

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
26. Dezember 2019 (26.12.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2019/243342 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
B21F 11/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/066036

(22) Internationales Anmeldedatum:  
18. Juni 2019 (18.06.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2018 114 579.9  
18. Juni 2018 (18.06.2018) DE

(71) Anmelder: **GEHRING E-TECH GMBH** [DE/DE]; Gehringstrasse 28, 73760 Ostfildern (DE).

(72) Erfinder: **ZANA, Giuseppe**; Via Cismondi 36, 25030 RONCADELLE (IT). **GIURADEI, Fabrizio**; Via Del Chiappini 6, 25017 LONATO DEL GARDA (IT).

(74) Anwalt: **DREISS PATENTANWÄLTE PARTG MBB**; Friedrichstraße 6, 70174 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE BURR-FREE SEPARATION OF A WIRE AND A CORRESPONDINGLY SEPARATED WIRE PIECE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM GRATFREIEN ABTRENNEN EINES DRAHTES SOWIE EIN ENTSPRECHEND ABGETRENNTES DRAHTSTÜCK

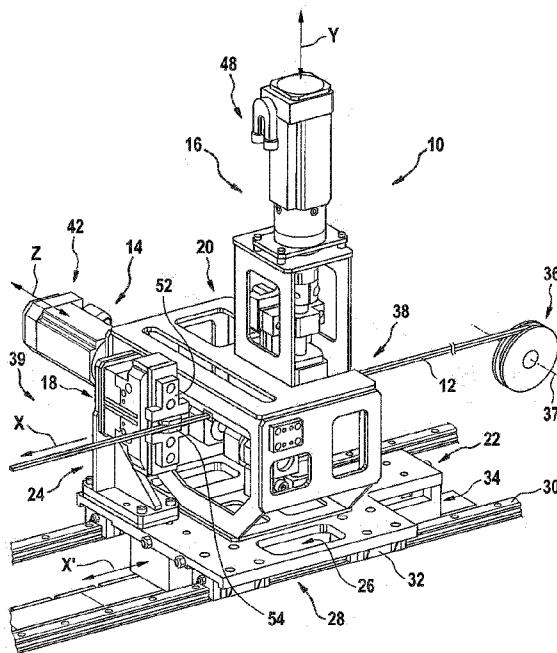


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for the burr-free separation of a wire, to a device (10) for the burr-free separation of a wire (12), and to a wire piece and a hairpin. In the method, a wire is tapered by shaping and subsequently separated by applying a tensile force.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum gratfreien Abtrennen eines Drahtes, eine Vorrichtung (10) zum gratfreien Abtrennen eines Drahtes (12), ein Drahtstück und einen Hairpin. In dem Verfahren wird ein Draht durch Umformen verjüngt und anschliessend durch Aufbringen einer Zugkraft getrennt.

WO 2019/243342 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

5

10

15

**Titel: Verfahren und Vorrichtung zum gratfreien  
20 Abtrennen eines Drahtes sowie ein entsprechend  
abgetrenntes Drahtstück**

### **Beschreibung**

25

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum gratfreien  
Abtrennen eines Drahtes mit den Merkmalen des Oberbegriffs  
von Anspruch 1. Zudem betrifft die Erfindung eine  
Vorrichtung zum gratfreien Abtrennen eines Drahtes mit den  
30 Merkmalen des Oberbegriffs des nebengeordneten Anspruchs.  
Zudem betrifft die Erfindung ein entsprechend abgetrenntes  
Drahtstück sowie einen Hairpin.

Verfahren und Vorrichtungen der eingangs genannten Art sind  
35 der Anmelderin aus der Praxis bekannt. So werden bei der

Fertigung von Elektromotoren für Traktionsantriebe einzelne Wicklungselemente (Steckspulen, sog. "Hairpins") hergestellt, die im weiteren Prozess zu einer vollständigen Statorwicklung weiterverarbeitet werden. Um bedingt durch  
5 höheren Füllungsgrad eine höhere Effizienz von Elektromaschinen zu erreichen, wurde in der Hairpin-Technologie von runden Drähten auf Drähte mit rechteckigem Querschnitt übergegangen. Im Rahmen der Herstellung der Steckspulen müssen aus Endlosmaterial entsprechende  
10 Drahtabschnitte abgelängt und abgetrennt werden, welche nach einer Positionierung am Stator miteinander verschweißt werden.

DE 10 2011 116 529 A1 beschreibt ein Verfahren zum Trennen  
15 eines Einzellitzendrahtes.

DE 2 245 771 beschreibt eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Ankuppen von Drahtpinnen.

20 DE 10 2017 205 633 A1 beschreibt eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Schneiden eines Drahts.

Ein Abtrennen der Drahtabschnitte erfolgt üblicherweise durch Abscheren, wobei an den Drahtenden Stirnflächen  
25 entstehen, deren Kanten ungebrochen, d.h. scharfkantig und mit Graten (Schergrate) behaftet sind. Diese Schergrate können, sofern sie nicht in einem zusätzlichen Arbeitsschritt aufwändig bspw. manuell entfernt werden, bei der Montage der Steckspulen in eine Isolation  
30 (Isolationspapier) einfahren, die sich bereits in der Nut

des bereitgestellten Stators des Elektromotors befindet. Daher besteht die Gefahr, dass die Isolation zerstört wird, was zu Fehlfunktionen des Elektromotors führen kann.

5 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit einfachen konstruktiven Mitteln ein zuverlässiges und möglichst gratfreies Abtrennen von Drähten zu ermöglichen. Eine Nachbearbeitung der Drähte an den Trennstellen soll vermieden werden.

10

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Danach zeichnet sich das Verfahren durch mehrere Schritte aus, die nachfolgend beschrieben werden.

15

Zunächst erfolgt ein (gratfreies) Umformen des Drahtes an einer Drahtlängsposition in einem ersten Umformschritt durch Aufeinanderzubewegen von zwei einander in einer ersten Ebene gegenüberliegenden Umformabschnitten einer ersten Umformeinheit entlang einer ersten Bewegungsachse.

20

Dabei wird der Drahtquerschnitt bei diesem ersten Umformschritt von zwei gegenüberliegenden Seiten her verjüngt, bspw. von zwei Schmalseiten. Beim Umformen des Drahtes sind die Umformabschnitte der ersten Umformeinheit

25

stets voneinander beabstandet, so dass ein verjüngter Drahtquerschnitt verbleibt. Danach erfolgt ein Umformen des Drahtes an derselben Drahtlängsposition in einem zweiten Umformschritt durch Aufeinanderzubewegen von zwei einander in einer zweiten Ebene gegenüberliegenden Umformabschnitten

30

einer zweiten Umformeinheit entlang einer zweiten

Bewegungsachse. Dabei wird der bereits verjüngte Drahtquerschnitt bei diesem zweiten Umformschritt von zwei weiteren gegenüberliegenden Seiten her verjüngt, bspw. von zwei Breitseiten. Beim Umformen des Drahtes sind die Umformabschnitte der zweiten Umformeinheit stets voneinander beabstandet, so dass der bereits verjüngte Drahtquerschnitt in weiter verjüngter Form verbleibt. Es verbleibt an der Drahtlängsposition also ein Materialsteg, der gegenüber der ursprünglichen Querschnittsform des Drahtes nach innen versetzt angeordnet ist. Insbesondere kann der Materialsteg den gleichen Querschnittsmittelpunkt aufweisen wie der ursprüngliche Querschnitt des Drahtes. Insbesondere ist der Materialsteg an wenigstens zwei, vorzugsweise allen, sich gegenüberliegenden Seiten je gleichweit von der ursprünglichen Querschnittsform nach innen versetzt. Zu diesem Zeitpunkt sind die vor und nach der Drahtlängsposition, der vorgesehenen Trennstelle, angeordneten Drahtabschnitte über den Materialsteg noch stoffschlüssig miteinander verbunden. Danach, also nach dem zweiten Umformschritt, erfolgt ein Zugtrennen des Drahtes an derselben Drahtlängsposition, indem eine (zumindest anteilig entlang der Drahtlängsrichtung wirkenden) Zugkraft auf den Draht aufgebracht wird. Damit ist der Draht an der Drahtlängsposition abgetrennt.

25

Ein derartiges Abtrennen hat den Vorteil, dass ein Entstehen von Schergraten vermieden werden kann, indem das Verfahren an einer entsprechenden Drahtlängsposition (Trennstelle) mehrere Umformschritte und ein anschließendes Zugtrennen vorsieht, wie voranstehend beschrieben. Durch

30

das Umformen des Drahtes mittels der Umformabschnitte wird der Draht an der Drahtlängsposition tailliert, so dass eine definierte Schwachstelle geschaffen wird, an der durch Zugtrennen ein Abtrennen des Drahtes erfolgt. Da der Draht durch Umformen mit den Umformabschnitten auch vor und nach der Trennstelle (Trennebene) verjüngt wird, weisen die Drahtenden eine verjüngte, bspw. angefaste oder konische, Form auf. Somit können Drahtabschnitte mit Drahtenden bereitgestellt werden, welche für Steckspulen (Hairpins) ideal geeignet sind, da diese aufgrund ihrer verjüngten, bspw. konischen, Drahtenden leicht in die Isolation der Nuten eines Motors eingeführt werden können. Anders ausgedrückt ist ein einfacheres Einführen des Drahtes ohne Beschädigung des Isolationspapiers in den Stator ermöglicht, da der "Anfangs-Querschnitt" (Drahtende) beim Einführen geringer ist. Die Gratfreiheit der Drahtenden trägt zur Erhöhung der Sicherheit und zur Reduzierung von Ausschuss bei. Zudem ist der Prozess wirtschaftlich günstig, da die Standzeit der Umformabschnitte vergleichsweise hoch ist, weil die Umformabschnitte lediglich in das Drahtmaterial (bspw. Kupfer) eindringen, dieses nur verformen und sich dabei nicht berühren.

Das vorgeschlagene Verfahren kann in einer komplexen Prozesskette eingesetzt werden. Die benachbarten Verfahren können z.B. Einlegen der Isolation in die Nut des Stators, Umformen in mehreren Schritten von Hairpins oder Abisolieren der Drahtenden eines Hairpins sein. Die Prozesskette kann bspw. mit der Reihenfolge Abisolieren - erster Umformschritt, zweiter Umformschritt und Zugtrennen

- Umformen in die Hairpin-Form erfolgen. Alle Schritte können auf einer Maschine mit unterschiedlichen Stationen einer vorzugsweise längsgetakteten Anlage durchgeführt werden. Auch einzelne autarke Prozesseinheiten sind  
5 denkbar.

Der Begriff "gratfreies Abtrennen" ist vorliegend dahingehend zu verstehen, dass ein Abtrennen bezogen auf die Seitenflächen des Drahtes gratfrei erfolgt. So soll der  
10 Draht nach einem Abtrennen keine seitlich über die Seitenflächen des Drahtes hinausragende Grate (Schergrate) aufweisen. An den Stirnflächen des Drahtes kann bedingt durch das Zugtrennen eine gewisse Gratbildung erfolgen, die jedoch mangels seitlichem Überstand für die weitere  
15 Verwendung der abgetrennten Drahtstücke nicht von Bedeutung ist.

Bei dem Draht kann es sich um einen Draht aus weichem Material handeln, bspw. Kupferdraht. Der Draht kann durch  
20 eine Isolation, bspw. eine Lackschicht, umhüllt sein. Der Draht kann einen mehrkantigen, insbesondere vierkantigen Querschnitt, bspw. einen rechteckigen Querschnitt aufweisen, wobei unter einem Rechteck hierbei ein Rechteck mit verrundeten Ecken zu verstehen sein kann und nicht  
25 zwingend ein Rechteck im streng geometrischen Sinne. Insbesondere wird bei dem Verfahren jedoch ein Draht mit einem Querschnitt mit zwei zueinander parallelen geraden Seiten, bzw. insbesondere mit vier geraden Seiten, von denen je zwei parallel zueinander sind.

Die Umformabschnitte der Umformeinheiten sind insbesondere jeweils entlang deren Bewegungsachse zwischen einer Ausgangsstellung (Umformabschnitte befinden sich außerhalb des Drahtes) und einer Endstellung (Umformabschnitte sind in den Draht eingedrungen und werden nicht weiter aufeinander zu bewegt) verlagerbar. Die dem Draht zugewandten Enden (Werkzeugspitzen) der Umformabschnitte berühren sich in Endstellung nicht.

10 Die Umformabschnitte bilden einen Teil eines Umformwerkzeugs, welches neben einem Umformabschnitt (eigentlicher Bearbeitungsabschnitt) noch einen Schaftabschnitt zur Befestigung des Umformwerkzeugs, bspw. an einem Werkzeugträger oder einer Werkzeughalteplatte aufweisen kann. Das Umformwerkzeug kann in einer Umformeinheit montiert sein und kann durch die Umformeinheit angetrieben werden, wie später noch beschrieben wird.

20 Wie oben erörtert, erfolgen die beschriebenen Umformschritte nacheinander. Hiermit kann eine Kollision der Umformabschnitte vermieden werden. Zudem hat das Drahtmaterial somit die Möglichkeit, während der Umformung seinen "Weg zu suchen", den Umformabschnitten durch plastische Verformung auszuweichen. Durch die nacheinander erfolgenden Umformschritte gibt man dem Drahtmaterial die Möglichkeit, in die Richtung des jeweils anderen Prozessschrittes "auszuweichen", wobei eine reduzierte Gratbildung bzw. eine reduzierte "Aufwurf"-Bildung erreicht werden kann. Eine Koordination der Umformeinheiten kann

25  
30

durch elektrische angesteuerte "Cams" (Nocken oder Exzenter) oder auch durch ein CNC-System erfolgen.

Die Umformabschnitte der ersten Umformeinheit können in  
5 einer (ersten) Ebene liegen und in dieser Ebene bewegt  
werden und/oder die Umformabschnitte der zweiten  
Umformeinheit können in einer (zweiten) Ebene liegen und in  
dieser Ebene bewegt werden. Die Anordnung der sich jeweils  
10 gegenüberliegenden Umformabschnitte in einer Ebene trägt  
dazu bei, dass das Drahtmaterial nicht geschert, sondern  
verformt wird (Umformabschnitte stehen nicht wie  
Scherenschneiden versetzt zueinander). Die Entstehung von  
Schergraten kann somit vermieden werden.

15 Die Umformabschnitte, die im Rahmen des Verfahrens  
Anwendung finden bzw. in der Vorrichtung vorhanden sind,  
sind vorzugsweise derart ausgebildet, dass sie eine  
Erstreckung in eine quer zur jeweiligen Bewegungsachse  
verlaufenden Richtung aufweisen, die größer ist als die  
20 Erstreckung des Drahtes in dieser Richtung.

Damit, dass die Umformabschnitte sich in einer Ebene  
einander gegenüberliegend angeordnet sind kann gemeint  
sein, dass die jeweiligen Werkzeugspitzen in einer Ebene  
25 liegen, in der auch die jeweilige Bewegungsachse der  
Umformabschnitte liegt. Die Werkzeugspitzen der  
Umformabschnitte der ersten Umformeinheit können also in  
der ersten Ebene liegen und die erste Bewegungsachse der  
Umformabschnitte liegt ebenso in dieser Ebene. Entsprechend  
30 können die Werkzeugspitzen der Umformabschnitte der zweiten

Umformeinheit in der zweiten Ebene liegen und die zweite Bewegungsachse der Umformabschnitte liegt ebenso in dieser zweiten Ebene.

5 Die erste Ebene und zweite Ebene können kongruent sein. Die erste Ebene und zweite Ebene können also aufeinander liegen. Mit anderen Worten ausgedrückt können die Umformabschnitte der ersten Umformeinheit und die Umformabschnitte der zweiten Umformeinheit alle in einer  
10 gemeinsamen Ebene liegen und in dieser Ebene beim Umformen bewegt werden. Insbesondere können die Werkzeugspitzen alle in einer gemeinsamen Ebene liegen und in dieser Ebene beim Umformen bewegt werden. Hiermit ist eine besonders genaue Umformung des Drahtes an exakt derselben Drahtlängsposition  
15 gewährleistet, da Positionierungsfehler, vermieden werden.

In zweckmäßiger Weise können die erste Bewegungsachse (entlang der die Umformabschnitte der ersten Umformeinheit verlagert werden) und die zweite Bewegungsachse (entlang  
20 der die Umformabschnitte der zweiten Umformeinheit verlagert werden) orthogonal zueinander orientiert sein. Dabei können die Bewegungsachsen einander schneiden. Hiermit kann insbesondere ein mehrkantiger oder vierkantiger (bspw. rechteckiger) Draht an den jeweils  
25 einander gegenüberliegenden Seitenflächen bearbeitet werden, wobei gute Umformeigenschaften erreicht werden können (Drahtmaterial kann in die Richtung des anderen Prozesses ausweichen).

Wie oben erwähnt berühren die Umformabschnitte beim Umformen des Drahtes einander nicht und sind entlang ihrer Bewegungsachse stets voneinander beabstandet. Hiermit ist sichergestellt, dass die an der Drahtlängsposition  
5 (Trennstelle) aneinander stoßenden Drahtabschnitte durch eine hinreichend starke stoffschlüssige Verbindung miteinander verbunden bleiben, um beim Zugtrennen die gewünschte Kontur der Drahtenden zu erreichen.

10 In vorteilhafter Weise können die Umformabschnitte der ersten Umformeinheit und/oder die Umformabschnitte der zweiten Umformeinheit jeweils beim jeweiligen Umformen in entgegengesetzter Richtung, insbesondere und mit betragsmäßig gleicher Geschwindigkeit, bewegt werden.  
15 Hiermit kann eine gleichmäßige Umformung des Drahtes an den gegenüberliegenden Drahtseiten erreicht werden, wobei unerwünschte Verformungen des Drahtes, bspw. ein Verbiegen oder ein Knicken, vermieden werden können. Dies trägt zur Reduzierung von Ausschuss bei.

20 In zweckmäßiger Weise können die Umformabschnitte der ersten Umformeinheit und/oder die Umformabschnitte der zweiten Umformeinheit beim Umformen des Drahtes jeweils intermittierend oder kontinuierlich (aufeinander zu) bewegt  
25 werden. Hiermit kann je nach Eigenschaften des Drahtmaterials und/oder Ausgestaltung der Umformabschnitte eine gewünschte Umformung erzielt werden. Bei kontinuierlicher Bewegung der Umformabschnitte lässt sich eine kurze Umformdauer erreichen. Bei intermittierender

Bewegung kann dem Drahtmaterial Zeit gegeben werden, sich bei der Umformung "den richtigen Weg" zu suchen.

Im Konkreten kann der Draht den Umformeinheiten von einer  
5 Eingangsseite zugeführt und mittels einer Drahtführung  
entlang einer Drahtdurchlaufrichtung oder  
Drahtlängsrichtung geführt werden. Hiermit ist ein  
Drahtnachschieben mit konstruktiv einfachen Mitteln  
sichergestellt. Durch die Führung erfolgt eine  
10 Stabilisierung des Drahtes, so dass dieser insbesondere  
während der Umformschritte und beim Zugtrennen sicher  
gehalten ist. Nach einem Abtrennen kann der Draht auf der  
Ausgangsseite abgeführt werden.

15 Im Rahmen einer bevorzugten Ausgestaltung kann der Draht  
zum Zugtrennen in einer Greifereinheit eingespannt werden.  
Die Greifereinheit, vorzugsweise die Greifereinheit und die  
Umformeinheiten (aus Greifereinheit und Umformeinheiten  
gebildete Einheit), kann/können relativ zum Draht bewegt  
20 werden. Hiermit ist eine konstruktiv einfache Zugtrennung  
des Drahtes an der Drahtlängsposition ermöglicht, da hierzu  
lediglich eine Fixierung des Drahtes an einer Stelle und  
eine Relativbewegung erforderlich ist (Geschwindigkeit der  
Greifereinheit  $v_{\text{Greifereinheit}}$  ist größer als die  
25 Geschwindigkeit des Drahtes  $v_{\text{Draht}}$ ). Bspw. kann die  
Greifereinheit beschleunigt werden, so dass durch  
Einspannung des Drahtes in der Greifereinheit an der  
Drahtlängsposition (Trennstelle) durch die  
Geschwindigkeitsdifferenz ( $v_{\text{Greifereinheit}} > v_{\text{Draht}}$ ) eine  
30 zunehmende Zugspannung bis zum Abreißen des Drahtes

entsteht. Auch eine Verzögerung des Drahtvorschubs entlang der Drahtdurchlaufrichtung vor der Greifereinheit bei konstanter Geschwindigkeit der Greifereinheit wäre eine denkbare Lösung zum Erhalt einer Geschwindigkeitsdifferenz.

5 Auch dann ist  $v_{\text{Greifereinheit}} > v_{\text{Draht}}$ . Die Greifereinheit kann den Umformeinheiten in Drahtdurchlaufrichtung nachgeordnet sein.

In zweckmäßiger Weise können die Umformeinheiten während  
10 des ersten Umformschritts und/oder während des zweiten Umformschritts entlang der Drahtlängsrichtung keine Relativbewegung zum Draht durchführen (Relativgeschwindigkeit ist null). Hiermit lässt sich während der Umformschritte eine genaue Umformung an exakt  
15 derselben Drahtlängsposition erreichen, da Positionierungsfehler, die durch ein Bewegen und ein erneutes Fixieren des Drahtes entstehen können, vermieden werden. Hierzu können die Umformeinheiten synchron mit dem Draht mitbewegt werden oder sich zusammen mit dem Draht im  
20 Stillstand befinden.

Wie bereits angedeutet, können der erste Umformschritt und/oder der zweite Umformschritt am entlang der Drahtlängsrichtung bewegten Draht erfolgen, wobei die  
25 Umformeinheiten synchron mit dem Draht mitbewegt werden (keine Relativgeschwindigkeit zwischen Umformeinheiten und Draht). Hiermit lassen sich eine schnelle Umformung und somit eine kurze Durchlaufzeit erreichen.

Bei dem Verfahren kann der Draht kontinuierlich, insbesondere mit gleichbleibender Rate, von einer Drahtquelle den Umformeinheiten zugeführt werden. Die Drahtquelle kann eine Drahtspule sein. Der Draht kann  
5 entlang einer Drahtdurchlaufrichtung in einem Abschnitt seines Transports weitestgehend geradlinig bewegt werden. Die Umformeinheiten können temporär mit dem Draht mit gleicher Geschwindigkeit bewegt werden. Während dieser Mitbewegung können der erste und der zweite Umformschritt  
10 durchgeführt werden, ohne dass zwischen dem ersten Umformschritt und dem zweiten Umformschritt eine Relativbewegung zwischen dem Draht und den Umformeinheiten erfolgt. Zweckmäßiger Weise liegen hierzu die Umformabschnitte der ersten Umformeinheit und der zweiten  
15 Umformeinheit in derselben Ebene. Im Anschluss an den zweiten Umformschritt kann der in Transportrichtung hinter den Umformeinheiten bzw. hinter der vorgesehenen Trennstelle liegende Abschnitt des Drahtes beschleunigt werden, bspw. über die Greifeinrichtung, wodurch eine  
20 Zugkraft auf den Draht aufgebracht werden kann und der Draht an der Drahtlängsposition mit verjüngtem Drahtquerschnitt zuggetrennt wird. Die Geschwindigkeit des in Transportrichtung vor den Umformeinheiten bzw. vor der vorgesehenen Trennstelle liegenden Abschnitts des Drahtes  
25 kann dabei vorzugsweise konstant bleiben. Im Anschluss an den zweiten Umformschritt können die Umformeinheiten abgebremst und gegen die Transportrichtung zurückbewegt werden, so dass der Prozess erneut durchgeführt werden kann. Die Bewegungsgeschwindigkeit der Umformeinheiten, die  
30 Transportgeschwindigkeit des Drahtes und Bewegungsstrecke

der Umformeinheiten können dabei auf die gewünschte Drahtlänge eingestellt werden.

Nach dem Zugtrennen kann das abgetrennte Stück Draht der Greifeinrichtung entnommen werden und bspw. zu einem Hairpin geformt werden.

Zur weiteren Ausgestaltung des Verfahrens können auch die im Zusammenhang mit der Vorrichtung beschriebenen Maßnahmen dienen, die nachfolgend beschrieben werden.

Erfindungsgemäß ist insbesondere die Durchführung des Verfahrens mittels einer Ausführungsform der nachfolgend beschriebenen Vorrichtungen.

15

Die eingangs genannte Aufgabe wird auch durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des nebengeordneten Anspruchs gelöst. Die Vorrichtung zum (bezogen auf die Seitenflächen) gratfreien Abtrennen eines Drahtes mit mehrkantigem, insbesondere vierkantigem (bspw. rechteckigem), Querschnitt zeichnet sich durch die nachfolgend beschriebenen Merkmale aus.

20

Die Vorrichtung weist eine erste Umformeinheit zum Umformen des Drahtes mit zwei einander in einer ersten Ebene gegenüberliegenden und durch einen Werkzeugantrieb entlang einer ersten Bewegungsachse aufeinander zu bewegbaren Umformabschnitten auf. Beim Umformen des Drahtes sind die Umformabschnitte der ersten Umformeinheit stets voneinander beabstandet, so dass mittels der Umformabschnitte der

25

30

Drahtquerschnitt von zwei gegenüberliegenden Seiten her zu einem verjüngten Drahtquerschnitt verjüngt werden kann. Die Vorrichtung weist weiter eine zweite Umformeinheit zum Umformen des Drahtes mit zwei einander in einer zweiten

5 Ebene gegenüberliegenden und durch einen Werkzeugantrieb entlang einer zweiten Bewegungsachse aufeinander zu bewegbaren Umformabschnitten auf. Beim Umformen des Drahtes sind die Umformabschnitte der ersten Umformeinheit stets voneinander beabstandet, so dass mittels der

10 Umformabschnitte der bereits verjüngte Drahtquerschnitt von zwei weiteren gegenüberliegenden Seiten her zu weiter verjüngter Form verjüngt werden kann. Die Vorrichtung weist zudem eine, vorzugsweise den Umformeinheiten entlang der Drahtlängsrichtung nachgeordnete, Greifereinheit zum

15 Zugtrennen des Drahtes auf. Mittels der Greifereinheit kann der Draht eingespannt werden, so dass, bspw. durch Relativbewegung zwischen Greifereinheit und Draht, ein Zugtrennen des Drahtes erfolgen kann. Die Vorrichtung ist derart eingerichtet ist, dass die beiden Umformeinheiten

20 nacheinander die Bewegung entlang der jeweiligen Bewegungsachse durchführen (die Bewegung erfolgt je von einer Ausgangslage entlang der Bewegungsachse in eine Endlage). Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die die Umformabschnitte der ersten Umformeinheit und die

25 Umformabschnitte der zweiten Umformeinheit derart ausgebildet sind, dass sie nicht zeitgleich in der Endlage anordenbar sind, insbesondere da die Umformabschnitte sich bei zeitgleicher Bewegung von der Ausgangslage in die Endlage gegenseitig vor Erreichen der Endlage kontaktieren.

Hinsichtlich der Vorteile dieser Vorrichtung wird auf die diesbezüglichen Ausführungen im Zusammenhang mit dem Verfahren verwiesen.

5 Im Rahmen einer bevorzugten Ausgestaltung können die Umformabschnitte der ersten Umformeinheit in einer (ersten) Ebene gemeinsam mit der ersten Bewegungsachse angeordnet sein und/oder die Umformabschnitte der zweiten Umformeinheit können in einer (zweiten) Ebene gemeinsam mit  
10 der zweiten Bewegungsachse angeordnet sein. Dies trägt dazu bei, dass das Drahtmaterial nicht geschert, sondern verformt wird, wie oben beschrieben. Schergrate können somit vermieden werden. Damit, dass die Umformabschnitte sich in einer Ebene einander gegenüberliegend angeordnet  
15 sind kann gemeint sein, dass die jeweiligen Werkzeugspitzen in einer Ebene liegen, in der auch die jeweilige Bewegungsachse der Umformabschnitte liegt. Die Werkzeugspitzen der Umformabschnitte der ersten Umformeinheit können also in der ersten Ebene liegen und  
20 die erste Bewegungsachse der Umformabschnitte liegt ebenso in dieser Ebene. Entsprechend können die Werkzeugspitzen der Umformabschnitte der zweiten Umformeinheit in der zweiten Ebene liegen und die zweite Bewegungsachse der Umformabschnitte liegt ebenso in dieser zweiten Ebene.

25

In vorteilhafter Weise können die voranstehend beschriebene erste Ebene und zweite Ebene kongruent zueinander sein. Anders ausgedrückt können die Umformabschnitte der ersten Umformeinheit und die Umformabschnitte der zweiten  
30 Umformeinheit alle in einer gemeinsamen Ebene angeordnet

sein. Hiermit ist eine genaue Umformung des Drahtes an exakt derselben Drahtlängsposition gewährleistet, da Positionierungsfehler vermieden werden, wie oben beschrieben.

5

In zweckmäßiger Weise können die erste Umformeinheit und die zweite Umformeinheit derart angeordnet sein, dass die erste Bewegungsachse und die zweite Bewegungsachse orthogonal zueinander orientiert sind. Dabei können die erste Bewegungsachse und die zweite Bewegungsachse einander schneiden. Damit kann ein mehrkantiger oder vierkantiger (bspw. rechteckiger) Draht an den jeweils einander gegenüberliegenden Seitenflächen bearbeitet werden, wobei gute Umformeigenschaften erreicht werden können. Die Umformeinheiten können an einem Rahmen oder einem Gehäuse befestigt sein. Die so befestigten Umformeinheiten können eine Umformeinheit bilden.

Im Konkreten können die erste Umformeinheit und/oder die zweite Umformeinheit jeweils eine mit dem Werkzeugantrieb gekoppelte Gewindewelle aufweisen/aufweist, die zwei Gewindeabschnitte mit im Betrag gleichen, jedoch gegenläufig orientierten Gewindesteigungen aufweist, wobei jeweils ein Umformabschnitt mit einem Gewindeabschnitt gekoppelt ist. Hiermit ist eine konstruktiv einfache und stabile Ausgestaltung einer Umformeinheit mit zueinander synchronisierten Umformabschnitten (gleiche Geschwindigkeit, gleiche Verfahrenswege, aber entgegengesetzte Richtungen) geschaffen.

30

Als Gewindewelle kann eine Kugelrollspindel eingesetzt werden, die günstige Reibungseigenschaften aufweist. Die Gewindewelle kann mittels Lagerböcken gelagert und bspw. an einer Grundplatte der Umformeinheit gelagert sein. Die Umformabschnitte eines Umformwerkzeugs können, bspw. 5 einstückig, mit einem Schaft verbunden sein, über den das Umformwerkzeug an einer Werkzeughalteplatte befestigt sein kann. Die Werkzeughalteplatten können jeweils mit einem Laufkörper verbunden sein, an oder in dem eine mit der 10 Gewindewelle korrespondierende Mutter, bspw. eine Spindelmutter, eingesetzt ist. Der Werkzeugantrieb, bspw. ein Elektromotor, kann vorzugsweise mittels einer Kupplung mit der Gewindewelle gekoppelt sein.

15 Im Rahmen einer bevorzugten Ausgestaltung können die Umformeinheiten und/oder die Greifereinheit auf einer (gemeinsamen) Aufnahmeplatte angeordnet und befestigt sein. Hiermit ist eine modulartige Einheit gebildet, die als Einheit handhabbar ist und bspw. in eine längsgetaktete 20 Anlage eingebunden werden kann.

Die Aufnahmeplatte kann Bohrungen zur Befestigung von Komponenten und/oder Aussparungen zum Greifen der Aufnahmeplatte aufweisen. Die Umformeinheiten können 25 mittels eines Rahmens oder mittels eines Gehäuses an der Aufnahmeplatte befestigt sein. Die Greifereinheit kann mittels eines Werkzeughalters an der Aufnahmeplatte befestigt sein.

In vorteilhafter Weise kann die Aufnahmeplatte mittels einer Führung entlang der Drahtlängsrichtung verschieblich geführt sein, wobei an der Aufnahmeplatte ein Motorantrieb angekoppelt sein kann, mittels dem die Aufnahmeplatte in  
5 Drahtlängsrichtung antreibbar ist. Hiermit kann die Aufnahmeplatte und somit die Umformeinheiten und die Greifereinheit mit oder relativ zu dem Draht bewegt werden. Ein Umformen kann somit am bewegten Draht erfolgen. Durch Relativbewegung der Aufnahmeplatte bzw. der Greifereinheit  
10 relativ zum Draht kann ein Zugtrennen realisiert werden. Die Führung kann Schienen und mit den Schienen korrespondierende Wägen aufweisen, an denen die Aufnahmeplatte befestigt ist. Der Motorantrieb kann einen Antriebsmotor, bspw. ein Elektromotor aufweisen. Der  
15 Antriebsmotor kann bezüglich Vorschub, Frequenz, Amplitude, Beschleunigung, Geschwindigkeit, Position und/oder Drehmoment entsprechend angesteuert werden.

In zweckmäßiger Weise können die Umformabschnitte der ersten Umformeinheit und/oder die Umformabschnitte der  
20 zweiten Umformeinheit eine größere Breite aufweisen als die durch diese Umformabschnitte jeweils umgeformten Drahtseiten. Hiermit wird eine gleichmäßige Umformung des Drahtes an der Drahtlängsposition (Trennstelle) gewährleistet. Zudem besteht hiermit die Möglichkeit, mit  
25 nur einem Umformabschnitt Drähte mit unterschiedlichen Querschnitten zu bearbeiten, deren Seitenlängen kürzer sind als die Breite der Umformabschnitte.

Allgemein können die Umformabschnitte jeweils eine sich zum  
30 freien Ende hin verjüngende, bspw. konisch zulaufende oder

angefaste, Werkzeugspitze aufweisen. Man könnte auch von schneidenförmigen Werkzeugspitzen sprechen.

Im Konkreten können die Umformabschnitte einer  
5 Umformeinheit, insbesondere der ersten Umformeinheit, eine Werkzeugspitze mit einem ersten Keilwinkel aufweisen und die Umformabschnitte der anderen Umformeinheit, insbesondere der zweiten Umformeinheit, können eine Werkzeugspitze aufweisen, deren Keilwinkel jedenfalls  
10 unmittelbar an der Werkzeugspitze kleiner ist als der erste Keilwinkel. Somit können der gewünschten Umformung entsprechende Umformabschnitte bereitgestellt werden, wobei die verbleibende Materialdicke des Drahtes beim Umformen mit der ersten Umformeinheit größer ist als beim Umformen  
15 mit der zweiten Umformeinheit.

Sowohl bei dem erfindungsgemäßen Verfahren als auch bei der Vorrichtung kann es vorgesehen sein, dass die verbleibende Materialdicke in der jeweiligen Bewegungsrichtung bei dem  
20 ersten Umformschritt größer ist als bei dem zweiten Umformschritt (verbleibende Materialstärke bspw. weniger als 0,2 mm).

Somit kann die erste Umformeinheit für eine Umformung mit  
25 geringerer Eindringtiefe dienen (Eindringtiefe jeweils bspw. ca. 0,5mm). Auf diese Weise kann der Draht bspw. von seinen gegenüberliegenden Schmalseiten her tailliert werden. Eine solche Umformung kann als "Coining" (Prägen) bezeichnet werden. Die zweite Umformeinheit kann für eine  
30 Umformung mit höherer Eindringtiefe dienen (verbleibende

Materialstärke zwischen den Werkzeugspitzen in Endlage  
bspw. ca. 0,2mm). Wenngleich bei dieser Umformung kein  
Trennen, sondern nur eine Verformung des Materials erfolgt,  
könnte man eine solche Umformung auf Grund der höheren  
5 Eindringtiefe der Umformabschnitte als "Cutting"  
bezeichnen.

In zweckmäßiger Weise können die Umformabschnitte der  
anderen Umformeinheit, insbesondere der zweiten  
10 Umformeinheit, eine Werkzeugspitze aufweisen, die einen  
durchgehenden Keilwinkel aufweist. Dies erlaubt eine  
kostengünstige Fertigung eines solchen Umformabschnitts.

Alternativ hierzu können die Umformabschnitte der anderen  
15 Umformeinheit, insbesondere der zweiten Umformeinheit, eine  
Werkzeugspitze aufweisen, die mehrere Abschnitte mit  
unterschiedlichen Keilwinkeln aufweist, wobei der  
Keilwinkel am freien Ende der Werkzeugspitze kleiner ist  
als ein sich an der vom freien Ende abgewandten Seite  
20 anschließender Keilwinkel. Durch einen solchen Keilwinkel  
am freien Ende wird ein Eindringen des Umformabschnitts in  
den Draht erleichtert, wobei durch den anschließenden  
(größeren) Keilwinkel eine größere Umformung erfolgen kann.  
Zwischen dem Keilwinkel am freien Ende und dem sich  
25 anschließenden (größeren) Keilwinkel kann der  
Umformabschnitt einen geradlinigen Verlauf aufweisen. Dies  
dient der Stabilität des Umformwerkzeuges, sorgt für eine  
maßgerechte Öffnung (bestimmter Eintrittswinkel) beim  
Eindringen in den Drahtwerkstoff und verhindert die  
30 Gratbildung.

Zur weiteren Ausgestaltung der Vorrichtung können auch die im Zusammenhang mit dem Verfahren beschriebenen Maßnahmen dienen.

5

Teil der vorliegenden Erfindung ist auch ein Drahtstück, das von einem Draht, insbesondere durch Anwendung eines beschriebenen Verfahrens und/oder unter Verwendung einer beschriebenen Vorrichtung abgetrennt wurde. Ein derartiges  
10 Drahtstück umfasst einen durch plastisches Umformen geschaffenen verjüngten Abschnitt, der gegenüber einer ursprünglichen Außenseite des Drahtes in einer radialen Drahrichtung nach innen versetzt ist. Der verjüngte Abschnitt geht in eine durch Zugtrennen geschaffene  
15 Bruchfläche über, die eine durch diesen Trennvorgang bedingte Oberflächenstruktur aufweist.

Der verjüngte Abschnitt weist eine erste nach radial innen abfallende Fläche und eine zweite nach radial innen  
20 abfallende Fläche auf. Der Übergang der ersten abfallenden Fläche zur Bruchfläche ist dabei durch eine erste Übergangskante gebildet und der Übergang der zweiten abfallenden Fläche zur Bruchfläche ist durch eine zweite  
Übergangskante gebildet.

25

Die erste Übergangskante und die zweite Übergangskante sind geradlinig ausgebildet.

Die erste Übergangskante und die zweite Übergangskante sind  
30 orthogonal zueinander angeordnet.

Der Abstand der beiden ersten Übergangskanten zueinander ist größer als der Abstand der beiden zweiten Übergangskanten zueinander.

5

Das Drahtstück kann einen rechteckigen ursprünglichen Querschnitt aufweisen.

Das Drahtstück kann insbesondere Kupfer umfassen.

10 Insbesondere einen Kupferkern mit isolierender Beschichtung umfassen oder aus diesem bestehen.

Vorzugsweise ist der verjüngte Abschnitt, in den oben beschriebenen ersten und zweiten Umformschritten geschaffen  
15 worden.

Die ersten und zweiten abfallenden Flächen erstrecken sich von der ursprünglichen Außenseite bis zur Bruchfläche.

Dabei ist es möglich, dass die ersten und/oder die zweiten  
20 abfallenden Flächen Bereiche mit unterschiedlicher Steigung aufweisen. Es ist also möglich, dass das Rate mit der die Flächen entlang der Drahtlängsrichtung gesehen nach radial innen Abfallen örtlich variiert.

25 Teil der Erfindung ist auch ein aus einem der eben beschriebenen Drahtstücke geformter Hairpin.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert, wobei gleiche oder funktional gleiche Elemente

ggf. lediglich einmal mit Bezugszeichen versehen sind. Es zeigen:

- 5 Fig.1 eine Vorrichtung zum gratfreien Abtrennen eines Drahtes in einer schematischen perspektivischen Ansicht;
- 10 Fig.2 eine Umformeinheit der Vorrichtung aus Figur 1 in Alleinstellung in einer perspektivischen Ansicht;
- Fig.3 die Umformabschnitte der Umformeinheiten der Vorrichtung aus Figur 1 an einem Draht in einer schematischen perspektivischen Ansicht;
- 15 Fig.4 einen Abschnitt des Drahtes aus Figur 3 nach dem ersten Umformschritt und dem zweiten Umformschritt in einer perspektivischen Ansicht in Alleinstellung;
- 20 Fig.5 die Umformabschnitte der zweiten Umformeinheit nach einem Verjüngen des Drahtquerschnitts durch Eintauchen in den Draht (Endposition) in einer geschnittenen Ansicht;
- 25 Fig.6 ein Umformabschnitt der ersten Umformeinheit der Vorrichtung aus Figur 1 in mehreren Ansichten;
- Fig.7 ein Umformabschnitt der zweiten Umformeinheit der Vorrichtung aus Figur 1 in mehreren Ansichten;

Fig.8 eine Trennstelle eines Drahtes nach dem Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei beide resultierenden Drahtstücke gezeigt sind;

5

Fig.9 eine weitere Trennstelle eines Drahtes nach dem Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei nur ein Drahtstück gezeigt ist und der Draht einen runden Querschnitt aufweist; und

10

Fig.10 mehrere Hairpins.

Figur 1 zeigt eine insgesamt mit dem Bezugszeichen 10 bezeichnete Vorrichtung zum gratfreien Abtrennen eines Drahtes 12 mit vierkantigem, vorliegend rechteckigem, Querschnitt (jedoch üblicherweise mit verrundeten Ecken). Die Vorrichtung 10 weist eine erste Umformeinheit 14 zum Umformen des Drahtes 12 von zwei gegenüberliegenden Seiten, eine zweite Umformeinheit 16 zum Umformen des Drahtes 12 von zwei weiteren gegenüberliegenden Seiten und eine Greifereinheit 18 auf, mittels der der Draht 12 zum Zugtrennen eingespannt werden kann.

Die erste Umformeinheit 14 und die zweite Umformeinheit 16 sind an einem Rahmen 20 befestigt, der auf einer Aufnahmeplatte 22 montiert ist. Die Greifereinheit 18 ist mittels eines Werkzeughalters 24 auf der Aufnahmeplatte 22 befestigt. Die Aufnahmeplatte 22 weist mehrere Bohrungen (ohne Bezugszeichen) zur Befestigung von Komponenten auf.

Zudem verfügt die Aufnahmeplatte 22 über Aussparungen 26 zum Greifen der Aufnahmeplatte 22.

Durch Befestigung der Umformeinheiten 14, 16 und der Greifereinheit 18 an der Aufnahmeplatte 22 bildet die Vorrichtung 10 eine modulartige Einheit 10, die als solche gehandhabt und bspw. in eine längsgetaktete Anlage mit vorgelagerten und/oder nachgelagerten Fertigungsstationen eingebunden werden kann.

10

Die Aufnahmeplatte 22 ist mittels einer Führung 28 entlang der Drahtlängsrichtung X verschieblich geführt. Hiermit können die Aufnahmeplatte 22 und die hierauf angeordneten Komponenten mit oder relativ zu dem Draht 12 entlang der Drahtlängsrichtung X verlagert werden. Die zur Drahtlängsrichtung X parallele Bewegungsachse der Aufnahmeplatte 22 bzw. der modulartigen Einheit 10 trägt das Bezugszeichen X' (Bewegungsachse X'). Die Führung 28 weist Schienen 30 und mit den Schienen 30 korrespondierende Wägen 32 auf, an denen die Aufnahmeplatte 22 befestigt ist. An die Aufnahmeplatte 22 ist zudem ein Motorantrieb 34 angekoppelt, mittels dem die Aufnahmeplatte 22 entlang der Drahtlängsrichtung X bzw. der Bewegungsachse X' antreibbar ist.

25

Der Draht 12 wird entlang der Drahtlängsrichtung X durch die Vorrichtung 10 geführt (in Figur 1 von rechts nach links), wobei der Draht 12 als Endlosmaterial von einer Drahtrolle 36 (Rollenachse 37) abgewickelt und der Vorrichtung 10 an einer Eingangsseite 38 zugeführt wird.

30

Wie bereits angedeutet, dient die Vorrichtung 10 zum gratfreien Abtrennen eines Drahtes 12 mit vorliegend rechteckigem Querschnitt und setzt hierzu die  
5 Umformeinheiten 14, 16 und die Greifereinheit 18 ein, wie nachfolgend beschrieben.

Die erste Umformeinheit 14 dient zum Umformen des Drahtes 12 mit zwei einander gegenüberliegenden Umformabschnitten  
10 40, die durch einen Werkzeugantrieb 42 entlang einer ersten Bewegungsachse Z gleichzeitig aufeinander zu bewegbar sind (siehe Figur 2 und 3). Mittels der Umformabschnitte 40 kann der Drahtquerschnitt von zwei gegenüberliegenden Seiten 44 (Schmalseiten 44) verjüngt werden.

15 Die zweite Umformeinheit 16 dient zum Umformen des Drahtes 12 mit zwei einander gegenüberliegenden Umformabschnitten 46, die durch einen Werkzeugantrieb 48 entlang einer zweiten Bewegungsachse Y gleichzeitig aufeinander zu  
20 bewegbar sind (siehe Figur 2 und 3). Mittels der Umformabschnitte 46 kann der Drahtquerschnitt von zwei weiteren gegenüberliegenden Seiten 50 (Breitseiten 50) verjüngt werden.

25 Die Greifeinheit 18 dient zum Zugtrennen des Drahtes 12 (siehe Figur 1). Hierzu kann der Draht 12 mittels der Greifeinheit 18 eingespannt werden. Hierzu weist die Greifeinheit 18 zwei gegeneinander verfahrbare Spannbacken  
30 52 mit daran angebrachten Drahteinspannabschnitten 54 auf.

Die Umformabschnitte 40 der ersten Umformeinheit 14 und die Umformabschnitte 46 der zweiten Umformeinheit 16 sind alle in einer gemeinsamen Ebene 56 angeordnet (in Figur 3 angedeutet). Anders ausgedrückt liegen die durch die  
5 Werkzeugspitzen verlaufenden Werkzeugachsen 58, 60 (parallel zu den Bewegungsachsen Z und Y) der Umformabschnitte 40, 46 (siehe Figur 6 und 7) in einer Ebene. Da die Umformabschnitte 40 der ersten Umformeinheit 14 und die Umformabschnitte 46 der zweiten Umformeinheit 16  
10 vom ersten Umformschritt bis zum zweiten Umformschritt nicht relativ zur Trennstelle 62 in Drahtlängsrichtung X bewegt werden, erfolgt hierdurch ein Verjüngen des Drahtes 12 genau an derselben Drahtlängsposition 62 (Trennstelle 62; siehe Fig.4). Die Ebene 56 ist orthogonal zur  
15 Drahtlängsrichtung X orientiert und ist in Figur 1 senkrecht, bspw. senkrecht zur Aufnahmeplatte 22, angeordnet.

Wie anhand Figur 6 und 7 zu erkennen, bilden die  
20 Umformabschnitte 40, 46 jeweils einen Teil eines Umformwerkzeuges 41, 47, welches jeweils noch einen Schaft 49, 51 aufweist, über welchen das Umformwerkzeug 41, 47 befestigt werden kann. Im Schaft 41, 47 des Umformwerkzeuges 41, 47 können noch Bohrungen, ggf. mit  
25 Gewinde, ausgebildet sein (ohne Bezugszeichen).

Die erste Umformeinheit 14 und die zweite Umformeinheit 16 sind derart angeordnet, dass die erste Bewegungsachse Z und die zweite Bewegungsachse Y orthogonal zueinander orientiert sind. Hierzu sind die Umformeinheiten 14, 16

orthogonal zueinander am Rahmen 20 montiert (siehe Figur 1).

Figur 2 zeigt die erste Umformeinheit 14 mit den  
5 Umformabschnitten 40 bzw. dem Umformwerkzeug 41 in  
Alleinstellung. Die erste Umformeinheit 14 weist eine mit  
dem Werkzeugantrieb 42 gekoppelte Gewindewelle 64 auf, die  
als Kugelrollspindel 64 ausgebildet ist. Die Gewindewelle  
64 weist zwei Gewindeabschnitte 66, 68 mit im Betrag  
10 gleichen, jedoch gegenläufig orientierten Gewindesteigungen  
auf. Jeweils ein Umformabschnitt 40 bzw. Umformwerkzeug 41  
ist mit einem Gewindeabschnitt 66, 68 gekoppelt.

Die Gewindewelle 64 ist mittels Lagerböcken 70, 72 an einer  
15 Grundplatte 74 der Umformeinheit 14 befestigt. Die  
Umformabschnitte 40 sind über den Schaft 49 jeweils an  
einer Werkzeughalteplatte 78, 80 befestigt sind. Die  
Werkzeughalteplatten 78, 80 sind jeweils mit einem  
Laufkörper 82, 84 verbunden, in denen jeweils eine mit der  
20 Gewindewelle 64 korrespondierende Mutter 86, 88 befestigt  
ist. Die Muttern 86, 88 sind als Spindelmuttern 86, 88  
ausgebildet. Der Werkzeugantrieb 42, bspw. als Elektromotor  
42 ausgebildet, ist mittels einer Kupplung 90 mit der  
Gewindewelle 46 gekoppelt.

25

Die zweite Umformeinheit 16 ist analog wie die erste  
Umformeinheit 14 aufgebaut, weist jedoch anstelle der  
Umformabschnitte 40 bzw. der Umformwerkzeuge 41 die  
Umformabschnitte 46 bzw. die Umformwerkzeuge 47 auf.

30

Die Umformabschnitte 40 der ersten Umformeinheit 14 können eine größere Breite aufweisen als die durch diese Umformabschnitte 40 umgeformten Drahtseiten 44 (Schmalseiten 44; siehe Fig.3). Die Umformabschnitte 46 der  
5 zweiten Umformeinheit 16 können eine größere Breite aufweisen als die durch diese Umformabschnitte 46 umgeformten Drahtseiten 50 (Breitseiten 50). An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Darstellung in Figur 3 schematisch ist und die Umformabschnitte 40, 46 jeweils in  
10 ihrer Endstellung im Draht 12 zeigt, wobei die Umformabschnitte 40, 46 nicht gleichzeitig, sondern aus Umformgründen nacheinander in den Draht 12 eindringen, zumal die Umformabschnitte 40, 46 ansonsten miteinander kollidieren würden, wie oben beschrieben.

15

Im Allgemeinen weisen die Umformabschnitte 40, 46 jeweils eine sich zum freien Ende hin verjüngende, bspw. konisch zulaufende oder angefastete Werkzeugspitze 92, 94 auf (siehe  
Figur 6 und 7).

20

Die Umformabschnitte 40 der ersten Umformeinheit 14 weisen eine Werkzeugspitze 92 mit einem ersten Keilwinkel 96 auf und die Umformabschnitte 46 der zweiten Umformeinheit 16 weisen eine Werkzeugspitze 94 auf, deren Keilwinkel 98  
25 unmittelbar an der Werkzeugspitze 94 kleiner ist als der erste Keilwinkel 96. Der Umformabschnitt 40 kann eine bezogen auf die Werkzeugachse 58 orthogonale Stirnfläche 93 aufweisen. Der Keilwinkel 96 kann bspw.  $30^\circ$  betragen.

Die erste Umformeinheit 14 kann für eine Umformung des Drahtes 12 mit geringerer Eindringtiefe dienen (Eindringtiefe jeweils bspw. ca. 0,5mm). Auf diese Weise kann der Draht 12 bspw. von den gegenüberliegenden

5 Schmalseiten 44 her tailliert werden. Eine solche Umformung kann man als "Coining" (Prägen) bezeichnen. Das zweite Umformeinheit 16 kann für eine Umformung mit höherer Eindringtiefe dienen (verbleibende Materialstärke zwischen den Werkzeugspitzen 94 in Endlage bspw. ca. 0,2mm).

10 Wenngleich bei dieser Umformung kein Trennen, sondern nur eine Verformung des Drahtmaterials erfolgt, könnte man eine solche Umformung auf Grund der im Vergleich zum "Coining" höheren Eindringtiefe als "Cutting" bezeichnen.

15 Die Umformabschnitte 46 der zweiten Umformeinheit 16 können bei nicht dargestellten Ausführungsformen eine Werkzeugspitze 94 aufweisen, die einen durchgehenden Keilwinkel 98 aufweist (nicht dargestellt).

20 Alternativ hierzu können die Umformabschnitte 46 der zweiten Umformeinheit 16 eine Werkzeugspitze 94 aufweisen, die mehrere Abschnitte mit unterschiedlichen Keilwinkeln aufweist. Hierbei kann der Keilwinkel 98 am freien Ende der Werkzeugspitze 94 kleiner sein als ein sich an der vom

25 freien Ende abgewandten Seite anschließender Keilwinkel 100. Zwischen dem Keilwinkel 98 am freien Ende und dem Keilwinkel 100 kann der Umformabschnitt 46 einen geradlinigen Verlauf 102 aufweisen. Der Keilwinkel 98 kann bspw. 15° betragen. Der Keilwinkel 100 kann bspw. 30°

betragen. Der Umformabschnitt 46 kann eine bezogen auf die Werkzeugachse 60 orthogonale Stirnfläche 103 aufweisen.

Das Verfahren zum gratfreien Abtrennen des Drahtes 12 mit  
5 rechteckigem Querschnitt läuft folgendermaßen ab:

Zunächst erfolgt ein gratfreies Umformen des Drahtes 12 an einer Drahtlängsposition 62 (siehe Figur 4) durch gleichzeitiges Aufeinanderzubewegen von zwei einander  
10 gegenüberliegenden Umformabschnitten 40 der ersten Umformeinheit 14 entlang der ersten Bewegungsachse Z. Dabei wird der Drahtquerschnitt bei diesem ersten Umformschritt von zwei gegenüberliegenden Seiten 44 her verjüngt und es verbleibt ein verjüngter Drahtquerschnitt.

15

Danach erfolgt ein Umformen des Drahtes 12 an derselben Drahtlängsposition 62 durch gleichzeitiges Aufeinanderzubewegen von zwei einander gegenüberliegenden Umformabschnitten 46 entlang einer zweiten Bewegungsachse  
20 Y. Dabei wird der bereits verjüngte Drahtquerschnitt bei diesem zweiten Umformschritt von zwei weiteren gegenüberliegenden Seiten 50 her verjüngt und der bereits verjüngte Drahtquerschnitt verbleibt in weiter verjüngter Form. Figur 3 zeigt diese schematische Ansicht nach  
25 Durchführen beider Umformschritte vor einem Zugtrennen.

Die Umformeinheiten 14, 16 führen während des ersten Umformschritts und des zweiten Umformschritts entlang der Drahtlängsrichtung X keine Relativbewegung zum Draht 12

durch. Anders ausgedrückt ist die Relativgeschwindigkeit zwischen Umformeinheiten 14, 16 und dem Draht 12 null.

Der erste Umformschritt und der zweite Umformschritt  
5 erfolgen am entlang der Drahtlängsrichtung X bewegten Draht 12, wobei die Umformeinheiten 14, 16 während der Umformschritte synchron mit dem Draht 12 mitbewegt werden.

Anschließend erfolgt ein Zugtrennen des Drahtes 12 an  
10 derselben Drahtlängsposition 62 durch Aufbringen einer zumindest anteilig entlang der Drahtlängsrichtung X wirkenden Zugkraft auf den Draht 12. Die Umformabschnitte 40 der ersten Umformeinheit 14 und die Umformabschnitte 46 der zweiten Umformeinheit 16 liegen alle in einer  
15 gemeinsamen Ebene 50 und werden in dieser Ebene bewegt (siehe Figur 3). Die erste Bewegungsachse Z und die zweite Bewegungsachse Y sind orthogonal zueinander orientiert (siehe Figur 1 und 3).

20 Beim Umformen des Drahtes 12 sind die Umformabschnitte 40 der ersten Umformeinheit 14 und die Umformabschnitte 46 der zweiten Umformeinheit 16 jeweils stets voneinander beabstandet. Für die Umformabschnitte 40 ist dies anhand Figur 3 erkennbar, in der die Umformabschnitte 40, 46 in  
25 ihrer maximal angenäherten Endstellung gezeigt sind. Für die Umformabschnitte 46 ist dies aus Figur 5 erkennbar, in der die Umformabschnitte 46 in Endstellung gezeigt sind (verbleibender Materialsteg zwischen den Umformabschnitten 46 erkennbar).

Die Umformabschnitte 40 der ersten Umformeinheit 14 und die Umformabschnitte 46 der zweiten Umformeinheit 16 weisen jeweils gleiche Verfahrenswege auf und werden mit betragsmäßig gleicher Geschwindigkeit in entgegengesetzten Richtungen bewegt. Beim Umformen des Drahtes 12 können die Umformabschnitte 40 der ersten Umformeinheit 14 und die Umformabschnitte 46 der zweiten Umformeinheit 16 jeweils intermittierend oder kontinuierlich bewegt werden.

Der Draht 12 wird den Umformeinheiten 14, 16 von einer Eingangsseite 38 zugeführt und mittels einer Drahtführung (nicht dargestellt) entlang der Drahtlängsrichtung oder Drahtdurchlaufrichtung X geführt. An einer Ausgangsseite 39 wird der Draht 12 durch die Greifeinheit 18 geführt und kann nach Abtrennen einer weiteren Bearbeitung zugeführt werden. Die Greifeinheit 18 ist den Umformeinheiten 14, 16 in Drahtlängsrichtung bzw. Drahtdurchlaufrichtung X nachgeordnet.

Zum Zugtrennen wird der Draht 12 in die Greifeinheit 18 eingespannt und die Greifeinheit 18 wird durch Antreiben der Aufnahmeplatte 22 zusammen mit den Umformeinheiten 14, 16 relativ zum Draht 12 bewegt. Da die Geschwindigkeit der Greifereinheit 18 bzw. der Aufnahmeplatte 22 größer ist als die Geschwindigkeit des Drahtes 12 (Relativgeschwindigkeit), entsteht eine zunehmende Zugspannung bis zum Abreißen des Drahtes 12 an der Drahtlängsposition 62 (Trennstelle 62).

Nach dem Abreißen des Drahtabschnittes (Drahtstab) wird der abgetrennte Teil des Drahtes 12 von der Greifereinheit 18 weiter gehalten. Der abgetrennte Drahtabschnitt wird dann der Greifereinheit 18 entnommen und einer nächsten  
5 Fertigungsstation, z.B. dem Umformen, zugeführt.

Nach dem Zugtrennen fährt die als Einheit 10 ausgebildete Vorrichtung 10 zurück in Richtung der Drahtrolle 36 und synchronisiert sich erneut auf die Vorschubgeschwindigkeit  
10 des Drahtes 12 bis der nachlaufende Draht sich in der Greifereinheit 18 befindet und dort geklemmt wird. Danach erfolgen der erste Umformschritt und der zweite Umformschritt analog wie oben beschrieben.

15 Die Rücklaufgeschwindigkeit bzw. der Rücklaufweg der Einheit 10 in Richtung der Drahtrolle 36 werden entsprechend der gewünschten Länge des Drahtstabes eingerichtet.

20 Der oben genannte abgetrennte Drahtabschnitt bildet ein Drahtstück 104, das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren abgetrennt wurde. Drahtstücke 104 auf beiden Seiten einer Trennstelle 62, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren geschaffen wurde, sind in Figur 8 gezeigt wobei der  
25 entsprechende Draht 12 einen rechteckigen Querschnitt aufweist. Figur 9 zeigt ein einzelnes Drahtstück 104 mit rundem Querschnitt das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren abgetrennt wurde.

Die in Figur 8 und 9 gezeigten Drahtstücke 104 sind jeweils entlang einer Drahtlängsrichtung L erstreckt. Eine radiale Drahttrichtung R erstreckt sich orthogonal zur Drahtlängsrichtung L und bildet mit einer Drahtumfangsrichtung U ein auf den Draht 12 bzw. die jeweiligen Drahtstücke 104 bezogenes zylindrisches Koordinatensystem. Die in Figur 8 gezeigten Drahtstücke 104 weisen einen rechteckigen Querschnitt auf. Mit anderen Worten, eine ursprüngliche Außenseite 107 der Drahtstücke 104 ist, bei Betrachtung eines Schnitts orthogonal zur Drahtlängsrichtung L, rechteckig ausgebildet. Das Drahtstück 104 aus Figur 9 bzw. dessen ursprüngliche Außenseite 107 weist hingegen einen runden Querschnitt auf.

Die Drahtstücke 104 weisen jeweils einen verjüngten Abschnitt 106 auf, der gegenüber der ursprünglichen Außenseite 107 des Drahtes 12 bzw. des Drahtstücks 104 in radialer Drahttrichtung R nach innen versetzt ist. Der verjüngte Abschnitt 106, ist vorliegend in den oben beschriebenen ersten und zweiten Umformschritten geschaffen worden.

In radialer Drahttrichtung R einwärts geht der jeweilige verjüngte Abschnitt 106 in eine Bruchfläche 108 über. Die Bruchfläche 108 ist dabei mittels des oben beschriebenen Zugtrennens geschaffen worden.

Da der verjüngte Abschnitt 106, vorliegend in den oben beschriebenen ersten und zweiten Umformschritten geschaffen worden ist, weist er ein paar erste nach radial innen

abfallende Flächen 110 auf, die durch den ersten Umformschritt geschaffen wurden, und ein paar zweite nach radial innen abfallende Flächen 112, die durch den zweiten Umformschritt geschaffen wurden.

5

Die ersten abfallenden Flächen 110 erstrecken sich von der ursprünglichen Außenseite 107 bis zur Bruchfläche 108. Der Übergang der ersten abfallenden Flächen 110 zur Bruchfläche 108 wird durch ein paar erste Übergangskanten 114 gebildet,  
10 die vorliegend geradlinig verlaufen. Die zweiten abfallenden Flächen 112 erstrecken sich ebenso von der ursprünglichen Außenseite 107 bis zur Bruchfläche 108. Der Übergang der zweiten abfallenden Flächen 112 zur Bruchfläche 108 wird durch ein paar zweite Übergangskanten  
15 116 gebildet, die vorliegend ebenfalls geradlinig verlaufen.

Die ersten Übergangskanten 114 und die zweiten Übergangskanten 116 verlaufen vorliegend orthogonal  
20 zueinander. Diese orthogonale Anordnung der ersten Übergangskanten 114 und der zweiten Übergangskanten 116 ist durch die im vorliegenden Beispiel durchgeführten Umformschritte und den dabei verwendeten ersten und zweiten Umformeinheiten 14, 16 mit geradkantigen Umformabschnitten  
25 40, 46 und zueinander orthogonal verlaufenden ersten und zweiten Bewegungsachsen Z, Y bedingt.

Figur 10 zeigt zwei Hairpins, die jeweils aus einem Drahtstück 104 durch umformen gefertigt wurde, wobei das

Drahtstück an seinen beiden Enden eine Trennstelle 62, wie in Figur 8 illustriert, aufweist.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum gratfreien Abtrennen eines Drahtes  
5 (12), insbesondere der mit mehrkantigem, insbesondere vierkantigem, Querschnitt ausgebildet ist, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
- Umformen des Drahtes (12) an einer Drahtlängsposition (62) durch Aufeinanderzubewegen  
10 von zwei einander in einer ersten Ebene (56) gegenüberliegenden Umformabschnitten (40) einer ersten Umformeinheit (14) entlang einer ersten Bewegungsachse (Z), wobei beim Umformen des Drahtes (12) die Umformabschnitte (40) der ersten  
15 Umformeinheit (14) stets voneinander beabstandet sind, so dass der Drahtquerschnitt bei diesem ersten Umformschritt von zwei sich gegenüberliegenden Seiten (44) her verjüngt wird und ein verjüngter Drahtquerschnitt verbleibt,
  - zeitlich der ersten Umformung nachfolgend Umformen  
20 des Drahtes (12) an derselben Drahtlängsposition (62) durch Aufeinanderzubewegen von zwei einander in einer zweiten Ebene (56) gegenüberliegenden Umformabschnitten (46) einer zweiten Umformeinheit  
25 (16) entlang einer zweiten Bewegungsachse (Y), die Umformabschnitte (46) der zweiten Umformeinheit (16) stets voneinander beabstandet sind, so dass der bereits verjüngte Drahtquerschnitt bei diesem zweiten Umformschritt von zwei weiteren sich  
30 gegenüberliegenden Seiten (50) her verjüngt wird und

der bereits verjüngte Drahtquerschnitt in weiter verjüngter Form verbleibt; und

- Zugtrennen des Drahtes (12) an derselben Drahtlängsposition (62) mit nun verjüngtem

5 Drahtquerschnitt durch Aufbringen einer Zugkraft auf den Draht (12).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Ebene (56) und die zweite Ebene (56) kongruent sind.

10 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Bewegungsachse (Z) und die zweite Bewegungsachse (Y) orthogonal zueinander orientiert sind.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, 15 dadurch gekennzeichnet, dass die Umformabschnitte (40) der ersten Umformeinheit (14) und/oder die Umformabschnitte (46) der zweiten Umformeinheit (16) beim jeweiligen Umformen in entgegengesetzter Richtung, insbesondere und mit betragsmäßig gleicher 20 Geschwindigkeit, bewegt werden.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Umformabschnitte (40) der ersten Umformeinheit (14) und/oder die Umformabschnitte (46) der zweiten Umformeinheit (16) 25 beim Umformen des Drahtes (12) jeweils intermittierend oder kontinuierlich bewegt werden.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Draht (12) den Umformeinheiten (14, 16) von einer Eingangsseite (38) zugeführt und mittels einer Drahtführung entlang einer Drahtdurchlaufrichtung (X) geführt wird.
7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Draht (12) zum Zugtrennen in einer Greifereinheit (18) eingespannt wird und beim Zugtrennen die Greifereinheit (18), vorzugsweise Greifereinheit (18) und Umformeinheiten (14, 16), relativ zum Draht (12) bewegt wird/werden.
8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Umformeinheiten (14, 16) während des ersten Umformschritts und/oder des zweiten Umformschritts, insbesondere von Beginn des ersten Umformschritts bis zum Abschluss des zweiten Umformschritts, entlang der Drahtlängsrichtung (X) keine Relativbewegung zum Draht (12) durchführen.
9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Umformschritt und/oder der zweite Umformschritt am entlang der Drahtlängsrichtung (X) bewegten Draht (12) erfolgen, wobei die Umformeinheiten (14, 16) synchron mit dem Draht (12) mitbewegt werden.
10. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Umformabschnitte (40, 46) der ersten Umformeinheit (14) und/oder der

zweiten Umformeinheit (16) eine größere Breite aufweisen als die durch diese Umformabschnitte (40, 46) jeweils umgeformten Drahtseiten (44, 50).

11. Vorrichtung (10) zum gratfreien Abtrennen eines  
5 Drahtes (12) mit mehrkantigem, insbesondere vierkantigem, Querschnitt, gekennzeichnet durch eine erste Umformeinheit (14) zum Umformen des Drahtes (12) mit zwei einander in einer ersten Ebene (56) gegenüberliegenden und durch einen Werkzeugantrieb  
10 (42) entlang einer ersten Bewegungsachse (Z) aufeinander zu bewegbaren Umformabschnitten (40), wobei die Umformeinheit derart ausgebildet ist, dass beim Umformen des Drahtes (12) die Umformabschnitte (40) der ersten Umformeinheit (14) stets voneinander  
15 beabstandet sind, so dass beim Umformen mittels der Umformabschnitte (40) der ersten Umformeinheit (14) der Drahtquerschnitt von zwei gegenüberliegenden Seiten (44) her zu einem verjüngten Drahtquerschnitt verjüngt werden kann; durch eine zweite Umformeinheit  
20 (16) zum Umformen des Drahtes (12) mit zwei einander in einer zweiten Ebene (56) gegenüberliegenden und durch den Werkzeugantrieb (48) entlang einer zweiten Bewegungsachse (Y) aufeinander zu bewegbaren Umformabschnitten (46), wobei die Umformeinheit  
25 derart ausgebildet ist, dass beim Umformen des Drahtes (12) die Umformabschnitte (46) der zweiten Umformeinheit (16) stets voneinander beabstandet sind, so dass beim Umformen mittels der Umformabschnitte (40) der zweiten Umformeinheit (14)

der bereits verjüngte Drahtquerschnitt von zwei weiteren gegenüberliegenden Seiten (50) her zu einer weiter verjüngten Form verjüngt werden kann; und durch eine Greifereinheit (18), mittels der der Draht (12), insbesondere eingespannt und, zuggetrennt werden kann, wobei die Vorrichtung derart eingerichtet ist, dass die beiden Umformeinheiten (14, 16) nacheinander die Bewegung entlang der jeweiligen Bewegungsachse durchführen.

5  
10 12. Vorrichtung nach dem vorangegangenen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Ebene (56) und die zweite Ebene (56) kongruent sind.

13. Vorrichtung nach einem der beiden vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Umformeinheit (14) und die zweite Umformeinheit (16) derart angeordnet sind, dass die erste Bewegungsachse (Z) und die zweite Bewegungsachse (Y) orthogonal zueinander orientiert sind.

14. Vorrichtung nach einem der drei vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Umformeinheit (14) und/oder die zweite Umformeinheit (16) jeweils eine mit dem Werkzeugantrieb (42, 48) gekoppelte Gewindewelle (64) aufweisen/aufweist, die zwei Gewindeabschnitte (66, 68) mit im Betrag gleichen, jedoch gegenläufig orientierten Gewindesteigungen aufweist, wobei jeweils ein Umformabschnitt (40, 46) mit einem Gewindeabschnitt (66, 68) gekoppelt ist.

15. Vorrichtung nach einem der vier vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Umformeinheiten (14, 16) und/oder die Greifereinheit (18) auf einer Aufnahmeplatte (22) angeordnet und  
5 befestigt sind, insbesondere wobei die Aufnahmeplatte (22) mittels einer Führung (28) entlang der Drahtlängsrichtung (X) verschieblich geführt ist, insbesondere wobei an der Aufnahmeplatte (22) ein Motorantrieb (34) angekoppelt ist, mittels dem die  
10 Aufnahmeplatte (22) in Drahtlängsrichtung (X) antreibbar ist.
16. Vorrichtung nach einem der fünf vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Umformabschnitte (40, 46) der ersten Umformeinheit (14) und/oder der zweiten Umformeinheit (16) eine  
15 größere Breite aufweisen als die durch diese Umformabschnitte (40, 46) jeweils umgeformten Drahtseiten (44, 50).
17. Vorrichtung nach einem der sechs vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die  
20 Umformabschnitte (40, 46) einer Umformeinheit (14, 16), insbesondere der ersten Umformeinheit (14), eine Werkzeugspitze (92) mit einem ersten Keilwinkel (96) aufweisen und dass die Umformabschnitte (40, 46)  
25 der anderen Umformeinheit (14, 16), insbesondere der zweiten Umformeinheit (16), eine Werkzeugspitze (94) aufweisen, deren Keilwinkel (102) jedenfalls

unmittelbar an der Werkzeugspitze (94) kleiner ist als der erste Keilwinkel (96).

18. Vorrichtung nach einem der sieben vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die
- 5 Umformabschnitte (40, 46) einer, insbesondere der anderen, Umformeinheit (14, 16), insbesondere der zweiten Umformeinheit (16), eine Werkzeugspitze (94) aufweisen, die einen durchgehenden Keilwinkel aufweist oder die mehrere Abschnitte mit
- 10 unterschiedlichen Keilwinkeln (98, 100, 102) aufweist, wobei der Keilwinkel (100) am freien Ende der Werkzeugspitze (94) kleiner ist als ein sich an der vom freien Ende abgewandten Seite anschließender Keilwinkel (98).
- 15 19. Drahtstück (104) mit mehrkantigem Querschnitt, das von einem Draht (12), insbesondere durch Anwendung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 und/oder unter Verwendung einer Vorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 11 bis 18, abgetrennt wurde,
- 20 wobei das Drahtstück (104) einen durch plastisches Umformen geschaffenen verjüngten Abschnitt (106) aufweist, der gegenüber einer ursprünglichen Außenseite (107) des Drahtes (12) in einer radialen Drahrichtung (R) nach innen versetzt ist und in eine
- 25 durch Zugtrennen geschaffene Bruchfläche (108) übergeht, wobei der verjüngte Abschnitt (106) ein paar erste nach radial innen abfallende Flächen (110) und ein paar zweite nach radial innen abfallende

- Flächen (112) aufweist, wobei der Übergang der ersten abfallenden Flächen (110) zur Bruchfläche (108) durch ein paar erste Übergangskanten (114) gebildet ist und der Übergang der zweiten abfallenden Flächen (112) zur Bruchfläche (108) durch ein paar zweite Übergangskanten (116) gebildet ist, wobei die ersten Übergangskanten (114) und die zweiten Übergangskanten (116) geradlinig ausgebildet sind und orthogonal zueinander angeordnet sind, wobei der Abstand der beiden ersten Übergangskanten (114) zueinander größer ist als der Abstand der beiden zweiten Übergangskanten (116) zueinander.
20. Drahtstück (104) nach dem voranstehenden Anspruch, wobei der verjüngte Abschnitt (106) eine erste nach radial innen abfallende Fläche (110) und eine zweite nach radial innen abfallende Fläche (112) aufweist, wobei der Übergang der ersten abfallenden Fläche (110) zur Bruchfläche (108) durch eine erste Übergangskante (114) gebildet ist und der Übergang der zweiten abfallenden Fläche (112) zur Bruchfläche (108) durch eine zweite Übergangskante (116) gebildet ist, wobei die erste Übergangskante (114) und/oder die zweite Übergangskante (116) geradlinig ausgebildet ist.
21. Drahtstück (104) nach einem der beiden voranstehenden Ansprüche, wobei die erste Übergangskante (114) und die zweite Übergangskante (116) geradlinig

ausgebildet sind und orthogonal zueinander angeordnet sind.

22. Hairpin (120), der durch Umformen eines Drahtstücks (104) gemäß einem der Ansprüche 19 bis 21 in seine  
5 Hairpin-Form gebracht wurde oder durch Umformen eines Drahtes (12) gebildet wurde und anschließend mittels einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 oder unter Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 18 von dem Rest des Drahtes (12)  
10 abgetrennt wurde.

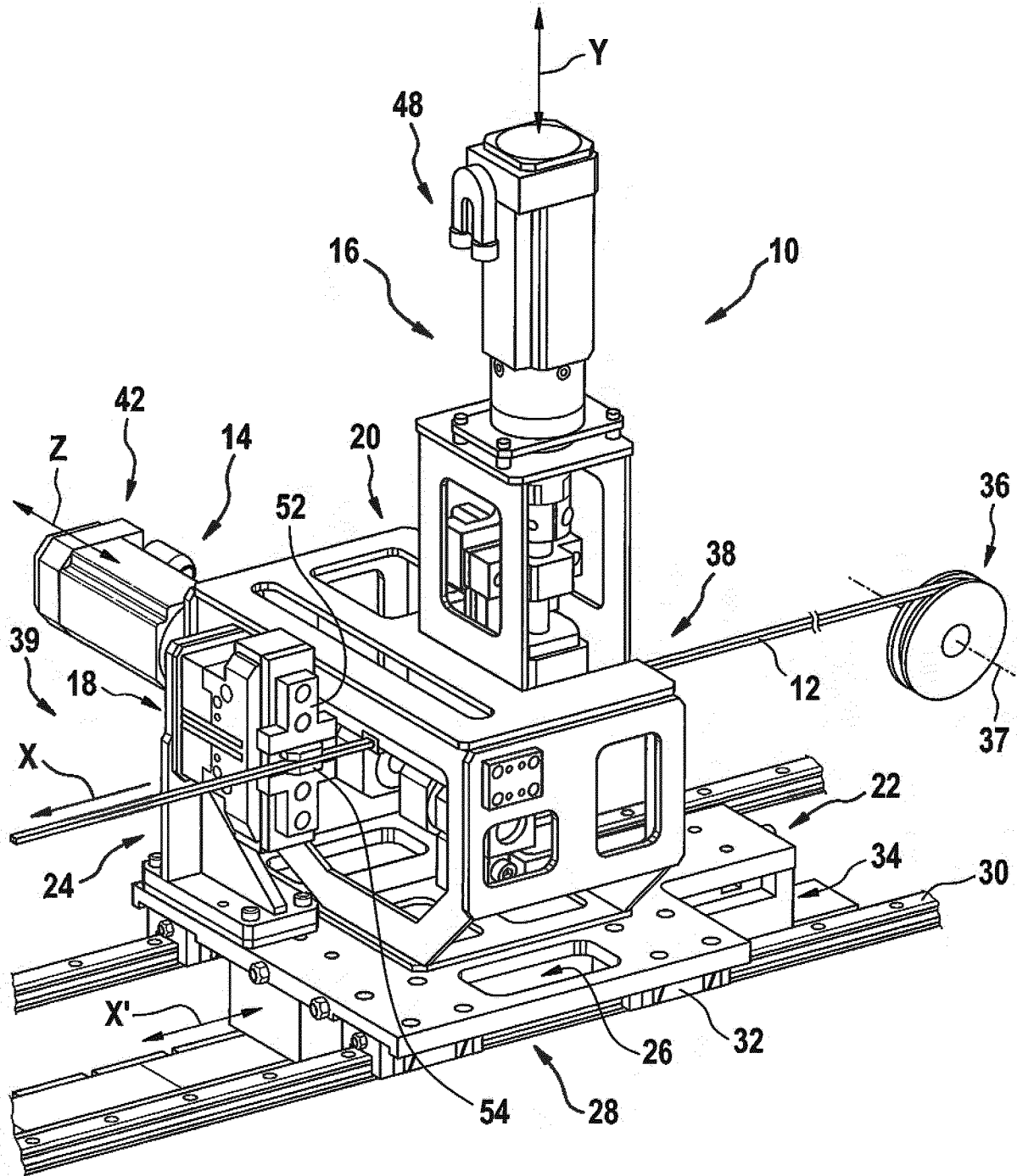


Fig. 1

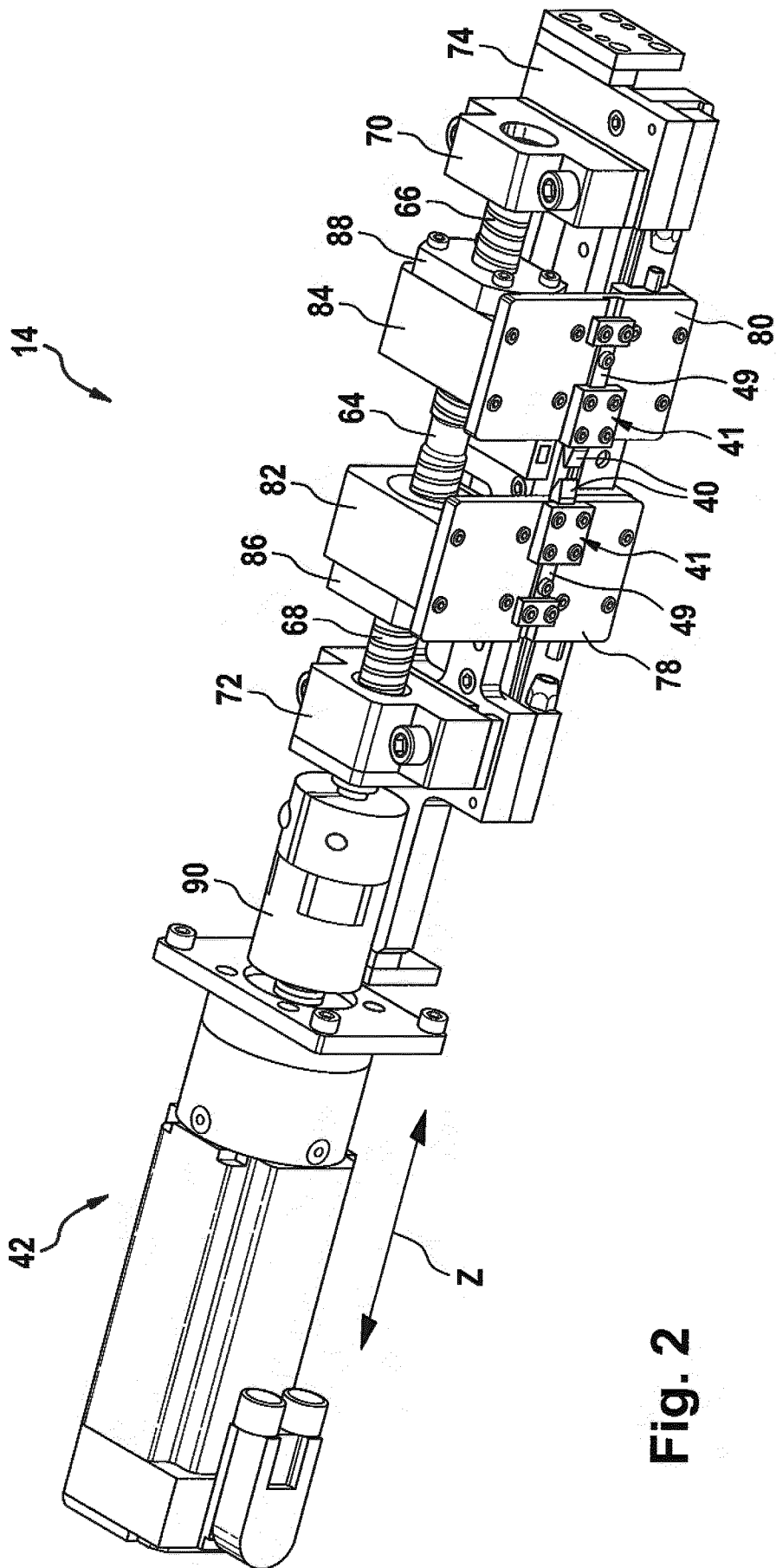


Fig. 2

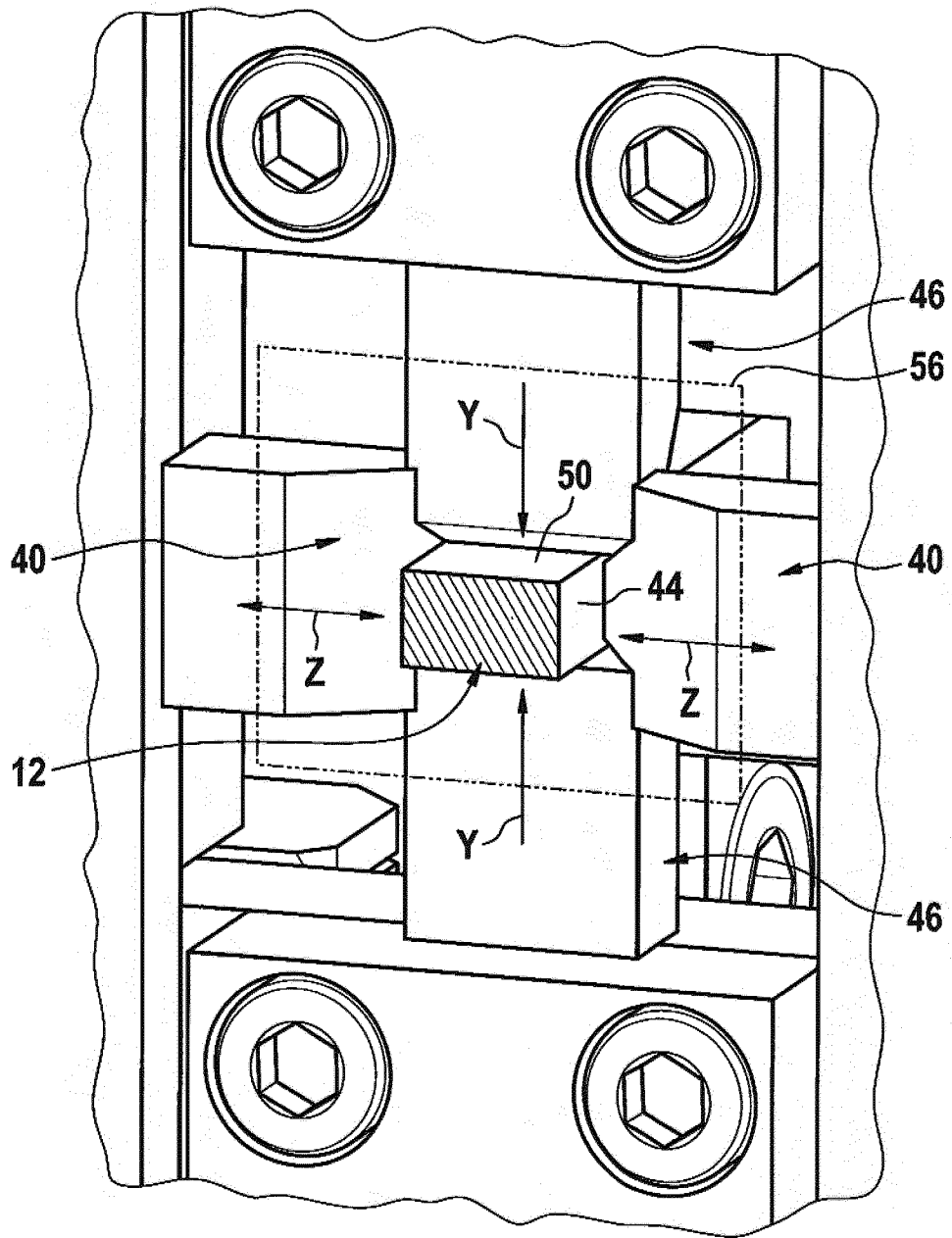


Fig. 3

FIG. 4

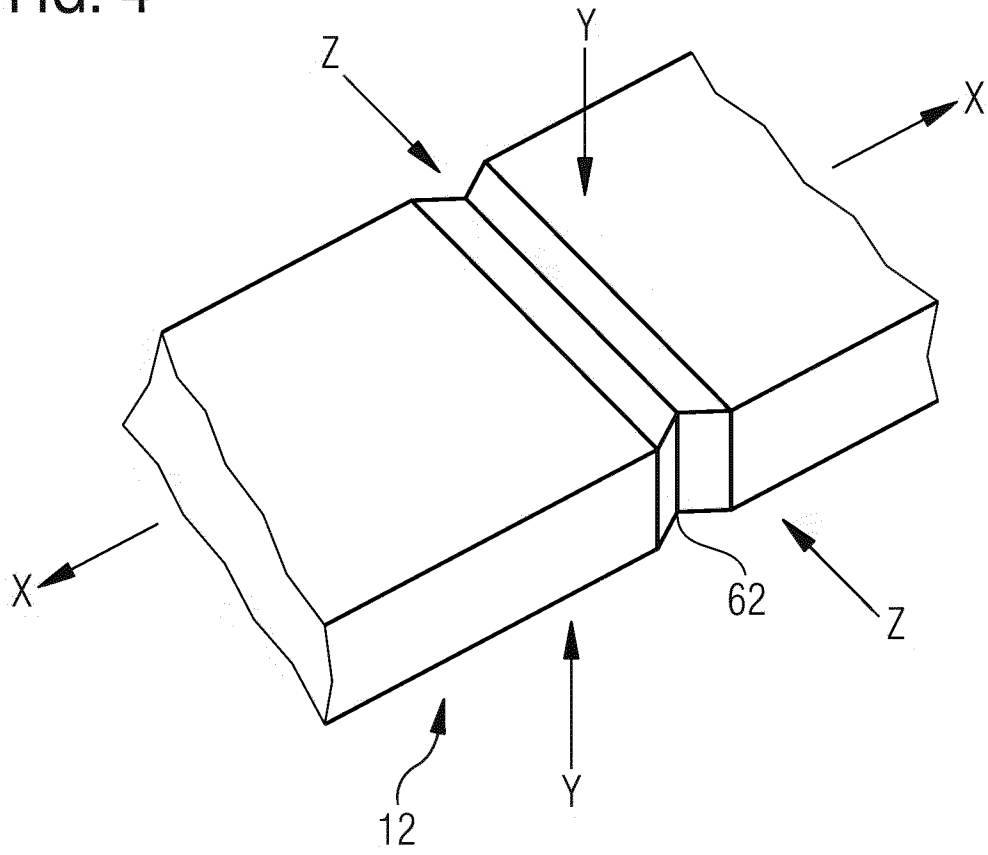


FIG. 5

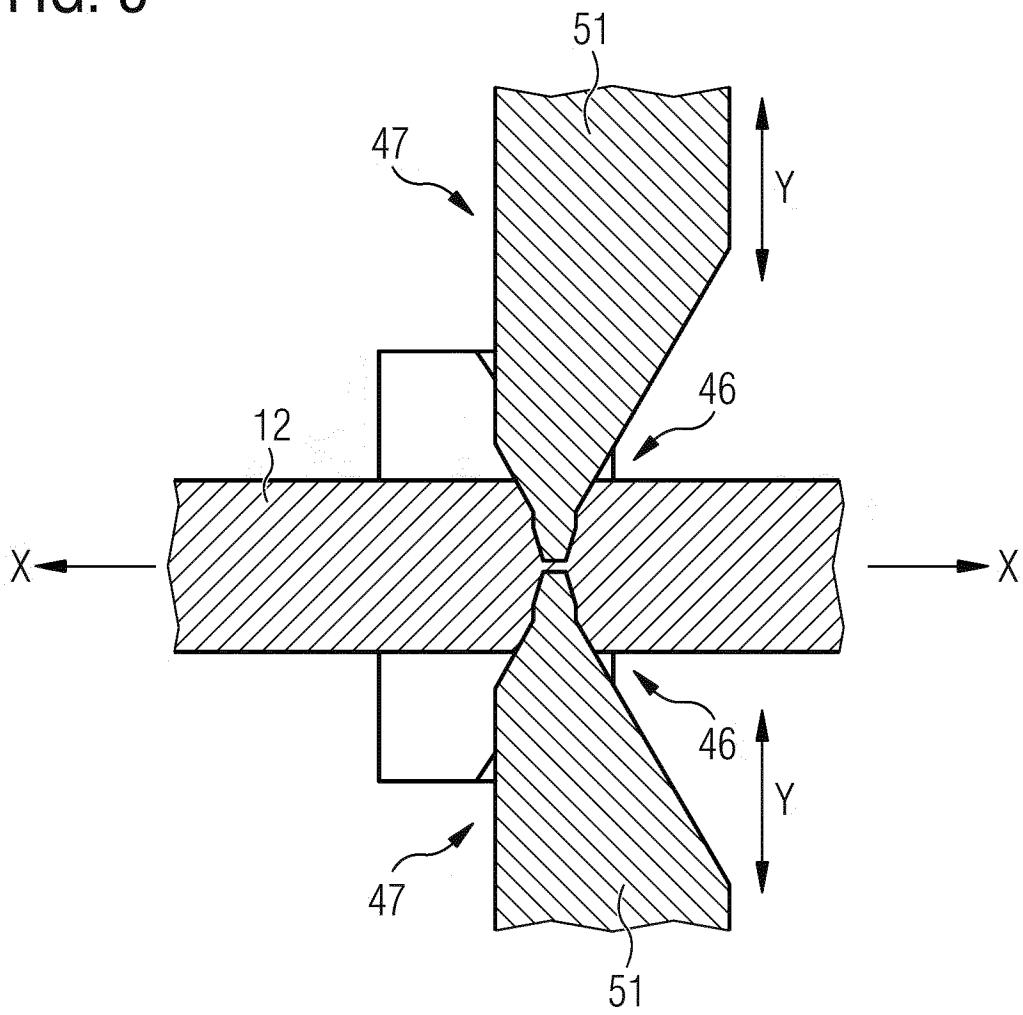


FIG. 6

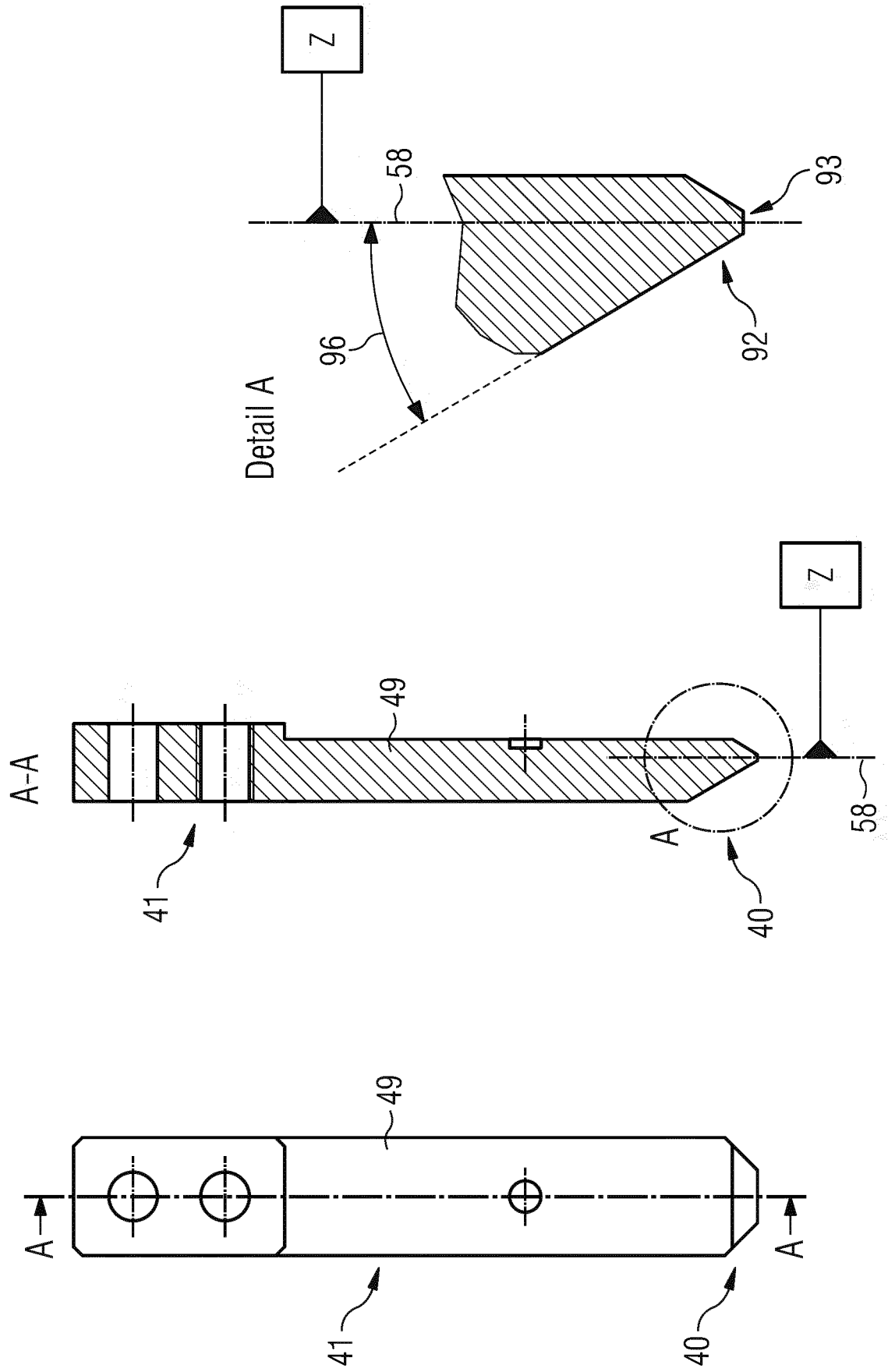


FIG. 7

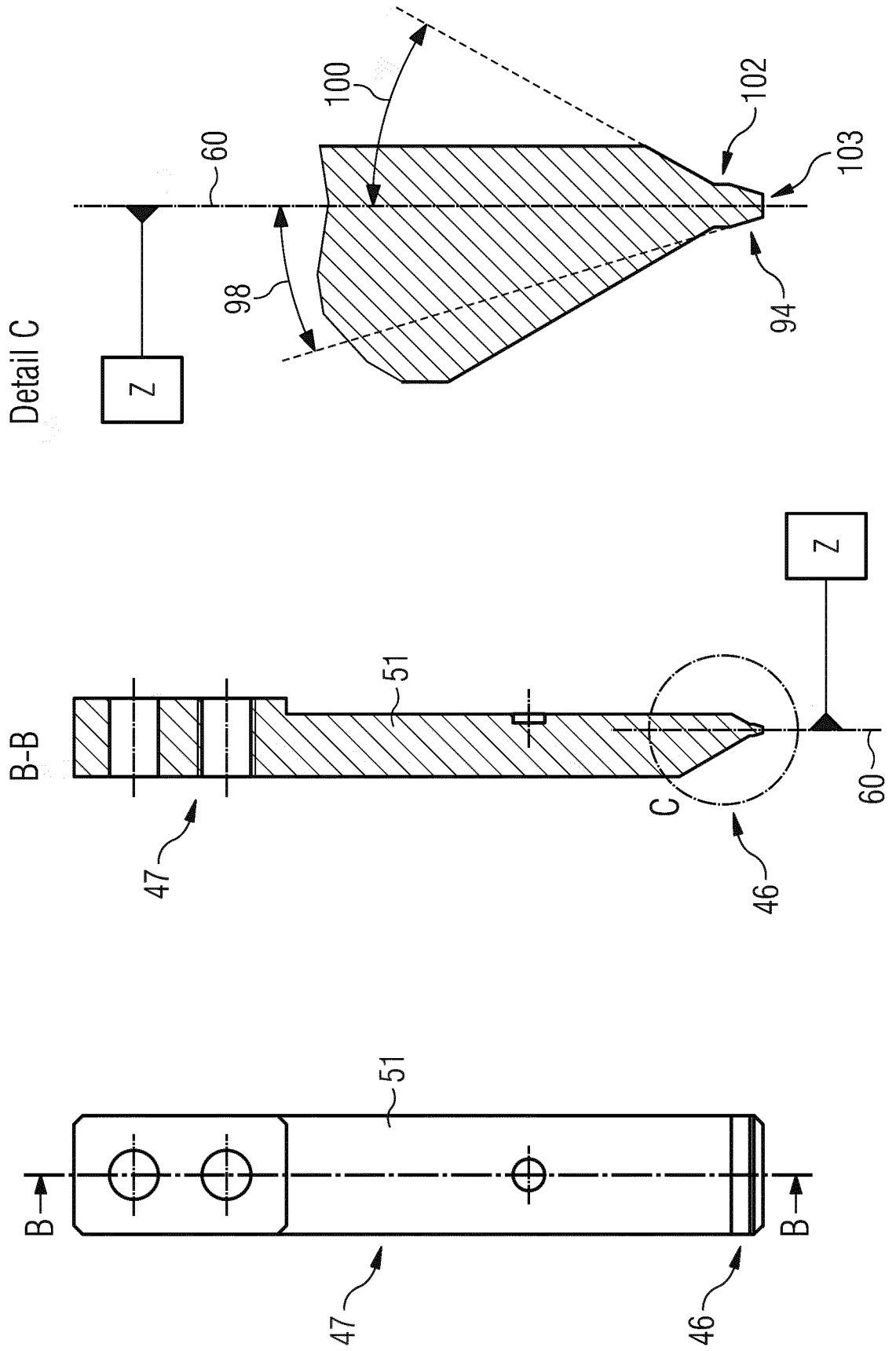


FIG. 8

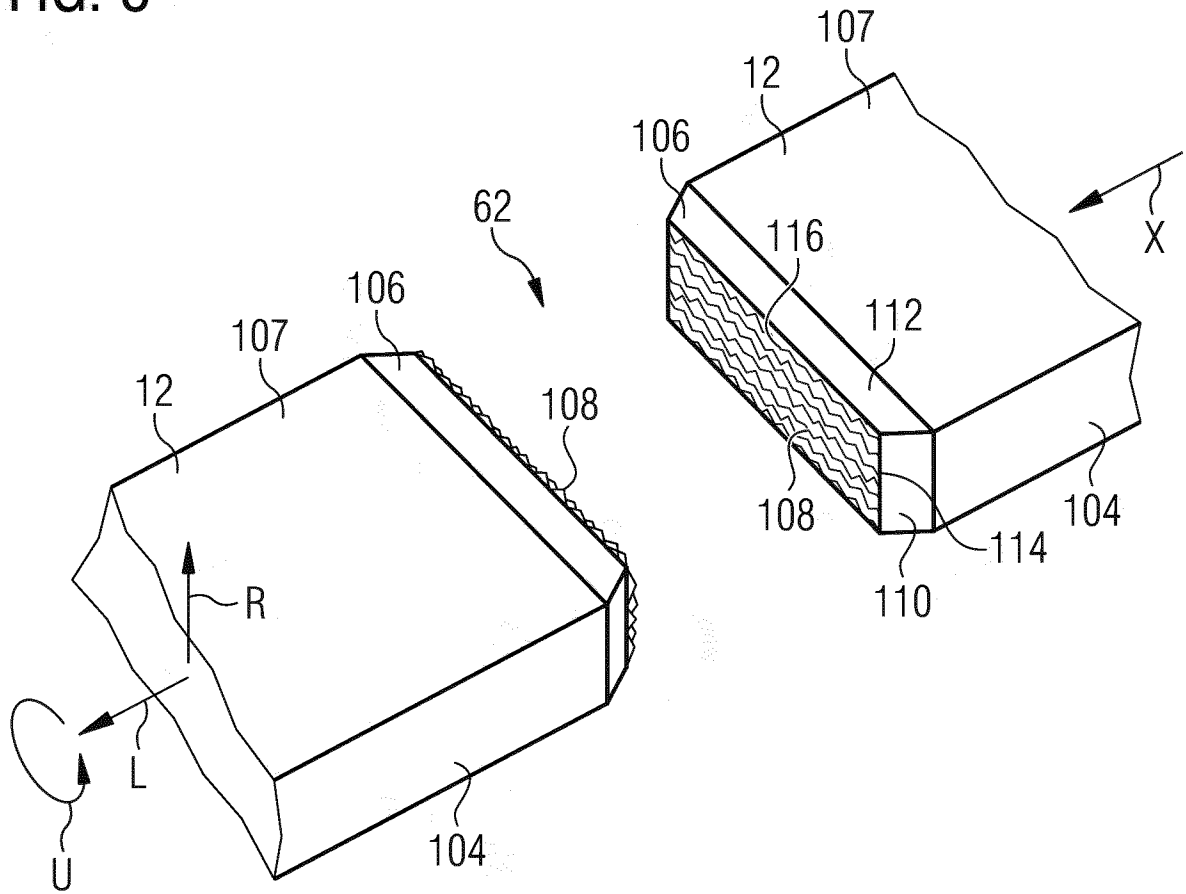


FIG. 9

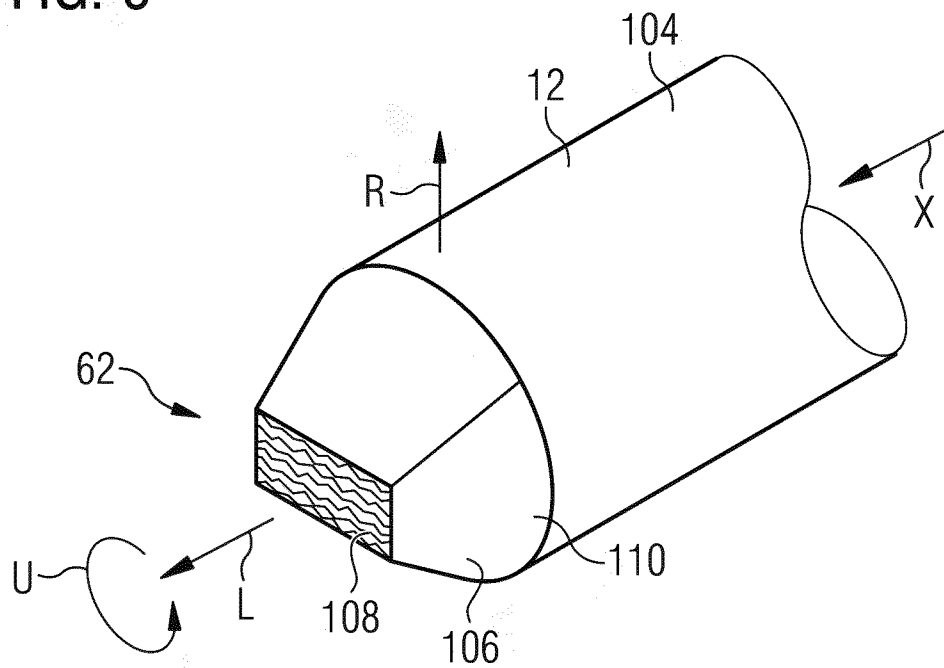
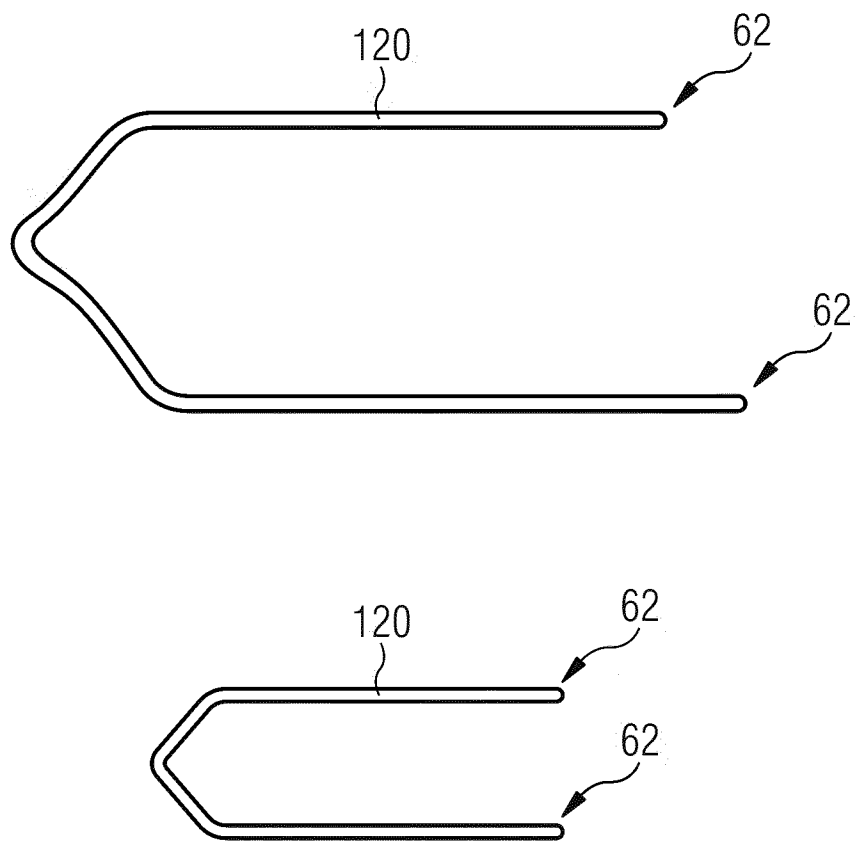


FIG. 10



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2019/066036**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>B21F 11/00</i> (2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B21F; B21G		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 3938364 A (RAGARD PHILLIP ANTHONY ET AL) 17 February 1976 (1976-02-17) column 1, line 25 - line 43 column 2, line 8 - line 24 column 2, line 53 - line 8; figures 1-10	19-21 1-18,22
Y	DE 102011116529 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 26 April 2012 (2012-04-26) cited in the application paragraph [0002] - paragraph [0004] paragraph [0026] - paragraph [0030]; figures 1-8	1-18,22
A	US 5195350 A (AIKENS PAUL W [US] ET AL) 23 March 1993 (1993-03-23) column 9, line 40 - column 10, line 5 column 10, line 42 - line 59; figures 16A-16G	1-22
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>18 October 2019</b>		Date of mailing of the international search report <b>30 October 2019</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Ritter, Florian</b>  Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2019/066036**

<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 102017205633 A1 (NITTOKU ENG [JP]) 05 October 2017 (2017-10-05) cited in the application paragraph [0001] paragraph [0009] - paragraph [0010] paragraph [0024] paragraph [0050] - paragraph [0057]; figures 1,8-10	1,11
A	DE 2245771 A1 (MEYER ROTH PASTOR MASCHF) 28 March 1974 (1974-03-28) cited in the application page 3, paragraph 1 page 6, paragraph 2 - page 7, paragraph 1; figure 4	1,11

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2019/066036**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 3938364 A	17 February 1976	NONE	
DE 102011116529 A1	26 April 2012	CN 102457140 A DE 102011116529 A1 US 2012097726 A1	16 May 2012 26 April 2012 26 April 2012
US 5195350 A	23 March 1993	NONE	
DE 102017205633 A1	05 October 2017	DE 102017205633 A1 JP 2017185512 A	05 October 2017 12 October 2017
DE 2245771 A1	28 March 1974	DE 2245771 A1 FR 2200068 A1 GB 1454083 A IT 994268 B JP S4993260 A SE 395839 B US 3913374 A	28 March 1974 19 April 1974 27 October 1976 20 October 1975 05 September 1974 29 August 1977 21 October 1975

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B21F11/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) B21F B21G		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 938 364 A (RAGARD PHILLIP ANTHONY ET AL) 17. Februar 1976 (1976-02-17)	19-21
Y	Spalte 1, Zeile 25 - Zeile 43 Spalte 2, Zeile 8 - Zeile 24 Spalte 2, Zeile 53 - Zeile 8; Abbildungen 1-10	1-18,22
Y	----- DE 10 2011 116529 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 26. April 2012 (2012-04-26) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0002] - Absatz [0004] Absatz [0026] - Absatz [0030]; Abbildungen 1-8 ----- -/--	1-18,22
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
18. Oktober 2019	30/10/2019	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Ritter, Florian	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 195 350 A (AIKENS PAUL W [US] ET AL) 23. März 1993 (1993-03-23) Spalte 9, Zeile 40 - Spalte 10, Zeile 5 Spalte 10, Zeile 42 - Zeile 59; Abbildungen 16A-16G	1-22
A	----- DE 10 2017 205633 A1 (NITTOKU ENG [JP]) 5. Oktober 2017 (2017-10-05) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0001] Absatz [0009] - Absatz [0010] Absatz [0024] Absatz [0050] - Absatz [0057]; Abbildungen 1,8-10	1,11
A	----- DE 22 45 771 A1 (MEYER ROTH PASTOR MASCHF) 28. März 1974 (1974-03-28) in der Anmeldung erwähnt Seite 3, Absatz 1 Seite 6, Absatz 2 - Seite 7, Absatz 1; Abbildung 4	1,11
	-----	

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/066036

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3938364	A	17-02-1976	KEINE
-----			
DE 102011116529	A1	26-04-2012	CN 102457140 A 16-05-2012
			DE 102011116529 A1 26-04-2012
			US 2012097726 A1 26-04-2012
-----			
US 5195350	A	23-03-1993	KEINE
-----			
DE 102017205633	A1	05-10-2017	DE 102017205633 A1 05-10-2017
			JP 2017185512 A 12-10-2017
-----			
DE 2245771	A1	28-03-1974	DE 2245771 A1 28-03-1974
			FR 2200068 A1 19-04-1974
			GB 1454083 A 27-10-1976
			IT 994268 B 20-10-1975
			JP S4993260 A 05-09-1974
			SE 395839 B 29-08-1977
			US 3913374 A 21-10-1975
-----			