



(11) **EP 1 514 643 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**02.05.2007 Patentblatt 2007/18**

(51) Int Cl.:  
**B24B 21/02 (2006.01) B24B 35/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **04020484.4**

(22) Anmeldetag: **28.08.2004**

(54) **Verfahren zur Finishbearbeitung von Umfangsflächen an wellenförmigen Werkstücken**

Process for finishing the surface of revolution of shafts

Procédé pour l'usinage de finition de la surface de révolution d'arbres

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB IT**

(30) Priorität: **12.09.2003 DE 10342139**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**16.03.2005 Patentblatt 2005/11**

(73) Patentinhaber: **Thielenhaus Technologies GmbH**  
**42285 Wuppertal (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Steinwender, Horst Dipl.-Ing.**  
**42289 Wuppertal (DE)**

• **Wolters, Martin Dipl.-Ing.**  
**42113 Wuppertal (DE)**

(74) Vertreter: **Albrecht, Rainer Harald et al**  
**Patentanwälte**  
**Andrejewski, Honke & Sozien,**  
**Theaterplatz 3**  
**45127 Essen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**GB-A- 1 171 054 US-B1- 6 220 946**  
**US-B2- 6 454 638**

**EP 1 514 643 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Finishbearbeitung von Umfangsflächen an wellenförmigen Werkstücken,

a) wobei das zu bearbeitende Werkstück in einer Aufspannung um die aufgespannte Wellenachse rotierend angetrieben wird,

b) wobei das um die Wellenachse rotierende Werkstück umfangsseitig mit Hilfe eines endlosen, kontinuierlich angetriebenen Schleifbandes bearbeitet wird, welches die zu bearbeitende Umfangsfläche des Werkstückes während der Bearbeitung teilweise umschlingt und in einem durch den Umschlingungswinkel vorgegebenen Bereich flächig am Werkstück anliegt, und

c) wobei der Umschlingungswinkel während der Bearbeitung des Werkstückes verändert wird.

**[0002]** Ein Verfahren zur Finishbearbeitung von Umfangsflächen an wellenförmigen Werkstücken ist aus der Druckschrift US 5,951,377 bekannt. Bei dem bekannten Verfahren besteht während der Werkstückbearbeitung in einer Schnittebene senkrecht zur Wellenachse eine punktförmige Berührung zwischen dem Schleifband und dem Werkstück.

**[0003]** Die US-B-6 220 946 offenbart ein Verfahren mit den eingangs beschriebenen Merkmalen. Bei dem vorbekannten Verfahren wird die Fläche der Anlage des Schleifbandes dadurch hergestellt, dass das Schleifband mittels einer Spannvorrichtung unter Zugspannung gesetzt wird. Durch die auf das Schleifband ausgeübte Zugspannung wird die Andruckkraft, die für die Finishbearbeitung zur Verfügung steht, vorgegeben. Um eine hohe Schnittkraft aufbringen zu können, wird die Verwendung eines Andruckschuhes vorgeschlagen, der außenseitig an das Schleifband angelegt wird. Die Flexibilität dieses vorbekannten Verfahrens ist aufgrund der festgelegten Geometrie des Andruckschuhes begrenzt.

**[0004]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Finishbearbeitung von Umfangsflächen an wellenförmigen Werkstücken anzugeben, mit dem eine hohe Oberflächengüte erzielbar ist und das gleichzeitig eine flexible Werkstückbearbeitung ermöglicht.

**[0005]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, in dem das Schleifband im Bereich der Werkstückoberfläche von einem endlosen, parallel zum Schleifband gespannten Stützband gestützt wird, wobei das Schleifband und das Stützband gleichgerichtet und mit gleicher Geschwindigkeit bewegt werden. Die Umschlingung des Werkstückes gewährleistet eine große Kontaktfläche mit einer gleichmäßigen Flächenpressung zwischen dem Schleifband und dem Werkstück. Hierdurch ist eine hohe Oberflächengüte erzielbar. Durch die Veränderung des

Umschlingungswinkels während der Bearbeitung ist eine flexible Werkstückbearbeitung möglich. So können beispielsweise die Umfangsflächen von gestuften Wellen in eine Aufspannung bearbeitet werden. In diesem Fall werden mehrere Flächen nacheinander mit einem unterschiedlichen Umschlingungswinkel bearbeitet. Alternativ kann auch die Bearbeitung von Wellen mit in Achsrichtung verlaufenden Vertiefungen, wie sie beispielsweise bei Getriebewellen, Zahnwellen oder Kerbzahnwellen vorzufinden sind, mit unterschiedlichen Umschlingungswinkeln durchgeführt werden. In diesem Fall wird dieselbe Umfangsfläche des Werkstückes nacheinander mit unterschiedlichen Umschlingungswinkeln des Schleifbandes bearbeitet. So kann beispielsweise die Oberfläche des zylindrischen Hüllkreises einer Zahnwelle zunächst mit einem kleinen Umschlingungswinkel bearbeitet werden. In einem zweiten Schritt erfolgt dann eine Verrundung der Kanten an den Rändern der Vertiefungen durch Bearbeitung der Werkstückfläche mit einem großen Umschlingungswinkel. Insgesamt wird durch die Variation des Umschlingungswinkels während der Werkstückbearbeitung eine hohe Flexibilität der Werkstückbearbeitung erzielt. Durch das Stützband wird die Zugbeanspruchung des Schleifbandes erheblich reduziert und das Schleifband liegt sehr gleichmäßig mit definierter Andruckkraft an der zu bearbeitenden Werkstückfläche an. Das Stützband kann aus Metall oder aber auch aus einem elastomeren Material bestehen.

**[0006]** Vorzugsweise wird das Schleifband an einem Werkzeugträger über eine Spanneinrichtung sowie über zwei Umlenkungen, die einen Arbeitsbereich begrenzen, geführt und das Werkstück wird zur Werkstückbearbeitung durch eine Zustellbewegung des Werkzeugträgers und/oder der Werkstückaufspannung mit einem frei gespannten Schleifbandabschnitt zwischen den Umlenkungen in Kontakt gebracht. Der Umschlingungswinkel kann hierbei durch Änderung des Zustellweges von Werkstückträger oder Werkstückaufspannung sowie einer daran angepassten Änderung der Länge des Schleifbandabschnittes verändert werden. Vorzugsweise wird das Schleifband mit einer Bandschleife durch einen im Umlaufweg des Schleifbandes angeordneten Bandspeicher geführt und die Länge des Schleifbandabschnittes im Arbeitsbereich mit Hilfe des Bandspeichers gesteuert. Dies erlaubt eine Veränderung des Umschlingungswinkels während der Werkstückbearbeitung innerhalb eines großen Bereiches. Der Umschlingungswinkel kann auch durch eine Relativverstellung der Umlenkungen zueinander verändert werden.

**[0007]** Der Umschlingungswinkel kann in einem Winkelbereich zwischen wenigen Winkelgrad und 270° verändert werden, wobei für viele Anwendungen vorzugsweise ein Umschlingungswinkel von mehr als 180° eingestellt wird.

**[0008]** Vorzugsweise wird das Stützband über eine separate Spanneinrichtung geführt und ebenso wie das Schleifband kontinuierlich angetrieben. Hierbei ist ein separater oder ein gemeinsamer Antrieb von Schleifband

und Stützband möglich. Vorzugsweise bewegen sich beide Bänder gleichgerichtet mit gleicher Geschwindigkeit, so dass im Kontaktbereich von Schleifband und Stützband praktisch keine Relativbewegung zwischen den beiden Bändern vorliegt.

**[0009]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand einer lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung ausführlich erläutert. Es zeigen schematisch:

Fig. 1a eine Seitenansicht einer nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeitenden Vorrichtung zur Finishbearbeitung von Wellen während eines ersten Bearbeitungsschrittes,

Fig. 1b die Vorrichtung gemäß Fig. 1a während eines zweiten Bearbeitungsschrittes,

Fig. 2a eine weitere Ausgestaltung der Vorrichtung während eines ersten Bearbeitungsschrittes, ebenfalls in einer Seitenansicht und

Fig. 2b die Vorrichtung gemäß Fig. 2a während eines zweiten Bearbeitungsschrittes.

**[0010]** Die Fig. 1a zeigt eine Vorrichtung zur Finishbearbeitung von Umfangsflächen an wellenförmigen Werkstücken. Die Vorrichtung weist einen Werkzeugträger 1, ein endloses Schleifband 2 zur Bearbeitung eines um seine Rotationsachse A rotierenden Werkstückes 3, einen am Werkzeugträger 1 angeordneten Schleifbandantrieb 4, welcher das Schleifband 2 während einer Werkstückbearbeitung kontinuierlich antreibt, und eine Spannvorrichtung 5 für das Schleifband 2 auf. Der Werkzeugträger 1 besitzt einen Bearbeitungskopf 6 mit zwei zueinander beabstandeten Bandumlenkungen 7, die einen Arbeitsbereich L des Bearbeitungskopfes 6 begrenzen. Die Bandumlenkungen 7 sind als Umlenkrollen ausgebildet. Das Schleifband 2 ist über die Umlenkrollen 7 geführt und läuft im Arbeitsbereich L an der zu bearbeitenden Umfangsfläche des Werkstückes 3 vorbei. Der Bearbeitungskopf 6 umgreift die zu bearbeitende Umfangsfläche des Werkstückes 3 gabelförmig so, dass das im Arbeitsbereich L frei gespannte Schleifband 2 das Werkstück 3 teilweise umschlingt und in einem durch den Umschlingungswinkel  $\alpha$  vorgegebenen Bereich flächig am Werkstück anliegt. Das in Fig. 1a dargestellte Werkstück 3 ist als gestufte Welle ausgebildet, deren Umfangsflächen nacheinander mit einem unterschiedlichen Umschlingungswinkel  $\alpha$ ,  $\alpha'$  bearbeitet werden. Einer vergleichenden Betrachtung der Fig. 1a und 1b ist zu entnehmen, dass zunächst die kleinere Umfangsfläche der gestuften Welle 3 bei einem kleinen Umschlingungswinkel  $\alpha$  bearbeitet wird, während danach eine Bearbeitung der großen Umfangsfläche der gestuften Welle 3 mit einem großen Umschlingungswinkel  $\alpha'$  erfolgt. Das Schleifband 2 wird hierbei an dem Werkzeugträger 1 über die Spannvorrichtung 5 sowie über die beiden Umlenkrollen 7, die den Arbeitsbereich L begrenzen, geführt.

Das Werkstück 3 wird zur Werkstückbearbeitung durch eine Zustellbewegung des Werkzeugträgers 1 mit einem frei gespannten Schleifbandabschnitt 8 zwischen den beiden Umlenkrollen 7 in Kontakt gebracht. In Abhängigkeit von Zustellhub und zugehörigem Durchmesser der zu bearbeitenden Werkstückfläche liegt während der beiden Bearbeitungsschritte gemäß Fig. 1a und Fig. 1b ein unterschiedlicher Umschlingungswinkel  $\alpha$  bzw.  $\alpha'$  vor, der auf die Bearbeitung der jeweiligen Werkstückflächen flexibel abgestimmt wird. Der Umschlingungswinkel  $\alpha$  bzw.  $\alpha'$  wird durch Änderungen des Zustellweges des Werkzeugträgers 1 sowie einer daran angepassten Länge des Schleifbandabschnittes 8 verändert. Das Schleifband 2 wird hierbei mit einer Bandschleife 9 durch einen im Umlaufweg des Schleifbandes angeordneten Bandspeicher 10 geführt. Die Länge des Schleifbandabschnittes 8 im Arbeitsbereich L wird mit Hilfe des Bandspeichers 10 gesteuert (vgl. Fig. 1a und 1b).

**[0011]** Bei der in den Fig. 1a und 1b dargestellten Vorrichtung wird das Schleifband 2 im Bereich der Werkstückfläche von einem endlosen, parallel zum Schleifband 2 gespannten Stützband 11 gestützt. Hierdurch wird die Zugbeanspruchung des Schleifbandes 2 erheblich reduziert, und das Schleifband 2 liegt sehr gleichmäßig an der Werkstückfläche an. Das Stützband 11 besteht vorzugsweise aus Metall. Es wird über eine separate Spanneinrichtung 12 geführt und ebenso wie das Schleifband 2 kontinuierlich angetrieben. Die Bänder 2, 11 bewegen sich gleichgerichtet mit gleicher Geschwindigkeit, so dass im Bereich der Kontaktfläche zwischen Stützband 11 und Schleifband 2 praktisch keine Relativbewegung zwischen den beiden Bändern 2, 11 vorliegt. Hierdurch wird eine optimale Entlastung des Schleifbandes 2 erzielt.

**[0012]** Die Fig. 2a und 2b zeigen eine Oberflächenbearbeitung einer Zahnwelle 3 mit in Achsrichtung A verlaufenden Vertiefungen 13. In einem in Fig. 2a dargestellten ersten Bearbeitungsschritt erfolgt eine Bearbeitung der Oberfläche des zylindrischen Hüllkreises 14 der Zahnwelle 3 bei einem kleinen Umschlingungswinkel  $\beta$ . Zur Verrundung der Kanten 15 an den Rändern der Vertiefungen 13 erfolgt anschließend in einem zweiten Bearbeitungsschritt eine Finishbearbeitung mit großem Umschlingungswinkel  $\beta'$  (siehe Fig. 2b). Die Fig. 1a bis 2b zeigen, dass durch die Veränderung des Umschlingungswinkels eine flexible Werkstückbearbeitung ermöglicht wird. Bei der in den Fig. 2a und 2b dargestellten Vorrichtung wird der Umschlingungswinkel  $\beta$ ,  $\beta'$  durch eine Relativverstellung der Umlenkrollen 7 zueinander verändert. Der Bearbeitungskopf 6 weist hierzu verschwenkbare Gabelarme 16 auf, an denen die Umlenkrollen 7 angeordnet sind. Mit dieser Vorrichtung lassen sich auch Umschlingungswinkel von mehr als  $180^\circ$  einstellen, wie der Fig. 2b unmittelbar zu entnehmen ist. Bei der in den Fig. 2a und 2b dargestellten Vorrichtung übernimmt die Spannvorrichtung 5 des Schleifbandes 2 gleichzeitig die Funktion eines Bandspeichers.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Finishbearbeitung von Umfangsflächen an wellenförmigen Werkstücken,

a) wobei das zu bearbeitende Werkstück (3) in einer Aufspannung um die aufgespannte Wellenachse (A) rotierend angetrieben wird,  
 b) wobei das um die Wellenachse (A) rotierende Werkstück (3) umfangsseitig mit Hilfe eines endlosen, kontinuierlich angetriebenen Schleifbandes (2) bearbeitet wird, welches die zu bearbeitende Umfangsfläche des Werkstückes (3) während der Bearbeitung teilweise umschlingt und in einem durch den Umschlingungswinkel ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ) vorgegebenen Bereich flächig am Werkstück (3) anliegt, und  
 c) wobei der Umschlingungswinkel ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ) während der Bearbeitung des Werkstückes (3) verändert wird,

**dadurch gekennzeichnet, dass** das Schleifband (2) im Bereich der Werkstückoberfläche von einem endlosen, parallel zum Schleifband (2) gespannten Stützband (11) gestützt wird, wobei das Schleifband (2) und das Stützband (11) gleichgerichtet und mit gleicher Geschwindigkeit bewegt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schleifband (2) an einem Werkzeugträger (1) über eine Spanneinrichtung (5) sowie über zwei Umlenkungen (7), die einen Arbeitsbereich (L) begrenzen, geführt wird und dass das Werkstück (3) zur Werkstückbearbeitung durch eine Zustellbewegung des Werkzeugträgers (1) und/oder der Werkstückaufspannung mit einem frei gespannten Schleifbandabschnitt (8) zwischen den Umlenkungen (7) in Kontakt gebracht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Umschlingungswinkel ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ) durch Änderung des Zustellweges von Werkzeugträger (1) oder Werkstückaufspannung sowie einer daran angepassten Änderung der Länge des Schleifbandabschnittes (8) verändert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schleifband (2) mit einer Bandschleife (9) durch einen im Umlaufweg des Schleifbandes (2) angeordneten Bandspeicher (10) geführt wird und dass die Länge (L) des Schleifbandabschnittes (8) im Arbeitsbereich mit Hilfe des Bandspeichers (10) gesteuert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Umschlingungswinkel ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ) durch eine Relativverstellung der Umlenkungen (7) zueinander verändert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Umschlingungswinkel ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ) in einem Winkelbereich bis 270° verändert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Werkstückbearbeitung ein Umschlingungswinkel ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ) von mehr als 180° eingestellt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stützband (11) über eine separate Spanneinrichtung (12) geführt und ebenso wie das Schleifband (2) kontinuierlich angetrieben wird.

## Claims

1. Method for the finish machining of circumferential surfaces on shaft-like workpieces,

a) wherein the workpiece (3) to be machined is driven in rotation in a clamp about the shaft axis (A),

b) wherein the workpiece (3) rotating about the shaft axis (A) is machined on the circumference by means of an endless, continuously driven grinding belt (2) which during the machining operation partially wraps around the circumferential surface to be machined on the workpiece (3) and bears flat against the workpiece (3) in an area predefined by the wraparound angle ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ), and

c) wherein the wraparound angle ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ) is changed during the machining of the workpiece (3),

**characterised in that** the grinding belt (2) is supported in the region of the workpiece surface by an endless support belt (11) parallel to the grinding belt (2), wherein the grinding belt (2) and the support belt (11) are moved in the same direction and at the same speed.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the grinding belt (2) is guided on a tool carrier (1) over a tensioning device (5) and also over two deflectors (7) which delimit a working area (L), and **in that** the workpiece (3) is brought into contact with a free grinding belt section (8) between the deflectors (7) by a forward movement of the tool carrier (1) and/or the workpiece clamp in order to machine the workpiece.

3. Method according to claim 2, **characterised in that** the wraparound angle ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ) is changed by changing the forward travel of the tool carrier (1) or of the workpiece clamp and by a corresponding

change in length of the grinding belt section (8).

4. Method according to claim 2 or 3, **characterised in that** the grinding belt (2) is guided with a belt loop (9) through a belt take-up device (10) arranged in the rotational path of the grinding belt (2), and **in that** the length (L) of the grinding belt section (8) in the working area is controlled by means of the belt take-up device (10).
5. Method according to one of claims 2 to 4, **characterised in that** the wraparound angle ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ) is changed by means of a relative movement of the deflectors (7) with respect to one another.
6. Method according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** the wraparound angle ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ) is changed in an angle range of up to 270°.
7. Method according to claim 6, **characterised in that**, during machining of the workpiece, a wraparound angle ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ) of more than 180° is set.
8. Method according to claim 1, **characterised in that** the support belt (11) is guided over a separate tensioning device (12) and is driven continuously like the grinding belt (2).

## Revendications

1. Procédé d'usinage fini de surfaces périphériques sur des pièces en forme d'arbres, dans lequel,
  - a) la pièce à usiner (3) est entraînée en rotation dans une fixation autour de l'axe (A) fixé de l'arbre,
  - b) la pièce (3), en rotation autour de l'axe (A) de l'arbre, est usinée à l'aide d'une bande abrasive (2) sans fin, entraînée en continu, qui enlace en partie la surface périphérique à usiner de la pièce (3) pendant l'usinage et s'applique de façon plane sur la pièce (3) dans une zone prédéfinie par l'angle d'enlacement ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ), et
  - c) l'angle d'enlacement ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ) est modifié pendant l'usinage de la pièce (3),

**caractérisé en ce que** la bande abrasive (2) est supportée dans la zone de la surface de la pièce par une bande d'appui sans fin (11), tendue parallèlement à la bande abrasive (2), la bande abrasive (2) et la bande d'appui (11) étant déplacées dans le même sens et à la même vitesse.

2. Procédé suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** la bande abrasive (2) est guidée sur un porte-outil (1) par l'intermédiaire d'un dispositif de serrage (5) ainsi que de deux renvois (7), qui délimitent une

zone de travail (L), et que la pièce (3), pour son usinage, est amenée au contact d'une section de bande abrasive (8) librement tendue entre les renvois (7) par un mouvement d'avance du porte-outil (1) et/ou de la fixation de pièce.

3. Procédé suivant la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'angle d'enlacement ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ) est modifié par variation du parcours d'avance du porte-outil (1) ou de la fixation de pièce, ainsi que par une modification adaptée de la longueur de la section de bande abrasive (8).
4. Procédé suivant la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** la bande abrasive (2) est guidée par une boucle (9) au travers d'un stockage de bande (10) disposé dans le parcours de rotation de la bande abrasive (2), et que la longueur (L) de la section de bande abrasive (8) dans la zone de travail est contrôlée à l'aide du stockage de bande (10).
5. Procédé suivant l'une des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce que** l'angle d'enlacement ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ) est modifié par un déplacement relatif mutuel des renvois (7).
6. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** l'angle d'enlacement ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ) est modifié dans une plage angulaire allant jusqu'à 270°.
7. Procédé suivant la revendication 6, **caractérisé en ce que** un angle d'enlacement ( $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ) de plus de 180° est réglé lors de l'usinage de la pièce.
8. Procédé suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** la bande d'appui (11) est guidée par l'intermédiaire d'un dispositif de serrage séparé (12) et est entraînée en continu, comme la bande abrasive (2).

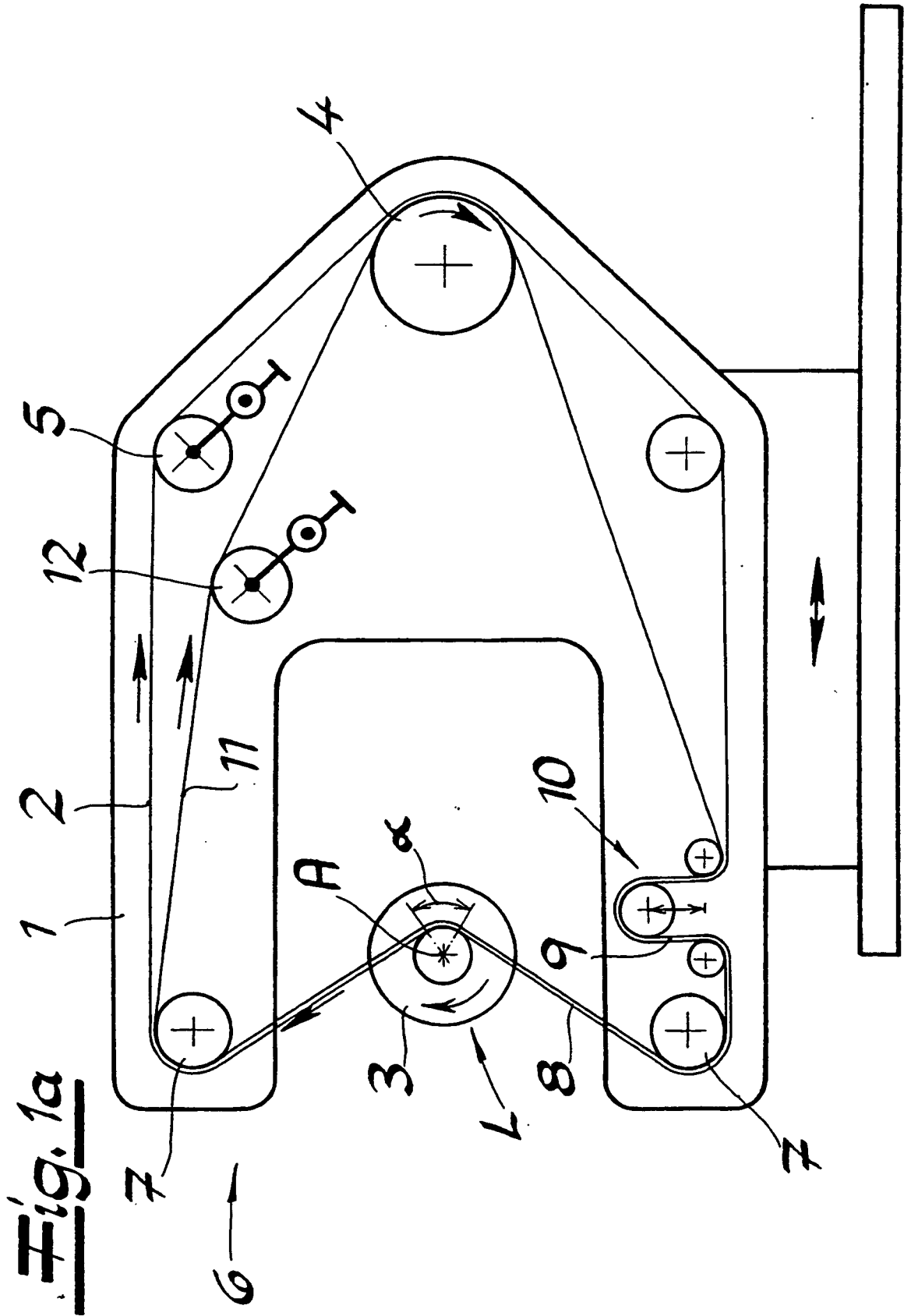




Fig. 2a

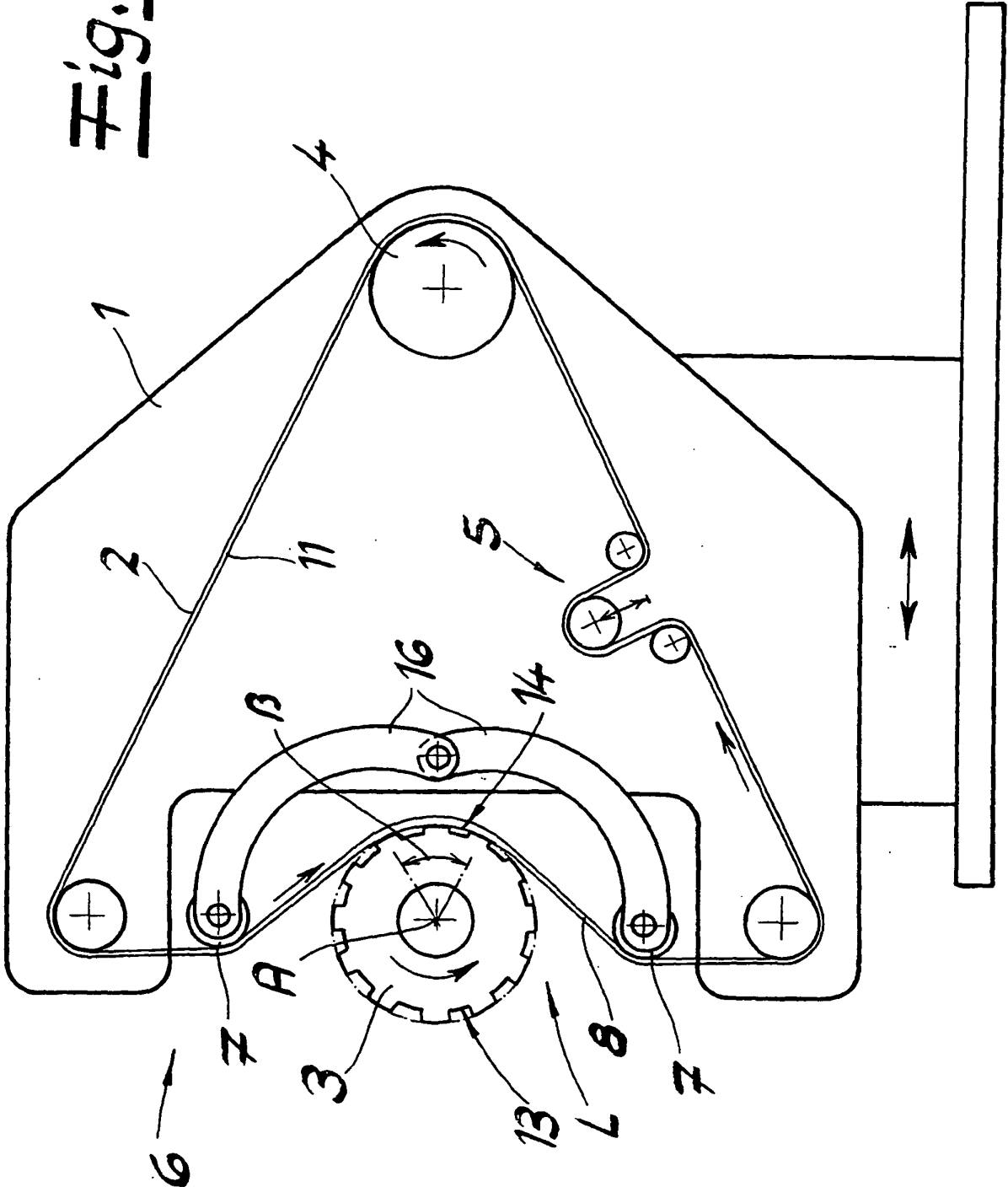


Fig. 2b

