



(12) **Berichtigung der Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2008 049 516.6**

(22) Anmeldetag: **19.09.2008**

(43) Offenlegungstag: **25.03.2010**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **18.04.2013**

(15) Korrekturinformation:
Es existieren 21 Patentsprüche.

(48) Veröffentlichungstag der Berichtigung: **06.03.2014**

(51) Int Cl.: **B23B 5/18 (2006.01)**
B23B 27/14 (2006.01)

(73) Patentinhaber:
**Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH, 72622,
Nürtingen, DE**

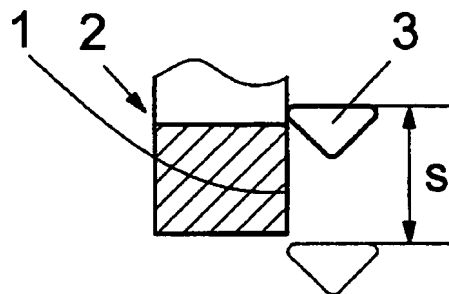
(74) Vertreter:
Jackisch-Kohl und Kohl, 70469, Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
**Roleder, Jürgen, 73230, Kirchheim, DE; Märker,
Wolfgang, 72636, Frickenhausen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
DE 41 35 681 A1
DE 10 2006 016 626 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur spanenden Bearbeitung von Werkstückflächen an Werkstücken, insbesondere an Kurbelwellen, sowie Schneideinsatz zur Durchführung eines solchen Verfahrens**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur spanenden Bearbeitung von Werkstückflächen an Werkstücken, insbesondere an Kurbelwellen, bei dem die Werkstückfläche bei der Bearbeitung rotiert und die Bearbeitung der Werkstückfläche mittels wenigstens zweier mit Abstand nebeneinander liegender, zumindest im Wesentlichen gleichzeitig arbeitender Schneiden einer Schneidplatte erfolgt, dadurch gekennzeichnet, dass die Schneidplatte (3, 3A bis 3D) in einem ersten Verfahrensschritt längs einer ersten Bahn (A) von einer Ausgangsposition zum Einstechdrehen im Wesentlichen in axialer Richtung auf die Werkstückfläche (1, 11, 12) zu bis zu einer ersten Sollposition bewegt wird, dass anschließend die Schneidplatte (3, 3A bis 3D) in einem zweiten Verfahrensschritt längs einer quer zur ersten Bahn (A) liegenden zweiten Bahn (B) zum Plandrehen der Werkstückfläche (1, 11, 12) bis zu einer ersten radialen Sollposition bewegt wird, wobei das Plandrehen der Werkstückfläche (1, 11, 12) durch die beiden Schneiden (3a bis 3f) erfolgt, die zumindest im Wesentlichen gleichzeitig Material an der Werkstückfläche (1, 11, 12) bei der Bewegung längs der zweiten Bahn (B) abtragen.



Die oben angegebenen bibliographischen Daten entsprechen dem aktuellen Stand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Berichtigung.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur spanenden Bearbeitung von Werkstückflächen an Werkstücken, insbesondere an Kurbelwellen, nach dem Oberbegriff des Anspruches 1 bzw. 8 sowie einen Schneideinsatz zur Durchführung eines solchen Verfahrens gemäß Anspruch 17.

[0002] Es ist bekannt, Stirnflächen von Rotationsteilen durch Plandrehen spanend zu bearbeiten. Es ist weiter bekannt, die Seitenwangen an Hauptlagern von Kurbelwellen durch Plandrehen zu bearbeiten. Die Seitenwangen bei Hublagern und Hauptlagern einer Kurbelwelle werden auch durch Außenfräsen bearbeitet.

[0003] Weiter ist bekannt, an Kurbelwellen die Seitenwangen, die Freistiche am Übergang von den Seitenwangen zu den Lagerflächen und die Lagerflächen selbst durch nacheinander in Eingriff gebrachte Schneidplatten spanend zu bearbeiten. Sie werden längs programmierter Bahnen bewegt. Die Schneidplatten haben eine Schneide, so dass die Planflächen einschneidig bearbeitet werden.

[0004] Es ist ferner bekannt, die zylindrischen Hauptlagerflächen einer Kurbelwelle durch Strehlen zu bearbeiten (DE 41 35 681 A1).

[0005] Bei der Kurbelwellenbearbeitung ist auch bekannt (DE 10 2006 016 626 A1), eine Seitenwange und eine Hälfte der Lagerfläche der Kurbelwelle mittels einer einzigen Schneidplatte in einem Durchgang spanend zu bearbeiten. Die Schneidplatte ist so geformt, dass die Seitenwange durch einschneidiges Plandrehen und die Lagerfläche durch Strehlen bearbeitet wird.

[0006] Die genannten Plandrehverfahren haben sich in der Praxis bewährt und erzielen gute Bearbeitungsqualitäten. Da das Plandrehen allerdings einschneidig durchgeführt wird, ist das Zeitspanvolumen relativ gering und die Taktzeit hoch. Auch bei der kombinierten Bearbeitung von Seitenwangen und Lagerfläche mittels einer Schneidplatte in einem Durchgang wird das Zeitspanvolumen beim Plandrehen der Seitenwange nicht erhöht, weil das Plandrehen ebenfalls einschneidig durchgeführt wird.

[0007] Der Erfindung liegt darum die Aufgabe zugrunde, das gattungsgemäße Verfahren und den gattungsgemäßen Schneideinsatz so auszubilden, dass beim Plandrehen eine hohe Produktivität erzielt wird.

[0008] Diese Aufgabe wird beim gattungsgemäßen Verfahren erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 bzw. des Anspruches 8 und beim gattungsgemäßen Schneideinsatz

erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 17 gelöst.

[0009] Beim erfindungsgemäßen Verfahren nach Anspruch 1 wird die quer zur Axialrichtung sich erstreckende Werkstückfläche mit Hilfe eines Radialstrehlverfahrens bearbeitet. Die Schneidplatte wird hierzu zunächst längs der ersten Bahn von einer Ausgangsposition aus zum Einstechdrehen im Wesentlichen in axialer Richtung auf die Werkstückfläche zu bewegt, bis sie eine erste Sollposition einnimmt. Anschließend wird die Schneidplatte in einem zweiten Verfahrensschritt längs einer quer zur ersten Bahn verlaufenden zweiten Bahn bewegt. Die Schneidplatte ist hierbei mit wenigstens zwei Schneiden in Eingriff mit dieser Werkstückfläche. Sie wird bei der Bewegung der Schneidplatte längs der zweiten Bahn durch Plandrehen bearbeitet. Die beiden Schneiden tragen zumindest im Wesentlichen gleichzeitig Material an dieser Werkstückfläche ab. Die Schneidplatte wird längs der zweiten Bahn so weit bewegt, bis eine erste radiale Sollposition erreicht wird. Die für diesen Radialstrehlvorgang vorgesehenen Schneiden haben, bezogen auf die erste Bahn, einen Abstand voneinander. Die Schneidplatte wird längs der zweiten Bahn so weit bewegt, dass mit den beiden Schneiden die Werkstückfläche in gewünschtem Maße vollständig spanabhebend bearbeitet worden ist. Der Bewegungsweg der Schneidplatte ist hierbei vorteilhaft nur geringfügig größer als der Abstand zwischen den beiden Schneiden.

[0010] Ist die Werkstückfläche die Seitenwange einer Kurbelwelle, dann wird die Schneidplatte aus der Ausgangsposition heraus zunächst quer zur Seitenwange, d. h. in Achsrichtung der Lager der Kurbelwelle, bewegt, bis die Schneiden in die Seitenwange einstechen. Anschließend wird die Schneidplatte radial bewegt, wobei die beiden Schneiden der Schneidplatte Material von der Seitenwange abtragen, die während der Bearbeitung um die Achse der Kurbelwelle dreht. Die Drehzahl der Kurbelwelle und die Vorschubgeschwindigkeit der Schneidplatte sind so aufeinander abgestimmt, dass die Seitenwange über ihre Breite und ihren Umfang im gewünschten Maße spanabhebend bearbeitet wird.

[0011] Da die Werkstückfläche, insbesondere die Seitenwange einer Kurbelwelle, durch eine wenigstens zweischneidige Schneidplatte bearbeitet wird, wird eine sehr hohe Produktivität erreicht. Dieses Verfahren ermöglicht unter Einhaltung der geforderten Qualität ein hohes Zeitspanvolumen.

[0012] Dieses Plandrehen von stirnseitigen Werkstückflächen kann mit anderen Bearbeitungsverfahren kombiniert werden. Dann ergeben sich neue Prozessketten mit hoher Produktivität.

[0013] Bei der mehrschneidigen Schneidplatte ist der Vorschubweg der einzelnen Schneiden gegenüber einer einschneidigen Schneidplatte gering, wodurch sich die Gesamtstandzeit trotz der in äußeren Schneidenabschnitten höheren Schnittgeschwindigkeit deutlich erhöht. Da die einzelnen Schneiden nur eine geringe Einstichbreite haben, wirken auf das Werkstück, insbesondere die Kurbelwelle, während des axialen Einstechens nur geringe Kräfte. Ist das Werkstück eine Kurbelwelle, dann wirkt sich die vergleichsweise hohe Steifigkeit der Kurbelwelle in axialer Richtung zusätzlich positiv auf die Bearbeitung aus.

[0014] Beim erfindungsgemäßen Verfahren nach Anspruch 8 werden sowohl die ersten und zweiten Werkstückflächen als auch die Lagerfläche durch eine mehrschneidige Schneidplatte spanabhebend bearbeitet. Hierbei kann für die seitlichen Werkstückflächen und die Lagerfläche eine einzige Schneidplatte eingesetzt werden, die an drei Seiten jeweils mindestens zwei mit Abstand voneinander liegende Schneiden aufweist. Es ist aber auch möglich, sowohl für die seitlichen Werkstückflächen als auch für die Lagerfläche jeweils getrennte mehrschneidige Schneidplatten einzusetzen.

[0015] Ist das Werkstück eine Kurbelwelle, dann wird mit diesem Verfahren zunächst die eine Seitenwange durch Radialstrehlen mit der mehrschneidigen Schneidplatte bearbeitet. Die zylindrischen Lagerflächen der Haupt/Hublager werden ebenfalls durch Strehlen bei rotierender Kurbelwelle bearbeitet, wobei die Schneidplatte in Achsrichtung des Lagers bewegt wird. Die andere Seitenwange kann dann erneut im Radialstrehlverfahren durch die mehrschneidige Schneidplatte bearbeitet werden.

[0016] Der erfindungsgemäße Schneideinsatz zeichnet sich dadurch aus, dass an die Hauptschneidkante eine im Wesentlichen kreissegmentförmige Nebenschneidkante vorzugsweise tangential und unmittelbar anschließt. Das Kreissegment der Nebenschneidkante weist einen Mittelpunktswinkel von mindestens 90°, insbesondere mindestens 120° auf. Eine Nebenfleißfläche verjüngt sich von jedem Punkt der Nebenschneidkante in Richtung auf die Seitenfläche des Schneideinsatzes hin, welche die obere und untere Seitenflächen des Schneideinsatzes verbindet.

[0017] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

[0018] Die Erfindung wird anhand einiger in der Zeichnung dargestellter Ausführungsformen näher erläutert. Es zeigen

[0019] Fig. 1 in schematischer Darstellung ein bekanntes Plandrehverfahren einer Stirnfläche eines Rotationsteils,

[0020] Fig. 2a bis Fig. 2c in schematischer Darstellung eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem eine plane ringförmige Stirnseite eines rotationssymmetrischen Werkstückes mittels einer mehrschneidigen Schneidplatte spanabhebend bearbeitet wird,

[0021] Fig. 2d in schematischer Darstellung die kegelförmige Stirnseite eines rotationssymmetrischen Werkstückes durch eine mehrschneidige Schneidplatte,

[0022] Fig. 3a bis Fig. 3f eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem eine ringförmige Planfläche in zwei Durchgängen mittels einer mehrschneidigen Schneidplatte bearbeitet wird,

[0023] Fig. 4a in schematischer Darstellung eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem mit einer mehrschneidigen Schneidplatte eine rotationssymmetrische Fläche sowie ein Freistich an dieser Fläche mittels einer mehrschneidigen Schneidplatte bearbeitet werden,

[0024] Fig. 4b den Ausschnitt X in Fig. 4a in vergrößerter Darstellung,

[0025] Fig. 5 in schematischer Darstellung und in Seitenansicht die beim Verfahren gemäß den Fig. 4a und Fig. 4b eingesetzte mehrschneidige Schneidplatte,

[0026] Fig. 6a bis Fig. 6d in schematischer Darstellung eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem mit der Schneidplatte gemäß Fig. 5 die Freistiche, die ebenen Seitenflächen und die Lagerfläche eines rotationssymmetrischen Werkstückes bearbeitet werden,

[0027] Fig. 7a bis Fig. 7d in schematischer Darstellung eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem die Freistiche, die Seitenflächen und die Lagerfläche des rotationssymmetrischen Werkstückes mit einer anderen Ausführungsform einer mehrschneidigen Schneidplatte bearbeitet werden,

[0028] Fig. 8a bis Fig. 8f in schematischer Darstellung eine weitere Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem mit einer weiteren Ausführungsform einer mehrschneidigen Schneidplatte die planen Seitenflächen und die rotationssymmetrische Fläche eines Werkstückes bearbeitet werden,

[0029] Fig. 9a bis Fig. 9f in schematischer Darstellung unterschiedlicher Ablaufvarianten bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

[0030] Fig. 10a eine erfindungsgemäße Schneidplatte in Draufsicht, Vorderansicht und Seitenansicht,

[0031] Fig. 10b die Schneidplatte gemäß Fig. 10a in perspektivischer Darstellung,

[0032] Fig. 10c eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Schneidplatte in perspektivischer Darstellung,

[0033] Fig. 10d eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Schneidplatte in perspektivischer Darstellung,

[0034] Fig. 10e eine Draufsicht auf eine Schneide der Schneidplatte gemäß Fig. 10d.

[0035] Fig. 1 zeigt die Bearbeitung einer ebenen Stirnfläche 1 eines Werkstückes 2 mit einer Schneidplatte 3. Sie ist einschneidig ausgebildet und legt bei der spanenden Bearbeitung den Vorschubweg s in Y-Richtung zurück. Aufgrund der einschneidigen Ausführung der Schneidplatte 3 ist das Zeitspanvolumen relativ gering und die Taktzeit dementsprechend hoch.

[0036] Im Folgenden werden unterschiedliche Verfahren und Werkzeuge in Form von mehrschneidigen Schneidplatten beschrieben, mit denen ein hohes Zeitspanvolumen mit hoher Qualität und geringen Taktzeiten möglich ist. Anhand der Ausführungsbeispiele wird die spanende Bearbeitung von rotationssymmetrischen Werkstückflächen beschrieben, insbesondere von Kurbelwellen, insbesondere PKW-Kurbelwellen. Die jeweilige Werkstückfläche dreht bei der Bearbeitung. Der Spanabtrag an der jeweiligen Werkstückfläche erfolgt mittels wenigstens zweier mit Abstand nebeneinander liegender, im Wesentlichen gleichzeitig arbeitender Schneiden einer Schneidplatte.

[0037] Fig. 2a zeigt das Werkstück 2 mit der ebenen Stirnfläche 1, die als Ringfläche ausgebildet ist. Die Schneidplatte 3 ist mehrschneidig ausgebildet und hat im Ausführungsbeispiel drei mit in Vorschubrichtung mit Abstand nebeneinander liegenden Schneiden 3a bis 3c. Sie sind vorteilhaft gleich ausgebildet und in gleichen Abständen voneinander angeordnet. In Fig. 2a befindet sich die Schneidplatte 3 noch mit axialem Abstand zur zu bearbeitenden Stirnfläche 1. Die Schneidplatte 3 wird aus dieser Lage in Achsrichtung (X-Richtung) auf die plane Stirnfläche 1 zu bewegt. Die Schneidplatte 3 ist hierbei so angeordnet, dass bei dieser Einstichbewegung die Schneiden 3a und 3b mit der Stirnfläche 1 in Eingriff kommen (Fig. 2b). Theoretisch könnte die Schneide 3c beim

Einstecken auf ihrer gesamten Breite mit der Stirnfläche in Eingriff gebracht werden, jedoch nur unter der Bedingung, dass die Stirnfläche vollständig bis zum Durchmesser D_a exakt plan bearbeitet wird. Ansonsten würde ein Rand stehen bleiben. In diesem theoretischen Fall wäre die Bahn B sehr kurz, was hinsichtlich der Bearbeitungszeit optimal wäre. Weil der Durchmesser D_a jedoch Fertigungstoleranzen aufweist, muss sozusagen ein Sicherheitszuschlag berücksichtigt werden. Aus diesem Grund kommt die Schneide 3c in Fig. 2b beim Einstecken lediglich mit ihrer Schneidenecke mit der Stirnfläche 1 in Kontakt. Wie anhand der Fig. 8a bis Fig. 8f erläutert werden wird, ist die Schneidkante der Schneide 3c beim Einstecken bereits ca. 50% im Eingriff.

[0038] Die Schneidplatte 3 wird aus der Ausgangslage gemäß Fig. 2a in X-Richtung um das Maß A axial bewegt. Die Schneiden 3a, 3b greifen in die Stirnfläche 1 ein. Hierbei werden Planeinstiche erzeugt. Nach Erreichen der axialen Sollposition wird die Schneidplatte 3 in radialer Richtung (Y-Richtung) längs der Vorschubbahn B in Richtung auf die Rotationsachse 4 des Werkstückes 2 bewegt. Sobald sich die Schneide 3a geringfügig über den Innendurchmesser D_i der ringförmigen Stirnfläche 1 hinaus bewegt hat (Fig. 2c), wird die Schneidplatte 3 in Achsrichtung von der Stirnfläche 1 abgehoben. Dieser Abhebevorgang erfolgt beispielsweise in axialer Richtung, kann aber auch in einer zwei- oder mehrachsigen Bewegung erfolgen, indem die Schneidplatte 3 beispielsweise schräg zur X- und zur Y-Richtung abgehoben wird.

[0039] Die Schneiden 3a bis 3c haben in Y-Richtung, das heißt in Vorschubrichtung B, einen Abstand L_1 voneinander. Er ist im Ausführungsbeispiel kleiner als die radiale Breite $D_a - D_i$ der ringförmigen Stirnfläche 1. Aufgrund der mehrschneidigen Ausbildung muss die Schneidplatte 3 bei der Bearbeitung der Stirnfläche 1 nur einen kurzen Vorschubweg B in Radialrichtung zurücklegen, um die Stirnfläche 3 über ihre radiale Breite zu bearbeiten. Der Vorschubweg B ist nur wenig größer als der Abstand L_1 der Schneiden und kleiner als die radiale Breite $D_a - D_i$ der Stirnfläche 1. Ein Vergleich mit dem Vorschubweg s beim Stand der Technik (Fig. 1) zeigt, dass der Vorschubweg B um ein Wesentliches kürzer ist als der Vorschubweg s . Dadurch kann die Bearbeitungszeit sehr kurz gehalten werden.

[0040] Vorzugsweise wird eine mittlere Schnittgeschwindigkeit v_{cm} eingestellt, die etwa eine auf die mittlere Schneide 3b der Schneidplatte 3 bezogene Schnittgeschwindigkeit ist. Dadurch ergibt sich eine ausgewogene Schnittgeschwindigkeitsverteilung bzw. Schneidenbelastung. In Fig. 2a ist die Schnittgeschwindigkeit v_c der drei Schneiden 3a bis 3c angegeben. Danach ist die Schnittgeschwindigkeit der in Vorschubrichtung B vorderen Schneide 3a kleiner

als die Schnittgeschwindigkeit der mittleren Schneide **3b**. An der Schneide **3c** schließlich tritt, da sie den größten Abstand von der Rotationsachse **4** hat, die höchste Schnittgeschwindigkeit auf. Aufgrund dieser unterschiedlichen, den einzelnen Schneiden **3a** bis **3c** zugeordneten Schnittgeschwindigkeiten ergibt sich ein Schnittgeschwindigkeitsunterschied Δv_c , der sich aus der Differenz der größten Schnittgeschwindigkeit (Schneide **3c**) und der geringsten Schnittgeschwindigkeit (Schneide **3a**) ergibt.

[0041] Die Schneidkanten der Schneiden **3a** bis **3c** sind präzise rechtwinklig zur Rotationsachse **4** des Werkstückes **2** ausgerichtet. Dadurch ergibt sich nach der spanenden Bearbeitung eine ebene Stirnfläche **1** ohne Absätze. Hierzu trägt in vorteilhafter Weise bei, dass der Vorschubweg B in radialer Richtung (Y-Richtung) geringfügig größer gewählt wird als der Abstand L_1 zwischen den benachbarten Schneiden **3a** bis **3c**.

[0042] Im Ausführungsbeispiel wird mit sämtlichen drei Schneiden **3a** bis **3c** die ebene, ringförmige Stirnfläche **1** bearbeitet. Die Drehzahl des Werkstückes **2** und die Vorschubgeschwindigkeit der Schneidplatte **3** sind so aufeinander abgestimmt, dass die Stirnfläche **1** über ihren gesamten Umfang und ihre gesamte radiale Breite bearbeitet wird. Bei dem beschriebenen Verfahren treten an den einzelnen, sich in radialer Richtung erstreckenden Schneiden **3a** bis **3c** unterschiedliche Schnittgeschwindigkeiten v_c auf. Dies führt zu einer unterschiedlich starken Abnutzung der Schneiden, wobei die Abnutzung der radial äußersten Schneide **3c** infolge der höchsten Schnittgeschwindigkeit auch am größten ist. Bei der Gesamtbetrachtung ist allerdings zu berücksichtigen, dass der Vorschubweg der einzelnen Schneiden **3a** bis **3c** der mehrschneidigen Schneidplatte **3** gegenüber einer einschneidigen Schneidplatte (**Fig. 1**) wesentlich kürzer ist. Dadurch wird die Gesamtstandzeit der Schneidplatte **3** trotz der in den äußeren Schneidenabschnitten höheren Schnittgeschwindigkeit insgesamt erheblich verlängert. Wegen der geringen Einstichbreite der einzelnen Schneiden **3a** bis **3c** sind die auf das Werkstück **2** während des axialen Einstichvorganges wirkenden Kräfte verhältnismäßig gering. Bei einer Kurbelwelle als Werkstück **2** wirkt sich die vergleichsweise hohe Steifigkeit der Kurbelwelle in axialer Richtung zusätzlich positiv auf die Bearbeitung aus.

[0043] **Fig. 2d** zeigt die Möglichkeit, in der beschriebenen Weise nicht nur eine in einer Radialebene des Werkstückes **2** liegende plane Stirnfläche **1** zu bearbeiten, sondern auch eine Stirnfläche **1**, die auf einem Kegelmantel liegt. Die Schneidplatte **3** wird in grundsätzlich gleicher Weise, wie anhand der **Fig. 2a** bis **Fig. 2c** beschrieben, geführt und relativ zum Werkstück **2** bewegt. Aufgrund der Kegelfläche wird die Schneidplatte **3** nicht in X-Richtung an die kegeli-

ge Stirnfläche **1** herangeführt, sondern unter einem Winkel zu der eingezeichneten X-Richtung. Diese Bewegung der Schneidplatte **3** an das Werkstück **2** heran liegt senkrecht zur Stirnfläche **3**, im Axialschnitt gemäß **Fig. 2d** gesehen. Anschließend wird die Schneidplatte **3** entsprechend dem Kegelwinkel in Richtung auf die Drehachse des Werkstückes **2** so weit bewegt, dass mit den Schneiden der Schneidplatte **3** die Stirnfläche **1** über ihre radiale Breite und über ihren Umfang bearbeitet ist.

[0044] Bei der Vorgehensweise gemäß den **Fig. 3a** bis **Fig. 3f** wird die ringförmige ebene Stirnfläche **1** des Werkstückes **2** mit der Schneidplatte **3** in zwei Durchgängen bearbeitet. Vorteilhaft weisen die beiden Bearbeitungsdurchgänge den gleichen Ablauf auf. Vorteilhaft ist es hierbei, die Schnittgeschwindigkeit für jeden dieser beiden Durchgänge anzupassen. Je nach radialer Breite kann die Stirnfläche **1** auch in drei oder mehr Durchgängen bearbeitet werden. Durch die Aufteilung auf mehrere Durchgänge wird die maximal auftretende, auf das Werkstück **2** und die Schneidplatte **3** wirkende Radialkraft gering gehalten. Dadurch können hohe Genauigkeiten erzielt werden.

[0045] Da die Schnittgeschwindigkeit für jeden einzelnen Durchgang angepasst werden kann, lässt sich das Werkstück **2** bei hoher Qualität und geringer Belastung optimal innerhalb kurzer Zeit bearbeiten.

[0046] **Fig. 3a** zeigt den Ausgangszustand, bei dem die Schneidplatte **3** noch axialen Abstand von der zu bearbeitenden Stirnfläche **1** des Werkstückes **2** hat. Die in einer Radialebene des Werkstückes **2** liegende Stirnfläche **1** hat einen Innendurchmesser D_i und einen Außendurchmesser D_a . Während der Bearbeitung wird das Werkstück **2** um seine Achse **4** gedreht. Die Schneidplatte **3** mit den beispielhaft angegebenen drei Schneiden **3a** bis **3c** befindet sich am radial äußeren Rand der Stirnfläche **1**. Bei rotierendem Werkstück **2** wird die Schneidplatte **3** in X-Richtung um das Maß A axial so verschoben, dass die radial innere und mittlere Schneide **3a**, **3b** der Schneidplatte **3** in die Stirnfläche **1** einstechen (**Fig. 3b**). Dadurch werden in der Stirnfläche **1** zwei Ringnuten **5** und **6** gebildet, die koaxial zueinander liegen und einen dem Schneidenabstand entsprechenden Abstand voneinander haben.

[0047] Anschließend wird die Schneidplatte **3** in X-Richtung radial verschoben, wobei die Schneiden **3a** bis **3c** die Stirnfläche **1** spanabhebend bearbeiten. Die Schneidplatte **3** wird vom radial äußeren Rand der Stirnfläche **1** aus radial um den Vorschubweg B verschoben, der vorteilhaft nur geringfügig größer ist als der Abstand L_1 (**Fig. 2c**) der Schneiden der Schneidplatte **3** voneinander. Die Schneidplatte **3** wird nur so weit radial verschoben, dass die Stirnfläche **1** nur über einen Teil ihrer radialen Breite

spanabhebend bearbeitet ist. Im dargestellten Ausführungsbeispiel hat die teilbearbeitete Stirnfläche **1** somit einen radial außen liegenden, teilbearbeiteten Flächenabschnitt **1a** und einen radial inneren Flächenabschnitt **1b**, der noch nicht durch die Schneidplatte **3** spanabhebend bearbeitet worden ist.

[0048] Nachdem die Schneidplatte **3** den Vorschubweg B (**Fig. 3c**) ausgeführt hat, wird sie axial vom Werkstück **2** abgehoben und so weit radial in Y-Richtung verschoben, dass sie mit axialem Abstand dem unbearbeiteten Flächenabschnitt **1b** der Stirnfläche **1** gegenüberliegt (**Fig. 3b**).

[0049] Nunmehr beginnt der zweite Durchgang. Die Schneidplatte **3** wird in der neuen Stellung axial um das Maß A gegen den unbearbeiteten Flächenabschnitt **1b** in X-Richtung verschoben, bis die Schneiden **3a**, **3b** der Schneidplatte **3** in den unbearbeiteten Flächenabschnitt **1b** einstechen (**Fig. 3e**). Da das Werkstück **2** während der Bearbeitung um seine Achse **4** rotiert, bilden sich durch die einstechenden Schneiden **3a**, **3b** im Flächenabschnitt **1b** zwei koaxial und mit Abstand zueinander liegende Ringnuten **7**, **8**.

[0050] Nach dem Einstechvorgang wird die Schneidplatte **3** radial um das Maß B in Vorschubrichtung verfahren, wobei der Flächenabschnitt **1b** spanabhebend bearbeitet wird.

[0051] Der Vorschubweg B im zweiten Durchlauf ist wiederum vorteilhaft nur wenig größer als der Schneidenabstand L1 (**Fig. 2c**). Dadurch ist wiederum gewährleistet, dass in der Stirnfläche **1** nach der Bearbeitung keine Absätze stehenbleiben.

[0052] Der axiale Einstechweg A im zweiten Durchlauf ist so gewählt, dass nach der Bearbeitung ein absatzloser Übergang zwischen dem zuerst bearbeiteten Flächenabschnitt **1a** und dem nachfolgend bearbeiteten Flächenabschnitt **1b** erfolgt.

[0053] Nach der Bearbeitung des radial innen liegenden Flächenabschnittes **1b** wird die Schneidplatte **3** axial zurückgezogen, so dass sie wieder Abstand vom Werkstück **2** hat.

[0054] Nunmehr kann ein nächstes Werkstück **2** bearbeitet werden. In diesem Falle ist es vorteilhaft, wenn zunächst der radial innere Flächenabschnitt **1b** in einem ersten Durchlauf spanabhebend bearbeitet wird, da sich die Schneidplatte **3** noch im Bereich des radial inneren Flächenabschnittes **1b** befindet. In diesem Falle wird die Schneidplatte **3** nach dem axialen Einstechen in Radialrichtung nach außen verschoben, um den radial innen liegenden Flächenabschnitt **1b** zu bearbeiten. Anschließend wird, wie zuvor erläutert, die Schneidplatte **3** axial abgehoben und radial nach außen bis in Höhe des radial äußeren Flächen-

abschnittes **1a** bewegt. Anschließend erfolgt die axiale Einstechbewegung und daran anschließend die radiale Vorschubbewegung, bei der die Schneidplatte **3** radial nach außen verschoben wird, um den radial außen liegenden Flächenabschnitt **1a** zu bearbeiten.

[0055] Es ist selbstverständlich möglich, dass die spanabhebende Bearbeitung des Werkstückes **2** immer in der Weise erfolgt, dass die Schneidplatte **3** am radial äußeren oder am radial inneren Flächenabschnitt der zu bearbeitenden Stirnfläche angesetzt wird. In diesen Fällen wird die Schneidplatte **3** nach Beendigung des zweiten Durchlaufes und axialem Abheben wieder in die Ausgangslage radial nach außen bzw. radial nach innen verschoben.

[0056] Die in den **Fig. 2** und **Fig. 3** beschriebenen Stirnflächen **1** können beispielsweise die Seitenwangen einer Kurbelwelle sein. Anhand der **Fig. 4a** und **Fig. 4b** wird die konkrete Bearbeitungssituation an einem Hauptlager **9** einer Kurbelwelle **10** beschrieben. An das Hauptlager **9** schließen die Seitenwangen **11** und **12** der Kurbelwelle **10** an. Die bei der Bearbeitung eingesetzte Schneidplatte **3** hat zusätzlich zu den Schneiden **3a** bis **3c** eine zusätzliche Schneide **3d**, mit der ein Freistich **13** am Übergang von der zylindrischen Lagerfläche **14** zu den Seitenwangen **11**, **12** hergestellt wird.

[0057] **Fig. 4b** zeigt mit einer dünnen ausgezogenen Linie die Werkstückkontur **15** der Lagerfläche **14** und der Seitenwange **12** vor der spanabhebenden Bearbeitung mit der Schneidplatte **3**. Mit der dicken ausgezogenen Linie **16** ist die Werkstückkontur in diesem Bereich nach der Fertigbearbeitung dargestellt. Die Schneidplatte **3** befindet sich gemäß **Fig. 4b** in einer Ausgangslage vor der Bearbeitung. Die Schneiden **3a** bis **3d** haben zur Werkstückkontur **15** einen ausreichenden Sicherheitsabstand SD, der in Richtung auf die Lagerfläche **14** und auf die Seitenwange **11**, **12** gleich groß sein kann. Das abzutragende Aufmaß ist mit R bezeichnet. Dieses Aufmaß R kann an der Lagerfläche **14** und an der Seitenwange **11** gleich groß, selbstverständlich aber auch unterschiedlich groß sein.

[0058] Die Schneide **3d** der Schneidplatte **3** entspricht in ihrer Form im Wesentlichen der Kontur des Freistiches **13**.

[0059] Aus der Ausgangslage gemäß **Fig. 4a**, **Fig. 4b** wird die Schneidplatte **3** zunächst längs der Vorschubbahn A in X-Richtung bewegt, so dass die Schneiden **3a** bis **3d** in die Seitenwange **12** einstechen. Wie sich aus **Fig. 4a** ergibt, ist die Schneidplatte **3** in der Ausgangslage so angeordnet, dass die radial außen liegende Schneide **3c** beim Einstechvorgang noch nicht oder nur mit einem geringen Teil ihrer Schneidkante in die Seitenwange **12** eingreift. Das Aufmaß R ist so groß, dass die Schneiden **3a**

bis **3d** der Schneidplatte **3** so weit in X-Richtung bewegt werden, dass die Schneiden **3a** bis **3d** die Seitenwange **12** beim anschließenden Plandrehen in Y-Richtung die Endkontur **16** (fett ausgezogene Linie) erzeugen. Wie schon bei den vorigen Ausführungsbeispielen ist der Vorschubweg B geringfügig größer als der Abstand L1 der Schneiden **3a** bis **3d** voneinander. Dadurch ist sichergestellt, dass die Seitenwange **12** über ihre radiale Breite absatzlos plangedreht wird. Außerdem ist der Vorschubweg B so groß, dass der Freistich **13** am Übergang von der Seitenwange **12** zur Lagerfläche **14** in der ausreichenden Tiefe hergestellt wird.

[0060] Nach Erreichen der radialen Endposition wird die Schneidplatte **3** von der Werkstückoberfläche abgehoben. Die Schneidplatte **3** wird vorteilhaft so abgehoben, dass an der Werkstückoberfläche keine Rückzugsmarkierungen entstehen. Hierzu wird die Schneidplatte **3** vorteilhaft schräg zur X- und Y-Richtung zurückgezogen. Hierbei ist es von Vorteil, wenn die Schneidplatte **3** unter dem Winkel β (**Fig. 4b**) zurückgezogen wird. Der Rückzugswinkel β wird durch die Tangente an die Freistichkontur **16** am Übergang vom Freistich **13** in die Lagerfläche **14** bestimmt. Bei einem solchen Rückzug bleibt die Sollgeometrie des Freistiches **13** erhalten.

[0061] Die den Freistich **13** erzeugende Schneide **3d** hat, in Ansicht gemäß den **Fig. 4a** und **Fig. 4b** gesehen, eine Rückenfläche **17**, die unter dem Winkel β an einen Rand **18** der Schneidplatte **3** anschließt. Er ist in Bezug auf die Schneide **3d** so weit in Vorschubrichtung Y zurückgesetzt, dass er nicht mit der Werkstückkontur **15** der Lagerfläche **14** in Berührung kommt, wenn mit der Schneidplatte **3** der Freistich **13** in der beschriebenen Weise hergestellt wird.

[0062] Die gegenüberliegende Seitenwange **11** mit dem anschließenden Freistich **13** wird mit einer entsprechenden Schneidplatte **3** in der beschriebenen Weise gefertigt.

[0063] **Fig. 5** zeigt in schematischer Darstellung eine zweite Ausführungsform einer Schneidplatte **3A**, die sich von der Schneidplatte **3** gemäß den **Fig. 4a**, **Fig. 4b** dadurch unterscheidet, dass sie an ihren beiden einander gegenüberliegenden Rändern jeweils die Schneiden **3a** bis **3d** aufweist. Mit dieser Schneidplatte **3A** wird die Seitenwange **12** bearbeitet. Alle nutzbaren Schneiden **3a** bis **3d** befinden sich auf der Oberseite der Schneidplatte. Da die Schneidplatte **3'** an beiden Rändern die Schneiden **3a** bis **3d** aufweist, entstehen geringe Schneidstoffkosten. Aufgrund der im Vergleich zum herkömmlichen Plandrehen sehr kurzen Gesamtvorschubbahn A, B ist die pro Schneide **3a** bis **3d** bearbeitbare Anzahl an Werkstücken sehr viel höher. Um die Schneiden am anderen Rand der Schneidplatte **3A** zu nutzen, wird sie um eine senkrecht zur Zeichenebene liegende Ach-

se um 180° gedreht. Die Schneidplatte **3A** ist durch die beidseitige Anordnung von Schneiden **3a** bis **3d** zweifach nutzbar, was die Schneidstoffkosten senkt. Soll die andere Seitenwange **11** bearbeitet werden, ist eine Schneidplatte erforderlich, die spiegelsymmetrisch zur Schneidplatte **3A** gemäß **Fig. 5** ausgebildet ist.

[0064] Die **Fig. 6a** bis **Fig. 6d** zeigen in schematischer Darstellung den beschriebenen Verfahrensablauf bei der Bearbeitung der Seitenwange **12** und des angrenzenden Freistiches **13**. In **Fig. 6a** befindet sich die Schneidplatte **3** in der Ausgangsstellung, in der sie mit dem Sicherheitsabstand SD (**Fig. 4b**) der zu bearbeitenden Werkstückoberfläche gegenüberliegt. Ausgehend von dieser Ausgangs- bzw. Startstellung wird die Schneidplatte **3** in X-Richtung um das Maß A in Richtung auf die Seitenwange **12** verschoben, wobei die Schneiden **3a** bis **3d** in die Werkstückoberfläche einstecken. Der Vorschubweg A ist so gewählt, dass anschließend die Schneidplatte **3** in Radialrichtung (Y-Richtung) längs der Seitenwange **12** bewegt wird. Der Vorschubweg B in Y-Richtung ist geringfügig größer als der Abstand L1 der Schneiden **3a** bis **3d** voneinander. Am Ende des Vorschubweges B hat die radial innen liegende Schneide **3d** den Freistich **13** am Übergang von der Seitenwange **12** zur Lagerflächenkontur **15** hergestellt (**Fig. 6c**). Anschließend wird die Schneidplatte **3** unter dem Winkel β schräg zur X- und zur Y-Richtung zurückgezogen. Die Schneiden **3a** bis **3d** heben hierbei von der Seitenwange **12** ab. Die in Ansicht gerundete Außenseite **19** der Schneide **3d** gleitet hierbei an der Wandung des Freistiches **13**. Anschließend wird mit einer zweiten spiegelsymmetrischen Schneidplatte **3** in der gleichen Weise die gegenüberliegende Seitenwange **11** und der Freistich **13** hergestellt.

[0065] Nach der Bearbeitung der Seitenwangen **11**, **12** und der Herstellung der Freistiche **13** muss noch das Aufmaß R an der Lagerfläche **14** abgetragen werden. Hierfür kann eine weitere Schneidplatte eingesetzt werden, die wenigstens zwei, vorzugsweise weitere Schneiden aufweist, die mit Abstand nebeneinander angeordnet sind. Zur Bearbeitung der Lagerfläche **14** wird eine solche Schneidplatte zunächst radial (Y-Richtung) zugestellt, wobei die Schneiden der Schneidplatte in die Werkstückkontur **15** einstecken. Dieser Einstechweg ist so gewählt, dass die Schneidplatte anschließend nur noch längs der Lagerfläche **14** in X-Richtung bewegt werden muss, um die Lagerfläche **14** über den noch nicht bearbeiteten Bereich zu bearbeiten. Der Vorschubweg der Schneidplatte in X-Richtung ist wiederum nur geringfügig größer als der Abstand der Schneiden voneinander, so dass eine absatzlose Zylinderfläche erzeugt wird. Während der Bearbeitung der Lagerfläche **14** dreht die Kurbelwelle in gleicher Weise wie bei der Bearbeitung der Seitenwangen **11**, **12** und der

Herstellung der Freistiche **13**. Anschließend wird die Schneidplatte radial abgehoben.

[0066] Je nach Aufmaß R ist es möglich, dass die Schneidplatte zweimal hin und her längs der Lagerfläche **14** verfahren wird, wobei nach dem ersten Hub ein Radialvorschub der Schneidplatte durchgeführt wird. Eine solche Vorgehensweise ist dann von Vorteil, wenn das Aufmaß R an der Lagerfläche **14** größer ist. Dann wird die Lagerfläche **14** in zwei, gegebenenfalls auch drei Durchgängen durch Hin- und Herbewegen der Schneidplatte längs der Lagerfläche **14** bearbeitet.

[0067] Die **Fig. 7a** bis **Fig. 7d** zeigen eine Verfahrensweise, bei der eine Schneidplatte **3B** eingesetzt wird, die sich von der Schneidplatte **3** gemäß den **Fig. 4** und **Fig. 6** dadurch unterscheidet, dass sie an einem Rand eine größere Zahl von Schneiden **3a** bis **3f** aufweist. Da die Schneidplatte **3B** vorteilhaft nicht oder nur unwesentlich größer ist als die Schneidplatte **3**, haben die Schneiden **3a** bis **3f** einen Abstand L2 voneinander, der kleiner ist als der Abstand L1 der Schneidplatte **3**. Im Übrigen ist diese Schneidplatte **3B** gleich ausgebildet wie die Schneidplatte **3** gemäß den **Fig. 4** und **Fig. 6**. Die radial innen liegende Schneide **3f** dient zur Herstellung des Freistiches **13** und ist dementsprechend in ihrer Form im Wesentlichen der Kontur des herzustellenden Freistiches **13** angepasst.

[0068] **Fig. 7a** zeigt die Schneidplatte **3B** in der Ausgangsstellung, in der die Schneiden **3a** bis **3f** mit dem Sicherheitsabstand SD (**Fig. 4b**) der Werkstückkontur **15** gegenüberliegen. Die Schneidplatte **3B** kann, wie anhand der **Fig. 6a** bis **Fig. 6d** beschrieben ist, zunächst in X- und anschließend in Y-Richtung bewegt werden, um die Seitenwange **12** zu bearbeiten und den Freistich **13** herzustellen. Die **Fig. 7a** bis **Fig. 7d** zeigen eine hiervon abweichende Verfahrensweise, indem die Schneidplatte **3B** aus der Ausgangsstellung gemäß **Fig. 7a** unter einem Winkel schräg zur X- und zur Y-Richtung in Richtung auf die zu bearbeitende Seitenwange **12** bewegt wird. Die Schneiden **3a** bis **3f** werden durch diese schräge Vorschubbewegung schräg in das Aufmaß der Seitenwange **12** eingestochen. Die Schneidplatte **3B** legt somit in Y-Richtung den Vorschubweg B1 und in X-Richtung den Vorschubweg A zurück (**Fig. 7b**). Die Schneidplatte **3B** ist aus diesem Grunde in der Ausgangsstellung (**Fig. 7a**) in Bezug auf die Seitenwange **12** der Kurbelwelle so angeordnet, dass die außen liegende Schneide **3e** im Bereich außerhalb der zu bearbeitenden Seitenwange **12** liegt. Durch die schräge Vorschubbewegung wird diese Schneide **3e** so eingestochen, dass sie am Ende der Einstechbewegung am radial äußeren Rand der Seitenwange **12** anliegt. Durch die schräge Vorschubbewegung wird außerdem die Schneide **3f** so eingestochen, dass sie am Ende der Einstechbewegung am Aufmaß **15** der

Lagerfläche **14** anliegt. Es ist auch möglich, die Vorschubbewegung so festzulegen, dass die Schneide **3f** am Ende der Einstechbewegung das Aufmaß **15** der Lagerfläche teilweise abgetragen hat. Durch diese Vorgehensweise wird erreicht, dass der verbleibende Vorschubweg B in Y-Richtung nur noch geringfügig größer ist als das Maß L2. Wird bei Verwendung der Schneidplatte **3B** auf die schräge Vorschubbewegung verzichtet (**Fig. 6b**), ist der dann erforderliche Vorschubweg B in Y-Richtung wesentlich größer als das Maß L2, wodurch sich unnötig lange Bearbeitungszeiten ergeben würden.

[0069] Durch die enge Zahnteilung der Schneide **3B** wird im Vergleich zur Schneide **3** (**Fig. 6**) eine geringere Bearbeitungszeit erzielt.

[0070] Anschließend wird die Schneidplatte **3B** in Y-Richtung um den Vorschubweg B radial nach innen bewegt, wobei die Schneiden **3a** bis **3f** der Schneidplatte **3B** das Aufmaß R an der Seitenwange **12** abtragen und mit der radial innen liegenden Schneide **3f** den Freistich **13** am Übergang von der Seitenwange **12** zur Lagerfläche **14** erzeugt. Anschließend wird die Schneidplatte **3B**, wie anhand der **Fig. 4** und **Fig. 6** erläutert worden ist, schräg zur X- und zur Y-Richtung zurück bewegt, vorzugsweise unter dem Winkel β .

[0071] Der Vorschubweg B in Y-Richtung ist geringfügig größer als der Abstand L2 der Schneiden **3a** bis **3f**. Dadurch werden verfahrensbedingte Absätze an der ebenen Seitenwange **12** vermieden.

[0072] Die gegenüberliegende Seitenwange **11** der Kurbelwelle wird in gleicher Weise mit einer entsprechenden Schneidplatte **3B** bearbeitet und der Freistich **13** am Übergang von der Seitenwange **11** zur Lagerfläche **14** hergestellt.

[0073] Die Schneidplatte **3B** kann auch eine Ausbildung entsprechend **Fig. 5** haben, das heißt an beiden Rändern jeweils die Schneiden **3a** bis **3f** aufweisen.

[0074] Bei einer Ausbildung der Schneidplatte **3C** gemäß den **Fig. 8a** bis **Fig. 8f** können Kurbelwellen bearbeitet werden, die am Übergang von den Seitenwangen **11**, **12** zur Lagerfläche **14** keinen Freistich haben. In diesem Falle können die beiden Seitenwangen **11**, **12** und die Lagerfläche **14** in einem Bearbeitungsschritt bearbeitet werden. Die Schneidplatte **3C** weist hierzu an drei Seiten jeweils mehrere Schneiden **3a** bis **3d**, **3d** bis **3g**, **3g** bis **3j** auf. Die Schneiden **3d**, **3g** an den Ecken der Schneidplatte **3C** weisen eine der Werkstückkontur entsprechende Kurvenform auf. Im dargestellten Ausführungsbeispiel haben diese Eckschneiden **3d**, **3g** einen Radius, der dem Radius, im Axialschnitt gesehen, zwischen den Seitenwangen **11**, **12** und der Lagerfläche **14** entspricht. Der Radius der eckseitigen Schneiden **3d**, **3g** kann aber auch kleiner sein. In diesem Falle wird der Werk-

stückradius bei der Bewegung der Schneidplatte **3C** durch eine Achsinterpolation erzeugt.

[0075] In der Ausgangsstellung gemäß **Fig. 8a** hat die Schneidplatte **3C** den Sicherheitsabstand **SD** vom abzutragenden Aufmaß auf den Seitenwangen **11, 12** und der Lagerfläche **14**. Dieses Aufmaß ist durch die Konturlinie **15** angegeben. Die Schneidplatte **3C** kann so in der Ausgangslage angeordnet sein, dass sie jeweils den gleichen Sicherheitsabstand **SD** von der Kontur **15** hat. In diesem Falle liegt die Schneidplatte **3C** in der Ausgangsstellung mittig zwischen den zu bearbeitenden Seitenwangen **11, 12**. Die die Seitenwangen **11, 12** bearbeitenden Schneiden **3a bis 3d** und **3g bis 3j** haben den Abstand **L1** voneinander. Die die Lagerfläche **14** bearbeitenden Schneiden **3d bis 3g** haben den Abstand **L3** voneinander, der im Ausführungsbeispiel größer ist als der Abstand **L1**. Selbstverständlich können die Abstände **L1** und **L3** auch gleich sein.

[0076] Die Schneidplatte **3C** wird zunächst in X-Richtung um das Maß **A** gegen die Seitenwange **12** geführt, wobei die Schneiden **3a bis 3d** in die Werkstückoberfläche einstechen (**Fig. 8b**). Anschließend erfolgt das Plandrehen der Seitenwand **12**, indem die Schneidplatte **3C** in Y-Richtung radial um das Maß **B** bewegt wird. Der radiale Vorschubweg **B** ist so groß, dass der gewünschte Durchmesser der Lagerfläche **14** erreicht wird. Beim radialen Vorschub stechen die Schneiden **3d bis 3g** in das Aufmaß der Lagerfläche **14** radial ein. Der radiale Vorschubweg **B** ist geringfügig größer als der Abstand **L1** der seitlichen Schneiden **3a bis 3d** voneinander. Vorteilhaft ist die Schneidplatte **3C** in der Ausgangsstellung (**Fig. 8a**) so angeordnet, dass beim axialen Vorschub die außen liegende Schneide **3a** noch in Eingriff mit der Seitenwange **12** kommt (**Fig. 8b**). Während der Bearbeitung der Seitenwange **12** rotiert die Kurbelwelle um ihre Achse. Die Vorschubgeschwindigkeit der Schneidplatte **3C** und die Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle sind so aufeinander abgestimmt, dass die Seitenwange **12** über ihre radiale Breite und über ihren Umfang vollständig bearbeitet ist.

[0077] Die Schneiden **3d bis 3g** erzeugen bei der Radialzustellung Einstiche in der Rohkontur der Lagerfläche **14**. Die Schneidplatte **3C** wird nach der Bearbeitung der Seitenwange **12** axial in Vorschubrichtung **X** in Richtung auf die gegenüberliegende Seitenwange **11** bewegt. Die Schneiden **3d bis 3g** bearbeiten hierbei im Plandrehverfahren die zylindrische Lagerfläche **14**. Der Vorschubweg **C** der Schneidplatte **3C** in X-Richtung ist geringfügig größer als der Abstand **L3** zwischen den Schneiden **3d bis 3g**. Bei dieser axialen Vorschubbewegung stechen die Schneiden **3g bis 3j** in das Aufmaßmaterial der Seitenwange **11** ein (**Fig. 8d**). Sobald die Schneidplatte **3C** um den erforderlichen Vorschubweg **C** bewegt worden ist, wird die Schneidplatte **3C** in Y-Richtung um den Vor-

schubweg **D** radial nach außen bewegt (**Fig. 8e**). Der Vorschubweg **D** in Y-Richtung ist wiederum geringfügig größer als der Abstand **L1** der Schneiden **3g bis 3j** voneinander. Am Ende der radial nach außen gerichteten Vorschubbewegung wird die Schneidplatte **3C** in X-Richtung von der bearbeiteten Seitenwange **11** abgehoben (**Fig. 8f**). Die Schneidplatte **3C** gelangt in eine Mittelstellung, in der ihre Schneiden **3a bis 3j** Abstand von den bearbeiteten Seitenwangen **11, 12** und der Lagerfläche **14** haben. Dann lässt sich die Schneidplatte **3C** in Y-Richtung radial nach außen bewegen, ohne dass die Gefahr besteht, dass die Schneiden die bearbeiteten Flächen berühren.

[0078] Bei dieser Verfahrensweise ist der Vorschubweg, den die Schneidplatte **3C** insgesamt ausführt, sehr kurz. Die beiden Seitenwangen **11, 12** und die Lagerfläche **14** werden in einem Zug mit einer einzigen Schneidplatte **3C** bearbeitet. Darum ist ein Werkzeugwechsel zur Bearbeitung der unterschiedlichen Bereiche der Kurbelwelle nicht notwendig. Die Zeiteinsparung ist darum sehr groß, insbesondere auch deshalb, weil sich die Bearbeitungen der Seitenwangen **11, 12** und der Lagerfläche **14** teilweise zeitlich überlagern. Am Ende der radial nach innen gerichteten Vorschubbewegung beim Plandrehen der Seitenwange **12** erfolgt bereits das radiale Einstechen der Schneiden **3d bis 3g** in die Lagerfläche **14**. Im weiteren Verlauf stechen die Schneiden **3g bis 3j** am Ende der Vorschubbahn bei der Bearbeitung der Lagerfläche **14** in die Seitenwange **11** ein. Der Zeitgewinn durch die teilweise gleichzeitige Bearbeitung unterschiedlicher Flächen an der Kurbelwelle ist darum besonders hoch.

[0079] Bei den beschriebenen verschiedenen Verfahrensvarianten können mit der jeweiligen Schneidplatte **3, 3A bis 3C** mehrere Bearbeitungsdurchgänge ausgeführt werden. In diesem Falle wird das jeweils vorhandene Aufmaß in mehreren Bearbeitungsdurchgängen abgetragen. In solchen Fällen wird die Schneidplatte **3, 3A bis 3C** wenigstens einmal hin- und herbewegt, um in zwei Bearbeitungsdurchgängen das Aufmaß abzutragen. Eine derartige Vorgehensweise in mehreren Bearbeitungsdurchgängen ist besonders dann vorteilhaft, wenn das Aufmaß groß ist. Die auf die Kurbelwelle während der Bearbeitung einwirkenden Kräfte sind durch den Abtrag in mehreren Bearbeitungsdurchgängen gering. Die Standzeit der Schneidplatten wird aufgrund der geringeren Schneidenbelastung erhöht. Es ist hierbei vorteilhaft, beim letzten Bearbeitungsdurchgang nur noch ein besonders geringes Aufmaß abzutragen, da dann die Genauigkeit der Werkstückbearbeitung besonders hoch ist. Bei der Bearbeitung mit mehreren Durchgängen ist kein Werkzeug- bzw. Schneidplattenwechsel erforderlich, wodurch die Taktzeit verringert und damit die Produktivität erhöht wird.

[0080] Anhand der **Fig. 9a** bis **Fig. 9f** werden unterschiedliche Vorschubwege bei der Bearbeitung der Seitenwangen **11**, **12** und der Lagerfläche **14** einer Kurbelwelle beschrieben. Die Vorschubwege der Schneidplatte sind durch Pfeile gekennzeichnet. Die Pfeillängen geben nicht die wahre Länge der Vorschubbewegung wieder, sondern nur die Richtung.

[0081] **Fig. 9a** zeigt eine Vorgehensweise, die dem Verfahrensablauf gemäß **Fig. 8a** bis **Fig. 8f** entspricht. Die Schneidplatte wird zunächst aus einer Ruhestellung in Pfeilrichtung 1 axial bewegt. Anschließend wird die Schneidplatte in Pfeilrichtung 2 radial bewegt, wobei die Seitenwange **12** bearbeitet wird. Daran anschließend wird die Schneidplatte in Pfeilrichtung 3 wiederum axial bewegt, wobei die Lagerfläche **14** bearbeitet wird. Schließlich wird die Schneidplatte in Pfeilrichtung 4 radial nach außen bewegt, um die Seitenwange **11** zu bearbeiten. Anschließend wird die Schneidplatte in Pfeilrichtung 5 axial nach innen bewegt und von der Seitenwange **11** abgehoben.

[0082] **Fig. 9b** zeigt den Verfahrensablauf, wenn an den Seitenwangen **11**, **12** und an der Lagerfläche **14** ein größeres Aufmaß abgetragen werden muss. In diesem Falle wird die Schneidplatte mehrmals hin- und herbewegt. Ausgehend von der Ausgangsstellung der Schneidplatte zwischen den beiden Seitenwangen **11**, **12** wird sie zunächst axial in Pfeilrichtung 1 in Richtung auf die Seitenwange **12** bewegt. Dann wird die Schneidplatte radial nach innen in Pfeilrichtung 2 verfahren, wobei Material von der Seitenwange **12** abgetragen wird. Anschließend wird die Schneidplatte in Achsrichtung (Pfeilrichtung 3) in Richtung auf die Seitenwange **11** bewegt, wobei die Lagerfläche **14** bearbeitet wird. In einem nächsten Verfahrensschritt wird die Schneidplatte radial nach außen in Pfeilrichtung 4 bewegt und hierbei Material von der Seitenwange **11** abgetragen. Am Ende des Vorschubweges 4 wird die Schneidplatte axial um das Maß 5 bewegt, um anschließend bei einer radialen Vorschubbewegung in Pfeilrichtung 6 nach innen weiteres Material von der Seitenwange **11** abzutragen. Daran anschließend wird die Schneidplatte axial in Pfeilrichtung 7 bewegt, wobei sie Material von der Lagerfläche **14** abträgt. Am Ende der axialen Vorschubbewegung 7 wird die Schneidplatte radial nach außen in Pfeilrichtung 8 bewegt, wobei wiederum Material von der Seitenwange **12** abgetragen wird. Am Ende der Vorschubbewegung wird die Schneidplatte in Pfeilrichtung 9 axial nach innen in eine Endlage bewegt, aus der sie dann radial nach außen von der Kurbelwelle entfernt wird. Bei dieser Verfahrensweise wird somit das Material an den Seitenwangen **11**, **12** und an der Lagerfläche **14** in zwei Durchgängen abgetragen.

[0083] Bei der Verfahrensweise nach **Fig. 9c** wird das Material an den Seitenwangen **11**, **12** in einem

Durchgang und an der Lagerfläche **14** in drei Durchgängen abgetragen. Das Aufmaß an den Seitenwangen **11**, **12** ist somit geringer als das Aufmaß an der Lagerfläche **14**. Ausgehend von der Ruhestellung wird die Schneidplatte zunächst um das Maß 1 in Richtung auf die Seitenwange **12** bewegt. Anschließend wird die Schneidplatte in Pfeilrichtung 2 radial nach innen bewegt. Bei dieser Vorschubbewegung wird Material von der Seitenwange **12** abgetragen. Anschließend wird die Schneidplatte axial in Pfeilrichtung 3 in Richtung auf die Seitenwange **11** bewegt, wobei sie Material von der Lagerfläche **14** abnimmt. Am Ende der Axialbewegung erfolgt eine radiale Zustellbewegung (Pfeil 4), ein erneuter Axialhub in Pfeilrichtung 5 in Richtung auf die Seitenwange **12**, eine weitere radiale Zustellung (Pfeil 6) und daran anschließend eine axiale Bewegung in Pfeilrichtung 7. Während der beiden Vorschubbewegungen 5 und 7 wird an der Lagerfläche **14** jeweils erneut Material abgetragen. Im letzten Schritt wird die Schneidplatte radial nach außen in Pfeilrichtung 8 verfahren, wobei Material von der Seitenwange **11** abgetragen wird. Am Ende der Vorschubbewegung wird die Schneidplatte axial in Pfeilrichtung 9 zurückgestellt und dann von der Kurbelwelle abgehoben.

[0084] **Fig. 9d** zeigt eine Verfahrensweise, bei der der Materialabtrag an der Lagerfläche **14** in nur einem Durchgang und der Materialabtrag an den Seitenwangen **11**, **12** in jeweils drei Durchgängen erfolgt. Die Schneidplatte wird zunächst aus der Ruhestellung axial in Pfeilrichtung 1 in Richtung auf die Seitenwange **12** bewegt. In einer ersten, radial nach innen gerichteten Vorschubbewegung 2 wird Material von der Seitenwange **12** abgetragen. Nach einer axialen Zustellbewegung 3 wird die Schneidplatte in Pfeilrichtung 4 radial nach außen bewegt, wobei erneut Material von der Seitenwange **12** abgetragen wird. Am Ende der radialen Vorschubbewegung 4 erfolgt eine erneute axiale Zustellbewegung 5 und daran anschließend eine radial nach innen gerichtete Vorschubbewegung 6, bei der wiederum Material von der Seitenwange **12** abgetragen wird. Am Ende der radial nach innen gerichteten Vorschubbewegung 6 wird die Schneidplatte in Richtung 7 schräg radial nach außen in Richtung auf die Seitenwange **11** bewegt. Nach einer daran anschließenden axialen kurzen Zustellbewegung 8 wird die Schneidplatte in Pfeilrichtung 9 radial nach innen bewegt und hierbei Material von der Seitenwange **11** abgetragen. Anschließend erfolgt eine erneute kurze axiale Zustellbewegung 10 und daran anschließend eine radial nach außen gerichtete Vorschubbewegung 11. Hierbei wird wiederum Material von der Seitenwange **11** abgetragen. Am Ende der Vorschubbewegung 11 erfolgt eine erneute axiale Zustellbewegung 12 und daran anschließend eine radial nach innen gerichtete Vorschubbewegung 13, bei der Material von der Seitenwange **11** abgetragen wird. Am Ende der Vorschubbewegung 13 wird die Schneidplatte axial

in Vorschubrichtung 14 bewegt, wobei sie Material von der Lagerfläche 14 abträgt. Schließlich wird die Schneidplatte anschließend in einer radial nach außen gerichteten Vorschubbewegung 15 bewegt, bei der sie erneut Material von der Seitenwange 12 abträgt. Die Vorschubbewegung 15 geht in eine Abhebewegung über, um die Schneidplatte 12 von der Kurbelwelle abzuheben.

[0085] Bei der Verfahrensweise nach Fig. 9e werden sowohl die Seitenwangen 11, 12 als auch die Lagerfläche 14 in mehreren Durchgängen bearbeitet. Aus der Ruhestellung zwischen den beiden Seitenwangen 11, 12 wird die Schneidplatte axial in Pfeilrichtung 1 bewegt. Anschließend erfolgt eine radial nach innen gerichtete Vorschubbewegung 2, bei der Material von der Seitenwange 12 abgetragen wird. Am Ende wird die Schneidplatte axial geringfügig in Richtung auf die Seitenwange 12 zugestellt und anschließend radial nach außen bewegt. Bei dieser Vorschubbewegung 4 wird wiederum Material von der Seitenwange 12 abgetragen. Anschließend erfolgt eine kurze axiale Zustellbewegung 5 und daran anschließend eine radial nach innen gerichtete Vorschubbewegung 6, bei der wiederum Material von der Seitenwange 12 abgetragen wird. Anschließend wird die Schneidplatte schräg radial nach außen in Pfeilrichtung 7 bewegt und am Ende über eine kurze axiale Zustellbewegung 8 in Richtung auf die Seitenwange 11 bewegt. Anschließend wird die Schneidplatte radial nach innen bewegt. Bei dieser Vorschubbewegung 9 wird Material von der Seitenwange 11 abgetragen. Nach einer kurzen axialen Zustellbewegung 10 wird die Schneidplatte radial nach außen in Vorschubrichtung 11 und anschließend nach einer kurzen axialen Zustellbewegung 12 radial nach innen in Vorschubrichtung 13 bewegt. Bei den Vorschubbewegungen 11 und 13 wird jeweils Material von der Seitenwange 11 abgetragen. Am Ende der Vorschubbewegung 13 wird die Schneidplatte axial in Vorschubrichtung 14 in Richtung auf die gegenüberliegende Seitenwange 12 bewegt. Am Ende erfolgt eine kurze radiale Zustellbewegung 15, daran anschließend eine axiale Vorschubbewegung 16, daran anschließend eine radial nach innen gerichtete kurze Zustellbewegung 17 und daran anschließend wiederum eine axiale Vorschubbewegung 18. Bei den axialen Vorschubbewegungen 14, 16, 18 trägt die Schneidplatte jeweils Material von der Lagerfläche 14 ab. Am Ende der axialen Vorschubbewegung 18 wird die Schneidplatte radial nach außen in Vorschubrichtung 19 bewegt. Hierbei trägt die Schneidplatte Material von der Seitenwange 12 ab. Die Vorschubbewegung 19 geht in eine Ausfahrbewegung über, mittels der die Schneidplatte von der Kurbelwelle abgehoben wird. Bei dieser Verfahrensweise muss von den Seitenwangen 11, 12 und der Lagerfläche 14 ein größeres Aufmaß abgetragen werden. Da für den Abtrag mehrere Bearbeitungsdurchgänge vorgenommen werden, sind die auf die Kurbelwelle während der Bearbeitung wirken-

den Kräfte gering. Auch werden die Schneiden der Schneidplatte aufgrund des jeweils nur geringen Materialabtrages in einzelnen Durchgängen weniger belastet, so dass die Schneidplatte eine hohe Standzeit hat.

[0086] Bei der Verfahrensweise nach Fig. 9f wird die Schneidplatte aus der Ruhestellung zunächst axial in Richtung 1 bewegt. Anschließend erfolgt die radial nach innen gerichtete Vorschubbewegung 2, bei der die Schneidplatte die Seitenwange 12 bearbeitet. Anschließend wird die Schneidplatte axial in Pfeilrichtung 3 bewegt, wobei Material von der Lagerfläche 14 abgetragen wird. Im Unterschied zur Verfahrensweise nach Fig. 9a wird die Schneidplatte am Ende der axialen Vorschubbewegung 3 nicht radial nach außen, sondern unter einem spitzen Winkel zur Seitenwange radial schräg nach außen bewegt. Hierbei wird kein Material von der Seitenwange 11 abgetragen. Am Ende dieser Zustellbewegung 4 erfolgt eine axiale Zustellbewegung 5 und daran anschließend die radial nach innen gerichtete Vorschubbewegung 6, bei der Material von der Seitenwange 11 abgetragen wird. Am Ende der Vorschubbewegung 6 wird die Schneidplatte schräg radial nach außen bewegt, wobei diese Bewegungsrichtung 7 unter einem größeren Winkel erfolgt als bei der Bewegung längs des Pfeiles 4. Die Schneidplatte hebt hierbei von der Lagerfläche 14 ab und wird dann radial nach außen von der Kurbelwelle abgehoben.

[0087] Anhand der Fig. 10a und Fig. 10b wird die Schneidplatte 3 näher beschrieben, mit der auch die Freistiche 13 hergestellt werden können. Die Schneidplatte 3 weist zwei im Wesentlichen ebene und zueinander parallele obere und untere Seitenflächen 25 und 26 auf, von denen die obere Seitenfläche 25 größeren Querschnitt hat als die untere Seitenfläche 26. In Fig. 10a wird die obere Seitenfläche 25 durch die Begrenzungslinie 23 und die untere Seitenfläche 26 durch die Begrenzungslinie 24 gekennzeichnet. Die beiden Seitenflächen 25, 26 sind an der von den Schneiden 3a bis 3d abgewandten Rückseite durch eine Seitenfläche 29 und an den hieran anschließenden Seitenrändern durch Seitenflächen 27, 28 miteinander verbunden. Die Seitenflächen 27 bis 29 schließen jeweils unter einem großen spitzen Winkel an die obere Seitenfläche 25 an.

[0088] An der Vorderseite ist die Schneidplatte 3 mit den Schneiden 3a bis 3d versehen. Sie haben Hauptschneidkanten 30a bis 30d, Spanflächen 32a bis 32d, Hauptfreiflächen 33a bis 33d, Nebenschneidkanten 31a bis 31e und Nebenfreesflächen 34a bis 34e. Zwischen den einzelnen Schneiden 3a bis 3d befinden sich die hinteren ebenen Flächen 35.

[0089] Die Hauptschneidkanten 30a bis 30d sind vorzugsweise gerade und liegen auf einer gemeinsamen Gerade. Bei einer gekrümmten Ausbildung der

Hauptschneidkanten liegt zumindest ein Abschnitt einer jeden Hauptschneidkante auf einer gemeinsamen Geraden. Dadurch liegen alle Hauptschneidkanten **30a** bis **30d** hinsichtlich der Bearbeitung des Werkstückes gemäß **Fig. 4a**, also bei einer Vorschubbewegung längs der Bahn **B** (**Fig. 4b**), auf gleichem Maß, wodurch die geforderte Planfläche erzeugt werden kann. Die Schneidplatte **3** ist so präzise gefertigt und wird so genau in einen Werkzeughalter eingebaut, dass die erzeugte Planfläche bei den beschriebenen Verfahrensweisen keine Absätze aufweist. Dadurch entspricht das Qualitätsergebnis einer so hergestellten Planfläche dem Ergebnis, das durch ein konventionelles Verfahren mit einschneidiger Schneidplatte (**Fig. 1**) hergestellt wird.

[0090] Die Nebenschneidkanten **31a** bis **31e** mit den zugehörigen Nebenfreiflächen **34a** bis **34d** schließen seitlich schräg nach hinten verlaufend an die Hauptschneidkanten **30a** bis **30d** an. Die Nebenschneidkanten **31a** bis **31d** verlaufen vorzugsweise gerade. Die Nebenschneidkante **31e** hingegen ist kurvenförmig mit vorzugsweise kreisförmigen Kurvenabschnitten ausgebildet. Bei kreisförmigem Verlauf weist das Kreissegment ausgehend vom Kreismittelpunkt **M** einen Mittelpunktswinkel δ von mindestens 90° , insbesondere mindestens 120° auf. Diese Nebenschneidkante **31e** schließt unmittelbar und vorzugsweise tangential an die Hauptschneidkante **30d** an und weist vorzugsweise die Form einer an einem Werkstück zu bearbeitenden Freistichkontur **13** (s. beispielsweise **Fig. 4a**) auf. Es ist auch möglich, die Kontur der Nebenschneidkante **31e** kleiner als die Kontur eines zu bearbeitenden bzw. herzustellenden Freistiches **13** zu gestalten. Die Freistichkontur wird dann durch eine entsprechende Vorschubbewegung der Schneidplatte **3** bei der Herstellung des Freistiches **13** erzeugt.

[0091] Die Nebenfreiflächen **34a** bis **34d** sind eben, während die Nebenfreifläche **34e** der Kontur der Nebenschneidkante **31e** folgt und dementsprechend räumlich gekrümmt verläuft. Gemeinsam ist allen Freiflächen, also den Hauptfreiflächen **33a** bis **33d** und den Nebenfreiflächen **34a** bis **34e**, dass sie sich in Richtung auf die untere Seitenfläche **26** der Schneidplatte **3** hin verjüngen. Die für die Zerspanung erforderlichen Freiwinkel sind somit in die Schneidplatte **3** fest eingearbeitet.

[0092] Für die Definition von Winkeln am Schneidkeil, nämlich Freiwinkel, Keilwinkel und Spanwinkel, wird folgendes festgestellt: Winkelangaben, die sich auf die Schneidplatte **3** selbst beziehen, sind Angaben im Werkzeugbezugssystem. Winkelangaben, die eine im Eingriff mit einem Werkstück befindliche Schneidplatte **3** betreffen, sind Angaben im Wirkbezugssystem.

[0093] Besonders vorteilhaft ist es, wenn auch die Seitenflächen **27** bis **29** der Schneidplatte **3** sowie

die hinteren Flächen **35** zwischen den Schneiden **3a** bis **3d** zur unteren Seitenfläche **26** der Schneidplatte **3** hin schräg verlaufen, so dass diese Flächen mit der oberen Seitenfläche **25** der Schneidplatte einen großen spitzen Winkel bzw. mit der unteren Seitenfläche **26** der Schneidplatte einen kleinen stumpfen Winkel einschließen. Durch diese schräge Gestaltung der Flächen **27** bis **29**, **35** kann die Schneidplatte **3** beim Herstellungsprozess, insbesondere beim Sintern, problemlos der Sinterform entnommen werden.

[0094] Die Schräglage der beschriebenen Flächen an den Seiten der Schneidplatte **3** ist gut der Draufsicht auf die Schneidplatte gemäß **Fig. 10a** zu entnehmen. Die untere Seitenfläche **26** ist hier durch die gestrichelte Begrenzungslinie **24** dargestellt.

[0095] Die Schneidplatte **3** kann wenigstens eine Bohrung zur Befestigung in einem Werkzeughalter mittels einer Spannschraube aufweisen. Zusätzlich kann die Schneidplatte **3** und der zugehörige Werkzeughalter mit korrespondierenden Formschlusselementen (nicht dargestellt) versehen sein, um eine besonders stabile Befestigung der Schneidplatte **3** zu gewährleisten.

[0096] Bei der Schneidplatte **3** liegen die Spanflächen **32a** bis **32d** in der oberen Seitenfläche **25** der Schneidplatte. Dadurch ergibt sich in Bezug auf die Schneidplatte **3** ein Spanwinkel von 0° , bezogen auf das Werkzeugbezugssystem. Will man erreichen, dass sich bei der Zerspanung an den Hauptschneidkanten **30a** bis **30d** in Bezug auf die zu bearbeitenden Werkstückflächen positive Spanwinkel ergeben (Wirkbezugssystem), wird die Schneidplatte **3** geneigt in den Werkzeughalter eingebaut. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass sich durch eine solche Einbaulage der Freiwinkel der Hauptfreiflächen **33a** bis **33d** verringert. Zum Ausgleich kann an diesen Stellen in die Schneidplatte **3** ein größerer Freiwinkel eingearbeitet sein.

[0097] Die Anwendung von positiven Spanwinkeln bei gleichzeitigem Verzicht auf einen geneigten Einbau der Schneidplatte ermöglicht eine Ausbildung der Schneidplatte **3D** gemäß **Fig. 10c**. Die positive Schneidengeometrie betrifft die Hauptschneidkanten **30a** bis **30d** sowie die Nebenschneidkante **31e**. Diese Schneidkanten weisen die gleiche Lage auf wie bei der Schneidplatte **3D** gemäß den **Fig. 10a** und **Fig. 10b**. Die in die Schneidplatte eingearbeiteten positiven Spanwinkel entstehen durch die Neigung der Spanflächen **32a** bis **32d**. Hierzu ist in die obere Seitenfläche **25** der Schneidplatte **3** eine Vertiefung **43** eingearbeitet, die mit Abstand von der hinteren Seitenfläche **29** aus sich bis zu den Flächen **35** zwischen den Schneiden **3a** bis **3d** erstreckt. Die Vertiefung **43** nimmt von der Oberseite der Seitenfläche **25** aus in Richtung auf die Flächen **35** stetig ab. Dadurch hat die Vertiefung **43** ihre größte Tiefe am Übergang **44**

zu den Flächen **35**. Die Vertiefung **43** erstreckt sich von der Seitenfläche **28** bis in Höhe der gegenüberliegenden Seitenfläche **27**. Die Breite der Vertiefung **43** im Bereich der Flächen **35** ist durch die Punkte **45**, **46** der Übergangslinie **44** gekennzeichnet.

[0098] Die Spanflächen **32a** bis **32c** erstrecken sich jeweils zwischen den Nebenschneidkanten **31a** bis **31c** von den Hauptschneidkanten **30a** bis **30c** bis zur Verbindungslinie **44**. Die Spanflächen **32a** bis **32c** sind entgegengesetzt zur Vertiefung **43** geneigt, wobei der Übergang zwischen den Spanflächen **32a** bis **32c** zur Vertiefung **43** durch die Übergangslinie **44** gebildet ist. Die Spanflächen **32a** bis **32c** erstrecken sich jeweils zwischen den Nebenschneidkanten **31a** bis **31c** von den Hauptschneidkanten **30a** bis **30c** aus bis zur Übergangslinie **44**. Infolge ihrer Schräglage weisen die Spanflächen **32a** bis **32c** somit die für eine positive Spangeometrie erforderliche Neigung auf.

[0099] Längs der Hauptschneidkante **30d** und längs der Nebenschneidkante **31e** entsteht eine positive Schneidengeometrie dadurch, dass die Spanfläche **32d** von den Schneidkanten **30d**, **31e** ausgehend auf den tiefer liegenden Endpunkt **46** der Übergangslinie **44** zuläuft. Damit weist auch die Spanfläche **32d** die für eine positive Schneidengeometrie erforderliche Neigung auf.

[0100] Die positive Schneidengeometrie bewirkt eine Verringerung der Schnittkräfte. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 10c** betrifft die positive Schneidengeometrie das axiale Einstechen in die Planflächen **11**, **12** sowie analog das radiale Einstechen in die Rundflächen **14**.

[0101] Beim Bearbeiten einer Werkstückfläche bei einer Vorschubbewegung **B** (**Fig. 4b**), bei welcher die Spanbildung im Wesentlichen an den Nebenschneidkanten erfolgt, liegt lediglich an der Nebenschneidkante **31e** eine positive Spangeometrie vor. Die Nebenschneidkanten **31a** bis **31c** weisen in Vorschubrichtung **B** keine positive Schneidengeometrie auf.

[0102] Die Schneidplatte **3D** gemäß **Fig. 10d** weist im Unterschied zur vorigen Ausführungsform auch an den Nebenschneidkanten **31a** bis **31c** eine positive Schneidengeometrie auf. Die Schneidplatte entspricht in ihrer Form grundsätzlich den Schneidplatten gemäß den **Fig. 10a**, **Fig. 10b** und **Fig. 10c**. Die Spanflächen **32a** bis **32c** sind bei der Ausführungsform gemäß **Fig. 10d** dachförmig gestaltet. Von den Nebenschneidkanten **31a** bis **31c** ausgehend ist jede Spanfläche **32a** bis **32c** mit schräg nach innen geneigt verlaufenden Spanflächenabschnitten versehen. Anhand von **Fig. 10e** wird die Ausbildung der Spanflächen anhand der Spanfläche **32b** näher beschrieben.

[0103] Die Spanfläche **32b** hat die beiden geneigt verlaufenden Spanflächensegmente **32b1**, die sich von den Nebenschneidkanten **31b** aus nach innen erstrecken. Die beiden geneigten Spanflächensegmente **32b1** treffen in halber Breite der Spanfläche **32b** an der Verbindungslinie **54** aufeinander. Sie definiert die größte Tiefe der durch die Spanflächensegmente **32b1** gebildeten Vertiefung **53**. Die Verbindungslinie **54** hat den Anfangspunkt **56**, der senkrecht unterhalb der Übergangslinie **44** liegt (**Fig. 10d**). Der Anfangspunkt **57** der mittigen Verbindungslinie **54** liegt mit Abstand von der Hauptschneidkante **30b**. Von diesem Anfangspunkt **57** aus verlaufen, in Draufsicht gemäß **Fig. 10e** gesehen, zu den beiden Enden der Hauptschneidkante **30b** jeweils eine Verbindungslinie **55**. Die Hauptschneidkante **30b** und die Verbindungslinien **55** begrenzen ein dreieckförmiges Hauptschneidsegment **32b2**. Auf die beschriebene Weise wird die Spanfläche **32b** in drei Segmente **32b1** und **32b2** aufgeteilt, von denen sich die Hauptspanflächensegmente **32b1** von den Nebenschneidkanten **31b** aus und das Spanflächensegment **32b2** von der Hauptschneidkante **30b** aus erstrecken. Durch die Neigung der Hauptspanflächensegmente entsteht an den Nebenschneidkanten **31b** eine positive Schneidengeometrie.

[0104] Auf die beschriebene Weise sind auch die Spanflächen **32a** und **32c** ausgebildet, so dass auch an den Nebenschneidkanten **31a** und **31c** eine positive Schneidengeometrie gebildet wird. Diese positive Schneidengeometrie an den Nebenschneidkanten **31a** bis **31c** reduziert die Schnittkräfte bei der Bearbeitung des Werkstückes und wirkt sich günstig auf die Bearbeitungsgenauigkeit aus.

[0105] Im beschriebenen Ausführungsbeispiel sind die Übergänge zwischen den geneigten Bereichen der Spanflächen **32a** bis **32c** durch Kanten gebildet. Es ist ebenso möglich, den Übergang stetig bzw. weich auszubilden, etwa in Form von Radien. Die Zerspanwirkung so gestalteter Spanflächen ist gleich wie bei Spanflächen mit scharfen Übergängen.

[0106] Bei den anhand der **Fig. 9a** bis **Fig. 9f** beschriebenen Verfahrensabläufen wird vorteilhaft eine Schneidplatte eingesetzt, die längs der beschriebenen Vorschubrichtungen in einem Zug bewegt wird. Es ist aber auch möglich, die einzelnen Werkstückflächen **11**, **12**, **14** durch getrennte Schneidplatten zu bearbeiten, die jeweils wenigstens zwei mit Abstand voneinander liegende Schneiden aufweisen, die zumindest im Wesentlichen gleichzeitig Material von den entsprechenden Werkstückflächen abnehmen.

[0107] Schließlich ist es auch möglich, die Schneidplatte(n) so einzusetzen, dass für wenigstens zwei Verfahrensschritte auch zwei unterschiedliche Vorschubbahnen verwendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur spanenden Bearbeitung von Werkstückflächen an Werkstücken, insbesondere an Kurbelwellen, bei dem die Werkstückfläche bei der Bearbeitung rotiert und die Bearbeitung der Werkstückfläche mittels wenigstens zweier mit Abstand nebeneinander liegender, zumindest im Wesentlichen gleichzeitig arbeitender Schneiden einer Schneidplatte erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schneidplatte (**3, 3A bis 3D**) in einem ersten Verfahrensschritt längs einer ersten Bahn (A) von einer Ausgangsposition zum Einstechdrehen im Wesentlichen in axialer Richtung auf die Werkstückfläche (**1, 11, 12**) zu bis zu einer ersten Sollposition bewegt wird, dass anschließend die Schneidplatte (**3, 3A bis 3D**) in einem zweiten Verfahrensschritt längs einer quer zur ersten Bahn (A) liegenden zweiten Bahn (B) zum Plandrehen der Werkstückfläche (**1, 11, 12**) bis zu einer ersten radialen Sollposition bewegt wird, wobei das Plandrehen der Werkstückfläche (**1, 11, 12**) durch die beiden Schneiden (**3a bis 3f**) erfolgt, die zumindest im Wesentlichen gleichzeitig Material an der Werkstückfläche (**1, 11, 12**) bei der Bewegung längs der zweiten Bahn (B) abtragen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Werkstückfläche (**1, 11, 12**) in wenigstens zwei Verfahrensschritten durch Plandrehen bearbeitet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schneidplatte (**3, 3A bis 3D**) nach dem zweiten Verfahrensschritt quer von der Werkstückfläche (**1, 11, 12**) im Wesentlichen in axialer Richtung abgehoben, anschließend quer dazu versetzt und danach wieder im Wesentlichen in axialer Richtung auf einen noch nicht bearbeiteten Bereich (**1b**) der Werkstückfläche (**1, 11, 12**) zu bewegt wird, und dass die Schneidplatte (**3, 3A bis 3D**) erneut längs der zweiten Bahn (B) bis zu einer zweiten radialen Sollposition bearbeitet wird, wobei das Plandrehen des noch nicht bearbeiteten Bereiches (**1b**) der Werkstückfläche (**1, 11, 12**) durch die beiden Schneiden (**3a bis 3f**) erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schneidplatte (**3, 3A bis 3D**) so gegen den noch nicht bearbeiteten Bereich (**1b**) der Werkstückfläche (**1, 11, 12**) im Wesentlichen axial bewegt wird, dass zumindest eine der Schneiden (**3a bis 3f**) in den bereits bearbeiteten Bereich (**1a**) der Werkstückfläche (**1, 11, 12**) gelangt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass am Ende der zweiten Vorschubbahn (B) beim Plandrehen ein Freistich (**13**) erzeugt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Freistich (**13**) durch eine Schneide (**3d, 3g**) erzeugt wird, deren Kontur im Wesentlichen der Kontur des Freistiches (**13**) entspricht.

7. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Freistich (**13**) durch eine programmierte Bahnbewegung der Schneide (**3d, 3g**) erzeugt wird.

8. Verfahren zur spanenden Bearbeitung von Werkstückflächen an Werkstücken, insbesondere an Kurbelwellen, bei dem erste und zweite seitliche Werkstückflächen, vorzugsweise Seitenwangen einer Kurbelwelle, und eine zylindrische Lagerfläche, vorzugsweise von Haupt/Hublagern einer Kurbelwelle, bearbeitet werden, wobei die Werkstückflächen während der Bearbeitung rotieren und bei dem die Lagerfläche durch wenigstens zwei mit Abstand nebeneinander liegende, zumindest im Wesentlichen gleichzeitig arbeitende Schneiden einer Schneidplatte bearbeitet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Schneidplatte (**3, 3A bis 3D**) in einem ersten Verfahrensschritt längs einer ersten Bahn (A) im Wesentlichen in axialer Richtung auf die erste Werkstückfläche (**12**) zu bis zu einer ersten axialen Sollposition bewegt wird, dass die Schneidplatte (**3, 3A bis 3D**) anschließend quer zur ersten Bahn (A) längs einer zweiten Bahn (B) in radialer Richtung bis zu einer ersten radialen Sollposition bewegt wird, wobei die Schneiden (**3a bis 3d**) zumindest im Wesentlichen die erste Werkstückfläche (**12**) durch Plandrehen bearbeiten, dass in einem nächsten Verfahrensschritt die Lagerfläche (**14**) durch Längsdrehen bearbeitet wird, bei dem in Achsrichtung der Lagerfläche (**14**) in zumindest einer axialen Hubbewegung wenigstens zwei Schneiden (**3d bis 3g**) bewegt werden, die in Achsrichtung der Lagerfläche (**14**) Abstand voneinander haben und zumindest im Wesentlichen gleichzeitig wirksam sind, und dass in einem weiteren Verfahrensschritt die zweite Werkstückfläche (**11**) durch Plandrehen bearbeitet wird, indem wenigstens zwei Schneiden (**3g bis 3j**) quer zur Achsrichtung der Lagerfläche (**14**) bewegt werden, wobei die Schneiden in Bewegungsrichtung Abstand voneinander haben und zumindest im Wesentlichen gleichzeitig arbeiten.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens zwei Verfahrensschritte mittels einer einzigen Schneidplatte (**3, 3A bis 3D**) durchgeführt werden.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass für wenigstens zwei Verfahrensschritte eine zusammenhängende Vorschubbahn verwendet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen we-

nigstens zwei Verfahrensschritten kein Schneidplattenwechsel durchgeführt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass für wenigstens zwei Verfahrensschritte wenigstens zwei verschiedene Schneidplatten (**3**, **3A** bis **3D**) verwendet werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass für wenigstens zwei Verfahrensschritte wenigstens zwei verschiedene Vorschubbahnen verwendet werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen wenigstens zwei Verfahrensschritten wenigstens ein Schneidplattenwechsel durchgeführt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass am Ende der zweiten Bahn (B) die Schneidplatte (**3**, **3A** bis **3D**) mit ihren einen Schneiden (**3a** bis **3c**) die seitliche Werkstückfläche (**11**, **12**) und mit ihren anderen Schneiden (**3d** bis **3g**) die Lagerfläche (**14**) durch Einstechdrehen bearbeitet.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schneidplatte (**3**, **3A** bis **3D**) am Ende der Bearbeitung der Lagerfläche (**14**) mit ihren Schneiden (**3g** bis **3j**) durch Einstechdrehen die zweite seitliche Werkstückfläche (**11**) bearbeitet.

17. Schneideinsatz zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 16, mit zwei im Wesentlichen parallelen oberen und unteren Seitenflächen (**25**, **26**), die durch seitliche Flächen (**23**, **27**, **28**) miteinander verbunden sind, und mit wenigstens zwei im Wesentlichen geradlinigen Hauptschneidkanten (**30a** bis **30d**), die zumindest mit einem Hauptkantenabschnitt auf einer gemeinsamen Geraden liegen, wobei sich an die Hauptschneidkante (**30d**) eine im Wesentlichen kreissegmentförmige Nebenschneidkante (**31e**) vorzugsweise tangential und unmittelbar anschließt, das Kreissegment einen Mittelpunktswinkel (δ) von mindestens 90° , insbesondere mindestens 120° , aufweist und sich eine Nebenfreesfläche (**34e**) von jedem Punkt der Nebenschneidkante (**31e**) in Richtung auf die Seitenfläche (**26**) verjüngt.

18. Schneideinsatz nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die obere Seitenfläche (**25**) eine Vertiefung (**43**) aufweist, deren größte Tiefe durch eine Übergangslinie (**44**) gebildet wird, wobei die Länge der Übergangslinie (**44**) durch deren Endpunkte (**45**, **46**) begrenzt wird.

19. Schneideinsatz nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spanfläche (**32d**) von den

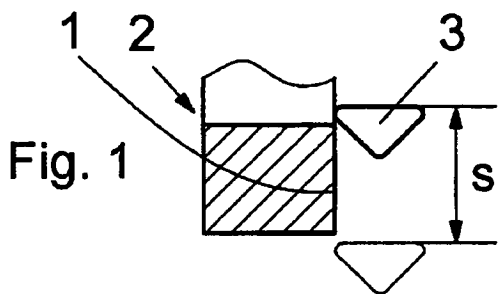
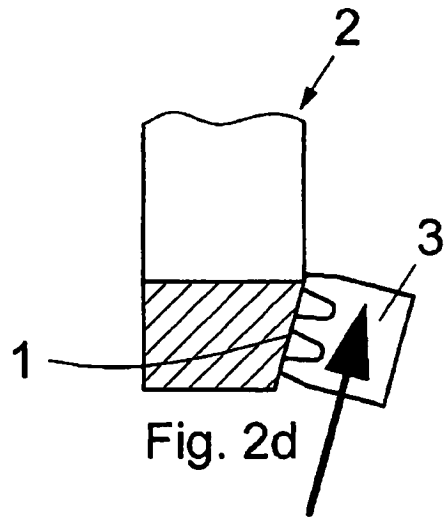
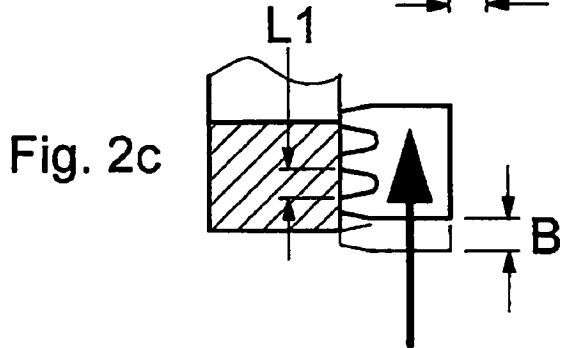
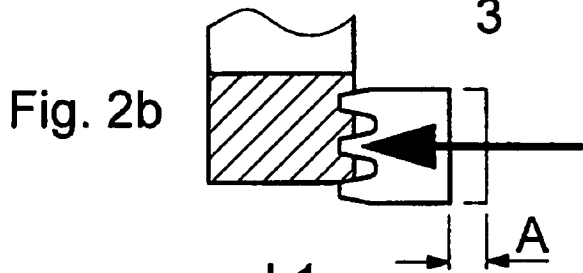
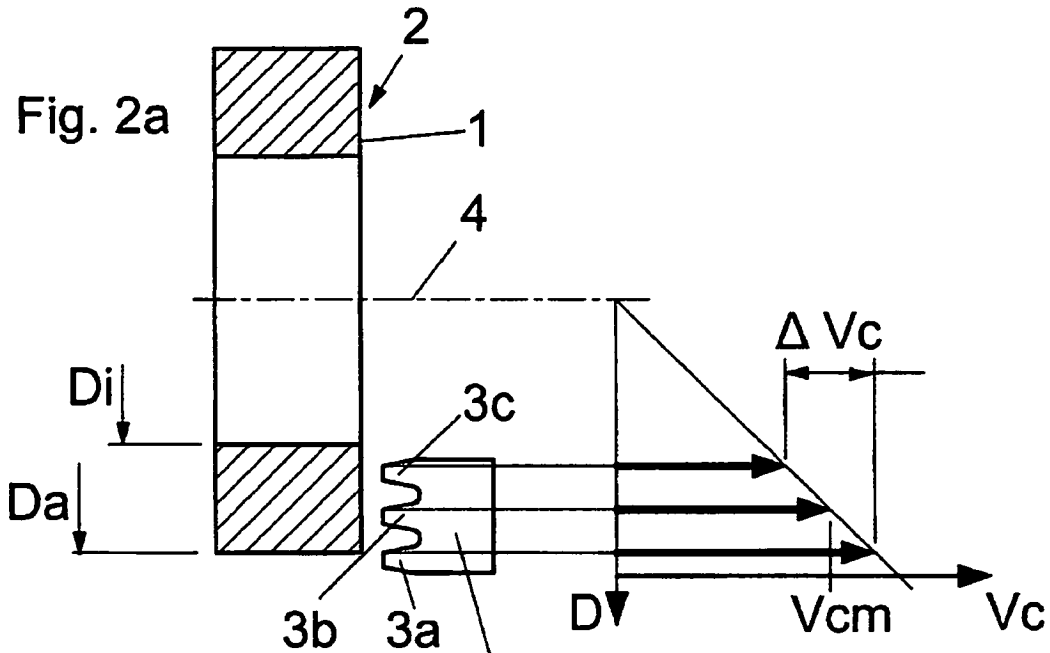
Schneidkanten (**30d**, **30e**) ausgehend auf den tiefer liegenden Endpunkt (**46**) der Übergangslinie (**44**) zuläuft.

20. Schneideinsatz nach einem der Ansprüche 17 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die zwischen den Nebenschneidkanten (**31a** bis **31c**) erstreckenden Spanflächen (**32a** bis **32c**) von den Hauptschneidkanten (**30a** bis **30c**) bis zur Verbindungslinie (**44**) erstrecken.

21. Schneideinsatz nach einem der Ansprüche 17 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spanflächen (**32a** bis **32c**) geneigt verlaufende Spanflächen-segmente (**32a1** bis **32c1**) aufweist, die sich von den Nebenschneidkanten (**31a** bis **31c**) bis zu einer Verbindungslinie (**54**) erstrecken.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Stand der Technik

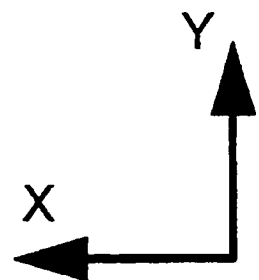


Fig. 3a

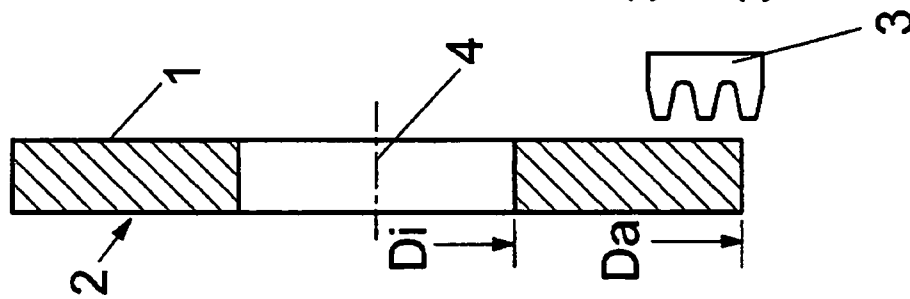


Fig. 3b

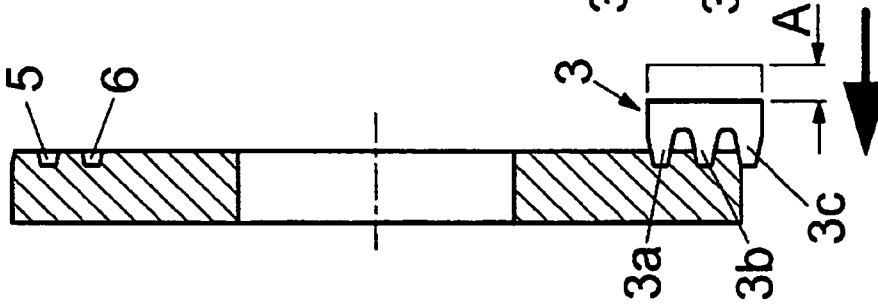


Fig. 3c

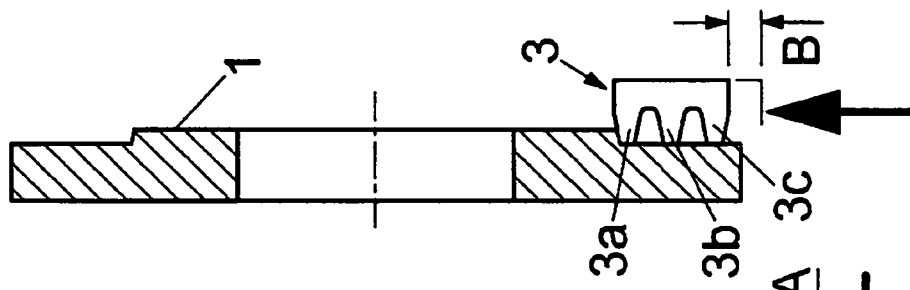


Fig. 3d

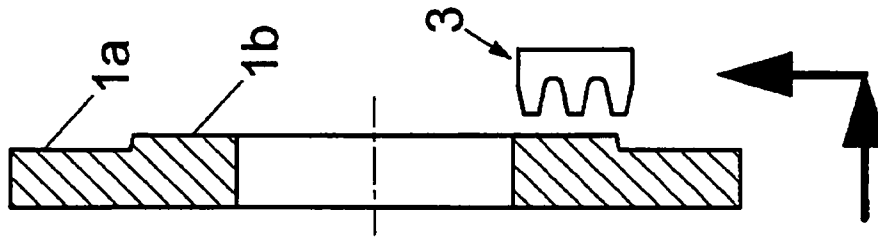


Fig. 3e

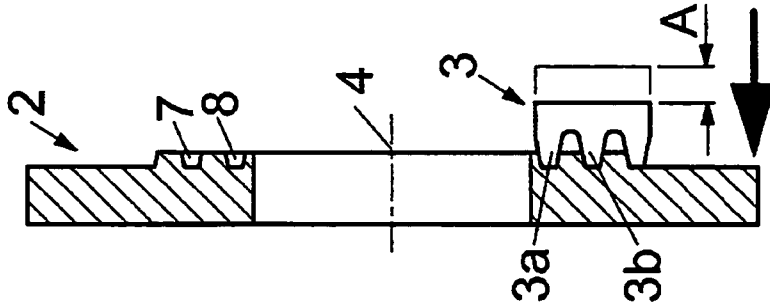
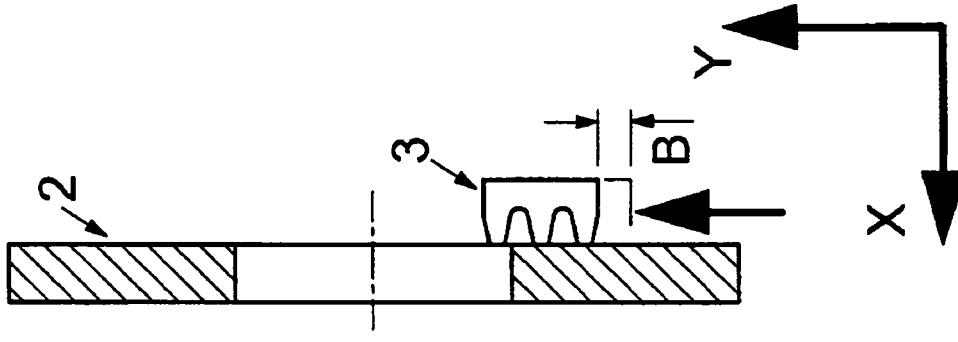


Fig. 3f



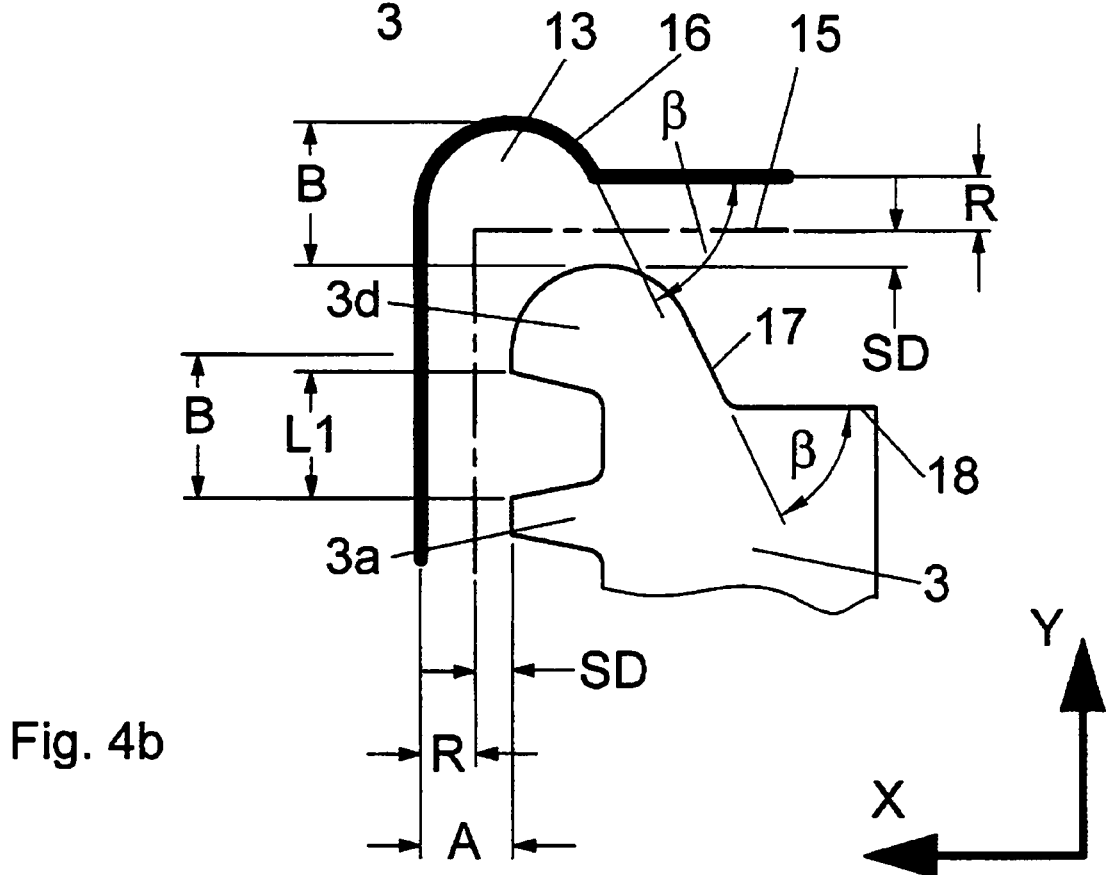
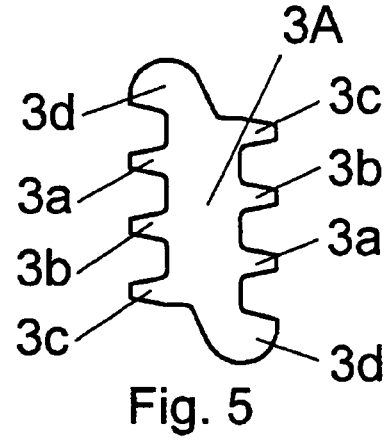
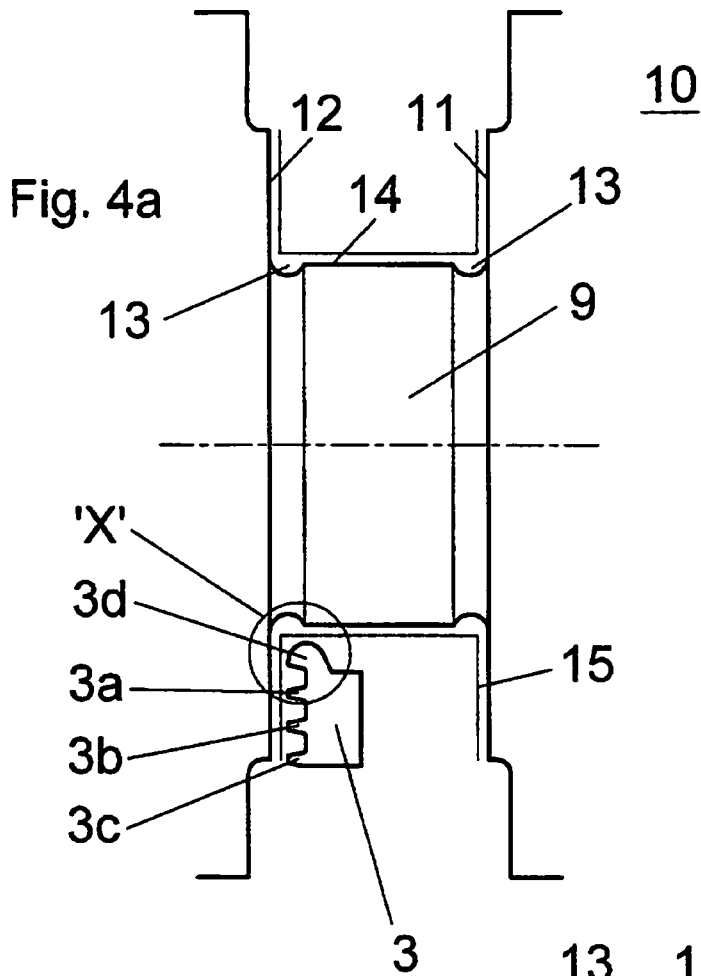


Fig. 6b

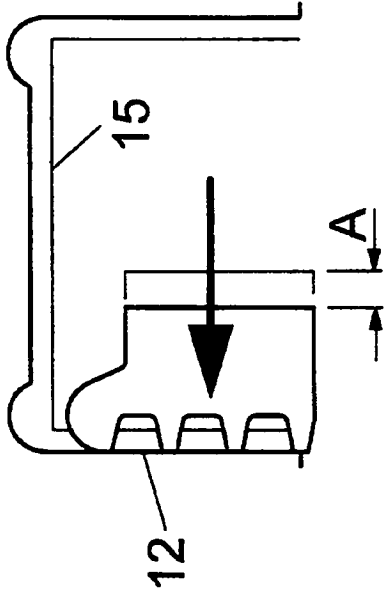


Fig. 6d

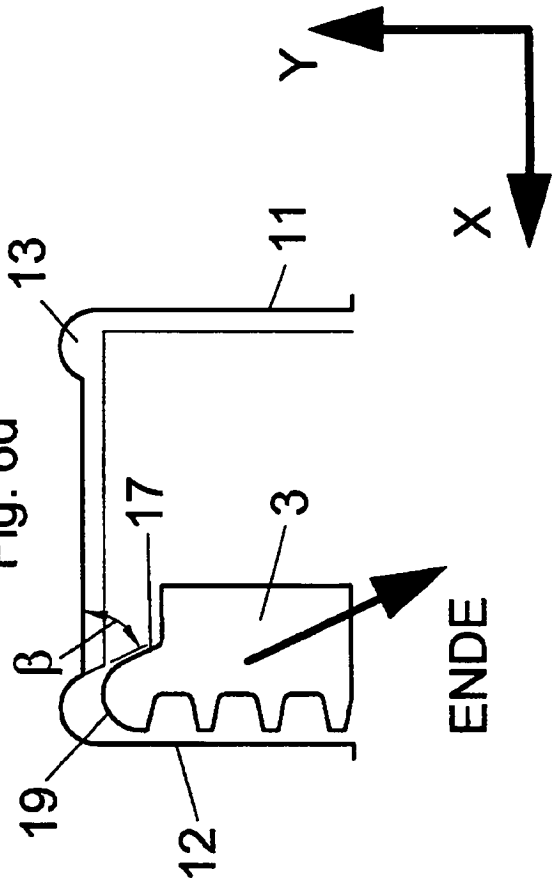


Fig. 6a

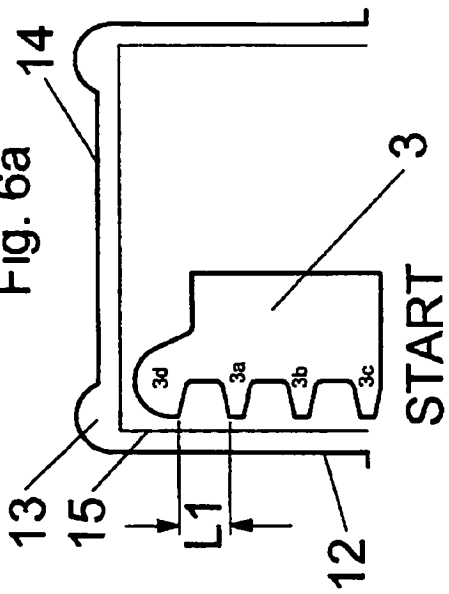
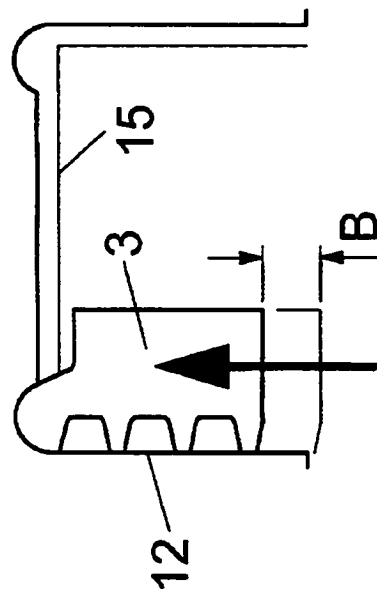
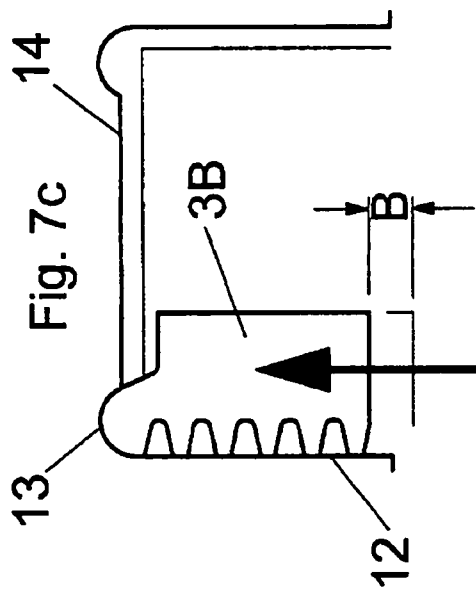
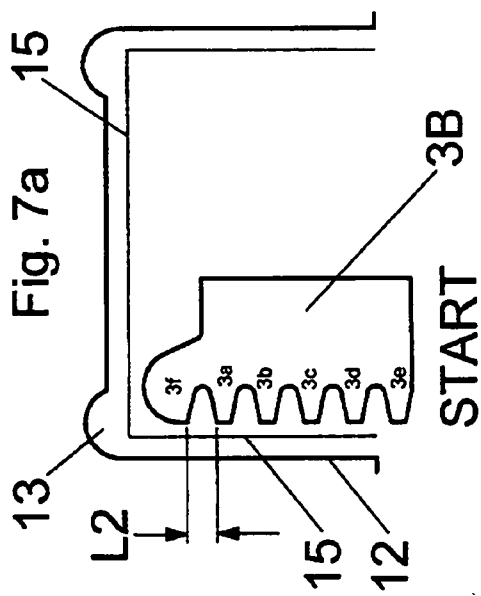
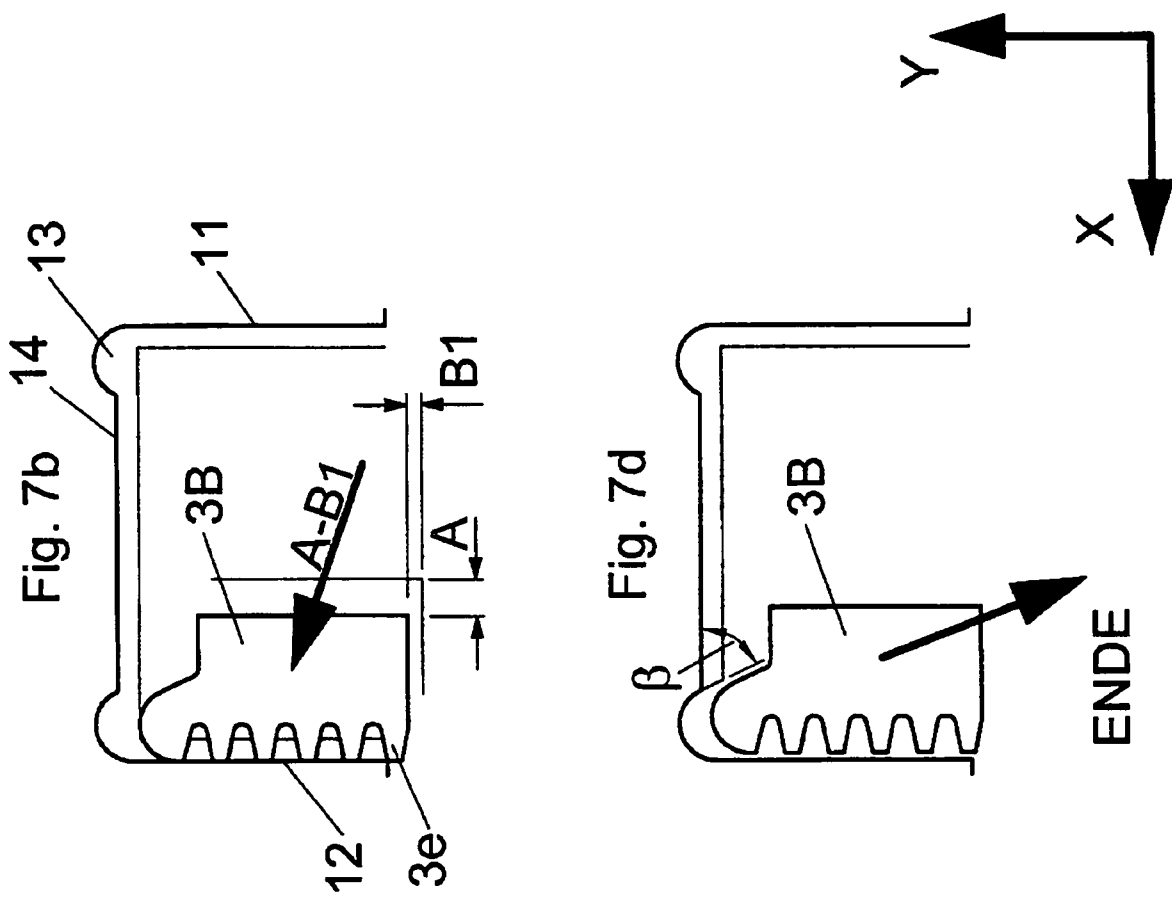
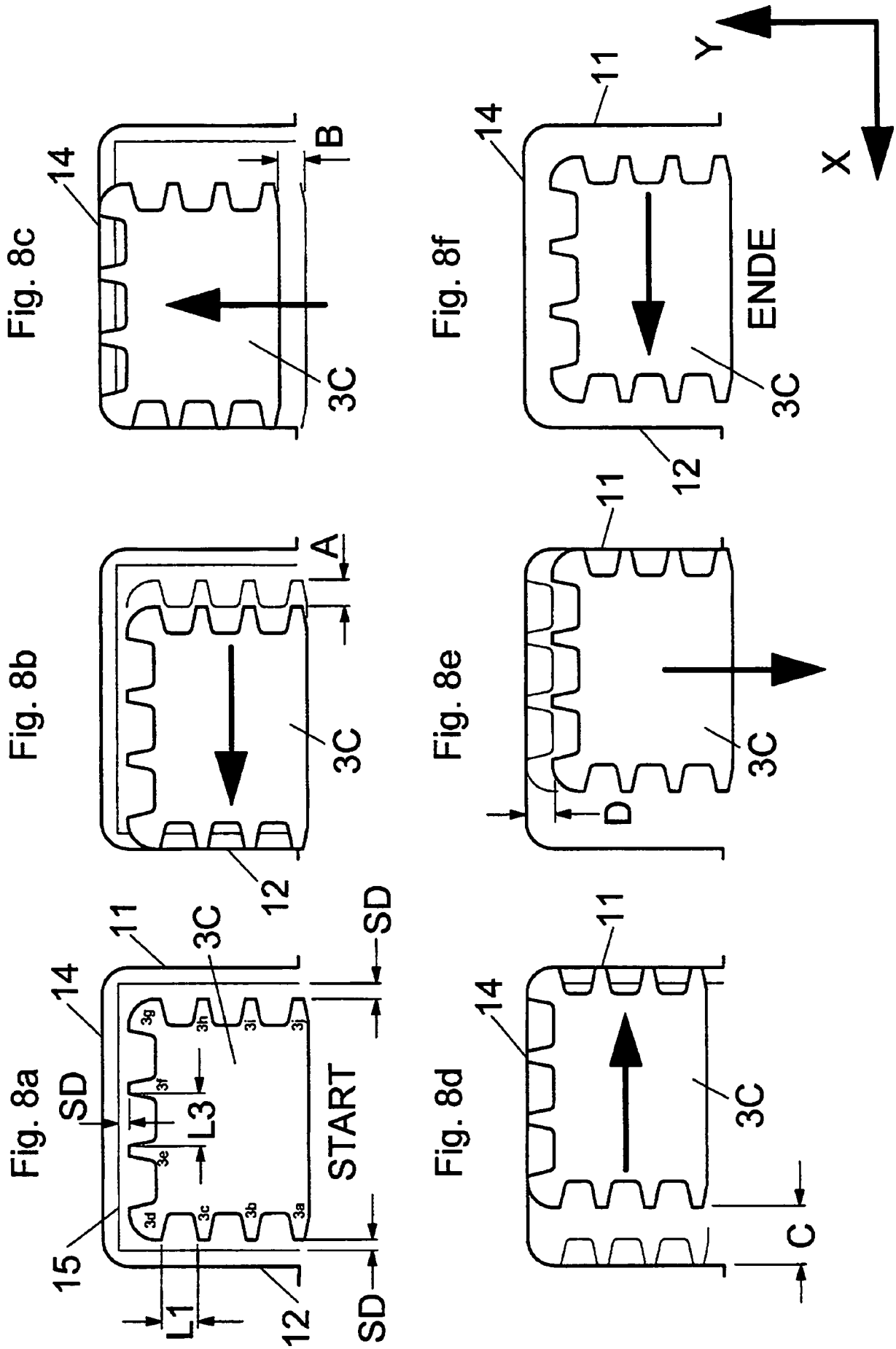
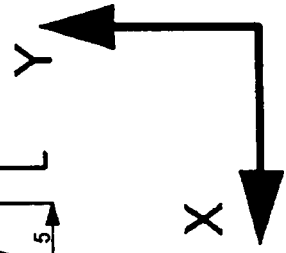
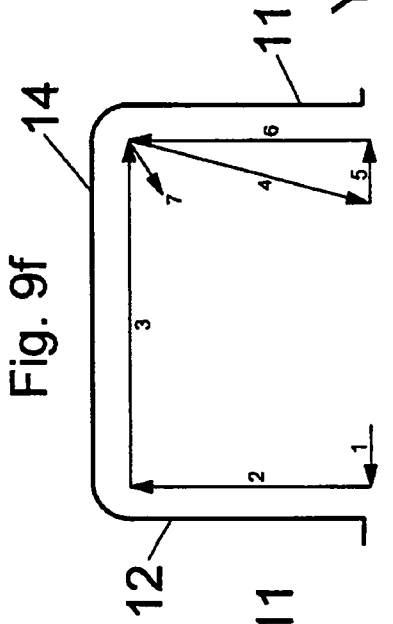
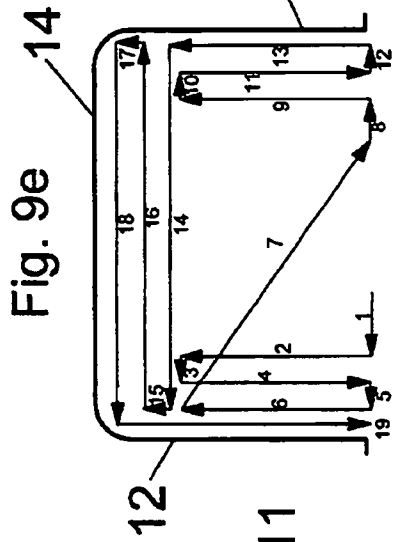
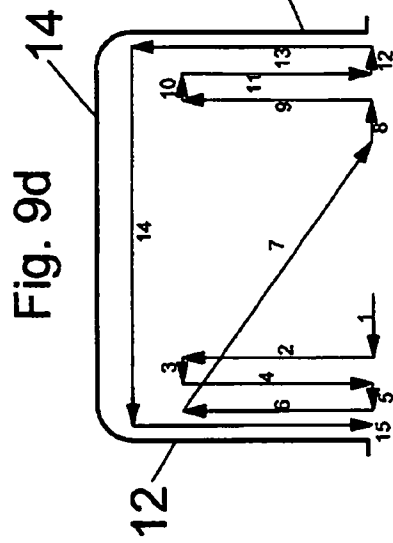
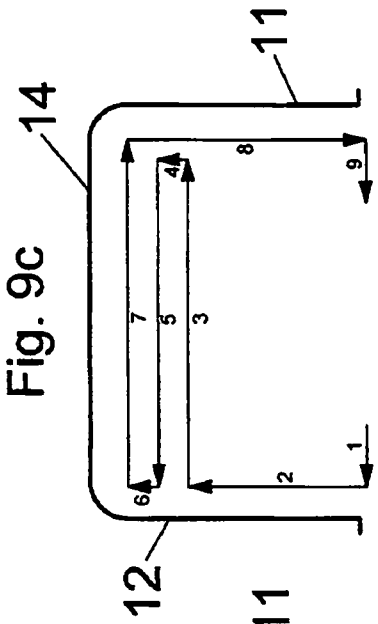
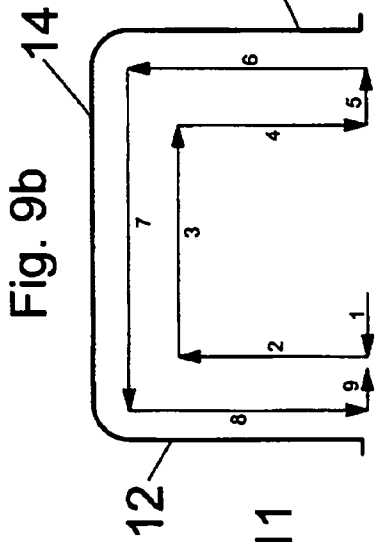
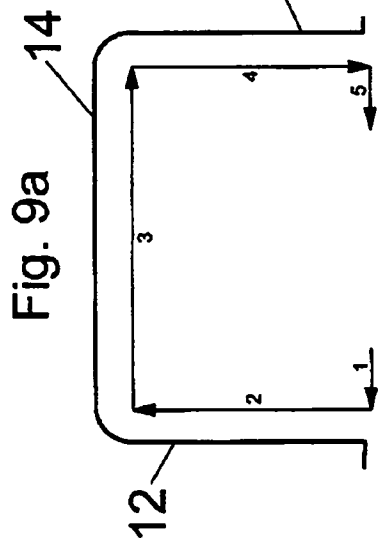


Fig. 6c









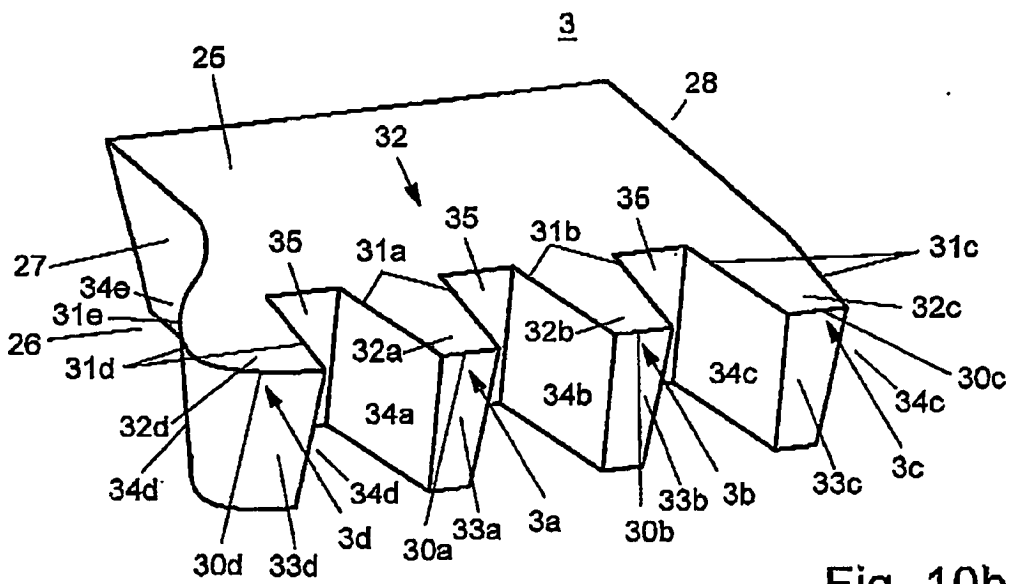
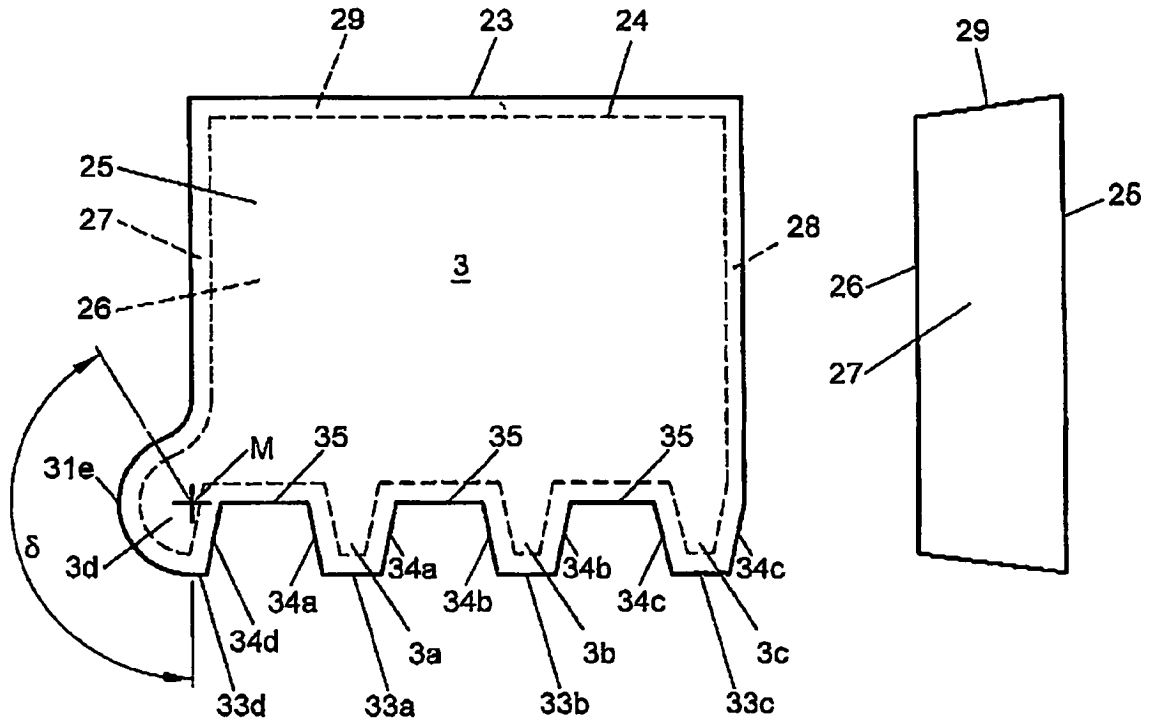
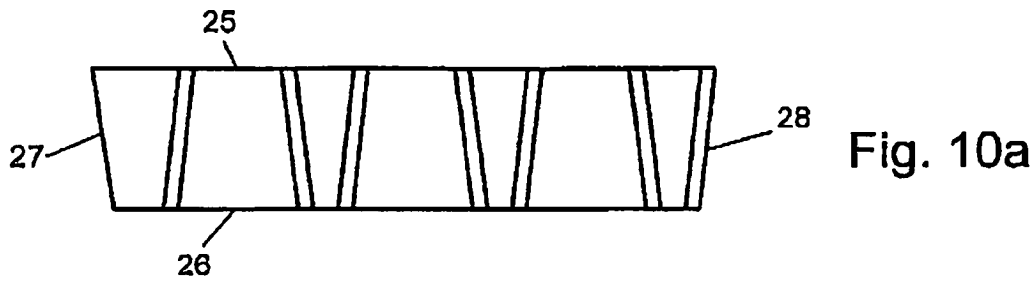


Fig. 10b

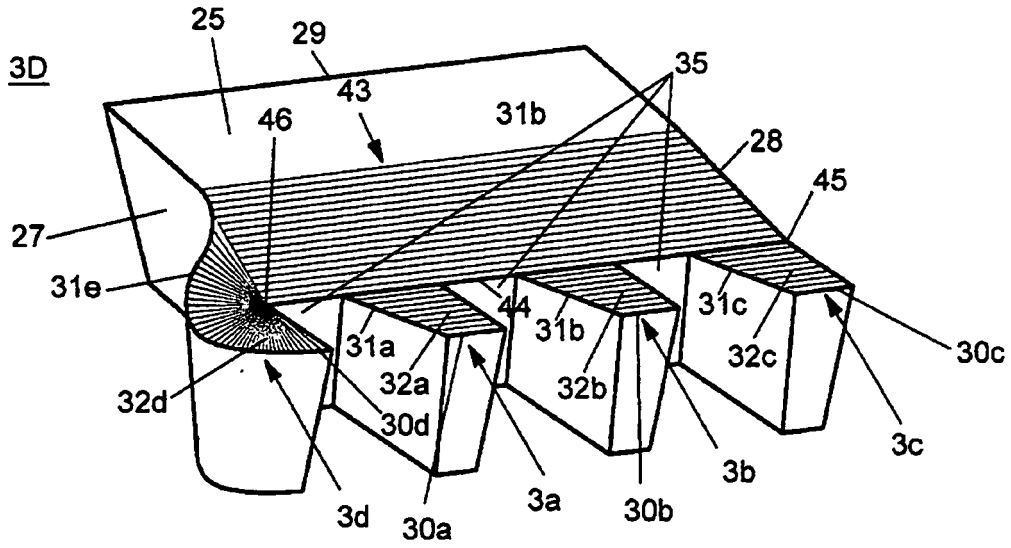


Fig. 10c

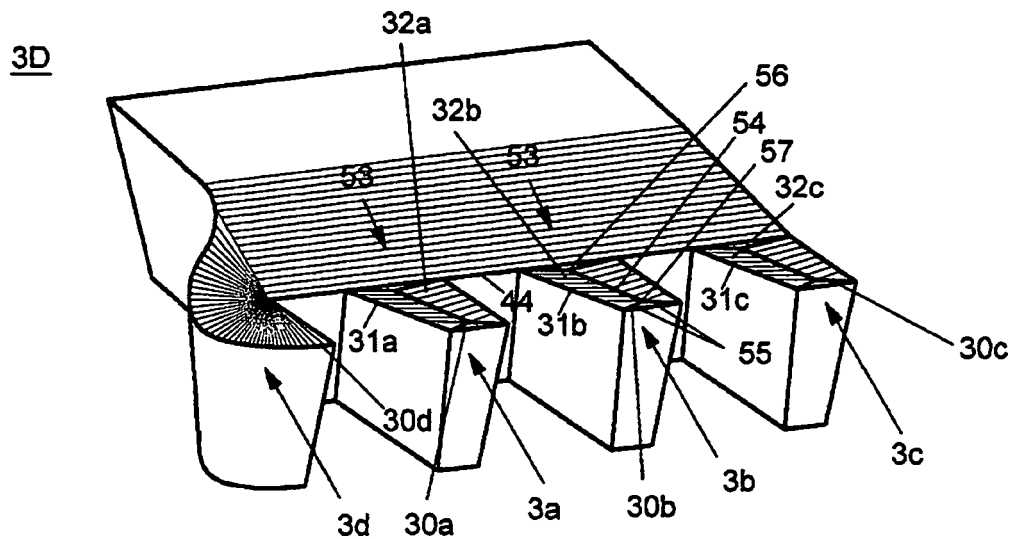


Fig. 10d

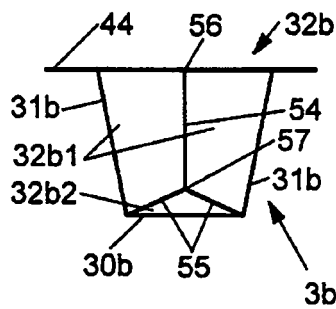


Fig. 10e