qui relie la partie d'entrée et de sortie (18) à la partie de réglage (16) par l'intermédiaire d'une rampe.
 6. Système de bordage selon l'une des deux revendications immédiatement précédentes, dans lequel la glissière de réglage (16-18) fait saillie au-delà de la structure de guidage (30) transversalement à la direction de bordage (X) et est incurvée de manière concave par rapport à la structure de guidage (30), et dans lequel l'élément de bordage (12) est agencé au moins dans une position de travail dans une zone située entre la glissière de réglage (16-18) et la structure de guidage (30) et/ou la structure de protection (33) selon la revendication 12, afin d'exercer la force de bordage en direction de la structure de guidage (30) et/ou de la structure de protection (33) selon la revendication 12.
 7. Système de bordage selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'outil de bordage (10) et l'entraînement de bordage (20) sont agencés sur un porte-outil (11) commun qui est mobile par rapport à la structure de guidage (30) le long de l'arête de bordage (3), de préférence également le long de la structure de guidage (30).
 8. Système de bordage selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la structure de guidage (30) forme une glissière de guidage (31) et l'outil de bordage (10) est mobile de manière guidée le long de l'arête de bordage (3), de préférence conjointement avec l'entraînement de bordage (20), en prise de guidage avec la glissière de guidage (31).
 9. Système de bordage selon la revendication précédente, dans lequel l'outil de bordage (10) est guidé le long de la glissière de guidage (31) en prise de guidage avec un organe de prise (24, 25) et la glissière de guidage (31), et l'organe de prise (24, 25) comprend un support de guidage (24) et des éléments de prise (25) agencés sur le support de guidage (24), lesquels éléments de prise sont espacés les uns des autres et sont respectivement en contact avec la structure de guidage (30) afin de former la prise de guidage, et dans lequel les éléments de prise (25) sont prévus en une quantité et selon un agencement tels que le support de guidage (24) peut se déplacer par rapport à la structure de guidage (30) uniquement en translation le long de la glissière de guidage (31).
 10. Système de bordage selon l'une des deux revendications immédiatement précédentes, dans lequel la glissière de guidage (31) et l'organe de prise (24, 25) sont poussés l'un contre l'autre dans une première prise en queue d'aronde et dans une seconde prise en queue d'aronde agissant à l'opposé de la première prise en queue d'aronde transversalement à la direction de bordage (X), afin de former la prise de guidage, et dans lequel l'organe de prise (24, 35) dans la première prise en queue d'aronde et dans la seconde prise en queue d'aronde comprend des éléments de prise (25) espacés les uns des autres dans la direction de bordage (X).
 11. Système de bordage selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'outil de bordage (10), de préférence également l'entraînement de bordage (20), est guidé et supporté sur la structure de guidage (30) de manière mobile en prise de guidage, de sorte qu'au moins une majeure partie de la force de bor-

dage et/ou au moins une majeure partie du poids de l'outil de bordage (10), de préférence également de l'entraînement de bordage (20), est ou sont absorbées par la prise de guidage.

12. Système de bordage selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la structure de guidage (30) comprend une structure de protection (33) comportant la surface de contact (34).

5

13. Système de bordage selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'outil de bordage (10) et l'entraînement de bordage (20) sont agencés de manière conjointement mobile, dans lequel l'entraînement de bordage (20) comprend un moteur (22), une roue d'entraînement (23) pouvant être entraînée par le moteur et une glissière d'entraînement (32) avec une trajectoire qui suit l'allure de l'arête de bordage (3), et dans lequel la roue d'entraînement (23) est en prise par friction et/ou par complémentarité de formes avec la glissière d'entraînement (32), de sorte que, lors d'un entraînement en rotation, la roue d'entraînement (23) se déplace conjointement avec le moteur (22) et l'outil de bordage (10) le long de la glissière d'entraînement (32), et dans lequel la glissière d'entraînement (32) comporte de préférence une chaîne ou une courroie crantée qui est supportée le long de la glissière d'entraînement (32), de préférence par la surface de guidage (30).

10

15

20

25

30

14. Système de bordage selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'unité de bordage (5) comporte un dispositif de mesure (27) pour détecter le rebord (2) et/ou l'arête de bordage (3), et le dispositif de mesure (27) est agencé de manière à pouvoir être déplacé conjointement avec l'outil de bordage (10), de préférence sur l'outil de bordage (10), de préférence de sorte que le dispositif de mesure (27) détecte l'arête de bordage (3) et/ou le rebord (2) à partir du côté de l'élément de bordage (12).

35

40

15. Procédé de bordage d'un rebord d'un composant avec un système de bordage selon l'une des revendications 1 à 14, comportant les étapes consistant à :

45

- a) positionner l'unité de bordage (5) au moyen d'un dispositif de support (9), de préférence un robot, dans une position de bordage par rapport au composant (1),
- b) et la maintenir dans la position de bordage par le dispositif de support (9), le dispositif de support (9) supportant au moins une majeure partie du poids de l'unité de bordage (9),
- c) pendant que l'outil de bordage (10) est en prise de guidage et de support avec la structure de guidage (30), avancer dans la direction de bordage (X) au moyen de l'entraînement de bordage (20) de l'unité de bordage (5) et, pendant

50

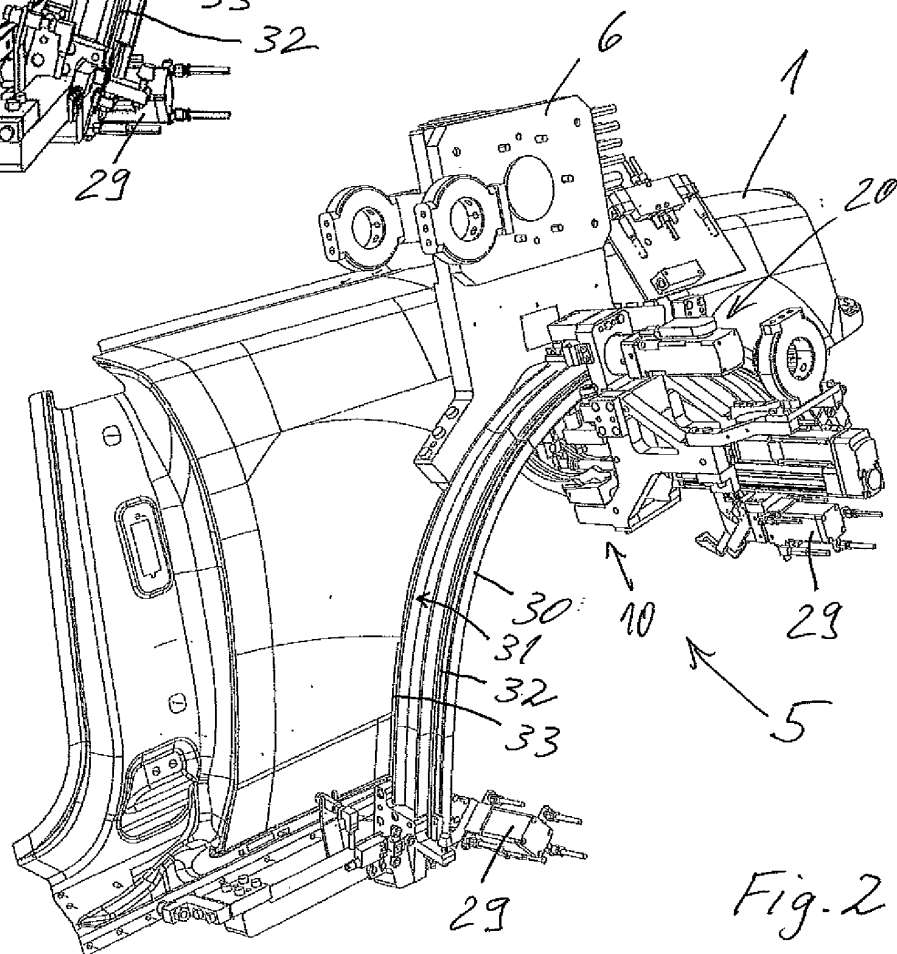
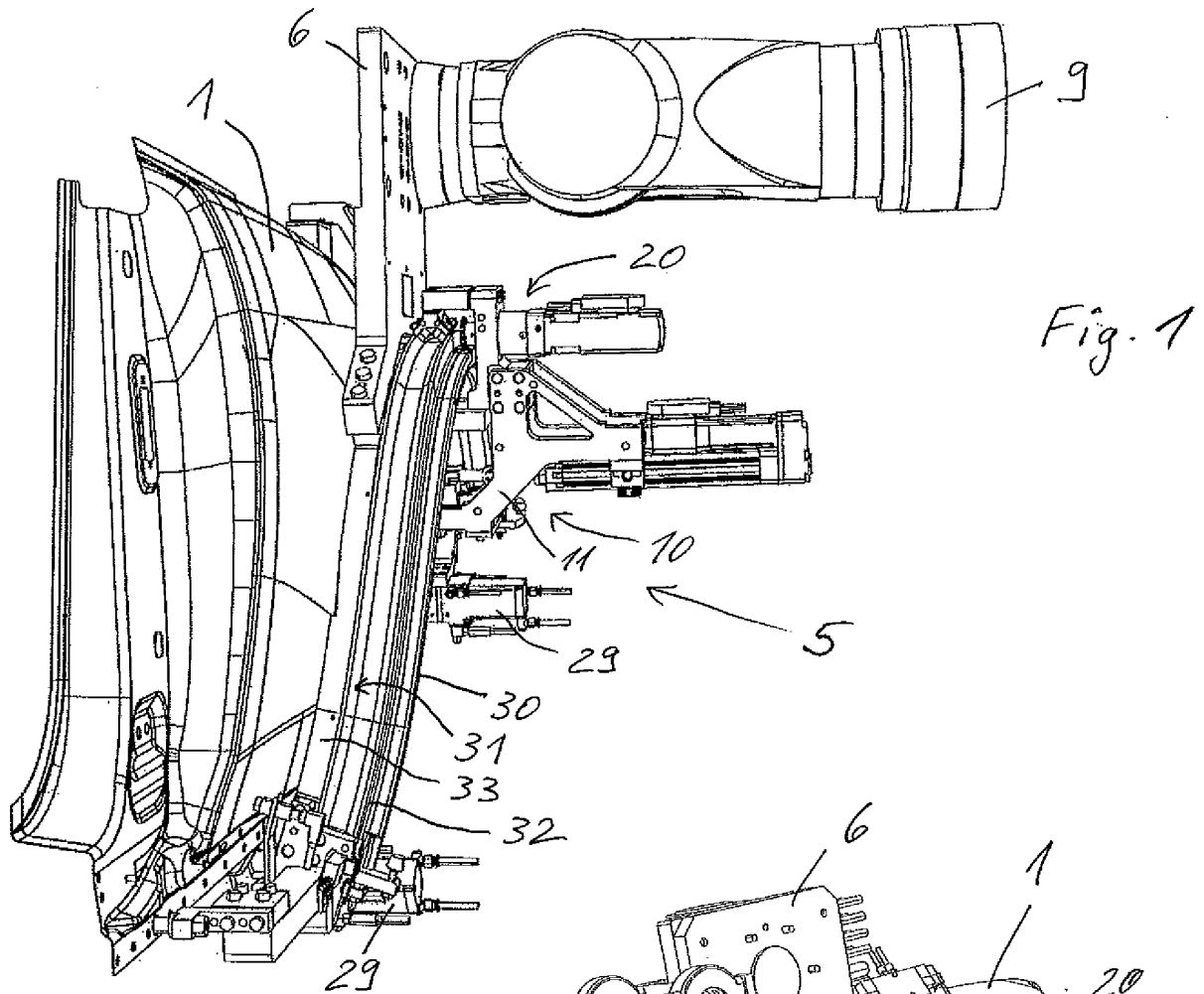
55

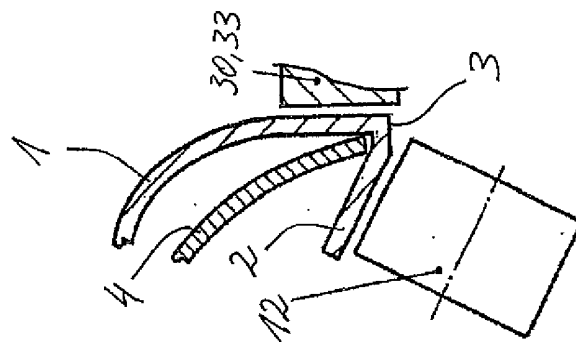
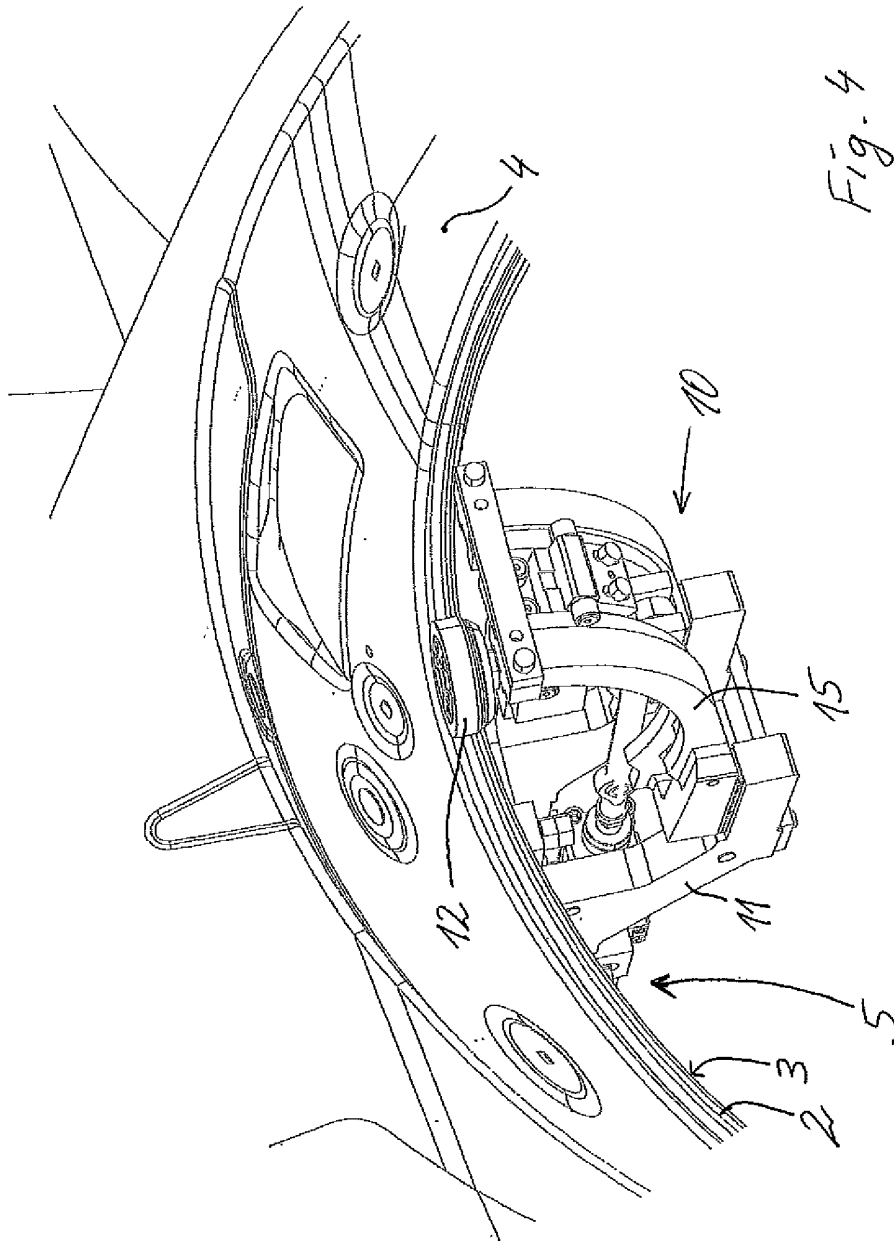
ce mouvement, rabattre le rebord (2) d'un angle prédéterminé sous l'action de l'élément de bordage (12),

d) dans lequel une force d'entraînement exercée par l'entraînement de bordage (20) pour faire avancer l'outil de bordage (10) et une force de bordage exercée par l'élément de bordage (12) pour rabattre le rebord (2) sont absorbées à l'intérieur de l'unité de bordage (5), de préférence par la structure de guidage (30).

16. Procédé selon la revendication précédente, dans lequel

- le dispositif de support (9) est un robot avec une commande de robot qui commande le robot afin de positionner l'unité de bordage (5),
- et une commande de bordage commande, facultativement de manière régulée, l'entraînement de bordage (20) et/ou le dispositif de réglage (19) décrit dans la revendication 3 indépendamment de la commande de robot.





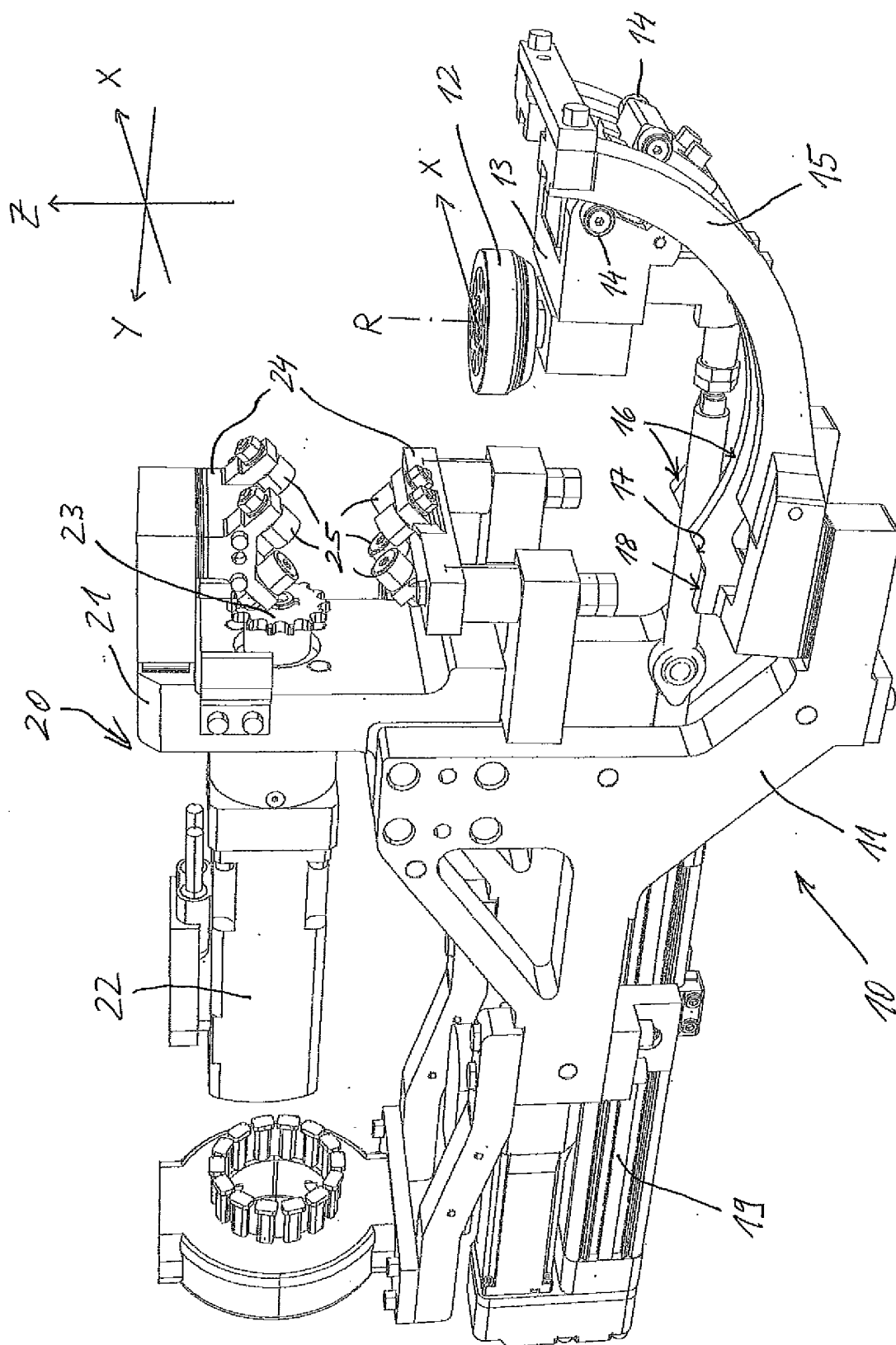
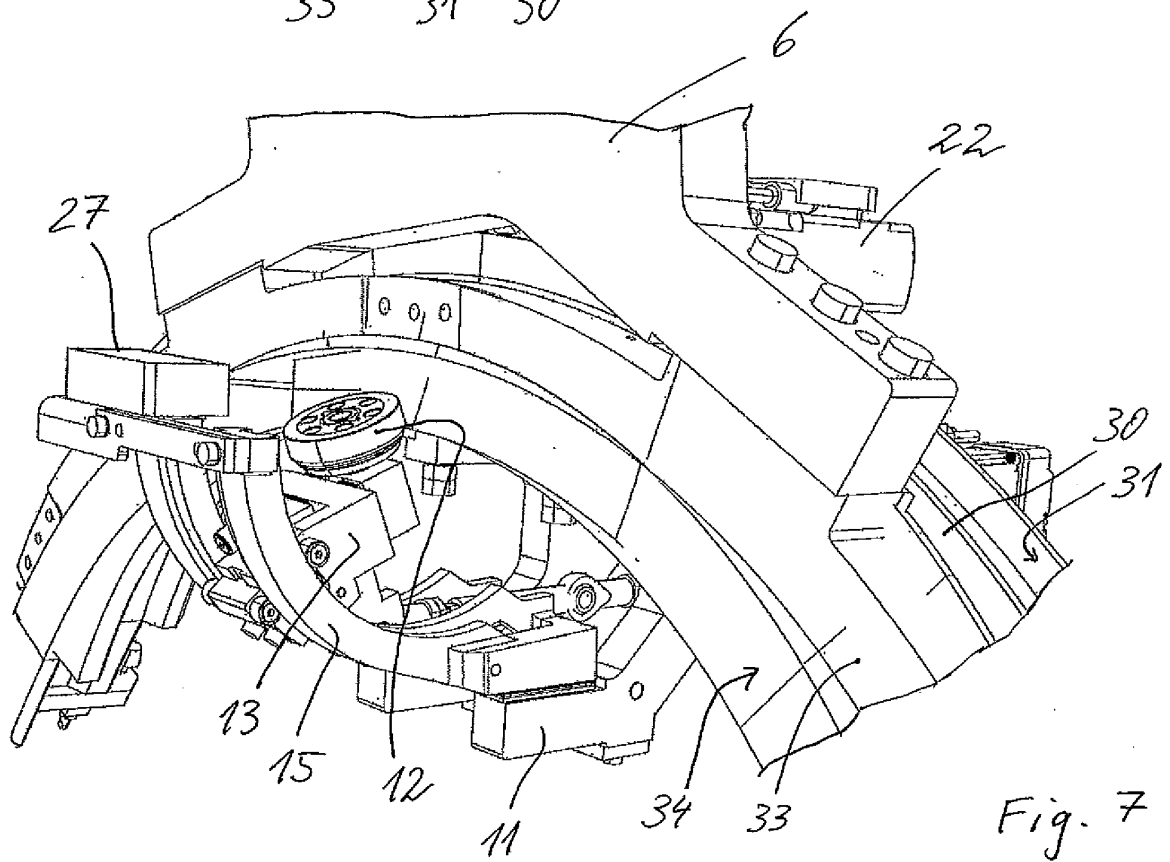
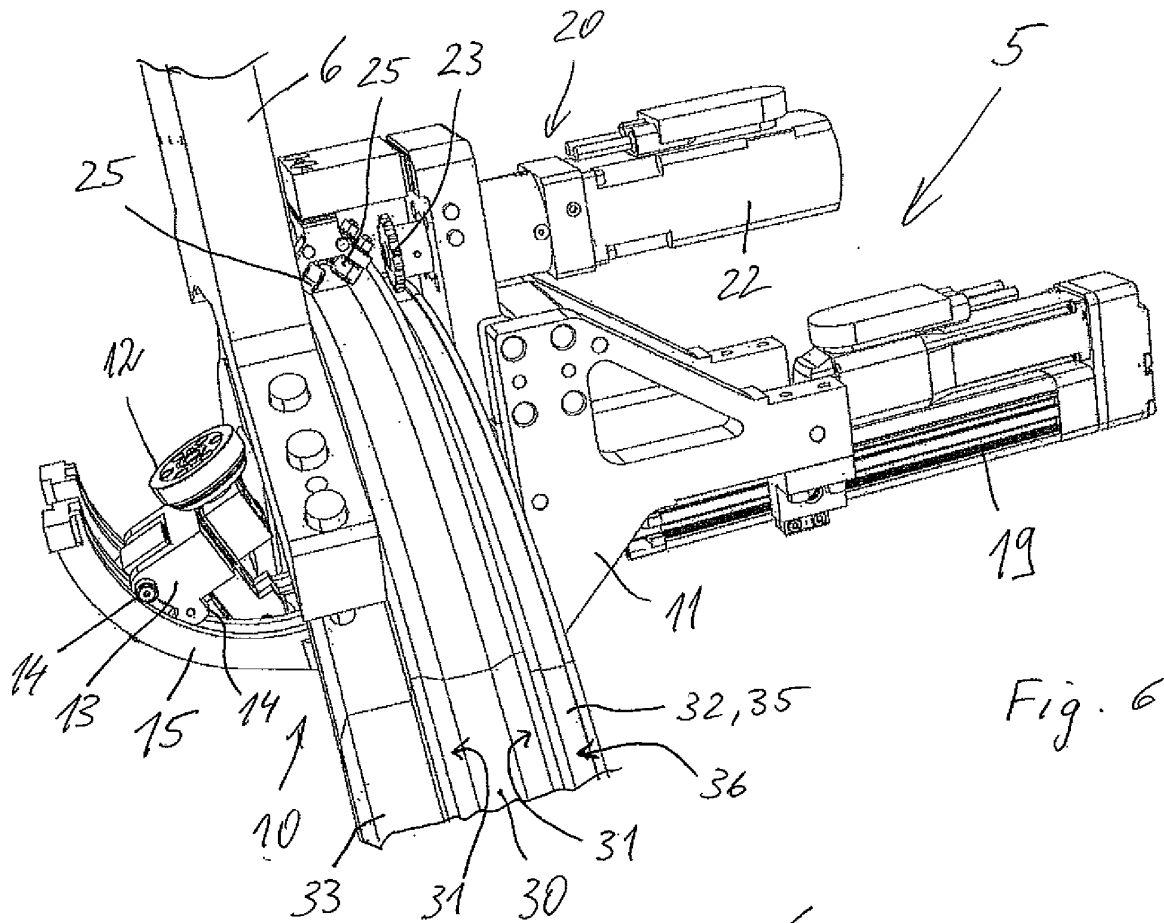


Fig. 5



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1640080 B1 [0004] [0027] [0034]
- EP 2108466 B1 [0004]
- EP 2276590 B1 [0004]
- US 2008245124 A1 [0004]
- US 20080302159 A1 [0004]
- EP 1640080 A1 [0004]
- EP 2108466 A2 [0004]