



(10) **DE 10 2022 123 792 A1** 2024.03.21

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 123 792.3**

(22) Anmeldetag: **16.09.2022**

(43) Offenlegungstag: **21.03.2024**

(51) Int Cl.: **B23K 26/361** (2014.01)

**B23K 26/354** (2014.01)

**B23K 26/38** (2014.01)

(71) Anmelder:  
**TRUMPF Werkzeugmaschinen SE + Co. KG, 71254  
Ditzingen, DE**

(72) Erfinder:  
**Mach, Patrick, 71404 Korb, DE; Abiko, Takeshi,  
71254 Ditzingen, DE**

(74) Vertreter:  
**Kümmel, Felix, Dipl.-Phys. Dr. rer. nat., 71254  
Ditzingen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>WO</b>	<b>2020/ 173 970</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>2012- 125 799</b>	<b>A</b>

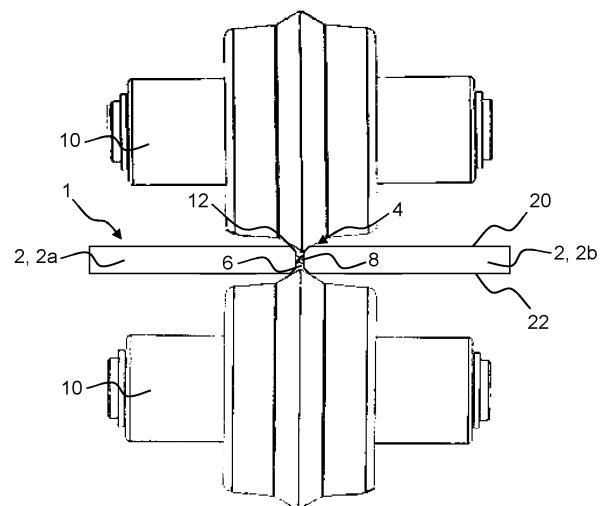
Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Bearbeiten einer Werkstückkante eines plattenförmigen oder rohrförmigen Werkstücks und metallisches Werkstück**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten einer Werkstückkante (4) eines plattenförmigen oder rohrförmigen Werkstücks (1) aus einem elastisch verformbaren Werkstoff, das Verfahren umfassend folgende Schritte:

- Bereitstellen oder Erzeugen einer Werkstückkante (4),
- Umformen der Werkstückkante (4),
- Nachbearbeiten der Werkstückkante (4) mittels eines Bearbeitungslaserstrahls (16) mit einer Leistungsdichte, die so bemessen ist, dass das Werkstückteil (1) nicht durchtrennt wird. Die Erfindung betrifft weiter ein metallisches Werkstück (1) umfassend einen Grundkörper (2) mit einer Oberseite (20) und einer der Oberseite (20) gegenüberliegenden Unterseite (22), wobei der Grundkörper (2) eine Werkstückkante (4) umfasst, die sich seitlich, entlang einer Außenkontur oder einer Innenkontur des Grundkörpers (2) erstreckt, und die Werkstückkante (4) wenigstens abschnittsweise mittels eines erfindungsgemäßen Verfahrens bearbeitet ist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten einer Werkstückkante eines plattenförmigen oder rohrförmigen Werkstücks aus einem elastisch verformbaren Werkstoff. Die Erfindung betrifft ferner ein metallisches Werkstück.

## Stand der Technik

**[0002]** Aus dem Stand der Technik sind Methoden zum Nachbearbeiten von Schnittkanten metallischer Werkstücke bekannt, bei denen ein Laserstrahl eingesetzt wird, um die Kontur eines aus einem Werkstück zumindest teilweise ausgeschnittenen Werkstückteils mit dem Laserstrahl zu bestrahlen und dadurch eine Veränderung der Kantenbeschaffenheit herbeizuführen.

**[0003]** In der WO 2020/173970 A1 wird beispielsweise ein Verfahren beschrieben, bei dem in einem ersten Bearbeitungsschritt mittels Laserschneidens ein Schnittspalt in einem Werkstück erzeugt wird, und in einem zweiten Bearbeitungsschritt der Schnittspalt zumindest teilweise nochmals mit anderen Bearbeitungsparametern der Laserschneidanlage abgefahren wird, um die Schnittkante zu modifizieren.

**[0004]** In der DE 10 2019 125 103 A1 wird ein Verfahren beschrieben, bei dem unter Verwendung eines Bearbeitungslaserstrahls, der verschiedene Energieintensitäts-Bereiche aufweist, gleichzeitig eine Grobbearbeitung (insb. Schneiden unter Erzeugung von Schnittkanten) und eine Feinbearbeitung (insb. Abrunden und/oder Anfasen der erzeugten Schnittkanten) vorgenommen wird.

## Aufgabe

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zum Bearbeiten einer Werkstückkante eingangs genannter Art zu verbessern, insbesondere Verfahren bei denen Werkstückteile mittels eines Schneidstrahls von einem platten- oder rohrförmigen Werkstück ausgeschnitten werden und mittels eines Bearbeitungsstrahls nachbearbeitet werden, so weiterzubilden, dass deren Herstellung qualitativ hochwertiger und kostengünstiger erfolgen kann. Ferner ist es eine Aufgabe der Erfindung ein Werkstück mit einer entsprechenden Werkstückkante bereitzustellen.

## Lösung

**[0006]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst, durch ein Verfahren zum Bearbeiten einer Werkstückkante eines plattenförmigen oder rohrförmigen Werkstücks aus einem elastisch verformbaren Werkstoff, das Verfahren umfassend folgende Schritte:

- Bereitstellen oder Erzeugen einer Werkstückkante,
- Umformen der Werkstückkante, insbesondere mechanisches Umformen der Werkstückkante,
- Nachbearbeiten der Werkstückkante mittels eines Bearbeitungslaserstrahls mit einer Leistungsdichte, die so bemessen ist, dass das Werkstückteil nicht durchtrennt wird.

**[0007]** Durch ein vorbereitendes, insbesondere mechanisches, Umformen der Werkstückkante in Kombination mit dem Nachbearbeiten der Werkstückkante mittels eines Bearbeitungslaserstrahls mit einer Leistungsdichte, die so bemessen ist, dass das Werkstückteil nicht durchtrennt wird, kann es in vorteilhafter Weise verhindert werden, dass sich eine Überhöhung auf der Oberseite des Werkstückteils oder an der Werkstückkante bildet.

**[0008]** Vorteilhafte Ausgestaltungen, welche einzeln oder in Kombination miteinander eingesetzt werden können, sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0009]** Die Erzeugung der Werkstückkante kann Bestandteil eines wenigstens abschnittswisen Trennens zweier Werkstückteile voneinander sein, insbesondere unter Bildung wenigstens eines abschnittswisen Schnittspalts.

**[0010]** Das wenigstens abschnittswise Trennen kann als ein unvollständiges Trennen der beiden Werkstückteile unter Stehenlassen wenigstens eines die beiden Werkstückteile miteinander verbindenden Verbindungsstegs erfolgen. Der Verbindungssteg kann sich als sogenannter „Micro Joint“ über die volle Dicke des Werkstücks erstrecken, oder aber eine reduzierte Höhe aufweisen (sog. „Nano Joint“). Die Verwendung von Nano Joints hat den Vorteil, dass die Werkstückkante während der Nachbearbeitung entlang des gesamten Umfangs des Werkstückteils nachbearbeitet werden kann. Ferner kann der Verbindungssteg als sogenannter „Micro Weld“ ausgebildet sein, also als Schweißpunkt, vorzugsweise am oberen Ende des Schnittspalts, der die durch den Schnittspalt getrennten Teile (Werkstückteile und/oder Restwerkstück- bzw. Restgitterteile) des Werkstücks zusammenhält.

**[0011]** Abschließend kann ein vollständiges Trennen der beiden Werkstückteile voneinander, durch Lösen der durch den Verbindungssteg hergestellten Verbindung, erfolgen. Der wenigstens eine Verbindungssteg kann mechanisch entfernt werden, insbesondere durch Herausdrücken, Herausschlagen oder Herausrütteln des Werkstückteils aus einem umgebenden Restwerkstück bzw. Restgitter des Werkstücks oder durch Abknicken oder Abrütteln mehrerer durch Verbindungsstege zusammengehaltener Werkstückteile. Der wenigstens eine Verbin-

dungssteg kann unter Einsatz des Laserstrahls entfernt werden, insbesondere eines durchtrennenden Laserstrahls.

**[0012]** Zur Erzeugung des abschnittswisen Schnittspalts kann ein das Werkstück durchtrennender Laserstrahl mit einer ersten Leistungsdichte eingesetzt werden. Der das Werkstück durchtrennende Laserstrahl kann entlang einer Schnittlinie geführt werden.

**[0013]** Das Umformen der Werkstückkante kann ein mechanisches Umformen sein. Das Umformen der Werkstückkante kann ein Material des Werkstücks im Bereich der Werkstückkante verdrängen. Das Umformen der Werkstückkante kann das Material im Bereich der Werkstückkante verdichten.

**[0014]** Das Umformen der Werkstückkante kann mittels eines Rollkniefwerkzeugs erfolgen. Bei dem Umformen der Werkstückkante kann eine Fase an die Werkstückkante angeformt werden. Während des Umformens der Werkstückkante kann auch eine an ihren Enden abgerundete Fase erzeugt werden - also eine Mischform zwischen Verrundung und Fase. Das Erzeugen der Fase während des Umformens umfasst vorzugsweise eine Materialverdrängung.

**[0015]** Die Höhe der Fase kann beispielsweise zwischen 0,1 mm und 0,7 mm betragen.

**[0016]** Durch das Nachbearbeiten der Werkstückkante mittels des Laserstrahls kann die Werkstückkante verrundet werden. Ein Radius, der durch das Nachbearbeiten der Werkstückkante erzeugten Verrundung, kann beispielsweise zwischen 0,2 mm und 1,5 mm betragen. Durch die vorherige Materialverdrängung wird allgemein ein Materialüberstand der Verrundung gegenüber einer Werkstückoberfläche und einer Schnittflanke vermieden.

**[0017]** Das Nachbearbeiten der Werkstückkante kann abschnittsweise mehrfach wiederholt durchgeführt werden. Der Bearbeitungslaserstrahl für jeden Wiederholvorgang des Nachbearbeitens der Werkstückkante kann hierbei eine eigene Leistungsdichte aufweisen. Der Bearbeitungslaserstrahl kann entlang einer Nachbearbeitungslinie geführt werden. Die Nachbearbeitungslinie kann relativ zur Schnittlinie seitlich versetzt sein.

**[0018]** Die Nachbearbeitungslinie, die beim Nachbearbeiten von dem Bearbeitungsstrahl abgefahren wird, kann einen Versatz zur Schneidkontur in Richtung der nachzubearbeitenden Werkstückkante aufweisen, welcher zwischen 0,1 mm und 1 mm beträgt. Durch den Versatz, in Richtung der nachzubearbeitenden Werkstückkante, kann die zur Modifikation der Werkstückkante erforderliche Energie gezielter

in den erforderlichen Werkstückbereich eingebracht werden. Die Effizienz des Verfahrens kann auf diese Weise gesteigert werden.

**[0019]** Unmittelbar vor und/oder im Anschluss an das Nachbearbeiten der Werkstückkante kann ein weiterer Bearbeitungsschritt vorgesehen sein, bei welchem eine oder mehrere der folgenden Nachbehandlungen durchgeführt werden: Entfernen einer Oxidschicht von der Werkstückkante, Entfernen von Grat von der Werkstückkante, Formändern, insbesondere Glätten oder Aufrauen, der Werkstückkante, Beschichten des Werkstücks, vorzugsweise im Bereich der Werkstückkante, insbesondere mit einer in einem Arbeitsgasstrahl enthaltenen Substanz.

**[0020]** Die zuvor genannte Aufgabe wird ferner gelöst, durch ein Metallisches Werkstück umfassend einen Grundkörper mit einer Oberseite und einer der Oberseite gegenüberliegenden Unterseite, wobei der Grundkörper eine Werkstückkante umfasst, die sich seitlich, entlang einer Außenkontur oder einer Innenkontur des Grundkörpers erstreckt, und die Werkstückkante wenigstens abschnittsweise mittels eines Verfahrens gemäß vorstehender Beschreibung bearbeitet ist.

#### Figurenbeschreibung

**[0021]** Im Folgenden ist die Erfindung anhand eines in den Figuren dargestellten vorteilhaften Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Erfindung ist jedoch nicht auf dieses Ausführungsbeispiel beschränkt.

Es zeigen:

**Fig. 1:** eine schematisierte Darstellung eines Umformwerkzeugs während eines Umformens einer Werkstückkante, und

**Fig. 2:** eine schematisierte Darstellung einer Düse eines Laserbearbeitungswerkzeugs während eines Nachbearbeitens der Werkstückkante.

**[0022]** In **Fig. 1** ist ein metallisches Werkstück 1 gezeigt, umfassend einen Grundkörper 2 mit einer Oberseite 20 und einer der Oberseite 20 gegenüberliegenden Unterseite 22. Der Grundkörper 2 ist vorliegend unter Bildung eines Schnittspalts 6 in ein erstes Werkstückteil 2a und ein zweites Werkstückteil 2b unterteilt. Das erste Werkstückteil 2a und das zweite Werkstückteil 2b sind unter Stehenlassen eines die beiden Werkstückteile 2a, 2b miteinander verbindenden Verbindungsstegs 8 unvollständig voneinander getrennt.

**[0023]** Die jeweiligen Werkstückteile 2a, 2b weisen eine Werkstückkante 4 auf, die sich seitlich, entlang einer Außenkontur oder einer Innenkontur des

Grundkörpers 2 bzw. der entsprechenden Werkstückteile 2a, 2b erstreckt. Die Werkstückkante 4 ist wenigstens abschnittsweise mittels eines erfindungsgemäßen Verfahrens bearbeitbar.

**[0024]** Das Verfahren zum Bearbeiten der Werkstückkante 4 des plattenförmigen Werkstücks 1 folgende Schritte:

- Bereitstellen oder Erzeugen der Werkstückkante 4,
- Umformen der Werkstückkante 4, wie es beispielsweise in **Fig. 1** gezeigt ist.
- Nachbearbeiten der Werkstückkante 4 mittels eines Bearbeitungslaserstrahls 16 mit einer Leistungsdichte, die so bemessen ist, dass das Werkstückteil 1 nicht durchtrennt wird, wie es beispielsweise in **Fig. 2** gezeigt ist.

**[0025]** Der abschnittsweise Schnittspalt 6 zwischen den Werkstücken 2a, 2b, welcher bevorzugt mittels eines durchtrennenden Laserstrahls mit einer ersten Leistungsdichte erzeugt ist, ist entlang einer nicht gezeigten Schnittlinie, vorliegend aus der Bildebene austretenden Richtung orientierten Schnittlinie, ausgerichtet.

**[0026]** **Fig. 1** zeigt einen Zustand während des Umformens der Werkstückkante 4 mittels eines Umformwerkzeugs 10, vorliegend eines Rollkneifwerkzeugs. Bei dem Umformen der Werkstückkante 4 wird eine Fase 12 an die Werkstückkante 4 angeformt.

**[0027]** **Fig. 2** zeigt das Nachbearbeiten der Werkstückkante 4 mittels des Bearbeitungslaserstrahls 16, wodurch an der Werkstückkante 4 eine Verrundung 18 ausgebildet wird. Das Nachbearbeiten der Werkstückkante 4 ist abschnittsweise mehrfach wiederholt durchführbar. Wobei der Bearbeitungslaserstrahl 16 für jeden einzelnen Wiederholvorgang des Nachbearbeitens der Werkstückkante 4 eine eigene Leistungsdichte aufweisen kann.

**[0028]** Der Bearbeitungslaserstrahl 16, insbesondere eine Düse 14 aus welcher der Bearbeitungslaserstrahl 16 austritt, wird während des Nachbearbeitens der Werkstückkante 4 bevorzugt entlang einer Nachbearbeitungslinie geführt. Die Nachbearbeitungslinie ist insbesondere relativ zur Schnittlinie seitlich versetzt. Die Nachbearbeitungslinie kann innerhalb einer Umfangskontur der Oberseite 20 des Werkstückteils 2a, 2b verlaufen.

**[0029]** Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen und den Zeichnungen offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausgestaltungen von Bedeutung sein.

## Bezugszeichenliste

1	Werkstück
2	Grundkörper
2a	Werkstückteil
2b	Werkstückteil
4	Werkstückkante
6	Schnittspalt
8	Verbindungssteg
10	Umformwerkzeug
12	Fase
14	Düse
16	Bearbeitungslaserstrahl
18	Verrundung
20	Oberseite
22	Unterseite

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- WO 2020/173970 A1 [0003]
- DE 102019125103 A1 [0004]

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Bearbeiten einer Werkstückkante (4) eines plattenförmigen oder rohrförmigen Werkstücks (1) aus einem elastisch verformbaren Werkstoff, das Verfahren umfassend folgende Schritte:

- Bereitstellen oder Erzeugen einer Werkstückkante (4),
- Umformen der Werkstückkante (4),
- Nachbearbeiten der Werkstückkante (4) mittels eines Bearbeitungslaserstrahls (16) mit einer Leistungsdichte, die so bemessen ist, dass das Werkstückteil (1) nicht durchtrennt wird.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei die Erzeugung der Werkstückkante (4) Bestandteil eines wenigstens abschnittswisen Trennens zweier Werkstückteile (2a, 2b) voneinander ist, insbesondere unter Bildung wenigstens eines abschnittswisen Schnittspalts (6).

3. Verfahren gemäß Anspruch 2, wobei das wenigstens abschnittswise Trennen ein unvollständiges Trennen der beiden Werkstückteile (2a, 2b) unter Stehenlassen wenigstens eines die beiden Werkstückteile (2a, 2b) miteinander verbindenden Verbindungsstegs (8) erfolgt.

4. Verfahren gemäß Anspruch 3, wobei abschließend ein vollständiges Trennen der beiden Werkstückteile (2a, 2b) voneinander, durch Lösen der durch den Verbindungssteg (8) hergestellten Verbindung, erfolgt.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei zu Erzeugung des abschnittswisen Schnittspalts (6) ein das Werkstück (2a,2b) durchtrennender Laserstrahl mit einer ersten Leistungsdichte eingesetzt wird.

6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei der das Werkstück (2a, 2b) durchtrennende Laserstrahl entlang einer Schnittlinie geführt wird.

7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Umformen der Werkstückkante (4) mittels eines Umformwerkzeugs (10), insbesondere eines Rollkneifwerkzeugs, erfolgt.

8. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei bei dem Umformen der Werkstückkante (4) eine Fase (12) an die Werkstückkante (4) angeformt wird.

9. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei durch das Nachbearbeiten der Werkstückkante (4) mittels des Bearbeitungslaserstrahls (16) die Werkstückkante (4) verrundet wird.

10. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei das Nachbearbeiten der Werkstückkante (4) abschnittswise mehrfach wiederholt durchgeführt wird.

11. Verfahren gemäß Anspruch 10, wobei der Bearbeitungslaserstrahl (16) für jeden Wiederholvorgang des Nachbearbeitens der Werkstückkante (4) eine eigene Leistungsdichte aufweist.

12. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der Bearbeitungslaserstrahl (16) entlang einer Nachbearbeitungslinie geführt wird.

13. Verfahren gemäß den Ansprüchen 6 und 12, wobei die Nachbearbeitungslinie relativ zur Schnittlinie seitlich versetzt ist.

14. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei unmittelbar vor und/oder im Anschluss an das Nachbearbeiten der Werkstückkante (4) ein weiterer Bearbeitungsschritt vorgesehen ist, bei welchem eine oder mehrere der folgenden Nachbehandlungen durchgeführt werden:

- i) Entfernen einer Oxidschicht von der Werkstückkante (4),
- ii) Entfernen von Grat von der Werkstückkante (4),
- iii) Formändern, insbesondere Glätten oder Aufrauen, der Werkstückkante (4),
- iv) Beschichten des Werkstücks (4), vorzugsweise im Bereich der Werkstückkante (4), insbesondere mit einer in einem Arbeitsgasstrahl enthaltenen Substanz.

15. Metallisches Werkstück (1) umfassend einen Grundkörper (2) mit einer Oberseite (20) und einer der Oberseite (20) gegenüberliegenden Unterseite (22), wobei der Grundkörper (2) eine Werkstückkante (4) umfasst, die sich seitlich, entlang einer Außenkontur oder einer Innenkontur des Grundkörpers (2) erstreckt, und die Werkstückkante (4) wenigstens abschnittswise mittels eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14 bearbeitet ist.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

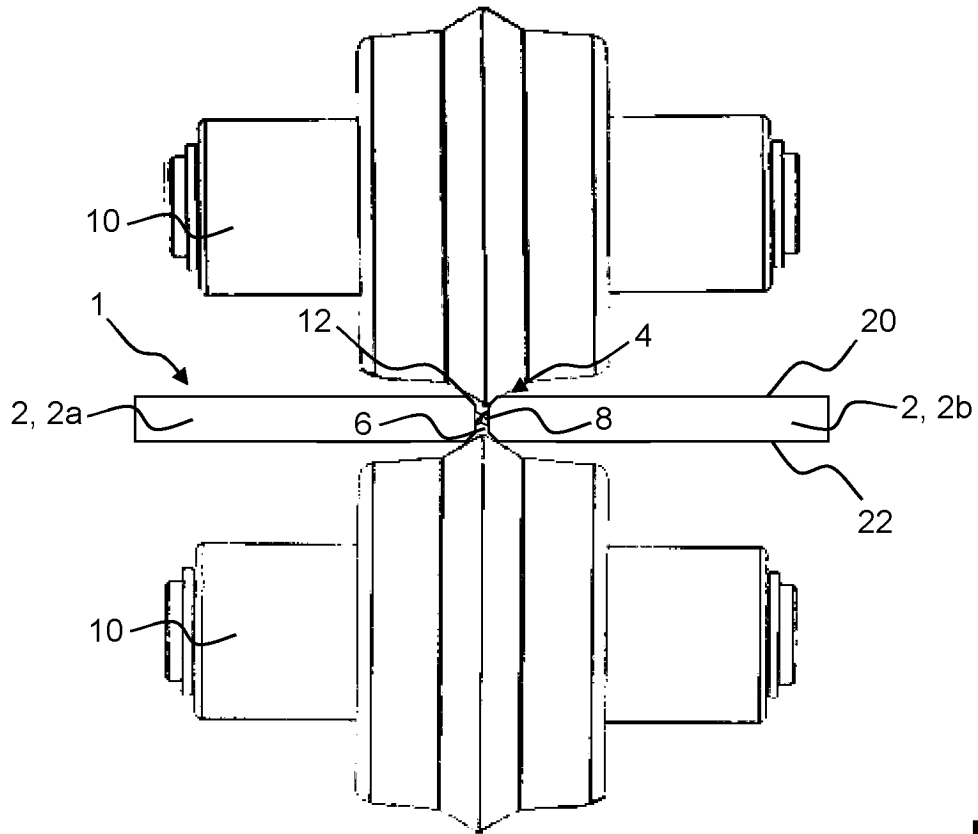


Fig. 1

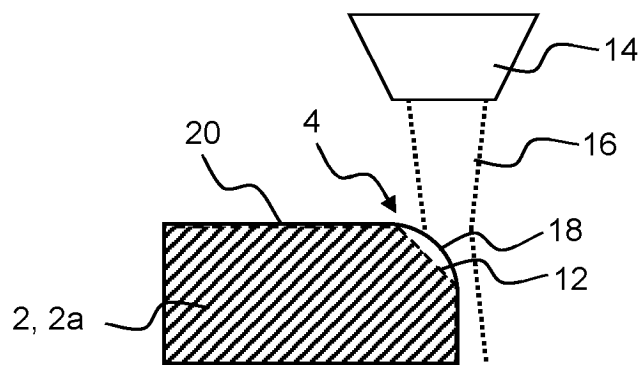


Fig. 2