

(19)



(11)

EP 2 638 986 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

18.09.2013 Patentblatt 2013/38

(51) Int Cl.:

B21D 39/03 (2006.01)**B21D 49/00 (2006.01)**(21) Anmeldenummer: **12159180.4**(22) Anmeldetag: **13.03.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

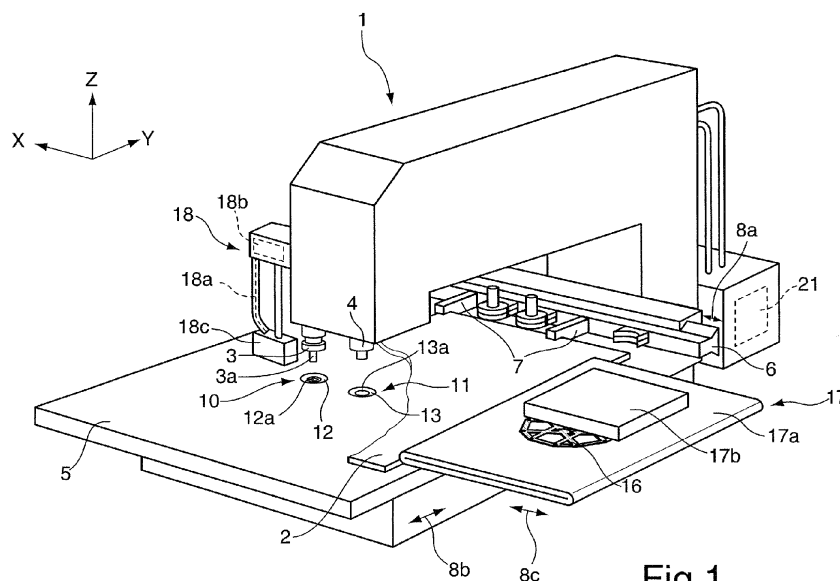
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

BA ME(71) Anmelder: **TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH
+ Co. KG****71254 Ditzingen (DE)**(72) Erfinder: **Renz, Bernd, Dr.****71672 Marbach am Neckar (DE)**(74) Vertreter: **Kohler Schmid Möbus****Patentanwälte****Ruppmannstraße 27****70565 Stuttgart (DE)**Bemerkungen:Geänderte Patentansprüche gemäß Regel 137(2)
EPÜ.**(54) Verfahren zum Herstellen eines Faser-Metall-Verbundwerkstücks und Werkzeugmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Faser-Metall-Verbundwerkstücks auf einer Werkzeugmaschine (1), umfassend die Schritte: Beladen einer Werkstückauflage (5) der Werkzeugmaschine (1) mit einem metallischen Werkstück (2); Bearbeiten des auf der Werkstückauflage (5) aufliegenden Werkstücks (2) mittels einer Bearbeitungseinrichtung (3, 3a) zum Erzeugen von Umformungen (15) an dem Werkstück (2); Anbringen eines Fasergeleges (16) an dem auf der Werkstückauflage (5) aufliegenden Werkstück (2) im Be-

reich der Umformungen (15); sowie Kraft- und/oder formschlüssiges Verbinden des Fasergeleges (16) mit dem Werkstück (2) durch Bearbeiten des Werkstücks (2) mittels der Bearbeitungseinrichtung (3, 3a). Die Erfindung betrifft auch eine Werkzeugmaschine (1), umfassend: eine Bearbeitungseinrichtung (3, 3a) zur umformenden Bearbeitung von Werkstücken (2), eine Werkstückauflage (5) zur Auflage eines Werkstücks (2) bei der Bearbeitung, sowie eine Einrichtung (17, 18) zum Anbringen eines Fasergeleges (16) an dem auf der Werkstückauflage (5) aufliegenden Werkstück (2).

**Fig.1****EP 2 638 986 A1**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Faser-Metall-Verbundwerkstücks auf einer Werkzeugmaschine sowie eine Werkzeugmaschine zur Herstellung von Faser-Metall-Verbundwerkstücken.

[0002] An leichtbauenden Faser-Kunststoff-Verbundbauteilen besteht häufig die Notwendigkeit, Metallteile als Krafteinleitungsstellen bzw. als Schnittstellen zu metallischen Bauteilen zu integrieren. Zur Herstellung von solchen Faser-Metall-Verbundwerkstücken bzw. -bauteilen kann ein metallisches Werkstück an ausgewählten Stellen mit Fasern verstärkt werden.

[0003] Die DE 697 25 418 T2 offenbart ein Verfahren, bei dem ein Werkstück mit einer Nut versehen wird, in die eine zuvor hergestellte Vorform aus Fasern und ein Auftragsmetall eingebracht wird. Durch anschließendes Isothermschmieden wird die Vorform mit dem Werkstück verschweißt.

[0004] Aus der EP 1 533 393 B1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Faser-Metall-Verbundwerkstücks bekannt geworden, bei dem eine Faser-Vorform, die in einer Kassette untergebracht ist, sowie ein Füllmetall in einer Ringnut zwischen zwei Metallwerkstücken platziert wird. Die metallischen Werkstücke werden mit der Faser-Vorform und dem Füllmetall durch Hitze- und Druckbeaufschlagung bzw. durch Diffusionsverschweißung verbunden.

[0005] In beiden Fällen erfolgt die Verbindung des Fasergeleges mit dem Metallwerkstück durch eine thermische Behandlung (Schweißen) bzw. über Adhäsion der Metallmatrix. Diese Verfahren sind daher mit hohem Aufwand verbunden und benötigen einen vergleichsweise großen Anteil an manuellen Arbeitsgängen.

Aufgabe der Erfindung

[0006] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Werkzeugmaschine der eingangs genannten Art dahingehend weiterzubilden, dass der Aufwand bei der Herstellung von Faser-Metall-Verbundwerkstücken und insbesondere die Anzahl an manuellen Eingriffen in den Prozess reduziert werden kann.

Gegenstand der Erfindung

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zum Herstellen eines Faser-Metall-Verbundwerkstücks auf einer Werkzeugmaschine, umfassend die Schritte: Beladen einer Werkstückauflage der Werkzeugmaschine mit einem metallischen, bevorzugt plattenförmigen Werkstück, insbesondere mit einer Blechtafel; Bearbeiten des auf der Werkstückauflage aufliegenden Werkstücks mittels einer Bearbeitungseinrichtung zum Erzeugen von Umformungen an dem Werkstück; Anbringen eines Fasergeleges an dem auf der Werkstückauflage aufliegenden Werkstück im Bereich

der Umformungen; sowie Kraft- und/oder formschlüssiges Verbinden des Fasergeleges mit dem Werkstück durch Bearbeiten des Werkstücks mittels der Bearbeitungseinrichtung, bevorzugt im Bereich der Umformungen.

[0008] Zum Erzeugen der Umformungen wird das Werkstück mittels der Bearbeitungseinrichtung plastisch verformt. Bei den Umformungen handelt es sich um dreidimensionale Änderungen der Gestalt des Werkstücks, die zur Herstellung einer kraft- und/oder formschlüssigen Verbindung mit einem Fasergelege geeignet sind, d.h. die Umformungen sollten bei einem plattenförmigen Werkstück typischer Weise über die Werkstückebene überstehen bzw. aus dieser herausragen.

[0009] Das Anbringen des Fasergeleges an dem Werkstück erfolgt bevorzugt formschlüssig bzw. derart, dass das Fasergelege nach dem Anbringen gemeinsam mit dem Werkstück in der Bearbeitungsebene verschoben werden kann, ohne dass es zu einer Relativbewegung zwischen Werkstück und Fasergelege kommt. Um das Fasergelege beim Anbringen am Werkstück zu fixieren, können vorher dort gebildete Umformungen genutzt werden, an denen das Fasergelege befestigt werden kann, z.B. indem die Umformungen mit Faser-Rovings umwickelt werden. Alternativ können auch an einer Fasermatte vorgesehene Ausnehmungen mit den Umformungen in Eingriff gebracht werden und/oder die Geometrie der Fasermatte so angepasst werden, dass diese formschlüssig zwischen die Umformungen passt.

[0010] Die kraft- und/oder formschlüssige Verbindung des Fasergeleges mit dem Werkstück erfolgt durch eine direkte Kraftübertragung zwischen dem Fasergelege und dem metallischen Werkstück, insbesondere durch ein verformendes Bearbeiten des Werkstücks an den Umformungen, so dass auf eine thermische Behandlung (Schweißen) verzichtet werden kann. Die kraft- und/oder formschlüssige Verbindung kann hierbei an derjenigen Werkzeugmaschine erfolgen, die auch zur Erzeugung der Umformungen im Werkstück verwendet wird, so dass ein Transfer des Werkstücks zwischen der umformenden Bearbeitung des Werkstücks und dem Verbindungsprozess zwischen Werkstück und Fasergelege nicht erforderlich ist. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht somit eine automatisierte Herstellung eines Faser-Metall-Verbundwerkstücks in einem einzigen Arbeitsgang, so dass mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens Faser-Metall-Verbundwerkstücke in wirtschaftlicher und hochbelastbarer Weise hergestellt werden können.

[0011] Vorzugsweise erfolgt bei dem Verfahren ein stanzendes Bearbeiten des Werkstücks zum Erzeugen der Umformungen vor und/oder beim kraft- und/oder formschlüssigen Verbinden des Fasergeleges mit dem Werkstück. Durch den Stanzprozess können Umformungen z.B. in Form von Durchzügen (runde Ausnehmungen, deren Ränder noch oben oder unten umgeformt sind), Sicken (rinnenförmige Vertiefungen), Kiemen (Sicken mit Öffnung) etc. erzeugt werden. Es versteht sich, dass die hier gegebene Aufzählung keinen Anspruch auf

Vollständigkeit erhebt, d.h. auch andere als die hier aufgezählten Arten von Umformungen können genutzt werden, um eine kraft-und/oder formschlüssige Verbindung zwischen dem Werkstück und dem Fasergelege herzustellen. Auch kann die Bearbeitungseinrichtung ggf. ausgebildet sein, alternativ oder zusätzlich zu einer stanzenartigen Bearbeitung zur Herstellung der kraft- und oder formschlüssigen Verbindung eine andere Art der umformenden Bearbeitung, z.B. durch biegendes Bearbeiten, zu ermöglichen.

[0012] Bei einer Variante umfasst der Schritt des Anbringens des Fasergeleges ein Zuführen zumindest eines Teils des Fasergeleges in Form einer Fasermatte zu dem auf der Werkstückauflage aufliegenden Werkstück. Die Fasermatte kann bspw. aus einem Fasergewebe ausgeschnitten oder in Sticktechnik hergestellt sein. Im letzteren Fall kann es sich um ein auf einer Textilmaschine erzeugtes zweidimensionales Fasergelege handeln, bei dem Faser-Rovings auf einen Stickgrund aufgelegt und z.B. durch Zickzack-Stiche an dem Stickgrund befestigt werden. Die Form und Größe der Fasermatte ist hierbei typischer Weise so ausgebildet bzw. diese ist derart zugeschnitten, dass zur Bildung des Verbundwerkstücks keine zusätzliche (schneidende) Bearbeitung vorgenommen werden muss, d.h. der Zuschnitt der Fasermatte entspricht typischer Weise der Endform, wie er in dem Verbundwerkstück genutzt wird.

[0013] Vorzugsweise erfolgt das Positionieren der Fasermatte auf dem Werkstück derart, dass mindestens eine Umformung des Werkstücks in Eingriff mit mindestens einer an der Fasermatte gebildeten Ausnehmung gebracht wird. Auf diese Weise wird die Fasermatte am Werkstück fixiert und kann in der Bearbeitungsebene (X/Y-Richtung) gemeinsam mit dem Werkstück verschoben werden, ohne hierbei zu verrutschen.

[0014] Dies ist für das nachfolgende (umformende) Bearbeiten zum Herstellen einer dauerhaften Verbindung zwischen Werkstück und Fasergelege günstig, da das Werkstück zur Herstellung der dauerhaften Verbindung typischer Weise in der Bearbeitungsebene verschoben werden muss, um ein umformendes Bearbeiten an den Umformungen zu ermöglichen. Das Verrutschen des Werkstücks kann ggf. auch vermieden werden, wenn die Fasermatte keine Ausnehmungen bzw. Durchbrüche, dafür aber einen Außenrand aufweist, dessen Form und Größe an die Kontur eines Bereichs auf dem Werkstück angepasst ist, der von mehreren Umformungen begrenzt wird. Auch in diesem Fall kann eine formschlüssige Verbindung bzw. Fixierung erfolgen, die eine gemeinsame Bewegung von Werkstück und Fasergelege ermöglicht. Auch ist es möglich, vor dem Anbringen des Fasergeleges an dem Werkstück spitze Umformungen, z.B. in Form von Zinken, vorzusehen, die beim Anbringen des Fasergeleges durch dieses hindurch stechen und so ein gegenseitiges Verrutschen unterbinden. Beim nachfolgenden Fügen bzw. umformenden Bearbeiten können diese Zinken umgebogen und flach gedrückt werden, wobei die Fasern geklemmt werden und eine kraftschlüssi-

ge Verbindung entsteht.

[0015] Alternativ oder zusätzlich kann der Schritt des Anbringens des Fasergeleges das Erzeugen zumindest eines Teils des Fasergeleges durch Umwickeln zumindest eines Teils der Umformungen des Werkstücks mit Fasersträngen umfassen, die im Folgenden auch gelegentlich als Faser-Rovings bezeichnet werden. Das Werkstück verbleibt hierbei auf der Werkstückauflage und wird typischer Weise relativ zu einer (in der Regel ortsfesten) Applikationseinrichtung in der Werkstückebene verschoben, mit der eine Befestigung der Faserstränge am Werkstück bzw. ein Umwickeln der Umformungen erfolgt.

[0016] Es ist günstig, die Applikationseinrichtung bzw. die Zuführung der Faserstränge in der Nähe der Bearbeitungseinrichtung vorzunehmen. In diesem Fall kann eine Umformung erzeugt und die Umformung direkt mit den Fasersträngen umwickelt werden, bevor die Position des Werkstücks auf der Werkstückauflage geändert wird, um an anderer Stelle erneut eine Umformung zu erzeugen. Es versteht sich, dass die Applikationseinrichtung bzw. die Transporteinrichtung für die Faserstränge ggf. auch über die Werkstückauflage bewegt werden kann, um Umformungen an unterschiedlichen Stellen des Werkstücks mit den Fasersträngen zu umwickeln.

[0017] Die Faserstränge werden dem auf der Werkstückauflage befindlichen Werkstück vorzugsweise durch Transport aus einem Magazin, beispielsweise durch Abwickeln von einer Spule, zugeführt. Der Transport umfasst eine Vorschubbewegung der Faserstränge aus dem Magazin, die mittels eines Antriebs realisiert werden kann, z.B. mittels eines Motors zum Abwickeln der Spule. Gegebenenfalls kann auf einen Antrieb auch verzichtet werden, da der Faserstrang durch die Wickelbewegung automatisch nachgezogen wird. Die zum Werkstück transportierten Faserstränge können mittels einer Applikationseinrichtung im Bereich der Umformungen am Werkstück angebracht werden bzw. diese können mit Hilfe der Applikationseinrichtung umwickelt werden. Die Applikationseinrichtung kann in der Art einer Stickeinrichtung ausgebildet sein und ein Werkzeug z.B. in der Art einer Nadel aufweisen, um eine freies Ende eines Faserstrangs beim Beginn des Umwickelns am Werkstück zu befestigen bzw. dort festzuklemmen. Die Applikationseinrichtung kann auch eine Trenneinrichtung, z.B. ein Schneidmesser, aufweisen, um nach dem Umwickeln der Umformungen den Faserstrang abzutrennen. Das Ende des an den Umformungen angebrachten Faserstrangs kann ebenfalls z.B. mittels eines nadelartigen Werkzeugs an dem Werkstück festgeklemmt werden.

[0018] Bei einer Weiterbildung dieser Variante erfolgt das Umwickeln der Umformungen des Werkstücks durch Verschieben des Werkstücks relativ zur (in der Regel ortsfesten) Bearbeitungseinrichtung. Dieses Verschieben erfolgt vorzugsweise mit Hilfe von Einrichtungen der Werkzeugmaschine, die zum Verschieben des Werkstücks gegenüber den Bearbeitungseinrichtungen (z.B.

den Bearbeitungsköpfen) der Werkzeugmaschine dienen. Diese Einrichtungen sind i.A. als Linearantriebe ausgebildet, durch die das Werkstück zusammen mit der Werkstückauflage und/oder relativ zu der Werkstückauflage verfahren werden kann, um das Werkstück für die Bearbeitung geeignet in einer Bearbeitungsebene (XY-Ebene) zu positionieren. Die Einrichtungen zum Verschieben des Werkstücks werden somit nicht nur zum Positionieren des Werkstücks gegenüber der(den) Bearbeitungseinrichtung(en) der Werkzeugmaschine verwendet, sondern auch zum Wickeln der dem Werkstück zugeführten Faserstränge um die Umformungen. Wie oben dargestellt können hierbei zunächst die bzw. alle Umformungen an dem Werkstück gebildet und in einem nachfolgenden Schritt umwickelt werden oder es kann zunächst an einer Position des Werkstücks eine Umformung gebildet und diese umwickelt werden, bevor das Werkstück relativ zur Bearbeitungseinrichtung bewegt wird, um an einer anderen Position eine Umformung vorzunehmen und diese zu umwickeln, etc.

[0019] Vorzugsweise umfasst das kraft- und/oder formschlüssige Verbinden des Fasergeleges mit dem Werkstück ein Verformen der an dem Werkstück erzeugten Umformungen. Das Verformen der Umformungen bewirkt z.B. bei der Verwendung einer Fasermatte, dass die Umformungen die Ausnehmungen in der Fasermatte übergreifen bzw. die Fasermatte festklemmen, so dass die Fasermatte nicht mehr beschädigungsfrei vom Werkstück getrennt werden kann und somit die Fasermatte, deren Ausnehmungen zuvor in Eingriff mit den Umformungen gebracht wurden, an dem Werkstück dauerhaft fixiert ist (Fügen durch Umformen). Die Fasermatte und/oder das durch Umwickeln der Umformungen gebildete Fasergelege kann durch die umformende Bearbeitung an den Umformungen mit dem Werkstück verklemmt werden.

[0020] Eine bevorzugte Variante des Verfahrens umfasst das Aufbringen mindestens einer plattenförmigen Abdeckung, insbesondere eines Deckblechs, auf das an dem Werkstück angebrachte Fasergelege, wobei das kraft- und/oder formschlüssige Verbinden des Fasergeleges mit dem Werkstück ein Einklemmen des Fasergeleges zwischen dem Werkstück und der Abdeckung beinhaltet. Vorzugsweise kann das Verklemmen des Fasergeleges zwischen dem Werkstück und der Abdeckung durch umformendes Bearbeiten z.B. mittels eines Stanzprozesses realisiert werden. Bei der Abdeckung kann es sich um ein metallisches Material (Deckblech) handeln, es ist ggf. aber auch möglich, Kunststoff-Materialien als Abdeckung zu verwenden, die den bei der Umformung bzw. beim Einklemmen erzeugten Kräften standhalten.

[0021] Das Einklemmen des Fasergeleges kann durch ein dauerhaftes Verbinden (Fügen) des Werkstücks mit dem Fasergelege und der Abdeckung erfolgen, bspw. durch Verformen von zuvor erzeugten Laschen am Werkstück, Bördeln (rechtwinkliges Aufbiegen des Randes der Umformungen), Stanznieten (Einbringen eines

Verbindungselements), Durchsetzfügen (form- und kraftschlüssig durch Eindringen eines Stempels ins Werkstück ohne Verwendung von Zusatzelementen). Es versteht sich, dass die kraft- und/oder formschlüssige direkte Verbindung zwischen dem Werkstück und dem Fasergelege durch eine oder mehrere der oben beschriebenen Arten der umformenden Bearbeitung und/oder mittels anderer, hier nicht beschriebener Arten der umformenden Bearbeitung vorgenommen werden kann.

[0022] Zur Verbesserung der Handhabung ist das Werkstück in der Regel größer ausgeführt und anders geformt (in der Regel rechteckig) als das Bauteil, welches schließlich als Faser-Metall-Verbundwerkstück verwendet werden soll. Nach Herstellung der kraft- und/oder formschlüssigen Verbindung kann das Faser-Metall-Verbundwerkstück daher vom Rest-Werkstück getrennt bzw. freigeschnitten werden. Das Verfahren umfasst daher in einer bevorzugten Variante ein trennendes Bearbeiten des Werkstücks zum Trennen bzw. Freischneiden des Faser-Metall-Verbundwerkstücks vom Rest-Werkstück. Das Trennen des Faser-Metall-Verbundwerkstücks vom Rest-Werkstück kann mit Hilfe eines Stanzkopfes, z.B. durch Nibbeln, oder durch schneidende Bearbeitung erfolgen, beispielsweise durch Laserschneiden mit Hilfe eines Laserbearbeitungskopfes.

[0023] Die Erfindung betrifft auch eine Werkzeugmaschine zur Herstellung von Faser-Metall-Verbundwerkstücken, umfassend: eine Bearbeitungseinrichtung zur umformenden Bearbeitung von Werkstücken, eine Werkstückauflage zur Auflage eines Werkstücks bei der Bearbeitung, sowie mindestens eine Einrichtung zum Anbringen eines Fasergeleges an dem auf der Werkstückauflage aufliegenden Werkstück. Bei der Werkzeugmaschine kann es sich bspw. um eine Stanzmaschine mit einem (ggf. auswechselbaren) Stanzkopf als Bearbeitungseinrichtung handeln, oder um eine Stanz-Laser-Kombimaschine mit einem Stanz- und einem Laserbearbeitungskopf.

[0024] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Werkzeugmaschine ist die Einrichtung zum Anbringen eines Fasergeleges zur automatisierten Zuführung einer Fasermatte zu dem auf der Werkstückauflage aufliegenden Werkstück und zur Positionierung der Fasermatte auf dem Werkstück ausgebildet. Die so ausgebildete Einrichtung zum Anbringen eines Fasergeleges kann in eine Belade-Einrichtung zum Zuführen der (metallischen) Werkstücke zur Werkstückauflage integriert oder als separate Baueinheit ausgeführt sein. Im ersten Fall kann die Beladeeinrichtung z.B. mehrere tellerförmige Vakuum-Sauger bzw. ein (programmierbares) Feld von Vakuum-Saugern aufweisen, welche ein metallisches Werkstück durch einen Unterdruck ansaugen bzw. ergreifen, um das Werkstück von einer Beladeposition auf die Werkstückauflage zu transportieren und um bearbeitete Werkstückteile von der Werkstückauflage abzu-transportieren. Eine solche Be- (und Entlade-)einrichtung wird z.B. unter dem Namen "SheetMaster®" von der Anmelderin vertrieben. Zum Ergreifen bzw. Ansau-

gen des biegeschlaffen Fasergeleges sind die herkömmlicher Weise verwendeten Vakuum-Sauger jedoch ungeeignet. Zum Ansaugen des Fasergeleges können aber Vakuum-Sauger dienen, die an ihrer dem Fasergelege zugewandten Seite mit einem luftdurchlässigen Bauteil z.B. in Form eines offenporigen Schaumstoffs oder eines Siebes ausgestattet sind, welches als Anlagefläche für das Fasergelege dient und ein Einsaugen des Fasergeleges bzw. von Teilen davon in den Vakuum-Sauger verhindert. Auch ist es günstig, derart ausgebildete Vakuum-Sauger großflächiger (d.h. mit einer größeren Ansaugfläche) auszubilden als Vakuum-Sauger einer herkömmlichen Beladeeinrichtung. Es versteht sich, dass die Vakuum-Sauger zum Greifen des Fasergeleges gemeinsam mit Vakuum-Saugern zum Greifen des Werkstücks in einem gemeinsamen Feld von Vakuum-Saugern angeordnet werden können.

[0025] Um eine genaue Positionierung einer Fasermatte auf dem Werkstück vornehmen zu können, weist die Werkzeugmaschine in der Regel eine Steuereinrichtung auf, die ausgebildet bzw. programmiert ist, die Einrichtung zur Anbringung des Fasergeleges so anzusteuern, dass die Fasermatte an der gewünschten Stelle auf dem Werkstück positioniert wird. Insbesondere kann die Steuerung derart erfolgen, dass die ggf. an der Fasermatte vorgesehenen Ausnehmungen bzw. Durchbrüche beim Positionieren mit den Umformungen am Werkstück in Eingriff kommen bzw. generell derart, dass eine formschlüssige Anbringung der Fasermatte an bzw. zwischen den Umformungen hergestellt werden kann.

[0026] Alternativ oder zusätzlich zu einer Einrichtung zur automatisierten Zuführung einer Fasermatte kann auch eine Einrichtung zur automatisierten Zuführung von Fasersträngen zu dem auf der Werkstückauflage aufliegenden Werkstück an der Werkzeugmaschine vorgesehen sein. Diese Einrichtung zur automatisierten Zuführung von Fasersträngen bzw. Faser-Rovings kann ein Magazin zur Bevorratung von Fasersträngen, beispielsweise eine Spule, aufweisen.

[0027] Die zur automatisierten Zuführung von Fasersträngen ausgebildete Einrichtung umfasst vorzugsweise eine Applikationseinrichtung zum Befestigen eines jeweiligen Faserstrangs an dem auf der Werkstückauflage aufliegenden Werkstück sowie zum Umwickeln der am Werkstück gebildeten Umformungen bzw. zum Befestigen der Faserstränge an den Umformungen aufweisen, die wie weiter oben beschrieben ausgebildet sein kann. Die Applikation bzw. die Zuführung kann insbesondere benachbart zur Bearbeitungseinrichtung erfolgen, um ggf. unmittelbar nach dem umformenden Bearbeiten des Werkstücks die hierbei gebildete Umformung zu umwickeln.

[0028] Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist die Applikationsvorrichtung eine Greifeinrichtung zum Greifen der Faserstränge und/oder eine Trenneinrichtung zum Durchtrennen der Faserstränge auf. Mit Hilfe der Greifeinrichtung kann ein durch die Applikationsvorrichtung in die Nähe der Oberfläche des Werk-

stücks gebrachte Faserstrang gegriffen werden, um den Faserstrang an dem Werkstück zu fixieren. Hierzu kann an dem Werkstück eine Umformung bspw. in Form eines Befestigungsspalts ausgebildet werden, in den der Faserstrang mittels der Greifeinrichtung geklemmt bzw. an dem der Faserstrang eingefädelt wird. Die Greifeinrichtung ist dazu vorzugsweise drehbar ausgebildet, so dass die Greifeinrichtung bzw. ein an dieser angebrachtes Greifelement, z.B. eine Greifkerbe, von einer vom Faserstrang beabstandeten Position in eine Greifposition gedreht werden kann. Der Faserstrang kann dann von der Greifeinrichtung gegriffen werden und durch weiteres Verdrehen der Greifeinrichtung an dem Werkstück fixiert werden, beispielsweise durch Einfädeln bzw. Einklemmen in den Befestigungsspalt.

[0029] Eine Weiterbildung dieser Ausführungsform sieht vor, dass die Greifeinrichtung gleichzeitig als Trenneinrichtung dient. Die Greifeinrichtung kann dazu mit einer Schneidkante ausgestattet sein, mit deren Hilfe der Faserstrang durchtrennt wird. Bei einer drehbaren Greifeinrichtung kann die Schneidkante beispielsweise an einer dem Greifelement gegenüber liegenden Seite vorgesehen werden, so dass der Faserstrang durchtrennt werden kann, wenn die Greifeinrichtung entgegen der Greifrichtung gedreht wird.

[0030] Bei einer Ausführungsform weist die Werkzeugmaschine eine Bearbeitungseinrichtung zum Laserschneiden von Werkstücken auf. Die Bearbeitungseinrichtung kann vorteilhaft zur präzisen und schnellen trennenden Bearbeitung des Werkstücks verwendet werden, insbesondere zum Freischneiden des Faser-Metall-Verbundwerkstücks vom Rest-Werkstück und/oder zum Schneiden von Konturen an dem metallischen Werkstück in dem Bereich, in dem nachfolgend das Fasergelege angebracht werden soll.

[0031] Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und den Figuren. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter aufgeführten Merkmale je für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

[0032] Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine mit einer Einrichtung zum Aufbringen von Faserplatten auf ein Werkstück und einer Einrichtung zum Zuführen von Fasersträngen zu dem Werkstück;

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines Werkstücks mit Umformungen zur Weiterverarbeitung zu einem Faser-Metall-Verbundwerkstück;

- Fig. 3 eine perspektivische Ansicht des Werkstücks mit einer im Bereich der Umformungen aufgetragenen Fasermatte;
- Fig. 4 eine perspektivische Ansicht des Werkstücks mit aufgetragener Fasermatte und einem Deckblech;
- Fig. 5a,b Schnittdarstellungen eines Teilbereichs des Werkstücks mit aufgetragener Fasermatte und Deckblech vor bzw. nach dem Fügen;
- Fig. 6a,b Schnittdarstellungen eines Teilbereichs des Werkstücks ohne Deckblech vor bzw. nach dem Fügen;
- Fig. 7 eine perspektivische Ansicht eines Faser-Metall-Verbundwerkstücks nach der Trennung von einem Rest-Werkstück;
- Fig. 8 ein Werkstück während der Applikation eines Faser-Rovings; und
- Fig. 9a-d seitliche Schnittdarstellungen sowie entsprechende Aufsichtsdarstellungen eines Teils einer Applikationsvorrichtung während verschiedener Phasen des Applikationsvorgangs des Faser-Rovings.

[0033] Fig. 1 zeigt eine als Laser-Stanz-Kombimaschine ausgebildete Werkzeugmaschine 1, welche als Bearbeitungswerkzeuge zum umformenden (und ggf. zum trennenden) Bearbeiten eines plattenförmigen Werkstücks 2 in Form eines Bleches einen herkömmlichen Stanzkopf 3 mit Stanzstempel 3a sowie einen Laserbearbeitungskopf 4 zum trennenden Bearbeiten aufweist. Das zu bearbeitende Werkstück 2 lagert während der Werkstückbearbeitung auf einer Werkstückauflage 5 in Form eines Bearbeitungstisches. Mittels einer herkömmlichen Halteeinrichtung 6, welche Klemmen 7 zum Festhalten des Werkstücks 2 aufweist, kann das Werkstück 2 gegenüber dem Stanzstempel 3a und dem Laserbearbeitungskopf 4 in der X-Richtung der Werkstückebene (X-Y-Ebene eines XYZ-Koordinatensystems) mittels eines durch einen Doppelpfeil angedeuteten Linearantriebs 8a verschoben werden. In der Y-Richtung der Werkstückebene kann das Werkstück 2 bewegt werden, indem die Werkstückauflage 5 zusammen mit der Halteeinrichtung 6 mittels eines weiteren durch einen Doppelpfeil angedeuteten herkömmlichen Linearantriebs 8b verschoben wird.

[0034] Das Werkstück 2 lässt sich auf diese Weise in X- und Y-Richtung gegenüber dem Stanzstempel 3a und dem Laserbearbeitungskopf 4 verschieben, so dass der jeweils zu bearbeitende Bereich des Werkstücks 2 in einem ortsfesten Bearbeitungsbereich 10 des Stanzstempels 3a bzw. einem ortsfesten Bearbeitungsbereich 11

des Laserbearbeitungskopfs 4 positioniert werden kann. Im Bearbeitungsbereich 10 des Stanzstempels 3 ist eine (auswechselbare) Stanzmatrize 12 positioniert, die eine Öffnung 12a zum Eingriff für den (ebenfalls auswechselbaren) Stanzstempel 3a aufweist. Entsprechend ist in dem ortsfesten Bearbeitungsbereich 11 des Laserbearbeitungskopfs 4 eine Lasermatrize 13 angeordnet, welche als Öffnungsbegrenzung für eine im Wesentlichen kreisförmige Absaugöffnung 13a in der Werkstückauflage 5 dient.

[0035] Auf der in Fig. 1 dargestellten Werkzeugmaschine 1 lassen sich Faser-Metall-Verbundwerkstücke herstellen, wie nachfolgend anhand von Fig. 2 bis Fig. 6 beispielhaft für die Herstellung eines Faser-Metall-Verbundwerkstücks 23 in Form eines Rades beschrieben wird, welches in Fig. 7 dargestellt ist. Zur Ansteuerung der Linearantriebe 8a, 8b bzw. zu deren Koordination mit der an der Bearbeitungsposition 10, 11 des Stanzstempels 3 bzw. des Laserbearbeitungskopfs 4 erfolgenden Bearbeitung ist an der Werkzeugmaschine 1 eine Steuereinrichtung 21 vorgesehen. Die Steuereinrichtung 21 greift auf ein NC-Steuerprogramm zurück, dessen Steuerbefehle während der Bearbeitung abgearbeitet werden.

[0036] Nach dem Zuführen des Werkstücks 2 zur Werkstückauflage 5 mittels einer nicht gezeigten Transporteinrichtung und dem seitlichen Einspannen mittels der Halteeinrichtung 6 wird das Werkstück 2 zunächst mittels des Laserbearbeitungskopfs 4 schneidend bearbeitet, und zwar indem drei ringförmige Segmente aus dem Werkstück 2 geschnitten werden, wobei drei Stege zurückbleiben, welche die Speichen des Rades bilden (vgl. Fig. 2). Auch werden mittels des Laserbearbeitungskopfs 4 Löcher 24, 25 aus dem Werkstück 2 geschnitten, die als Krafteinleitungsstellen am Außen- bzw. am Innenumfang des zu erzeugenden Faser-Metall-Verbundwerkstücks dienen.

[0037] In einem weiteren Bearbeitungsschritt wird das Werkstück 2 mit Umformungen 15 versehen, d.h. ausgewählte Bereiche des Werkstücks 2 werden mittels des Stanzkopfs 3 bzw. des Stanzstempels 3a verformt, so dass die verformten Bereiche aus der Werkstückebene herausragen (dreidimensionale plastische Verformung). Zur Erzeugung unterschiedlicher Arten von Umformungen kann der Stanzstempel 3a ggf. gewechselt werden. Bei dem in Fig. 2 gezeigten Beispiel werden Umformungen in Form von kragenförmigen Durchzügen erzeugt, die zur Herstellung einer kraft-und/oder formschlüssigen Verbindung mit einem Fasergelege geeignet sind.

[0038] In einem weiteren Bearbeitungsschritt wird ein Fasergelege auf das Werkstück 2 aufgebracht. Das Aufbringen erfolgt im vorliegenden Beispiel durch Positionieren einer vorgefertigten Fasermatte 16 auf dem Werkstück 2, d.h. die Fasermatte 16 weist bereits die für das Verbundwerkstück erforderliche Form und Größe auf. Die Fasermatte 16 wird hierbei über eine Einrichtung 17 zur automatisierten Zuführung von Fasermatten 16 dem Werkstück 2 zugeführt (vgl. Fig. 1) und auf dem Werk-

stück 2 derart positioniert, dass die Umformungen 15 in Ausnehmungen 9 (Löcher) in der Fasermatte 16 eingreifen (vgl. Fig. 3). Durch die im Eingriff mit den Ausnehmungen 9 befindlichen Umformungen 15 wird die Fasermatte 16 in der Bearbeitungsebene (XY-Ebene) auf dem Werkstück 2 gehalten, so dass die Fasermatte 16 bei einer nachfolgenden Bewegung des Werkstücks 2 in der Bearbeitungsebene gemeinsam mit dem Werkstück 2 verschoben werden kann, ohne dass diese verrutscht. Ein Verrutschen kann auch verhindert werden, wenn an dem Werkstück 2 spitze, z.B. zinkenförmige Umformungen erzeugt werden, die beim Auflegen der Fasermatte 16 durch diese hindurchstechen und auf diese Weise eine Fixierung der Fasermatte 16 an dem Werkstück 2 bewirken.

[0039] Im vorliegenden Beispiel umfasst die Einrichtung 17 zur Zuführung ein Förderband 17a, welches die Fasermatte 16 zu dem auf der Werkstückauflage 5 aufliegenden Werkstück 2 befördert, sowie einen weiteren Linearantrieb 8c zur Verschiebung des Förderbandes 17a in X-Richtung. Eine geeignete Positionierung der Fasermatte 16 in Y-Richtung kann durch die Wahl der Position der Fasermatte 16 auf dem Förderband 17a festgelegt werden und/oder das Förderband 17a kann mittels eines weiteren (nicht gezeigten) Linearantriebs in Y-Richtung verschoben werden. Die Ablage der Fasermatte 16 auf dem Förderband 17a kann z.B. mittels eines (nicht gezeigten) Greifers oder dergleichen erfolgen.

[0040] Es versteht sich, dass die Einrichtung 17 zur automatisierten Zuführung von Fasermatten auch anders als in Fig. 1 gezeigt ausgebildet sein kann. Beispielsweise kann eine direkte Ablage der Fasermatte 16 auf dem Werkstück 2 mittels einer oder mehrerer Greifeinrichtungen erfolgen, die beispielsweise an einer geeignet modifizierten Transporteinrichtung 17b zur Positionierung des Werkstücks 2 auf der Werkstückauflage 5 angebracht sein können. Die Greifeinrichtungen können in z.B. als (nicht gezeigte) Vakuum-Sauger ausgebildet sein, die zum Greifen der biegeschlaffen Fasermatte 16 geeignet sind. Beispielsweise können als Greifeinrichtungen für die Fasermatte 16 (großflächig) Sauggreifer dienen, die an ihrer der Fasermatte 16 zugewandten Seite ein luftdurchlässiges Bauteil, z.B. in Form eines (planen) Siebes oder einer luftdurchlässigen Schicht aus einem offenporigen Material, z.B. aus Schaumstoff, aufweisen können, durch die hindurch das Ansaugen erfolgt. Es versteht sich, dass auf das Förderband 17a ggf. verzichtet werden kann oder dass das Förderband 17a zur Zuführung von Fasermatten 16 an eine Übergabeposition im Bereich der Transporteinrichtung 17b dienen kann, an welcher die Transporteinrichtung eine jeweilige Fasermatte 16 aufnimmt.

[0041] Unabhängig von der genauen Ausgestaltung der Einrichtung 17 ist es in der Regel erforderlich, dass die Fasermatte 16 bzw. die Ausnehmungen 9 in der Fasermatte 16 in den Bereich des Werkstücks 2 verbracht werden, an dem die Umformungen 15 gebildet sind, um ein Verrutschen der Fasermatte 16 relativ zum Werk-

stück 2 bei der nachfolgenden umformenden Bearbeitung zu vermeiden. Die Steuereinrichtung 21 dient der Ansteuerung der Einrichtung 17 (des Förderbandes 17a bzw. des Linearantriebs 8c und/oder der Transporteinrichtung 17b) sowie zur Koordination mit einer ggf. für das positionsgenaue Auflegen erforderlichen Verschiebung des Werkstücks 2 mittels der Linearantriebe 8a, 8b.

[0042] Alternativ zur Zuführung einer Fasermatte 16 kann das Fasergelege bzw. können Teile davon auch direkt an dem in der Werkzeugmaschine 1 befindlichen Werkstück 2 erzeugt werden. Zu diesem Zweck wird ein Faserstrang 18a (auch: Faser-Roving) mittels einer weiteren Zuführungs-Einrichtung 18 automatisch in den Bereich des Stanzkopfes 3 bzw. dem diesem zugeordneten Bearbeitungsbereich 10 zugeführt und dort um die zuvor erzeugten Umformungen 15 gewickelt. Im vorliegenden Beispiel wird ein Faserstrang 18a von einem Magazin in Form einer Spule 18b abgewickelt, die an dem C-förmigen Maschinengestell der Werkzeugmaschine 1 angebracht ist. Die Spule 18b kann ggf. zur Förderung von Fasersträngen 18a mit einem (nicht gezeigten) Antrieb versehen sein. Es versteht sich, dass der Transport der Faserstränge 18a bzw. die Bevorratung der Faserstränge 18a auch an anderer Stelle in der Werkzeugmaschine 1 erfolgen kann.

[0043] Vorzugsweise wird das Werkstück 2 unter Nutzung der Maschinenachsen der Werkzeugmaschine 2 derart relativ zur Einrichtung 18 bewegt, dass das Umwickeln der Umformungen 15 des Werkstücks 2 aufgrund der Relativbewegung des Werkstücks 2 gegenüber dem austrittsseitigen Ende der Zuführungs-Einrichtung 18 bzw. einer dort vorgesehenen Applikationseinrichtung 18c erfolgt. Die Applikationseinrichtung 18c dient auch der Fixierung eines jeweiligen Faserstrangs 18a an dem Werkstück 2 vor sowie nach dem Umwickeln der Umformungen 15. Zu diesem Zweck kann an dem Werkstück 2 mittels des Stanzkopfes 3 und/oder mittels des Laserbearbeitungskopfes 4 ein enger Spalt gebildet werden, in welchen der Faserstrang 18a mit seinem (freien) Ende eingeführt und festgeklemt wird.

[0044] Fig. 8 zeigt einen solchen Applikationsvorgang. Der Faserstrang 18a wird dem Werkstück 2 durch das Innere eines rohrförmigen Fadenführers 18d zugeführt. An dem Werkstück 2 ist ein V-förmiger Spalt 14 vorgesehen, an dem das aus dem Ende des Fadenführers 18d ragende Ende des Faserstrangs 18a fixiert werden kann. Nach Fixierung des Faserstrangs 18a kann die Umwicklung der Umformungen 15 mit dem Faserstrang 18a zur Bildung eines Fasergeleges erfolgen. Nach dem Abschluss des Umwicklungsvorgangs kann der Faserstrang 18a an demselben Spalt 14 oder an einem weiteren Spalt bzw. einer geeigneten Umformung fixiert werden.

[0045] In den Fig. 9a-d ist gezeigt, wie eine solche Fixierung des Faserstrangs 18a realisiert werden kann. Das Werkstück 2 wird so verfahren, dass sich der Fadenführer 18d in einer zum Spalt 14 benachbarten Position befindet. Die in den Fig. 9a-d gezeigte Applikati-

onseinrichtung umfasst eine Greifeinrichtung **18e**, die entlang des Fadenführers 18d (senkrecht zur Werkstückoberfläche) verfahren werden und um eine Achse **22** (senkrecht zur Werkstückoberfläche) verdreht werden kann (Fig. 9a). Zum Fixieren des Faserstrangs 18a wird die Greifeinrichtung 18e auf eine Höhe unterhalb des Endes des Fadenführers 18d verfahren und anschließend in eine Greifrichtung um die Achse 22 verdreht, so dass der Faserstrang 18a in Eingriff mit einem exzentrisch zur Achse 22 angeordneten Greifelement in Form einer Greifkerbe **18f** der Greifeinrichtung 18e kommt (Fig. 9b). Durch weiteres Drehen der Greifeinrichtung 18e in Greifrichtung wird der Faserstrang 18a aus dem Fadenführer 18d herausgezogen und es bildet sich eine Schlaufe zwischen Fadenführer 18d und Greifeinrichtung 18e. Zum Einfädeln des Faserstrangs 18a in den Spalt 14 werden der Fadenführer 18d und die Greifeinrichtung 18e auf die Oberfläche des Werkstücks 2a abgesenkt (Fig. 9c) und das Werkstück 2 geeignet verfahren, bis der Faserstrang 18a im Spalt 14 eingeklemmt ist. Eine entsprechende Fixierung kann auch nach dem Abschluss des Umwickelns erfolgen, um zu verhindern, dass sich der um die Umformungen 15 gewickelte Faserstrang 18a selbsttätig löst.

[0046] Im vorliegenden Beispiel weist die Zuführungseinrichtung 18, genauer gesagt die Applikationseinrichtung 18c, eine Schneideinrichtung **18g** auf, um einen jeweiligen Faserstrang 18a nach dem Erzeugen des Fasergeleges bzw. nach dem Erzeugen von Teilen des Fasergeleges zu durchtrennen. Die Schneideinrichtung 18g kann dazu dienen, um den Faserstrang 18a nach dem Fixieren abzutrennen, wie in Fig. 9d gezeigt ist. Die Schneideinrichtung 18g ist im gezeigten Beispiel in Form einer Schneidkante ausgebildet, die an einer der Greifkerbe 18f gegenüberliegenden Seite der Greifeinrichtung 18e vorgesehen ist. Zum Durchtrennen des Faserstrangs 18a können nach dem Einfädeln des Faserstrangs 18a in den Befestigungsspalt 14 der Fadenführer 18d und die Greifeinrichtung 18e zunächst wieder von der Oberfläche des Werkstücks 2 bzw. von dem Befestigungsspalt 14 weg bewegt werden. Während oder nach dieser Bewegung kann die Greifeinrichtung 18e entgegen der Greifrichtung verdreht werden, wobei der Faserstrang 18a in Kontakt mit der Schneidkante 18g kommt und von dieser durchtrennt wird.

[0047] Die Zuführungseinrichtung 18 ist im vorliegenden Beispiel ortsfest installiert und kann ähnlich einer Drahtzuführung zum Schweißen oder wie die Fadenzuführung bei einer Textilmaschine, z.B. bei einer Stickmaschine, ausgeführt sein. Es ist jedoch auch möglich, das Werkstück 2 ortsfest zu belassen und die Faser-Rovings 18a mit Hilfe von beweglichen Teilen der Zuführungseinrichtung 18, insbesondere der Applikationseinrichtung 18c, um die Umformungen 15 herum zu bewegen. Es versteht sich, dass hierbei ggf. zusätzlich auch das Werkstück 2 in der XY-Ebene bewegt werden kann.

[0048] Es versteht sich weiterhin, dass bei der Verwendung von Faser-Rovings 18a zur Herstellung des Faser-

geleges das Erzeugen von Umformungen 15 nicht in einem ersten Schritt und das Anbringen des Fasergeleges in einem zweiten Schritt erfolgen muss, wie dies in Fig. 2 und Fig. 3 dargestellt ist. Vielmehr kann ggf. unmittelbar nach dem Erzeugen einer jeweiligen Umformung 15 diese mit einem Faser-Roving 18a umwickelt werden, bevor das Werkstück 2 verschoben wird, um an einer anderen Stelle eine Umformung auszubilden.

[0049] In beiden oben beschriebenen Fällen wird ein Fasergelege 16 erzeugt, welches gemeinsam (d.h. ohne Relativbewegung) mit dem Werkstück 2 in der Bearbeitungsebene bewegt werden kann, so dass in einem nachfolgenden Bearbeitungsschritt im Bereich der Umformungen 15 eine kraft- und/oder formschlüssige Verbindung zwischen dem Werkstück 2 und dem Fasergelege 16 hergestellt und somit ein Faser-Metall-Verbundwerkstück erzeugt werden kann. Für die Herstellung der Verbindung kann ein vorgefertigtes Deckblech 20 auf der Fasermatte 16 platziert und die Fasermatte 16 zwischen den beiden Blechen 2, **20** geklemmt werden (vgl. Fig. 4). Die mechanische Klemm-Verbindung wird vorzugsweise im Stanzbetrieb z.B. mittels Bördeln, Stanznieten oder Durchsetzfugen hergestellt, wozu die im vorangegangenen Schritt gebildeten Umformungen 15 verformt werden können.

[0050] Fig. 5a,b zeigen einen Schnitt durch eine Umformung 15 des mit der Fasermatte 16 bestückten Werkstücks 2 vor bzw. nach dem Verformen der Umformungen 15. Wie anhand von Fig. 5a,b ersichtlich ist, werden mit Hilfe des Stanzkopfes 3 die Kragen der als Durchzüge ausgebildeten Umformungen 15 nach außen gebogen, so dass ein Bördelrand entsteht, der an dem Deckblech 20 vorgesehene Schrägen bzw. Fasen übergreift und auf diese Weise die Fasermatte 16 fixiert.

[0051] Fig. 6a,b zeigen einen Schnitt durch eine Umformung 15 des mit der Fasermatte 16 bestückten Werkstücks 2, bei dem im Gegensatz zu Fig. 5a,b auf ein Deckblech zur Herstellung der kraft- und/oder formschlüssigen Verbindung verzichtet wurde. Mit Hilfe des Stanzkopfes 3 der Werkzeugmaschine 1 werden auch in diesem Fall die Kragen der Durchzüge 15 nach außen gebogen, so dass diese die Fasermatte 16 übergreifen. Die nach außen gebogenen Bereiche sind im vorliegenden Beispiel krallenartig ausgebildet, um die Fasermatte 16 zu verklemmen und somit eine form- und kraftschlüssige Verbindung herzustellen.

[0052] Die Verbindung der Fasermatte 16 mit dem Werkstück 2 kann wie oben beschrieben im Bereich der Umformungen 15 erfolgen, die auch zur Fixierung der Fasermatte 16 in x- γ - Richtung dienen. Auf diese Weise wird ein formschlüssiges Verbinden des Werkstück- Fasergelege- Deckblech- Sandwichs erreicht. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, vor oder nach dem Auflegen der Fasermatte 16 weitere Umformungen (nicht gezeigt) z.B. außerhalb des Bereichs in das Werkstück 2 einzubringen, in dem das Fasergelege 16 aufgebracht ist bzw. aufgebracht werden soll. Die Verbindung von Werkstück 2 und Fasermatte 16 kann zusätzlich oder ausschließlich

mittels dieser weiteren Umformungen durchgeführt werden, die bevorzugt benachbart zur Fasermatte 16 am Werkstück 2 gebildet sind und die sich nach dem Umformen bzw. Verformen zumindest teilweise über den von der Fasermatte 16 bedeckten Werkstück- Bereich erstrecken Auch können das Werkstück 2, die Fasermatte 16 sowie ein ggf. vorhandenes Deckblech gemeinsam umgeformt werden, z.B. in Form einer Sicke, um auf diese Weise einen Kraft- und Formschluss zu erzeugen.

[0053] Es versteht sich, dass das anhand der Fign. 5a, b und der Fign. 6a,b gezeigte Vorgehen zur kraft- und/ oder formschlüssigen Verbindung von Fasermatte 16 und Werkstück 2 analog auch zur kraft- und/ oder formschlüssigen Verbindung des Werkstücks 2 und einem aus Faser-Rovings hergestellten Fasergelege angewendet werden kann. Es versteht sich ebenfalls, dass Teilbereiche des Fasergeleges als Fasermatten und andere Teilbereiche in Form von Faser-Rovings ausgebildet werden können.

[0054] Nach dem Fügen wird der Faser-Metall-Verbund in einem letzten Bearbeitungsschritt entlang einer Schnittkontur **19** aus dem Werkstück 2 herausgetrennt. Dies kann mittels Laserschneiden durch den Laserbearbeitungskopf 4 oder ggf. durch Nibbeln mit Hilfe des Stanzkopfes 3 erfolgen. Das fertige Faser-Metall-Verbundwerkstück 23 (vgl. Fig. 7) kann dann mittels einer nicht bildlich dargestellten Transporteinrichtung aus der Werkzeugmaschine 1 ausgeschleust werden. Obgleich die Möglichkeit des Freischneidens bzw. des Abtrennens des Faser-Metall-Verbundwerkstücks 23 vom Rest-Werkstück unmittelbar an der Werkzeugmaschine 1 günstig ist, kann dieser Bearbeitungsschritt ggf. auch an anderer Stelle erfolgen. Dies ist ggf. günstig, wenn der oben beschriebene Herstellungsvorgang nicht wie in Fig. 1 gezeigt an einer Laser-Stanz-Kombimaschine 1 erfolgt, sondern für die Herstellung des Verbundwerkstücks 23 eine Stanzmaschine ohne Laserschneidfunktion genutzt wird.

[0055] Das oben beschriebene Verfahren und die zugehörige Werkzeugmaschine ermöglichen die Herstellung von Verbundwerkstücken aus Metall und Fasergelegen als Vorstufe für die Herstellung von ebenen oder räumlich geformten Hybridbauteilen aus Metall und Faser-Kunststoff-Verbunden. Auf die oben beschriebene Weise hergestellte Faser-Metall-Verbundwerkstücke 23 können in weiteren Bearbeitungsschritten z.B. durch Biegen dreidimensional geformt und anschließend in einem Werkzeug z.B. im RTM("Resin Transfer Molding")-Verfahren mit Harz infiltriert oder mit einem thermoplastischen Material umspritzt werden.

[0056] Bei dem oben beschriebenen Verfahren wird der Verbund durch eine direkte Kraftübertragung zwischen Blech und Fasern durch Kraft- und/oder Formschluss realisiert. Sowohl die Bearbeitung des metallischen Werkstücks als auch die Verbindung des Werkstücks mit dem Fasergelege können in ein- und derselben Werkzeugmaschine durchgeführt werden, d.h. das Zuschneiden des Blechteils, das Verbinden des Werk-

stücks mit dem Fasergelege und ggf. auch die Herstellung des Fasergeleges können in einem einzigen Arbeitsgang erfolgen und somit Faser-Metall-Verbundwerkstücke auf besonders wirtschaftliche Weise hergestellt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Faser-Metall-Verbundwerkstücks (23) auf einer Werkzeugmaschine (1), umfassend die Schritte:

Beladen einer Werkstückauflage (5) der Werkzeugmaschine (1) mit einem metallischen Werkstück (2), insbesondere mit einer Blechtafel; Bearbeiten des auf der Werkstückauflage (5) aufliegenden Werkstücks (2) mittels einer Bearbeitungseinrichtung (3, 3a) zum Erzeugen von Umformungen (15) an dem Werkstück (2); Anbringen eines Fasergeleges (16) an dem auf der Werkstückauflage (5) aufliegenden Werkstück (2) im Bereich der Umformungen (15); sowie Kraft- und/oder formschlüssiges Verbinden des Fasergeleges (16) mit dem Werkstück (2) durch Bearbeiten des Werkstücks (2) mittels der Bearbeitungseinrichtung (3, 3a).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** Stanzendes Bearbeiten des Werkstücks (2) zum Erzeugen der Umformungen (15) und/oder zum kraft- und/oder formschlüssigen Verbinden des Fasergeleges (16) mit dem Werkstück (2).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Schritt des Anbringens des Fasergeleges (16) umfasst:

Zuführen zumindest eines Teils des Fasergeleges in Form einer Fasermatte (16) zu dem auf der Werkstückauflage (5) aufliegenden Werkstück (2).

4. Verfahren nach Anspruch 3, weiter umfassend:

Positionieren der Fasermatte (16) auf dem Werkstück (2) derart, dass mindestens eine Umformung (15) des Werkstücks (2) in Eingriff mit mindestens einer an der Fasermatte (16) gebildeten Ausnehmung (9) gebracht wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Schritt des Anbringens des Fasergeleges umfasst:

Erzeugen zumindest eines Teils des Fasergeleges durch Umwickeln zumindest eines Teils

der Umformungen (15) des Werkstücks (2) mit Fasersträngen (18a).

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**,
5
dass die Faserstränge (18a) dem auf der Werkstückauflage (5) befindlichen Werkstück (2) durch Transport aus einem Magazin, insbesondere durch Abwickeln von einer Spule (18b), zugeführt werden.
10
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**,
dass das Umwickeln der Umformungen (15) des Werkstücks (2) unter Verschieben des Werkstücks (2) relativ zur Bearbeitungseinrichtung (3, 3a) erfolgt.
15
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das kraft- und/oder formschlüssige Verbinden des Fasergeleges (16) mit dem Werkstück (2) ein Verformen der an dem Werkstück (2) erzeugten Umformungen (15) umfasst.
20
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiter umfassend:
25

Aufbringen mindestens einer plattenförmigen Abdeckung, insbesondere eines Deckblechs (20), auf das an dem Werkstück (2) angebrachte Fasergelege (16), wobei
30
das kraft- und/oder formschlüssige Verbinden des Fasergeleges (16) mit dem Werkstück (2) ein Einklemmen des Fasergeleges (16) zwischen dem Werkstück (2) und der Abdeckung (20) umfasst.
35
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiter umfassend:
40

Trennendes Bearbeiten des Werkstücks (2) zum Freischneiden des Faser-Blech-Verbundwerkstücks (23) vom Rest-Werkstück.
45
11. Werkzeugmaschine (1) zur Herstellung von Faser-Blech-Verbundwerkstücken (23), umfassend:
45

eine Bearbeitungseinrichtung (3, 3a) zur umformenden Bearbeitung von Werkstücken (2),
50
eine Werkstückauflage (5) zur Auflage eines Werkstücks (2) bei der Bearbeitung,
sowie mindestens eine Einrichtung (17, 18) zum Anbringen eines Fasergeleges (16) an dem auf der Werkstückauflage (5) aufliegenden Werkstück (2).
55
12. Werkzeugmaschine (1) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**,

dass die Einrichtung (17) zur automatisierten Zuführung einer Fasermatte (16) zu dem auf der Werkstückauflage (5) aufliegenden Werkstück (2) und zur Positionierung der Fasermatte (16) auf dem Werkstück (2) ausgebildet ist.

13. Werkzeugmaschine nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Einrichtung (18) zur automatisierten Zuführung von Fasersträngen (18a) zu dem auf der Werkstückauflage (5) aufliegenden Werkstück (2) ausgebildet ist.
14. Werkzeugmaschine nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Einrichtung (18) eine Applikationseinrichtung (18c) zum Befestigen der Faserstränge an dem auf der Werkstückauflage (5) aufliegenden Werkstück (2) umfasst.
15. Werkzeugmaschine nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die eine Applikationseinrichtung (18c) eine Greifeinrichtung (18e) zum Greifen der Faserstränge (18a) und/oder eine Trenneinrichtung (18g) zum Durchtrennen der Faserstränge aufweist.
16. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 15, **gekennzeichnet durch** eine weitere Bearbeitungseinrichtung (4) zum Laserschneiden von Werkstücken (2).

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

1. Verfahren zum Herstellen eines Faser-Metall-Verbundwerkstücks (23) auf einer Werkzeugmaschine (1), umfassend die Schritte:

Beladen einer Werkstückauflage (5) der Werkzeugmaschine (1) mit einem metallischen Werkstück (2), insbesondere mit einer Blechtafel;
Bearbeiten des auf der Werkstückauflage (5) aufliegenden Werkstücks (2) mittels einer Bearbeitungseinrichtung (3, 3a) zum Erzeugen von Umformungen (15) an dem Werkstück (2);
Anbringen eines Fasergeleges (16) an dem auf der Werkstückauflage (5) aufliegenden Werkstück (2) im Bereich der Umformungen (15); sowie
Kraft- und/oder formschlüssiges Verbinden des Fasergeleges (16) mit dem Werkstück (2) durch Bearbeiten des Werkstücks (2) mittels der Bearbeitungseinrichtung (3, 3a).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** Stanzendes Bearbeiten des Werkstücks (2)

zum Erzeugen der Umformungen (15) und/oder zum kraft- und/oder formschlüssigen Verbinden des Fasergeleges (16) mit dem Werkstück (2).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Schritt des Anbringens des Fasergeleges (16) umfasst:

Zuführen zumindest eines Teils des Fasergeleges in Form einer Fasermatte (16) zu dem auf der Werkstückauflage (5) aufliegenden Werkstück (2).

4. Verfahren nach Anspruch 3, weiter umfassend:

Positionieren der Fasermatte (16) auf dem Werkstück (2) derart, dass mindestens eine Umformung (15) des Werkstücks (2) in Eingriff mit mindestens einer an der Fasermatte (16) gebildeten Ausnehmung (9) gebracht wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Schritt des Anbringens des Fasergeleges umfasst:

Erzeugen zumindest eines Teils des Fasergeleges durch Umwickeln zumindest eines Teils der Umformungen (15) des Werkstücks (2) mit Fasersträngen (18a).

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Faserstränge (18a) dem auf der Werkstückauflage (5) befindlichen Werkstück (2) durch Transport aus einem Magazin, insbesondere durch Abwickeln von einer Spule (18b), zugeführt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Umwickeln der Umformungen (15) des Werkstücks (2) unter Verschieben des Werkstücks (2) relativ zur Bearbeitungseinrichtung (3, 3a) erfolgt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das kraft- und/oder formschlüssige Verbinden des Fasergeleges (16) mit dem Werkstück (2) ein Verformen der an dem Werkstück (2) erzeugten Umformungen (15) umfasst.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiter umfassend:

Aufbringen mindestens einer plattenförmigen Abdeckung, insbesondere eines Deckblechs (20), auf das an dem Werkstück (2) angebrachte Fasergelege (16), wobei

das kraft- und/oder formschlüssige Verbinden des Fasergeleges (16) mit dem Werkstück (2) ein Einklemmen des Fasergeleges (16) zwischen dem Werkstück (2) und der Abdeckung (20) umfasst.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiter umfassend:

Trennendes Bearbeiten des Werkstücks (2) zum Freischneiden des Faser-Blech-Verbundwerkstücks (23) vom Rest-Werkstück.

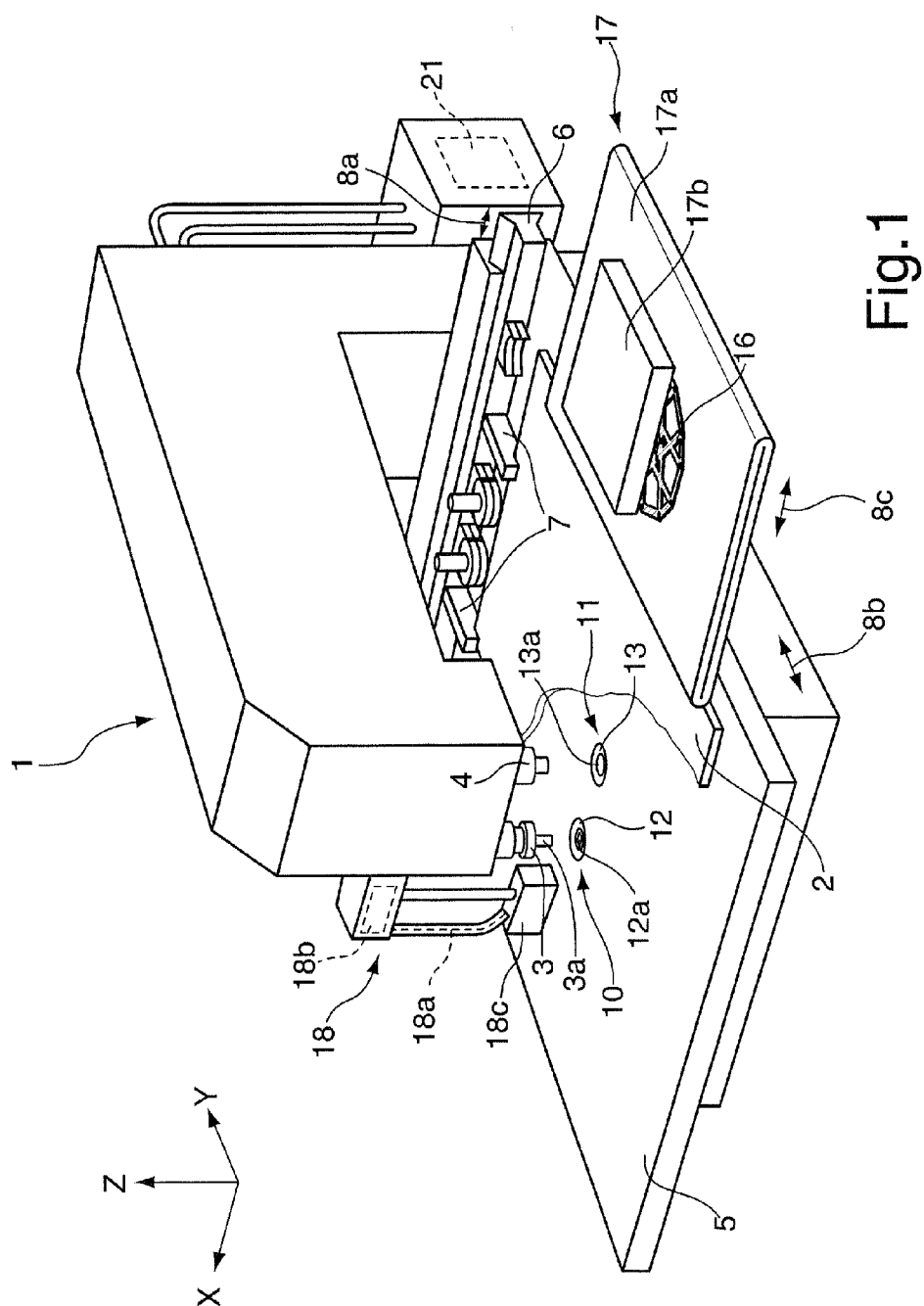
11. Werkzeugmaschine (1) zur Herstellung von Faser-Blech-Verbundwerkstücken (23), umfassend:

eine Bearbeitungseinrichtung (3, 3a) zur umformenden Bearbeitung von Werkstücken (2), eine Werkstückauflage (5) zur Auflage eines Werkstücks (2) bei der Bearbeitung, sowie mindestens eine Einrichtung (17, 18) zum Anbringen eines Fasergeleges (16) an dem auf der Werkstückauflage (5) aufliegenden Werkstück (2) **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Einrichtung (17) zur automatisierten Zuführung einer Fasermatte (16) zu dem auf der Werkstückauflage (5) aufliegenden Werkstück (2) und zur Positionierung der Fasermatte (16) auf dem Werkstück (2) ausgebildet ist, wobei die Werkzeugmaschine (1) eine Steuereinrichtung (21) aufweist, die programmiert ist, die Einrichtung (17) so anzusteuern, dass die Fasermatte (16) formschlüssig an bzw. zwischen Umformungen (15) an dem Werkstück (2) angebracht wird, und/oder **dass** die Einrichtung (18) zur automatisierten Zuführung von Fasersträngen (18a) zu dem auf der Werkstückauflage (5) aufliegenden Werkstück (2) ausgebildet ist.

12. Werkzeugmaschine nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Einrichtung (18) eine Applikationseinrichtung (18c) zum Befestigen der Faserstränge an dem auf der Werkstückauflage (5) aufliegenden Werkstück (2) umfasst.

13. Werkzeugmaschine nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die eine Applikationseinrichtung (18c) eine Greifeinrichtung (18e) zum Greifen der Faserstränge (18a) und/oder eine Trenneinrichtung (18g) zum Durchtrennen der Faserstränge aufweist.

14. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **gekennzeichnet durch** eine weitere Bearbeitungseinrichtung (4) zum Laserschneiden von Werkstücken (2).



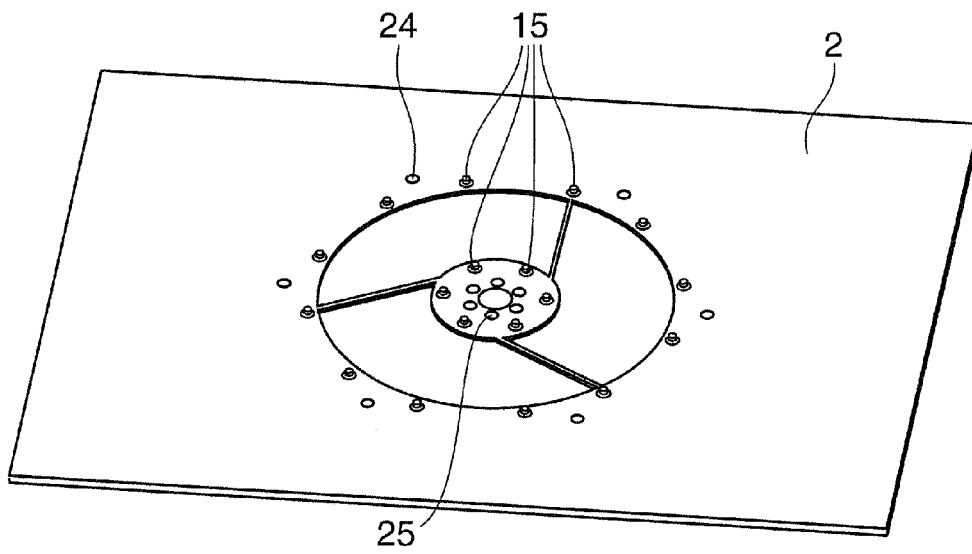


Fig. 2

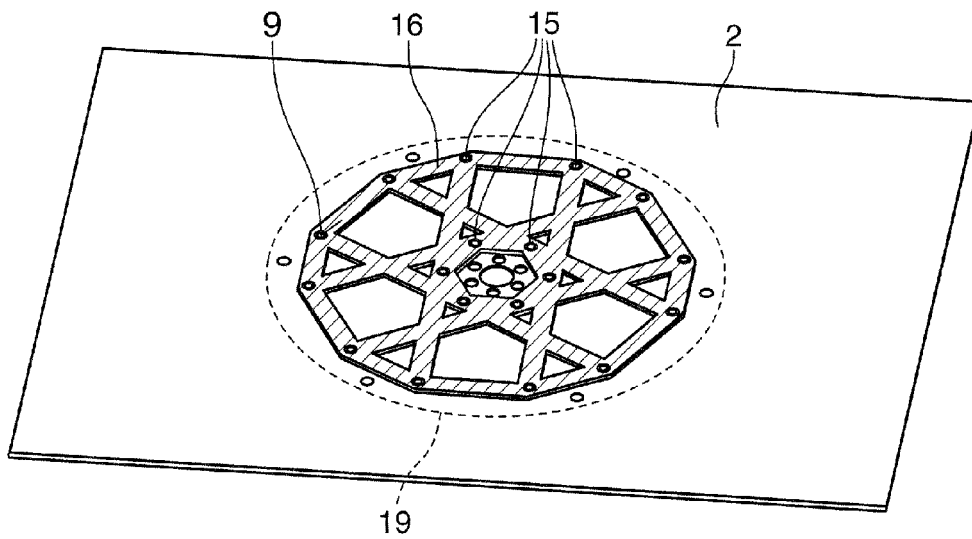


Fig. 3

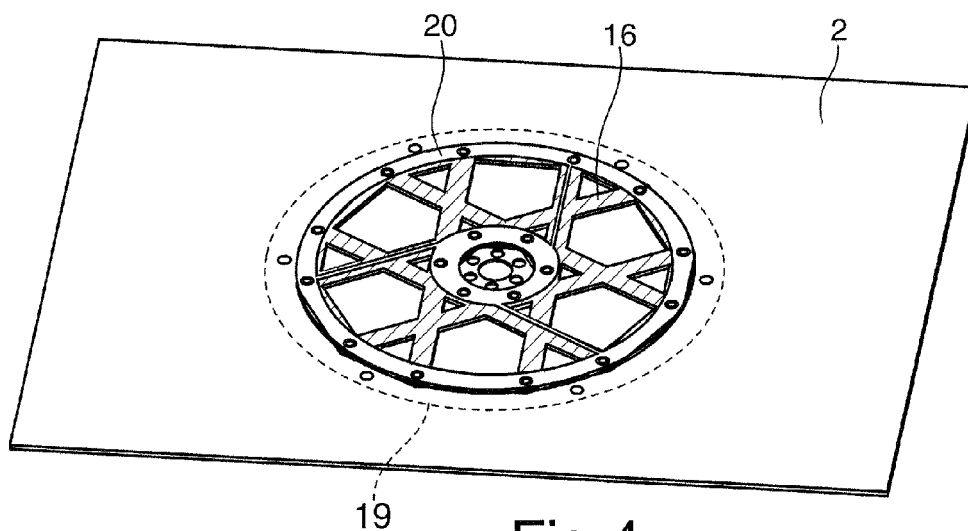


Fig.4

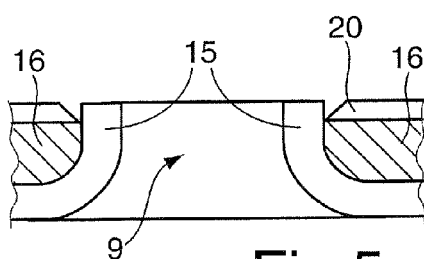


Fig.5a

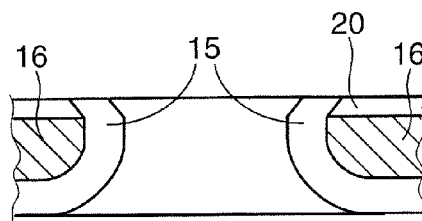


Fig.5b

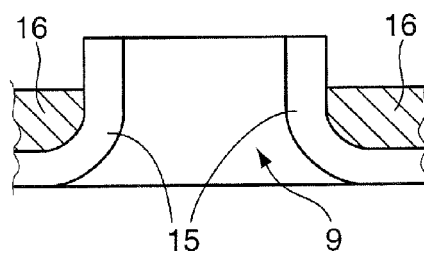


Fig.6a

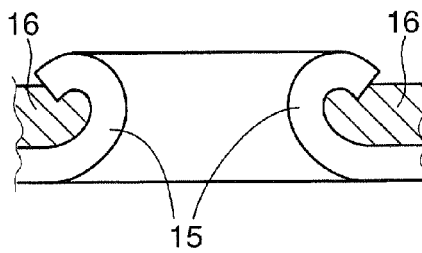


Fig.6b

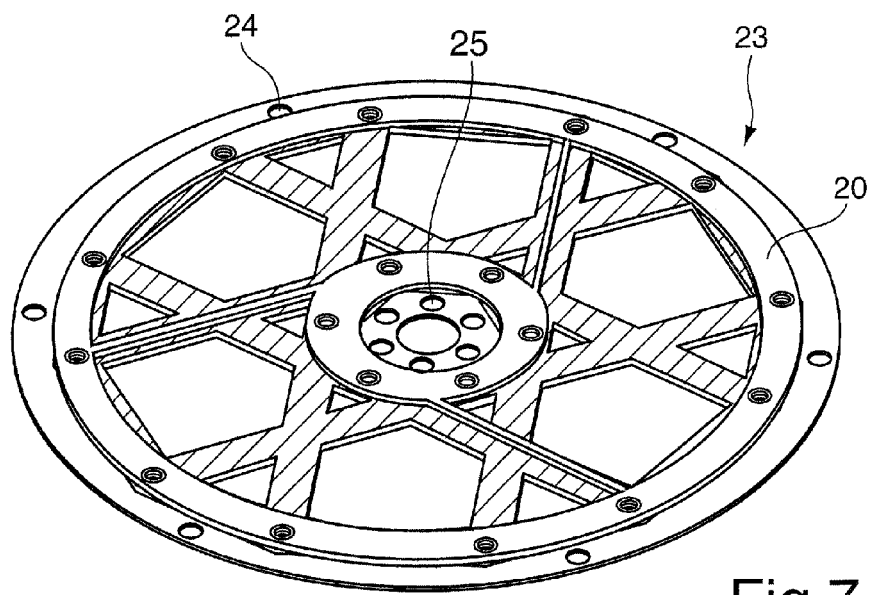


Fig.7

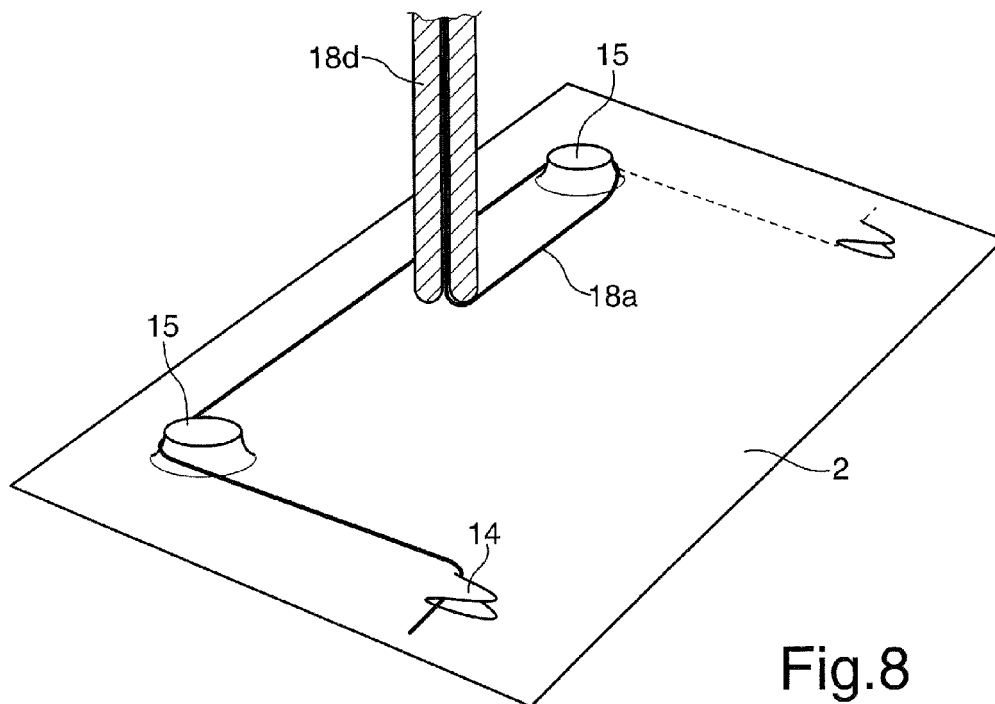
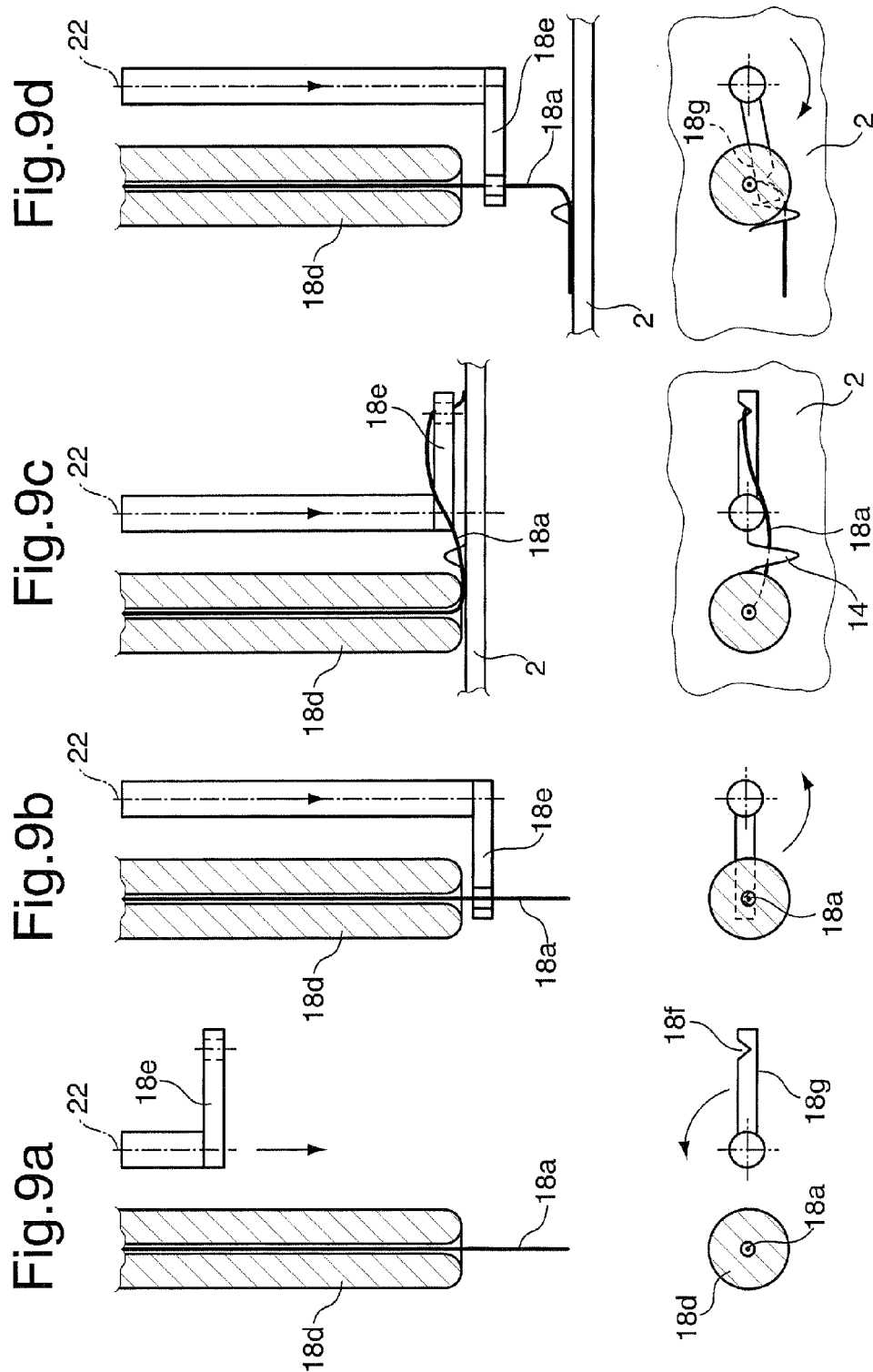


Fig.8





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 12 15 9180

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 177 293 A1 (TRUMPF WERKZEUGMASCHINEN GMBH [DE]) 21. April 2010 (2010-04-21) * das ganze Dokument *	11,12,16	INV. B21D39/03 B21D49/00
X	DE 20 2005 004407 U1 (TRUMPF MASCHINEN AUSTRIA GMBH [AT]) 25. Mai 2005 (2005-05-25) * das ganze Dokument *	11	
A	WO 2011/147387 A1 (TECH UNI DORTMUND [DE]; SEBASTIANI GERD [DE]; SCHMELZER PAUL [DE]; MAR) 1. Dezember 2011 (2011-12-01) * das ganze Dokument *	1	
A	DE 10 2006 049014 A1 (THYSENKRUPP STEEL AG [DE]) 17. April 2008 (2008-04-17) * das ganze Dokument *	1	
A	US 3 406 446 A (MULDOVAN STEPHEN A) 22. Oktober 1968 (1968-10-22) * das ganze Dokument *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21D C22C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. Juli 2012	Prüfer Pieracci, Andrea
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.02 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 12 15 9180

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

09-07-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2177293 A1	21-04-2010	KEINE	

DE 202005004407 U1	25-05-2005	AT 8674 U1	15-11-2006
		DE 202005004407 U1	25-05-2005
		US 2006179913 A1	17-08-2006

WO 2011147387 A1	01-12-2011	KEINE	

DE 102006049014 A1	17-04-2008	KEINE	

US 3406446 A	22-10-1968	KEINE	

EPO FORM P0481

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- DE 69725418 T2 [0003]
- EP 1533393 B1 [0004]