



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 125 772.4**

(22) Anmeldetag: **17.10.2018**

(43) Offenlegungstag: **30.01.2020**

(51) Int Cl.: **H05H 1/34 (2006.01)**
B23K 10/02 (2006.01)

(66) Innere Priorität:
10 2018 005 914.7 27.07.2018

(71) Anmelder:
Kjellberg-Stiftung, 03238 Finsterwalde, DE

(74) Vertreter:
**BOEHMERT & BOEHMERT Anwaltspartnerschaft
mbB - Patentanwälte Rechtsanwälte, 28209
Bremen, DE**

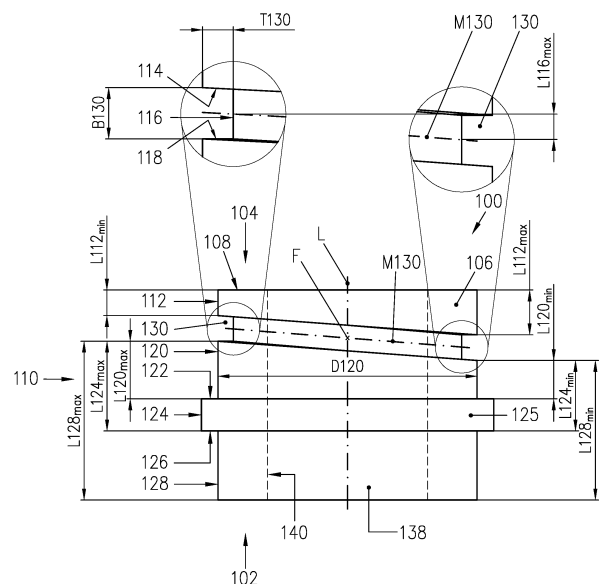
(72) Erfinder:
**Günther, Vadim, 03238 Finsterwalde, DE;
Grundke, Timo, 03238 Finsterwalde, DE; Laurisch,
Frank, 03238 Finsterwalde, DE; Krink, Volker,
03238 Finsterwalde, DE**

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verbindungsteil für einen Bearbeitungskopf zur thermischen Materialbearbeitung, insbesondere für einen Plasmabrennerkopf, Laserkopf, Plasma-Laser-Kopf sowie ein Verschleißteil und eine Verschleißteilverhalterung und ein Verfahren zum Fügen dieser**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Fügen oder Ineinanderstecken eines ersten Verbindungsteils in ein zweites Verbindungsteil eines Bearbeitungskopfes zur thermischen Materialbearbeitung, das erste Verbindungsteil weist auf einer umlaufenden Außenfläche und/oder das zweite Verbindungsteil weist auf einer umlaufenden Innenfläche zumindest eine sich zumindest auf einem Teilumfang erstreckende Nut mit einer Nutbreite B130, B230 und einer Nuttiefe T130, T230, T112, T120 auf, die einen sich über den gesamten Umfang erstreckenden O-Ring oder Profiling mit einer Schnurstärke Sa aufnimmt, wobei sich der O-Ring oder Profiling beim Fügen oder Ineinanderstecken des ersten Verbindungsteils in das zweite Verbindungsteil zunächst nur auf einem Teilumfang, der sich entlang der Nut erstreckt, oder auf mehreren Teilumfängen, die sich entlang der Nut erstrecken, mit der gegenüberliegenden Innenfläche oder gegenüberliegenden Außenfläche berührt, sowie Verbindungsteile und Anordnungen aus selbigen.



Beschreibung

[0001] Bearbeitungsköpfe zur thermischen Materialbearbeitung, beispielsweise Plasmabrennerköpfe, Laserköpfe und Plasma-Laser-Köpfe, werden ganz allgemein zur thermischen Bearbeitung von Materialien unterschiedlichster Art, wie metallischer und nicht-metallischer Werkstoffe, so z. B. zum Schneiden, Schweißen, Beschriften oder ganz allgemein zum Erhitzen, eingesetzt.

[0002] Plasmabrenner bestehen üblicherweise aus einem Brennerkörper, einer Elektrode, einer Düse und einer Halterung dafür. Moderne Plasmabrenner verfügen zusätzlich über eine über der Düse angebrachte Düsenschutzkappe. Oft wird eine Düse mittels einer Düsenskappe fixiert.

[0003] Die durch den Betrieb des Plasmabrenners infolge der durch den Lichtbogen verursachten hohen thermischen Belastung verschleißenden Bauteile sind je nach Plasmabrennertyp insbesondere die Elektrode, die Düse, die Düsenskappe, die Düsenschutzkappe, die Düsenschutzkappenhalterung und die Plasmagasführungs- und Sekundärgasführungsteile. Diese Bauteile können durch einen Bediener leicht gewechselt werden und somit als Verschleißteile bezeichnet werden.

[0004] Die Plasmabrenner sind über Leitungen an eine Stromquelle und eine Gasversorgung angeschlossen, die den Plasmabrenner versorgen. Weiterhin kann der Plasmabrenner an einer Kühleinrichtung für ein Kühlmedium, wie zum Beispiel eine Kühlflüssigkeit, angeschlossen sein.

[0005] Besonders bei Plasmaschneidbrennern treten hohe thermische Belastungen auf. Das hat seine Ursache in der starken Einschnürung des Plasmastrahls durch die Düsenbohrung. Hier werden kleine Bohrungen verwendet, damit hohe Stromdichten von 50 bis 150 A/mm² in der Düsenbohrung, hohe Energiedichten von ca. 2×10^6 W/cm² und hohe Temperaturen von bis zu 30.000 K erzeugt werden. Weiterhin werden im Plasmaschneidbrenner höhere Gasdrücke, in der Regel bis zu 12 bar, verwendet. Die Kombination aus hoher Temperatur und großer kinetischer Energie des durch die Düsenbohrung strömenden Plasmagases führen zum Aufschmelzen des Werkstücks und zum Austreiben der Schmelze. Es entsteht eine Schnittfuge und das Werkstück wird getrennt. Beim Plasmaschneiden werden oft oxidierende Gase, um un- oder niedriglegierte Stähle zu schneiden, und nichtoxidierende Gase eingesetzt, um hochlegierte Stähle oder Nichteisenmetalle zu schneiden.

[0006] Zwischen der Elektrode und der Düse strömt ein Plasmagas. Das Plasmagas wird durch ein Gasführungsteil, geführt. Dadurch kann das Plasmagas

gezielt gerichtet werden. Oftmals ist es durch einen radialen und/oder axialen Versatz der Öffnungen in dem Plasmagasführungsteil in Rotation um die Elektrode versetzt. Das Plasmagasführungsteil besteht aus elektrisch isolierendem Material, da die Elektrode und die Düse voneinander elektrisch isoliert sein müssen. Dies ist notwendig, da die Elektrode und die Düse unterschiedliche elektrische Potentiale während des Betriebs des Plasmaschneidbrenners haben. Zum Betreiben des Plasmaschneidbrenners wird ein Lichtbogen zwischen der Elektrode und der Düse und/oder dem Werkstück erzeugt, der das Plasmagas ionisiert. Zum Zünden des Lichtbogens kann eine Hochspannung zwischen der Elektrode und Düse angelegt werden, die für eine Vorionisation der Strecke zwischen der Elektrode und Düse und somit für die Ausbildung eines Lichtbogens sorgt. Der zwischen Elektrode und Düse brennende Lichtbogen wird auch als Pilotlichtbogen bezeichnet.

[0007] Der Pilotlichtbogen tritt durch die Düsenbohrung aus und trifft auf das Werkstück und ionisiert die Strecke zum Werkstück. Dadurch kann sich der Lichtbogen zwischen Elektrode und Werkstück ausbilden. Dieser Lichtbogen wird auch als Hauptlichtbogen bezeichnet. Während des Hauptlichtbogens kann der Pilotlichtbogen abgeschaltet werden. Er kann aber auch weiterbetrieben werden. Beim Plasmaschneiden wird dieser oft abgeschaltet, um die Düse nicht noch zusätzlich zu belasten.

[0008] Insbesondere die Elektrode und die Düse werden thermisch hoch beansprucht und müssen gekühlt werden. Zugleich müssen sie auch den elektrischen Strom, der zur Ausbildung des Lichtbogens benötigt wird, leiten. Deshalb werden dafür gut Wärme und elektrisch gut leitende Werkstoffe, in der Regel Metalle, zum Beispiel Kupfer, Silber, Aluminium, Zinn, Zink, Eisen oder Legierungen, in denen zumindest eines dieser Metalle enthalten ist, verwendet.

[0009] Die Elektrode besteht oft aus einem Elektrodenhalter und einem Emissionseinsatz, der aus einem Werkstoff hergestellt ist, der eine hohe Schmelztemperatur $\geq 2000^\circ\text{C}$) und eine geringere Elektronenaustrittsarbeit als der Elektrodenhalter aufweist. Als Werkstoffe für den Emissionseinsatz werden beim Einsatz nicht oxidierende Plasmagase, wie bspw. Argon, Wasserstoff, Stickstoff, Helium und Gemische derselben, Wolfram und beim Einsatz oxidierender Gase, wie zum Beispiel Sauerstoff, Luft und Gemische derselben, Stickstoff-Sauerstoff-Gemisch und Gemische mit anderen Gasen, Hafnium oder Zirkonium eingesetzt. Der Hochtemperaturwerkstoff kann in einen Elektrodenhalter, der aus gut Wärme und elektrisch gut leitendem Werkstoff besteht, eingepasst, zum Beispiel mit Form- und/oder Kraftschluss, eingepresst werden.

[0010] Die Kühlung der Elektrode und Düse kann durch Gas, zum Beispiel das Plasmagas oder ein Sekundärgas, das an der Außenseite der Düse entlangströmt, erfolgen. Effektiver ist jedoch die Kühlung mit einer Flüssigkeit, zum Beispiel Wasser. Dabei werden die Elektrode und/oder die Düse oft direkt mit der Flüssigkeit gekühlt, d.h. die Flüssigkeit befindet sich in direktem Kontakt mit der Elektrode und/oder der Düse. Um die Kühlflüssigkeit um die Düse zu führen, befindet sich um die Düse eine Düsenkappe, deren Innenfläche mit der Außenfläche der Düse einen Kühlmittelraum bildet, in dem das Kühlmittel strömt.

[0011] Bei modernen Plasmaschneidbrennern befindet sich außerhalb der Düse und/oder der Düsenkappe zusätzlich eine Düsenschutzkappe. Die Innenfläche der Düsenschutzkappe und die Außenfläche der Düse oder der Düsenkappe bilden einen Raum, durch den ein Sekundär- oder Schutzgas strömt. Das Sekundär- oder Schutzgas tritt aus der Bohrung der Düsenschutzkappe aus und umhüllt den Plasmastrahl und sorgt für eine definierte Atmosphäre um denselben. Zusätzlich schützt das Sekundärgas die Düse und die Düsenschutzkappe vor Lichtbögen, die sich zwischen diesem und dem Werkstück ausbilden können. Diese werden als Doppellichtbögen bezeichnet und können zur Beschädigung der Düse führen. Insbesondere beim Einstechen in das Werkstück werden die Düse und die Düsenschutzkappe durch heißes Hochspritzen von Material stark belastet. Das Sekundärgas, dessen Volumenstrom beim Einstechen gegenüber dem Wert beim Schneiden erhöht sein kann, hält das hochspritzende Material von der Düse und der Düsenschutzkappe fern und schützt so vor Beschädigung.

[0012] Die Düsenschutzkappe wird ebenfalls thermisch hoch beansprucht und muss gekühlt werden. Deshalb werden dafür gut Wärme und elektrisch gut leitende Werkstoffe, in der Regel Metalle, zum Beispiel Kupfer, Silber, Aluminium, Zinn, Zink, Eisen oder Legierungen, in denen zumindest eines dieser Metalle enthalten ist, verwendet.

[0013] Die Elektrode und die Düse können auch indirekt gekühlt werden. Dabei stehen sie mit einem Bauteil, das aus einem gut Wärme und elektrisch gut leitendem Werkstoff, in der Regel ein Metall, zum Beispiel Kupfer, Silber, Aluminium, Zinn, Zink, Eisen oder Legierungen, in denen zumindest eines dieser Metalle enthalten ist, besteht, durch Berührung in Kontakt. Dieses Bauteil wird wiederum direkt gekühlt, d.h., dass es sich mit dem meist strömenden Kühlmittel direkt in Kontakt befindet. Diese Bauteile können gleichzeitig als Halterung oder Aufnahme für die Elektrode, die Düse, die Düsenkappe oder die Düsenschutzkappe dienen und die Wärme ab- und den Strom zuführen.

[0014] Es besteht auch die Möglichkeit, dass nur die Elektrode oder nur die Düse mit Flüssigkeit gekühlt werden.

[0015] Die Düsenschutzkappe wird meist nur durch das Sekundärgas gekühlt. Es sind auch Anordnungen bekannt, bei denen die Sekundärgaskappe direkt oder indirekt durch eine Kühlflüssigkeit gekühlt wird.

[0016] Laserköpfe bestehen im Wesentlichen aus einem Körper, einem optischen System in dem Körper zur Fokussierung des Laserstrahls, Anschlüssen für die Laserlichtzuführung bzw. den Lichtwellenleiter, Gas (Schneidgas und Sekundärgas) und Kühlmedium und einer Düse mit einer Öffnung, die den Gasstrahl des Gases formt und durch die auch der Laserstrahl aus dem Laserkopf austritt. Der Laserstrahl trifft auf ein Werkstück und wird absorbiert.

[0017] Beim Laserschneiden wird in Kombination mit dem Schneidgas das erhitzte Werkstück aufgeschmolzen und ausgetrieben (Laserschmelzschnitten) oder oxidiert (Laserbrennschnitten).

[0018] Es ist beim Laserschneidkopf möglich, dass sich zusätzlich außerhalb der Düse eine Düsenschutzkappe befindet. Die Innenfläche der Düsenschutzkappe und die Außenfläche der Düse oder der Düsenkappe bilden einen Raum, durch den ein Sekundär- oder Schutzgas strömt. Das Sekundär- oder Schutzgas tritt aus der Bohrung der Düsenschutzkappe aus und umhüllt den Laserstrahl und sorgt für eine definierte Atmosphäre um denselben. Zusätzlich schützt das Sekundärgas die Düse. Insbesondere beim Einstechen in das Werkstück wird die Düse durch heißes Hochspritzen von Material stark belastet. Das Sekundärgas, dessen Volumenstrom beim Einstechen gegenüber dem Wert beim Schneiden erhöht sein kann, hält das hochspritzende Material von der Düse fern und schützt so vor Beschädigung.

[0019] Bearbeitungsköpfe, in denen sowohl das Plasma- als auch Laserverfahren gleichzeitig zum Einsatz kommen, sogenannte Plasma-Laser-Schneidköpfe, weisen Merkmale des Plasmabrennerkopfes und des Laserkopfes auf. Hier werden die Merkmale und damit auch die Vorteile beider Verfahren miteinander kombiniert.

[0020] Mit dem Plasmaverfahren und dem Laserverfahren und der Kombination kann Material grundsätzlich geschnitten, geschweißt, beschriftet, abgetragen oder allgemein erwärmt werden.

[0021] In Plasmabrennern oder Bearbeitungsköpfen für thermische Verfahren, beispielsweise zum Schneiden oder Schweißen, werden oftmals Teile ineinandergefügt, die mit Fluiden (Gase, Flüssigkeiten) in Berührung kommen. Dabei strömen diese Fluide an Flächen der Brennteile entlang oder Durchströ-

men diese durch Öffnungen (Bohrungen, Kanäle). Dabei kann es sich um Einzelteile, bspw. Verschleißteile, handeln, die während des Betriebes verschleifen und öfters vom Bediener ausgetauscht werden müssen.

[0022] Es kann sich aber auch um aus mehreren Teilen zusammengebaute Baugruppen, z. B. einen Brennerkopf handeln, der öfter gewechselt werden soll.

[0023] Dies soll möglichst einfach und sicher erfolgen können. Dabei kommt es darauf an, dass möglichst wenig Kraft für das Einfügen insbesondere der Verschleißteile in die Verschleißteilhalterung oder der Verschleißteile ineinander benötigt und dennoch eine dichte Verbindung gewährleistet wird. Dicht bedeutet dabei, dass kein Fluid, also kein Gas und/oder keine Flüssigkeit bis zu einem Druck, bspw. bis 20 bar, durch die Dichtstelle vom inneren Bereich nach außen oder von außen nach innen dringt.

[0024] Zusätzlich ist oftmals gleichzeitig eine genaue axiale, radiale oder rotatorische Positionierung der Verschleißteile zueinander oder der Verschleißteile zu einer Verschleißteilhalterung notwendig.

[0025] Die bislang bekannten Anordnungen bestehen aus einer sich auf der zylindrischen Außen- oder der Innenfläche auf einem kreisringförmigen Umfang erstreckenden Nut, in der sich ein O-Ring befindet und einer gegenüberliegenden ebenfalls zylindrischen Innen- oder Außenfläche der Verschleißteilhalterung oder eines anderen Verschleißteils, die sich ebenfalls auf einem kreisringförmigen Umfang erstreckt. Der O-Ring ragt auf seinem Umfang aus der Nut heraus und wird beim Fügen durch die Berührung mit der gegenüberliegenden Fläche in die Nut gepresst und dabei verformt. Der O-Ring besteht aus elastisch verformbarem Material, bspw. einem Elastomer. Der Querschnitt der Nut sollte mindestens die Größe des Querschnittes der Schnur des O-Rings haben.

[0026] Die gegenüberliegende Fläche der Verschleißteilhalterung oder des Verschleißteils besteht meistens aus einem elastisch nicht oder nur wenig verformbaren Material bspw. einem Metall, Keramik oder einem harten Kunststoff. Die Oberfläche des O-Rings berührt dabei während des Fügens auf ihrem gesamten Umfang die gegenüberliegende Fläche, bevor die Verformung des Rundrings einsetzt. Dadurch ist ein hoher Kraftaufwand beim Fügen notwendig.

[0027] Zusätzlich ist oftmals eine eindeutige rotatorische Positionierung um eine Längsachse eines Verbindungsteils zwischen den Verbindungsteilen oder den Verschleißteilen und einer Verschleißteilhalterung oder auch zwischen den Verschleißteilen not-

wendig. Auch dies ist mit der bekannten Anordnung nicht möglich.

[0028] Es ist das Ziel der vorliegenden Erfindung, die zum Fügen benötigte Kraft zu reduzieren und/oder nach Möglichkeit eine eindeutige axiale, radiale und rotatorische Positionierung zu einer Längsachse zwischen den Verbindungsteilen, bspw. Verschleißteilen, zu gewährleisten.

[0029] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zum Fügen oder Ineinanderstecken eines ersten Verbindungsteils **100** in ein zweites Verbindungsteil **200** eines Bearbeitungskopfes zur thermischen Materialbearbeitung, das erste Verbindungsteil weist auf einer umlaufenden Außenfläche **110** und/oder das zweite Verbindungsteil **200** weist auf einer umlaufenden Innenfläche **240** zumindest eine sich zumindest auf einem Teilumfang erstreckende Nut **130, 230** mit einer Nutbreite **B130, B230** und einer Nuttiefe **T130, T230, T112, T120** auf, die einen sich über den gesamten Umfang erstreckenden O-Ring **132, 232** oder Profiling mit einer Schnurstärke **Sa** aufnimmt, wobei sich der O-Ring **132, 232** oder Profiling beim Fügen oder Ineinanderstecken des ersten Verbindungsteils **100** in das zweite Verbindungsteil **200** zunächst nur auf einem Teilumfang, der sich entlang der Nut (**130, 230**) erstreckt, oder auf mehreren Teilumfängen, die sich entlang der Nut (**130, 230**) erstrecken, mit der gegenüberliegenden Innenfläche **240, 242, 244** oder gegenüberliegenden Außenfläche **110, 112, 142** berührt.

[0030] Weiterhin wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verbindungsteil **100, 200** für einen Bearbeitungskopf zur thermischen Materialbearbeitung, umfassend einen Körper **106, 206**, der sich entlang einer Längsachse **L** erstreckt mit einer Außenfläche **110, 212** und/oder Innenfläche **140, 240**, mit einem vorderen Ende **102, 202** und einem hinteren Ende **104, 204**, wobei die Außenfläche **110** und/oder die Innenfläche **240** zumindest eine sich in Umfangsrichtung erstreckende Nut **130, 230** mit einer Nutbreite **B130, B230** und einer Nuttiefe **T130, T230** aufweist, wobei zumindest eine seitliche Begrenzung **114, 118, 214, 218** der Nut **130, 230** entlang ihres Umfangs unterschiedlich große sich parallel zur Längsachse **L** erstreckende Abstände **L128, L228** in Richtung zum vorderen Ende **102, 202** und/oder unterschiedlich große sich parallel zur Längsachse erstreckende Abstände **L112, L212** zum hinteren Ende **104, 204** des Verbindungsteils **100, 200** aufweist. Mit anderen Worten erstreckt sich bei dem Verbindungsteil die Nut schräg zur Längsachse des Körpers.

[0031] Darüber hinaus wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verbindungsteil **100, 200** für einen Bearbeitungskopf zur thermischen Materialbearbeitung umfassend einen Körper **106, 206** der sich entlang ihrer Längsachse **L** erstreckt mit einer Außenfläche **110,**

212 und/oder Innenfläche **140, 240**, mit einem vorderen Ende **102, 202** und einem hinteren Ende **104, 204**, wobei die Außenfläche **110** und/oder die Innenfläche **240** zumindest eine sich in Umfangsrichtung erstreckende Nut **130, 230** mit einer Nutbreite **B130, B230** und einer Nuttiefe **T130, T230** mit einem O-Ring **132, 232** oder Profiling mit einer Schnurstärke **Sa** aufweist, wobei die in Richtung zum vorderen Ende **102, 202** zugewandte Fläche des O-Rings **132, 232** oder Profiling entlang ihres Umfangs unterschiedlich große sich parallel zur Längsachse **L** erstreckende Abstände **L128a, L228a** zum vorderen Ende **102, 202** und/oder die in Richtung zum hinteren Ende **104, 204** zugewandte Fläche des O-Rings **132, 232** entlang seines Umfangs unterschiedlich große sich parallel zur Längsachse **L** erstreckende Abstände **L112a, L212a** zum hinteren Ende **104, 204** des Verbindungsteils **100, 200** aufweist. Mit anderen Worten erstreckt sich bei dem Verbindungsteil der O-Ring schräg zur Längsachse des Körpers.

[0032] Ferner wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verbindungsteil **100, 200** für einen Bearbeitungskopf zur thermischen Materialbearbeitung, umfassend einen Körper **106, 206**, der sich entlang einer Längsachse **L** erstreckt, mit einer Außenfläche **110, 112, 120, 212** und/oder Innenfläche **140, 240, 244** mit einem vorderen Ende **102, 202** und einem hinteren Ende **104, 204**, wobei die Außenfläche **110** und/oder die Innenfläche **240** zumindest eine sich in Umfangsrichtung erstreckende Nut **130, 230** mit einer Nuttiefe **T130, T112, T120, T230** aufweist, wobei der Nutboden **116, 216** der Nut **130, 230** entlang des Umfangs unterschiedliche sich durch die Längsachse **L** und senkrecht zur Längsachse **L** erstreckende Abstände **D116** zwischen den gegenüberliegenden Abschnitten des Nutbodens **116, 216** der Nut **130, 230** aufweist und/oder wobei zumindest eine Außenfläche **112** und/oder **120** entlang des Umfangs unterschiedliche sich durch die Längsachse **L** und senkrecht zur Längsachse **L** erstreckende Abstände **D112, D120** zwischen den gegenüberliegenden Abschnitten der Außenfläche **112, 120** aufweist und/oder dass zumindest eine Innenfläche **244** entlang des Umfangs unterschiedliche sich durch die Längsachse **L** und senkrecht zur Längsachse **L** erstreckende Abstände **D244** zwischen den gegenüberliegenden Abschnitten der Innenfläche **244** aufweist. Die Außenfläche und/oder die Innenfläche ist somit nicht kreisförmig, bspw. elliptisch.

[0033] Ferner wird diese Aufgabe gelöst durch Verbindungsteil **100, 200** für einen Bearbeitungskopf zur thermischen Materialbearbeitung, umfassend einen Körper **106, 206** der sich entlang einer Längsachse **L** erstreckt, mit einer Außenfläche **110, 112, 120, 212** und/oder Innenfläche **140, 240, 244** mit einem vorderen Ende **102, 202** und einem hinteren Ende **104, 204**, wobei die Außenfläche **110** und/oder die Innenfläche **240** zumindest eine sich in Umfangsrichtung

erstreckende Nut **130, 230** mit einer Nutbreite **B130, B230** und einer Nuttiefe **T130, T112, T120, T230** mit einem O-Ring **132, 232** oder Profiling mit einer Schnurstärke **Sa** aufweist, wobei die innerste zur Längsachse **L** gerichtete Fläche **132i** des O-Rings **132, 232** entlang des Umfangs unterschiedliche sich durch die Längsachse **L** und senkrecht zur Längsachse **L** erstreckende Abstände **D132i** zwischen den gegenüberliegenden Abschnitten der innersten Fläche **132i** des O-Rings aufweist und/oder wobei die äußerste Fläche **132a** des O-Rings **132, 232** entlang des Umfangs unterschiedliche sich durch die Längsachse **L** und senkrecht zur Längsachse **L** erstreckende Abstände **D132a** zwischen den gegenüberliegenden Abschnitten der äußersten Fläche **132a** des O-Rings aufweist. Die innerste zur Längsachse gerichtete Fläche und/oder die äußerste Fläche des O-Rings nicht kreisförmig, zum Beispiel elliptisch.

[0034] Weiterhin liefert die vorliegende Erfindung eine Anordnung aus einem ersten Verbindungsteil und einem zweiten Verbindungsteil, wobei zumindest eines der ersten und zweiten Verbindungsteile ein Verbindungsteil nach einem der Ansprüche 14 bis 35 ist.

[0035] Zumindest in einer besonderen Ausführungsform werden die Vorteile der Erfindung auch bei recht geringer Veränderung der Baugröße erzielt, um platzsparende Anordnungen, insbesondere bei Verschleißteilen, zu realisieren.

[0036] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den beigefügten Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung, in der mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die schematischen Zeichnungen beschrieben werden. Dabei zeigt/zeigen:

Fig. 1 einer Seitenansicht von einem Verbindungsteil gemäß einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 1a bis **Fig. 1c** beispielhaft unterschiedliche Nutformen;

Fig. 1d das Verbindungsteil von **Fig. 1** mit einem O-Ring **1** in Schnittansicht;

Fig. 2 eine Schnittansicht von einem weiteren Verbindungsteil gemäß einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3a und **Fig. 3b** die Verbindung aus dem Verbindungsteil von **Fig. 1d** und dem Verbindungsteil von **Fig. 2** in unterschiedlich gefügten Zuständen in Schnittansicht;

Fig. 4 eine Seitenansicht von einem Verbindungsteil gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4a das Verbindungsteil von **Fig. 4** mit einem O-Ring;

Fig. 5a und **Fig. 5b** die Verbindung aus dem Verbindungsteil von **Fig. 4a** und dem Verbindungsteil von **Fig. 2** in unterschiedlich gefügten Zuständen in Schnittansicht;

Fig. 6 eine Schnittansicht eines Verbindungsteils gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6a das Verbindungsteil von **Fig. 6** mit einem O-Ring in Schnittansicht;

Fig. 7 eine Seitenansicht von einem Verbindungsteil gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 8a und **Fig. 8b** die Verbindung aus dem Verbindungsteil von **Fig. 7** und dem Verbindungsteil von **Fig. 6a** in unterschiedlich gefügten Zuständen in Schnittansicht;

Fig. 9 eine Schnittansicht eines Verbindungsteils gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 9a das Verbindungsteil von **Fig. 9** mit einem O-Ring in Schnittansicht;

Fig. 10 eine Seitenansicht eines Verbindungsteils gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 11a und **Fig. 11b** die Verbindung aus dem Verbindungsteil von **Fig. 10** und dem Verbindungsteil von **Fig. 9a** in unterschiedlich gefügten Zuständen in Schnittansicht;

Fig. 12 eine Seitenansicht von einem Verbindungsteil gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 12a die Ansicht A des Verbindungsteils von **Fig. 12**;

Fig. 12b den Schnitt B-B des Verbindungsteils von **Fig. 12**;

Fig. 12c das Verbindungsteil von **Fig. 12** mit einem O-Ring in Schnittansicht;

Fig. 12d den Schnitt C-C des Verbindungsteils von **Fig. 12c**;

Fig. 13 eine Schnittansicht eines Verbindungsteils gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 13a die geschnittene Ansicht C-C des Verbindungsteils von **Fig. 13**;

Fig. 13b die Ansicht B des Verbindungsteils von **Fig. 13**;

Fig. 14a und **Fig. 14b** die Verbindung aus dem Verbindungsteil von **Fig. 12c** und dem Verbindungsteil von **Fig. 13** in unterschiedlich gefügten Zuständen in Schnittansicht;

Fig. 15 eine Seitenansicht eines Verbindungsteils einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 15a die Ansicht A des Verbindungsteils von **Fig. 15**;

Fig. 15b den Schnitt B-B des Verbindungsteils von **Fig. 15**;

Fig. 15c das Verbindungsteil von **Fig. 15** mit einem O-Ring in Schnittansicht;

Fig. 15d den Schnitt C-C des Verbindungsteils von **Fig. 15c**;

Fig. 16 eine geschnittene Ansicht eines Verbindungsteils gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 16a die geschnittene Ansicht C-C des Verbindungsteils von **Fig. 16**;

Fig. 16b die Ansicht B des Verbindungsteils von **Fig. 16**;

Fig. 17a und **Fig. 17b** die Verbindung aus dem Verbindungsteil von **Fig. 15** bzw. **Fig. 15c** und dem Verbindungsteil von **Fig. 16** in unterschiedlich gefügten Zuständen in Schnittansicht;

Fig. 18 eine Seitenansicht eines Verbindungsteils gemäß einer weiteren besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 18a die Ansicht A des Verbindungsteils von **Fig. 18**;

Fig. 18b den Schnitt B-B des Verbindungsteils von **Fig. 18**;

Fig. 18c das Verbindungsteil von **Fig. 18** mit einem O-Ring in Schnittansicht;

Fig. 18d den Schnitt C-C des Verbindungsteils von **Fig. 18c**;

Fig. 19 eine geschnittene Ansicht eines Verbindungsteils gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 19a die geschnittene Ansicht C-C des Verbindungsteils von **Fig. 19**;

Fig. 19b die Ansicht B des Verbindungsteils von **Fig. 19a**;

Fig. 20a und **Fig. 20b** die Verbindung aus dem Verbindungsteil von **Fig. 18c** und dem Verbindungsteil von **Fig. 19** in unterschiedlich gefügten Zuständen in Schnittansicht;

Fig. 21 eine Düse für einen Plasmabrenner gemäß einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in Schnittansicht;

Fig. 21a die Düse von **Fig. 21** mit einem O-Ring in Schnittansicht; und

Fig. 22 Bestandteile eines Plasmabrennerkopfes gemäß einer besonderen Ausführungsform in Schnittansicht.

[0037] **Fig. 1** zeigt ein erstes Verbindungsteil **100**, umfassend einen Körper **106**, der sich entlang einer Längsachse **L** erstreckt, mit einem vorderen Ende **102** und einem hinteren Ende **104**, mit einer Innenfläche **140** und mit einer Außenfläche **110**, die mehrere Flächen **108**, **112**, **114**, **116**, **118**, **120**, **122**, **124**, **126** und **128** umfasst.

[0038] Die Außenfläche **110** weist einen umlaufende Nut **130** auf. Die Nut **130** wird begrenzt durch seitlichen Flächen **114** (zum hinteren Ende **104** gewandt) und **118** (zum vorderen Ende **102** gewandt) sowie einen Nutboden **116**. Die Nut **130** hat eine Nutbreite **B130** und eine Nuttiefe **T130** und ist geeignet, einen O-Ring oder einen Profiling aufzunehmen. Die Nut **130** erstreckt sich über den Umfang derart, weist aber zu einem virtuellen Fixpunkt **F** auf der Längsachse **L** umlaufend in Bezug zu einer virtuelle Mittellinie **M130** auf dem Nutboden **116** unterschiedliche Abstände **L116** parallel zur Längsachse **L** auf. Ein maximaler Abstand **L116_{max}** beträgt hier die Hälfte der Nutbreite **B130**. Im Beispiel beträgt die Nutbreite 2 mm, also beträgt **L116_{max}** 1 mm.

[0039] Weiterhin befindet sich auf der Außenfläche **110** ein Flansch **125**, der durch die Flächen (Außenflächen) **122** (zum hinteren Ende gewandt), **124** und **126** (zum vorderen Ende gewandt) begrenzt wird.

[0040] Das hintere Ende **104** hat eine Fläche (Außenfläche) **108**.

[0041] Die erste seitliche Begrenzung der Nut **130**, die Fläche **114**, hat parallel zur Längsachse **L** zum hinteren Ende **104** des Verbindungsteils **100** unterschiedliche Abstände **L112**. Der minimale Abstand ist mit **L112_{min}** und der maximale Abstand mit **L112_{max}** bezeichnet.

[0042] Die zweite seitliche Begrenzung der Nut **130**, die Fläche **118**, hat parallel zur Längsachse **L** zum vorderen Ende **102** des Verbindungsteils **100** unterschiedliche Abstände **L128**, zur Fläche **122** des Flansches **125** unterschiedliche Abstände **L120** und zur Fläche **126** des Flansches **125** unterschiedliche Abstände **L124**. Die in der **Fig. 1** gezeigten minimalen Abstände von **L128**, **L124** und **L120** sind mit **L128_{min}**, **L124_{min}** und **L120_{min}** und die maximalen Abstände mit **L128_{max}**, **L124_{max}** und **L120_{max}** bezeichnet.

[0043] Die seitliche Begrenzungen - die Flächen **114** und **118** - der Nut **130** haben ebenso unterschiedlich große parallel zur Längsachse **L** verlaufende Abstände zum hinteren Ende **104** und zum vorderen Ende

102 sowie zu den Flächen **122** und **126** des Flansches **125**. Die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Abstand zwischen ein und derselben seitlichen Begrenzung der Nut, der Seitenfläche **114** bzw. **118**, und dem hinteren Ende **104** oder dem vorderen Ende **102** oder einer Fläche **122** oder **126** des Flansches **125** entspricht in diesem Beispiel der Hälfte der Nutbreite von 2 mm und ist hier 1 mm.

[0044] Die Fläche **122** des Flansches **125** kann als axialer Anschlag bzw. zur Positionierung axial zur Längsachse **L** in einem anderen Verbindungsteil, beispielsweise einem in der **Fig. 2** gezeigten Verbindungsteil **200** dienen.

[0045] Die Außenflächen **112**, **120** und **124** können zur Zentrierung radial zur Längsachse **L** dienen, wenn das Verbindungsteil **100** beispielsweise in das in der **Fig. 2** gezeigte Verbindungsteil **200** eingesetzt wird.

[0046] Das Verbindungsteil **100** hat im Inneren entlang der Längsachse **L** eine durchgehende Öffnung **138** mit einer Innenfläche **140**. Durch diese Öffnung **138** kann im eingebauten Zustand ein Fluid strömen.

[0047] Die **Fig. 1a** bis **Fig. 1c** zeigen beispielhaft unterschiedliche Nutformen der Nut **130**, **Fig. 1a** eine Rechtecknut, die **Fig. 1b** eine sogenannte Trapeznut und die **Fig. 1c** eine Rundnut. In der Mitte des Nutbodens **116** verläuft umlaufend eine virtuelle Mittellinie **M130** der Nut **130**. Auch diese virtuelle Mittellinie weist auf dem Umfang umlaufend unterschiedliche Abstände zum Fixpunkt **F** auf.

[0048] **Fig. 1d** zeigt das Verbindungsteil **100** aus **Fig. 1** mit einem O-Ring **132** in der Nut **130**.

[0049] Der O-Ring **132** hat in diesem Beispiel eine Schnurstärke **Sa** von 1,5 mm. In der Mitte der Schnur befindet sich eine virtuelle Mittellinie **M132**. Der O-Ring **132** erstreckt sich über den Umfang in der Nut **130**. Eine virtuelle Mittellinie **M132** weist aber zu einem Fixpunkt **F** auf der Längsachse **L** umlaufend unterschiedliche Abstände **L116a** parallel zur Längsachse **L** auf. Der maximale Abstand **L116a_{max}** beträgt in diesem Beispiel 2/3 der Schnurstärke **Sa**. Im Beispiel beträgt die Schnurstärke **Sa** 1,5 mm, also beträgt der maximale Abstand **L116a_{max}** 1 mm.

[0050] Die in Richtung zum hinteren Ende **104** gewandte Außenfläche des O-Rings **132** hat parallel zur Längsachse **L** zum hinteren Ende **104** unterschiedliche Abstände **L112a**. Der minimale Abstand ist mit **L112a_{min}** und der maximale Abstand mit **L112a_{max}** bezeichnet.

[0051] Die in Richtung zum vorderen Ende **102** zugewandte Außenfläche des O-Rings **132** hat parallel zur Längsachse **L** zum vorderen Ende **102** un-

terschiedliche Abstände **L128a**, zur Fläche **122** des Flansches **125** unterschiedliche Abstände **L120a** und zur Fläche **126** des Flansches **125** unterschiedliche Abstände **L124a**. Die in der **Fig. 1d** gezeigten minimalen Abstände von **L128a**, **124a** und **L120a** sind mit **L128a_{min}**, **124a_{min}** und **L120a_{min}** und die maximalen Abstände mit **L128a_{max}**, **L124a_{max}** und **L120a_{max}** bezeichnet.

[0052] Die jeweiligen dem näheren Ende zugewandten Außenflächen des O-Rings **132** haben also parallel zur Längsachse **L** unterschiedlich große axiale Abstände zum hinteren Ende **104** und zum vorderen Ende **102** sowie zu den Flächen **122** und **126** des Flansches **125**.

[0053] Die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Abstand zwischen der zum hinteren Ende **104** gewandten Außenfläche des O-Rings **132** und dem hinteren Ende **104** und die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Abstand zwischen der zum vorderen Ende **102** gewandten Außenfläche des O-Rings **132** und dem vorderen Ende **102** oder einer Fläche **122** oder **126** des Flansches entspricht in diesem Beispiel 2/3 der Schnurstärke **Sa**, hier 1 mm.

[0054] **Fig. 2** zeigt beispielhaft ein zweites Verbindungsteil **200**, in das das Verbindungsteil **100** aus **Fig. 1d** und **Fig. 4a** gesteckt bzw. gefügt werden kann. Es umfasst einen Körper **206**, der sich entlang einer Längsachse **L** erstreckt, mit einem vorderen Ende **202** und einem hinteren Ende **204**, mit einer Außenfläche **212** und einer Innenfläche **240**. Zwischen dem vorderen Ende **202** und dem hinteren Ende **204** erstreckt sich eine Öffnung **238**. Am vorderen Ende **202** befindet sich eine Fläche **222**, die als Anschlagfläche für die Fläche **122** des Verbindungsteils **100** aus **Fig. 1** dienen kann und eine Fase **242**, die das Einfügen des Verbindungsteils **100** in die Öffnung **238** des Verbindungsteils **200** erleichtert.

[0055] Die **Fig. 3a** und **Fig. 3b** zeigen beispielhaft die Verbindung aus dem ersten Verbindungsteil **100** aus **Fig. 1d** und dem zweiten Verbindungsteil **200** aus **Fig. 2** in unterschiedlich gefügten Zuständen.

[0056] In **Fig. 3a** beginnt gerade eine Berührung des O-Rings **132** mit der Oberfläche der Fase **242** an einer Stelle (links zu sehen). Hier wird ein Vorteil der Erfindung deutlich. Es muss nicht gleich zu Beginn des Fügens der O-Ring **132** auf seinem gesamten Umfang verformt werden, sondern es beginnt zunächst an einer Stelle und „wandert“ dann auf dem Umfang entlang. Somit wird die benötigte Kraft reduziert und das Ineinanderstecken erleichtert.

[0057] **Fig. 3b** zeigt beispielhaft die vollständig gefügten bzw. ineinander gesteckten Verbindungsteile **100** und **200**. Die Verbindungsstelle bzw. -linie

ist durch das Ineinanderstecken des ersten Verbindungsteils **100** in das zweite Verbindungsteil **200** und den O-Ring(**132** in Kombination mit der Innenfläche **240** für ein Fluid, das durch die Innenöffnungen **138** und **238** strömen kann, dicht. Die Verbindungsteile **100** und **200** werden radial zur Längsachse **L** über eine enge Tolerierung, beispielsweise eine Passung **H7/h6** oder **H7/h7** nach DIN ISO 286, der Innenfläche **240** mit einem Durchmesser **D240** zur Außenfläche **120** mit einem Außendurchmesser **D120** ausgerichtet. Die axiale Ausrichtung zur Längsachse **L** der Verbindungsteile zueinander erfolgt durch eine Berührung der Fläche **122** des ersten Verbindungsteils **100** und der Fläche **222** des zweiten Verbindungsteils **200**.

[0058] Somit sind ein einfaches Fügen und eine eindeutige axiale und radiale Positionierung mit geringer Toleranz bei gleichzeitig dichter Verbindung möglich.

[0059] **Fig. 4** zeigt wiederum beispielhaft ein Verbindungsteil **100**, ähnlich wie in **Fig. 1**. Im Gegensatz zur **Fig. 1** hat die Nut **130** auf dem Umfang nicht nur einen parallel zur Längsachse **L** verlaufenden maximalen Abstand und einen minimalen Abstand, sondern mehrere maximale und minimale Abstände. Konkret heißt dies in diesem Beispiel:

Die Nut **130** erstreckt sich über den Umfang. Eine virtuelle Mittellinie **M130** auf dem Nutboden **116** weist aber zu einem virtuellen Fixpunkt **F** auf der Längsachse **L** umlaufend wiederum unterschiedliche Abstände **L116** parallel zur Längsachse **L** auf. Ein maximaler Abstand **L116_{max}**, der in dem hier gezeigten Beispiel zweimal, zudem in diesem Beispiel äquidistant, auf dem Umfang auftritt, beträgt hier die Hälfte der Nutbreite **B130**. Im Beispiel beträgt die Nutbreite 2 mm, also beträgt **L116_{max}** 1 mm.

[0060] Eine erste seitliche Begrenzung der Nut **130**, die Fläche **114**, hat parallel zur Längsachse **L** zum hinteren Ende **104** unterschiedliche Abstände **L112**. Ein minimaler Abstand ist mit **L112_{min}** und ein maximaler Abstand mit **L112_{max}** bezeichnet. Die minimalen und die maximalen Abstände sind hier jeweils zweimal vorhanden.

[0061] Eine zweite seitliche Begrenzung der Nut **130**, die Fläche **118**, hat parallel zur Längsachse **L** zum vorderen Ende **102** unterschiedliche Abstände **L128**, zur Fläche **122** des Flansches **125** unterschiedliche Abstände **L120** und zur Fläche **126** des Flansches **125** unterschiedliche Abstände **L124**. Die in der **Fig. 4** gezeigten minimalen Abstände von **L128**, **L124** und **L120** sind mit **L128_{min}**, **L124_{min}** und **L120_{min}** und die maximalen Abstände mit **L128_{max}**, **L124_{max}** und **L120_{max}** bezeichnet. Die minimalen und die maximalen Abstände sind hier jeweils zweimal vorhanden.

[0062] Die seitliche Begrenzungen - die Flächen **114** und **118** - der Nut **130** haben ebenso unterschiedlich große parallel zur Längsachse **L** verlaufende Abstände zum hinteren Ende **104** und zum vorderen Ende **102** sowie zu den Flächen **122** und **126** des Flansches **125**. Es können natürlich noch mehr als zwei minimale und maximale Abstände realisiert werden.

[0063] Die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Abstand zwischen ein und derselben Begrenzung der Nut, der Seitenfläche **114**, **118** und dem hinteren Ende **104** oder dem vorderen Ende **102** oder einer Fläche **122** oder **126** des Flansches entspricht in diesem Beispiel der Hälfte der Nutbreite von 2 mm und ist hier 1 mm.

[0064] Die Fläche **122** des Flansches **125** kann als axialer Anschlag bzw. zur Positionierung axial zur Längsachse **L** in einem anderen Verbindungsteil, wie z.B. dem Verbindungsteil **200** aus **Fig. 2** dienen.

[0065] Die Flächen **112**, **120** und **124** sind Außenflächen und können zur Zentrierung radial zur Längsachse **L** dienen, wenn das Verbindungsteil **100** in beispielsweise das in der **Fig. 2** gezeigte Verbindungsteil **200** eingesetzt wird.

[0066] Das Verbindungsteil **100** hat im Inneren entlang der Längsachse **L** eine durchgehende Öffnung **138** mit einer Innenfläche **140**. Durch diese Öffnung **138** kann im eingebauten Zustand ein Fluid strömen.

[0067] **Fig. 4a** zeigt beispielhaft das Verbindungsteil aus **Fig. 4** mit einem O-Ring **132** in der Nut **130**.

[0068] Der O-Ring hat in diesem Beispiel eine Schnurstärke **Sa** von 1,5mm. In der Mitte der Schnur befindet sich die virtuelle Mittellinie **M132**. Der O-Ring **132** erstreckt sich über den Umfang in der Nut **130**. Eine virtuelle Mittellinie **M132** weist aber zu einem Fixpunkt **F** auf der Längsachse **L** umlaufend unterschiedliche Abstände **L116a** parallel zur Längsachse **L** auf. Der maximale Abstand **L116a_{max}** beträgt in diesem Beispiel 2/3 der Schnurstärke **Sa**. Im Beispiel beträgt die Schnurstärke **Sa** 1,5 mm, also beträgt der maximale Abstand **L116a_{max}** 1 mm.

[0069] Die in Richtung zum hinteren Ende **104** zugeordnete Außenfläche des O-Rings **132** hat parallel zur Längsachse **L** zum hinteren Ende **104** unterschiedliche Abstände **L112a**. Der minimale Abstand ist mit **L112a_{min}** und der maximale Abstand mit **L112a_{max}** bezeichnet.

[0070] Die in Richtung zum vorderen Ende **102** zugeordnete Außenfläche des O-Rings **132** hat parallel zur Längsachse **L** zum vorderen Ende **102** unterschiedliche Abstände **L128a**, zur Fläche **122** des Flansches **125** unterschiedliche Abstände **L120a** und zur Fläche **126** des Flansches **125** unterschiedliche

Abstände **L124a**. Die in der **Fig. 4a** gezeigten minimalen Abstände von **L128a**, **124a** und **L120a** sind mit **L128a_{min}**, **124a_{min}** und **L120a_{min}** und die maximalen Abstände mit **L128a_{max}**, **L124a_{max}** und **L120a_{max}** bezeichnet.

[0071] Die jeweiligen dem näheren Ende zugewandten Außenflächen des O-Rings **132** haben also parallel zur Längsachse **L** unterschiedlich große Abstände zum hinteren Ende **104** und zum vorderen Ende **102** sowie zu den Flächen **122** und **126** des Flansches **125**.

[0072] Die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Abstand zwischen der zum hinteren Ende **104** gewandten Außenfläche des O-Rings **132** und dem hinteren Ende **104** und die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Abstand zwischen der zum vorderen Ende **102** gewandten Außenfläche des O-Rings **132** und dem vorderen Ende **102** oder einer Fläche **122** oder **126** des Flansches entspricht in diesem Beispiel 2/3 der Schnurstärke **Sa**, hier 1 mm.

[0073] Die **Fig. 5a** und **Fig. 5b** zeigen beispielhaft die Verbindung aus dem ersten Verbindungsteil **100** aus **Fig. 4a** und dem zweiten Verbindungsteil **200** aus **Fig. 2** in unterschiedlich gefügten Zuständen.

[0074] In **Fig. 5a** beginnt gerade die Berührung des O-Rings **132** mit der Oberfläche der Fase **242** an zwei Stellen (links und rechts zu sehen). Hier wird ein Vorteil der Erfindung deutlich. Es muss nicht gleich zu Beginn des Fügens der O-Ring **132** auf seinem gesamten Umfang verformt werden, sondern hier beginnt es an zwei Stellen, die auf dem Umfang gegenüberliegend angeordnet sind, und je nach Fügezustand erfolgt die Verformung über den gesamten Umfang nach und nach. Somit wird die benötigte Kraft reduziert und das Ineinanderstecken erleichtert. Vorteil gegenüber der **Fig. 3** ist, dass durch das Auftreffen des O-Rings auf die Fase **242** an zwei Stellen gleichzeitig die Gefahr des Verkantens reduziert wird.

[0075] Vorteilhaft gegen das Verkantens ist der Beginn des Verformens zumindest an drei Stellen gleichzeitig.

[0076] Nachteil ist, dass mit wachsender Zahl der Berührungspunkte zu Beginn des Fügens wieder mehr Kraft für das Fügen benötigt wird.

[0077] **Fig. 5b** zeigt beispielhaft die vollständig gefügten bzw. ineinander gesteckten Verbindungsteile **100** und **200**. Die Verbindungsstelle bzw. -linie ist durch das Ineinanderstecken des ersten Verbindungsteils **100** in das zweite Verbindungsteil **200** und den O-Ring **132** in Kombination mit der Innenfläche **240** für ein Fluid, das durch die Innenöffnungen **138** und **238** strömen kann, dicht. Die Verbindungsteile

100 und **200** werden radial zur Längsachse **L** über eine enge Tolerierung, beispielsweise eine Passung **H7/h6** oder **H7/h7** nach DIN ISO 286, der Innenfläche **240** mit dem Durchmesser **D240** zur Außenfläche **120** mit dem Außendurchmesser **D120** ausgerichtet. Die axiale Ausrichtung zur Längsachse **L** der Verbindungsteile zueinander erfolgt durch die Berührung der Fläche **122** des ersten Verbindungsteils **100** und der Fläche **222** des zweiten Verbindungsteils **200**.

[0078] Somit sind ein einfaches Fügen und eine eindeutige axiale und radiale Positionierung zur Längsachse **L** mit geringer Toleranz bei gleichzeitig dichter Verbindung der Verbindungsteile möglich.

[0079] Fig. 6 zeigt ein zweites Verbindungsteil **200**, umfassend einen Körper **206**, der sich entlang einer Längsachse **L** erstreckt, mit einem vorderen Ende **202** und einem hinteren Ende **204**, einer Außenfläche **212** und mit einer Innenfläche **240**, die mehrere Flächen **214**, **216**, **218**, **244** und **246** umfasst.

[0080] Die Innenfläche **240** weist eine umlaufende Nut **230** auf. Die Nut **230** wird durch seitliche Flächen **214** und **218** sowie einen Nutboden **216** begrenzt. Die Nut **230** hat eine Nutbreite **B230** und eine Nuttiefe **T230** und ist geeignet, einen O-Ring oder einen Profilring aufzunehmen. Die Nut **230** erstreckt sich über den Umfang. Eine virtuelle Mittellinie **M230** auf dem Nutboden **216** weist aber zu einem Fixpunkt **F** auf der Längsachse **L** umlaufend unterschiedliche Abstände **L216** parallel zur Längsachse **L** auf. Ein maximaler Abstand **L216_{max}** beträgt in diesem Beispiel die Hälfte der Nutbreite **B230**. Im Beispiel beträgt die Nutbreite 2 mm, also beträgt **L216_{max}** 1 mm.

[0081] Die erste seitliche Begrenzung der Nut **230**, die Fläche **214**, hat parallel zur Längsachse **L** zum hinteren Ende **204** des Verbindungsteils **200** unterschiedliche Abstände **L212**. Der minimale Abstand ist mit **L212_{min}** und der maximale Abstand mit **L212_{max}** bezeichnet.

[0082] Die zweite seitliche Begrenzung der Nut **230**, die Fläche **218**, hat parallel zur Längsachse **L** zum vorderen Ende **202** des Verbindungsteils **200** unterschiedliche Abstände **L228**. Der minimale Abstand ist mit **L228_{min}** und der maximale Abstand mit **L228_{max}** bezeichnet.

[0083] Die seitliche Begrenzungen - die Flächen **214** und **218** - der Nut **230** haben also unterschiedlich große parallel zur Längsachse **L** verlaufende Abstände zum hinteren Ende **204** und zum vorderen Ende **202**.

[0084] Die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Abstand zwischen ein und derselben Begrenzung der Nut, der seitlichen Fläche **214** oder **218** und dem hinteren Ende **204** oder dem vorderen Ende

202 entspricht in diesem Beispiel der Hälfte der Nutbreite von 2 mm und ist hier 1 mm.

[0085] Fig. 6a zeigt beispielhaft das Verbindungsteil **200** aus Fig. 6 mit einem O-Ring **232** in der Nut **230**.

[0086] Der O-Ring **232** hat in diesem Beispiel eine Schnurstärke **Sa** von 1,5mm. In der Mitte der Schnur befindet sich eine virtuelle Mittellinie **M232**. Der O-Ring **232** erstreckt sich über den Umfang in der Nut **230**. Eine virtuelle Mittellinie **M232** weist aber zu einem Fixpunkt **F** auf der Längsachse **L** umlaufend unterschiedliche Abstände **L216a** parallel zur Längsachse **L** auf. Der maximale Abstand **L216a_{max}** beträgt in diesem Beispiel 2/3 der Schnurstärke **Sa**. Im Beispiel beträgt die Schnurstärke **Sa** 1,5 mm, also beträgt der maximale Abstand **L216a_{max}** 1 mm.

[0087] Die in Richtung zum hinteren Ende **204** zugewandte Außenfläche des O-Rings **232** hat parallel zur Längsachse **L** zum hinteren Ende **204** unterschiedliche Abstände **L212a**. Der minimale Abstand ist mit **L212a_{min}** und der maximale Abstand mit **L212a_{max}** bezeichnet.

[0088] Die in Richtung zum vorderen Ende **202** zugewandte Außenfläche des O-Rings **232** hat parallel zur Längsachse **L** zum vorderen Ende **202** unterschiedliche Abstände **L228a**. Der minimale Abstand ist mit **L228a_{min}** und der maximale Abstand mit **L228a_{max}** bezeichnet.

[0089] Die jeweiligen dem näheren Ende zugewandten Außenflächen des O-Rings **232** haben also parallel zur Längsachse **L** unterschiedlich große axiale Abstände zum hinteren Ende **204** und zum vorderen Ende **202**.

[0090] Die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Abstand zwischen der zum hinteren Ende **204** gewandten Außenfläche des O-Rings **232** und dem hinteren Ende **204** und die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Abstand zwischen der zum vorderen Ende **202** gewandten Außenfläche des O-Rings **232** und dem vorderen Ende **202** entspricht in diesem Beispiel 2/3 der Schnurstärke **Sa**, hier 1 mm.

[0091] Fig. 7 zeigt beispielhaft ein erstes Verbindungsteil **100**, das in das Verbindungsteil **200** aus Fig. 6a gesteckt bzw. gefügt werden kann. Es umfasst einen Körper **106**, der sich entlang einer Längsachse **L** erstreckt, mit einem vorderen Ende **102** und einem hinteren Ende **104**, mit einer Außenfläche **110**, die mehrere Flächen **112**, **122**, **124**, **126** und **128** umfasst, und einer Innenfläche **140**. Zwischen dem vorderen Ende **102** und dem hinteren Ende **104** erstreckt sich eine Öffnung **138**. Am hinteren Ende **104** befindet sich eine Fase **142**, die das Einfügen des Verbindungs-

ungsteils **100** in die Öffnung **238** des Verbindungsteils **200** erleichtert.

[0092] Weiterhin befindet sich auf der Außenfläche **110** ein Flansch **125**, der durch die Flächen (Außenflächen) **122**, **124** und **126** begrenzt wird.

[0093] Das hintere Ende **104** hat eine Außenfläche **108**.

[0094] Die Außenfläche **122** des Flansches **125** kann als axialer Anschlag bzw. zur Positionierung axial zur Längsachse **L** beispielsweise in dem in der Fig. 6a gezeigten Verbindungsteil **200** dienen.

[0095] Die Außenfläche **112** kann zur Zentrierung radial zur Längsachse **L** dienen, wenn das Verbindungsteil beispielsweise in dem in der Fig. 6 gezeigten Verbindungsteil **200** eingesetzt wird.

[0096] Das Verbindungsteil **100** hat im Inneren entlang der Längsachse **L** eine durchgehende Öffnung **138** mit einer Innenfläche **140**. Durch diese Öffnung **138** kann im eingebauten Zustand ein Fluid strömen.

[0097] Die Fig. 8a und Fig. 8b zeigen beispielhaft die Verbindung aus dem ersten Verbindungsteil **100** aus Fig. 7 und dem zweiten Verbindungsteil **200** aus Fig. 6a in unterschiedlich gefügten Zuständen.

[0098] In Fig. 8a beginnt gerade die Berührung des O-Rings **132** mit der Oberfläche der Fase **142** an einer Stelle (rechts zu sehen). Hier wird ein Vorteil der Erfindung deutlich. Es muss nicht gleich zu Beginn des Fügens der O-Ring **132** auf seinem gesamten Umfang verformt werden, sondern es beginnt zunächst an einer Stelle und „wandert“ dann auf dem Umfang entlang. Somit wird die benötigte Kraft reduziert und das Ineinanderstecken erleichtert.

[0099] Fig. 8b zeigt beispielhaft die vollständig gefügten bzw. ineinander gesteckten Verbindungsteile **100** und **200**. Die Verbindungsstelle bzw. -linie ist durch das Ineinanderstecken des ersten Verbindungsteils **100** in das zweite Verbindungsteil **200** und den O-Ring **132** in Kombination mit der Fläche **112**, die eine Außenfläche ist, für ein Fluid, das durch die Innenöffnungen **138** und **238** strömen kann, dicht. Die Verbindungsteile **100** und **200** werden radial zur Längsachse **L** über eine enge Tolerierung, beispielsweise eine Passung **H7/h6** oder **H7/h7** nach DIN ISO 286, der Innenfläche **246**, die eine Innenfläche ist, mit dem Durchmesser **D246** zur Fläche **112**, die eine Außenfläche ist, mit dem Durchmesser **D112** ausgerichtet. Die axiale Ausrichtung zur Längsachse **L** der Verbindungsteile zueinander erfolgt durch eine Berührung der Fläche **122** des ersten Verbindungsteils **100** und der Fläche **222** des zweiten Verbindungsteils **200**.

[0100] Somit sind ein einfaches Fügen und eine eindeutige axiale und radiale Positionierung mit geringer Toleranz bei gleichzeitig dichter Verbindung möglich.

[0101] Fig. 9 zeigt beispielhaft ein zweites Verbindungsteil **200**, umfassend einen Körper **206**, der sich entlang einer Längsachse **L** erstreckt, mit einem vorderen Ende **202** und einem hinteren Ende **204**, mit einer Außenfläche **212** und einer Innenfläche **240**, die mehrere Flächen **214**, **216**, **218**, **244**, **246**, **250**, **252**, **254** und **256** umfasst.

[0102] Die Innenfläche **240** weist eine umlaufende Nut **230** auf. Die Nut **230** wird durch seitliche Flächen **214** und **218** sowie den Nutboden **216** begrenzt. Die Nut **230** hat eine Nutbreite **B230** und eine Nuttiefe **T230** und ist geeignet, einen O-Ring oder einen Profilring aufzunehmen. Die Nut **230** erstreckt sich über den Umfang. Eine virtuelle Mittellinie **M230** weist aber zu einem Fixpunkt **F** auf der Längsachse **L** umlaufend unterschiedliche Abstände **L216** in Richtung der Längsachse **L** auf. Der maximale Abstand **L216_{max}** beträgt in diesem Beispiel die Hälfte der Nutbreite **B230**. Im Beispiel beträgt die Nutbreite 2 mm, also beträgt **L216_{max}** 1 mm.

[0103] Die zweite seitliche Begrenzung der Nut **230**, die Fläche **218**, hat parallel zur Längsachse **L** zum vorderen Ende **202** des Verbindungsteils **200** unterschiedliche Abstände **L228**. Der minimale Abstand ist mit **L228_{min}** und der maximale Abstand mit **L228_{max}** bezeichnet. Die minimalen und die maximalen Abstände sind hier jeweils zweimal vorhanden.

[0104] Die erste seitliche Begrenzung der Nut **230**, die Fläche **214**, hat parallel zur Längsachse **L** zum hinteren Ende **204** unterschiedliche Abstände **L212**, zur Fläche **254** des Flansches **248** unterschiedliche Abstände **L220** und zur Fläche **250** des Flansches **248** unterschiedliche Abstände **L224**. Die in der Fig. 9 gezeigten minimalen Abstände von **L212**, **L224** und **L220** sind mit **L212_{min}**, **L224_{min}** und **L220_{min}** und die maximalen Abstände mit **L212_{max}**, **L224_{max}** und **L220_{max}** bezeichnet. Die minimalen und die maximalen Abstände sind hier jeweils zweimal vorhanden.

[0105] Es können natürlich noch mehr als zwei minimale und maximale Abstände realisiert werden.

[0106] Die seitliche Begrenzungen - die Flächen **214** und **218** - der Nut **230** haben also unterschiedlich große parallel zur Längsachse **L** verlaufende Abstände zum hinteren Ende **204** und zum vorderen Ende **202**.

[0107] Die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Abstand zwischen ein und derselben Begrenzung der Nut, der seitlichen Fläche **214**, **218** und dem hinteren Ende **204** oder dem vorderen Ende **202** oder einer Fläche **250** oder **254** des Flansches **248**

entspricht beispielsweise der Hälfte der Nutbreite von beispielsweise 2 mm und ist hier 1 mm.

[0108] Die Fläche **254** des Flansches **248** kann als axialer Anschlag bzw. zur Positionierung axial zur Längsachse **L** beispielsweise in dem in der **Fig. 10** gezeigten Verbindungsteil **100** dienen.

[0109] Die Innenflächen **244** und **246** können zur Zentrierung radial zur Längsachse **L** dienen, wenn in das Verbindungsteil **200** beispielsweise in das in der **Fig. 10** gezeigte Verbindungsteil (**100**) eingesetzt wird.

[0110] **Fig. 9a** zeigt beispielhaft das Verbindungsteil **200** aus **Fig. 9** mit einem O-Ring **232** in der Nut **230**.

[0111] Der O-Ring **232** hat in diesem Beispiel eine Schnurstärke **Sa** von 1,5 mm. In der Mitte der Schnur befindet sich eine virtuelle Mittellinie **M232**. Der O-Ring **232** erstreckt sich über den Umfang in der Nut **230**. Eine virtuelle Mittellinie **M232** weist aber zu einem Fixpunkt **F** auf der Längsachse **L** umlaufend unterschiedliche Abstände **L216a** parallel zur Längsachse **L** auf. Der maximale Abstand **L216a_{max}** beträgt in diesem Beispiel 2/3 der Schnurstärke **Sa**. Im Beispiel beträgt die Schnurstärke **Sa** 1,5 mm, also beträgt der maximale Abstand **L216a_{max}** 1 mm.

[0112] Die in Richtung zum hinteren Ende **204** gewandte Außenfläche des O-Rings **232** hat parallel zur Längsachse **L** zum hinteren Ende **204** unterschiedliche Abstände **L212a**. Der minimale Abstand ist mit **L212a_{min}** und der maximale Abstand mit **L212a_{max}** bezeichnet.

[0113] Die in Richtung zum vorderen Ende **202** gewandte Außenfläche des O-Rings **232** hat parallel zur Längsachse **L** zum vorderen Ende **202** unterschiedliche Abstände **L228a**. Der minimale Abstand ist mit **L228a_{min}** und der maximale Abstand mit **L228a_{max}** bezeichnet.

[0114] Die jeweiligen dem näheren Ende zugewandten Außenflächen des O-Rings **232** haben also parallel zur Längsachse **L** unterschiedlich große axiale Abstände zum hinteren Ende **204** und zum vorderen Ende **202**.

[0115] Die minimalen und die maximalen Abstände sind hier jeweils zweimal vorhanden.

[0116] Die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Abstand zwischen der zum hinteren Ende **204** gewandten Außenfläche des O-Rings **232** und dem hinteren Ende **204** und die Differenz zwischen dem größten und dem kleinsten Abstand zwischen der zum vorderen Ende **202** gewandten Außenfläche des O-Rings **232** und dem vorderen Ende **202** ent-

spricht in diesem Beispiel 2/3 der Schnurstärke **Sa**, hier 1 mm.

[0117] **Fig. 10** zeigt beispielhaft ein erstes Verbindungsteil **100**, das in das Verbindungsteil **200** aus **Fig. 9a** gesteckt bzw. gefügt werden kann. Es umfasst einen Körper **106**, der sich entlang einer Längsachse **L** erstreckt, mit einem vorderen Ende **102** und einem hinteren Ende **104**, mit einer Außenfläche **110**, mit einer Fläche **112** und einer Innenfläche **140**. Zwischen dem vorderen Ende **102** und dem hinteren Ende **104** erstreckt sich eine Öffnung **138**. Am hinteren Ende **104** befindet sich eine Fase **142**, die das Einfügen des Verbindungsteils **100** in die Öffnung **238** des Verbindungsteils **200** erleichtert.

[0118] Die Außenfläche **112** kann zur Zentrierung radial zur Längsachse **L** dienen, wenn das Verbindungsteil beispielsweise in das in der **Fig. 9a** gezeigte Verbindungsteil **200** eingesetzt wird.

[0119] Das Verbindungsteil **100** hat im Inneren entlang der Längsachse **L** eine durchgehende Öffnung **138** mit einer Innenfläche **140**. Durch diese Öffnung **138** kann im eingebauten Zustand ein Fluid strömen.

[0120] Die **Fig. 11a** und **Fig. 11b** zeigen beispielhaft die Verbindung aus dem ersten Verbindungsteil **100** aus **Fig. 10** und dem zweiten Verbindungsteil **200** aus **Fig. 9a** in unterschiedlich gefügten Zuständen.

[0121] In **Fig. 11a** beginnt gerade eine Berührung des O-Rings **232** mit der Oberfläche der Fase **142** an zwei Stellen (links und rechts zu sehen). Hier wird ein Vorteil der Erfindung deutlich. Es muss nicht gleich zu Beginn des Fügens der O-Ring **232** auf seinem gesamten Umfang verformt werden, sondern hier beginnt es an zwei Stellen, die auf dem Umfang gegenüberliegend angeordnet, und je nach Fügezustand erfolgt die Verformung über den gesamten Umfang nach und nach, die Stellen „wandern“ dann auf dem Umfang entlang. Somit wird die benötigte Kraft reduziert und das Ineinanderstecken erleichtert. Vorteil gegenüber den in den **Fig. 8a** und **Fig. 8b** gezeigten Figuren ist, dass durch das Auftreffen des O-Rings auf die Fase **142** an zwei Stellen die Gefahr des Verkantens reduziert wird.

[0122] Vorteilhaft gegen das Verkanten ist der Beginn des Verformens zumindest an drei Stellen gleichzeitig.

[0123] Nachteil ist, dass mit wachsender Zahl der Berührungspunkte zu Beginn des Fügens wieder mehr Kraft für das Fügen benötigt wird.

[0124] **Fig. 11b** zeigt beispielhaft die vollständig gefügten bzw. ineinander gesteckten Verbindungsteile **100** und **200**. Die Verbindungsstelle bzw. -linie ist durch das Ineinanderstecken des ersten Verbin-

ungsteils **100** in das zweite Verbindungsteil **200** und den O-Ring **232** in Kombination mit der Außenfläche **112** für ein Fluid, das durch die Innenöffnungen **138** und **238** strömen kann, dicht. Die Verbindungsteile **100** und **200** werden radial zur Längsachse **L** über eine enge Tolerierung der Innenfläche **246** mit einem Durchmesser **D246** zur Außenfläche **112** mit einem Außendurchmesser **D112** ausgerichtet.

[0125] Als Toleranz ist hier beispielhaft eine Passung **H7/h6** für **D246** und **D112** nach DIN ISO 286 gewählt.

[0126] Die axiale Ausrichtung zur Längsachse **L** der Verbindungsteile zueinander erfolgt durch eine Berührung der Fläche **108** am hinteren Ende **104** des ersten Verbindungsteils **100** und der Fläche **254** des Flansches **248** des zweiten Verbindungsteils **200**.

[0127] Somit sind ein einfaches Fügen und eine eindeutige axiale und radiale Positionierung mit geringer Toleranz bei gleichzeitig dichter Verbindung möglich.

[0128] **Fig. 12** zeigt ein erstes Verbindungsteil **100**, umfassend einen Körper **106**, der sich entlang einer Längsachse **L** erstreckt, mit einem vorderen Ende **102** und einem hinteren Ende **104**, mit einer Außenfläche **110**, die mehrere Flächen **108**, **112**, **114**, **116**, **118**, **120**, **122**, **124**, **126** und **128** umfasst.

[0129] Die Außenfläche **110** weist eine umlaufende Nut **130** auf. Die Nut wird begrenzt durch seitliche Flächen **114** (zum hinteren Ende **104** gewandt) und **118** (zum vorderen Ende gewandt) sowie einen Nutboden **116**. Die Nut **130** hat eine Nutbreite **B130** und eine Nuttiefe **T130** und ist geeignet, einen O-Ring oder einen Profiling aufzunehmen. Die Nut **130** erstreckt sich über den Umfang. Es können unterschiedliche Nutformen, wie sie beispielhaft in den **Fig. 1a** bis **Fig. 1c** dargestellt sind, vorhanden sein.

[0130] Weiterhin befindet sich auf der Außenfläche **110** ein Flansch **125**, der durch die Flächen **122**, **124** und **126** begrenzt wird.

[0131] Die Fläche **122** des Flansches **125** kann als axialer Anschlag bzw. zur Positionierung axial zur Längsachse **L** beispielsweise in dem in der **Fig. 13** gezeigten Verbindungsteil (**200**) dienen.

[0132] Die Außenflächen **112** und **120** können zur Zentrierung radial zur Längsachse **L** dienen, wenn das Verbindungsteil **100** beispielhaft in das in der **Fig. 13** gezeigte Verbindungsteil **200** eingesetzt wird.

[0133] Das Verbindungsteil **100** hat im Inneren entlang der Längsachse **L** eine durchgehende Öffnung **138** mit einer Innenfläche **140**. Durch diese Öffnung **138** kann im eingebauten Zustand ein Fluid strömen.

[0134] Das hintere Ende **104** hat eine Außenfläche **108**.

[0135] Die **Fig. 12a** zeigt die Ansicht A, also die Ansicht vom hinteren Ende **104** her gesehen, des Verbindungsteils **100** aus **Fig. 12**. Von der Außenfläche **110** sind die Konturen der Fläche **124** des Flansches **125** und der Fläche **112** beispielhaft dargestellt. Von der Innenfläche **140** ist ebenfalls die Kontur beispielhaft dargestellt. Weiterhin ist die Fläche **122** des Flansches **125** beispielhaft gezeigt. Die Kontur des Flansches **125** bzw. der Fläche **124** ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D124**. Die Kontur der Innenfläche **140** ist ebenfalls ein Kreis mit einem Durchmesser **D140**. Sie könnten aber auch eine andere nahezu beliebige Form haben.

[0136] Die Kontur der Fläche **112** hat in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** einen sich durch die Längsachse hindurch erstreckenden kleinsten Abstand **D112_{min}** und größten Abstand **D112_{max}**. Die sich durch die Längsachse **L** und senkrecht zur Längsachse **L** erstreckenden Abstände **D112** (= radiale Abstände) zwischen den gegenüberliegenden Konturabschnitten der Fläche **112** sind also entlang des Umfanges nicht konstant. Die Abstände verändern sich auf dem Umfang. Der größte Abstand **D112_{max}** ist auch in **Fig. 12** gezeigt. Die Kontur ist beispielhaft elliptisch.

[0137] Die **Fig. 12b** zeigt den Schnitt B-B des Verbindungsteils aus **Fig. 12**. Von der Außenfläche **110** sind die Konturen der Fläche **124** des Flansches **125**, der Fläche **120** und der Fläche des Nutbodens **116** dargestellt. Von der Innenfläche **140** ist ebenfalls die Kontur dargestellt. Weiterhin ist die Fläche **122** des Flansches **125** gezeigt. Die Kontur des Flansches **125** bzw. der Fläche **124** ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D124**. Die Kontur der Innenfläche **140** ist ebenfalls ein Kreis mit einem Durchmesser **D140**. Sie könnten aber auch eine andere nahezu beliebige Form haben.

[0138] Die Kontur der Fläche **120** hat in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** einen sich durch die Längsachse hindurch erstreckenden kleinsten Abstand **D120_{min}** und größten Abstand **D120_{max}**. Die Kontur der Fläche des Nutbodens **116** hat in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** einen sich durch die Längsachse hindurch erstreckenden kleinsten Abstand **D116_{min}** und größten Abstand **D116_{max}**.

[0139] Die sich durch die Längsachse **L** und senkrecht zur Längsachse **L** erstreckenden Abstände **D120** und **D116** zwischen den gegenüberliegenden Konturabschnitten der Flächen **120** und **116** sind also entlang des Umfanges nicht konstant. Die Abstände verändern sich hier auf dem Umfang. Die maximalen Abstände **D116_{max}** und **D120_{max}** sind auch in **Fig. 12** gezeigt.

[0140] Im gezeigten Beispiel beträgt der Durchmesser **D124**=24mm und der Durchmesser **D140**=12 mm. Die kleinsten Abstände **D112_{min}** und **D120_{min}** betragen in diesem Beispiel 20 mm und die größten Abstände **D112_{max}** und **D120_{max}** betragen in diesem Beispiel 21 mm. Die Differenz zwischen dem kleinsten und dem größten Abstand beträgt also 1 mm und der größte Abstand ist 5% größer als der kleinste Abstand. Der kleinste Abstand **D116_{min}** beträgt in diesem Beispiel 18 mm und der größte Abstand **D116_{max}** beträgt in diesem Beispiel 19 mm, die Differenz zwischen dem kleinsten und dem größten Abstand beträgt also 1 mm und der größte Abstand ist ca. 5,5 % größer als der kleinste Abstand.

[0141] Fig. 12c zeigt das Verbindungsteil aus Fig. 12 mit einem O-Ring 132 in der Nut (130).

[0142] Der O-Ring 132 hat in diesem Beispiel eine Schnurstärke **Sa** von 1,5 mm. In der Mitte der Schnur befindet sich eine virtuelle Mittellinie **M132**. Der O-Ring 132 erstreckt sich über den Umfang in der Nut 130. Die Nuttiefe **T130** beträgt in diesem Beispiel 1 mm und die Nutbreite **B130** beträgt 2 mm.

[0143] Die zur Längsachse **L** gerichtete Innenseite des O-Rings 132 befindet sich mit seiner innersten Fläche **132i** am Nutboden 116. Die Außenseite des O-Rings 132 ragt mit der äußersten Fläche **132a** über die Außenflächen 112 und 120 hinaus.

[0144] Die Fig. 12d zeigt den Schnitt C-C des Verbindungsteils aus Fig. 12c vom hinteren Ende 104 her gesehen. Die Ansicht zeigt also auch einen Schnitt durch den O-Ring 132. Von der Außenfläche 110 sind die Konturen der Fläche 124 des Flansches 125 dargestellt. Von der Innenfläche 140 ist ebenfalls die Kontur dargestellt. Weiterhin ist die Fläche 122 des Flansches 125 gezeigt. Die Kontur des Flansches 125 bzw. der Fläche 124 ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D124**. Die Kontur der Innenfläche 140 ist ebenfalls ein Kreis mit einem Durchmesser **D140**. Sie könnten aber auch eine nahezu beliebige andere Form haben.

[0145] Die Kontur der innersten Fläche **132i** des O-Rings 132 hat in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** einen sich durch die Längsachse hindurch erstreckenden kleinsten Abstand **D132i_{min}** und größten Abstand **D132i_{max}**.

[0146] Die Kontur der äußersten Fläche **132a** des O-Rings 132 hat in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** einen sich durch die Längsachse hindurch erstreckenden einen kleinsten Abstand **D132a_{min}** und größten Abstand **D132a_{max}**.

[0147] Die sich durch die Längsachse **L** und senkrecht zur Längsachse **L** erstreckenden Abstände **D132i** und **D132a** zwischen den gegenüberliegenden

Konturabschnitten der Flächen **132i** und **132a** des O-Rings 132 sind also entlang des Umfanges nicht konstant. Die Abstände verändern sich hier auf dem Umfang. Die größten Abstände **D132i_{max}** und **D132a_{max}** sind auch in Fig. 12c gezeigt.

[0148] Der kleinste Abstand **D132i_{min}** beträgt in diesem Beispiel 18 mm und der größte Abstand **D132i_{max}** beträgt in diesem Beispiel 19 mm, die Differenz zwischen dem kleinsten und dem größten Abstand beträgt also 1 mm und der größte Abstand ist ca. 5,5 % größer als der kleinste Abstand. Da die Schnurstärke **Sa** des O-Rings in diesem Beispiel 1,5 mm beträgt, ist die Differenz mit 1 mm gleich 2/3 der Schnurstärke **Sa**.

[0149] Der kleinste Abstand **D132a_{min}** beträgt in diesem Beispiel 21 mm und der größte Abstand **D132a_{max}** beträgt in diesem Beispiel 22 mm, die Differenz zwischen dem kleinsten und dem größten Abstand beträgt also 1 mm und der größte Abstand ist ca. 4,7 % größer als der kleinste Abstand. Da die Schnurstärke **Sa** des O-Rings in diesem Beispiel 1,5 mm beträgt, ist die Differenz mit 1 mm gleich 2/3 der Schnurstärke **Sa**.

[0150] Die Konturen der Außenflächen 112 und 120 können auch eine Kreisform mit einem entlang des Umfangs konstanten Durchmesser **D112** und **D120** haben, es muss also nicht einen maximalen und einen minimalen Abstand geben. Es ist dann jedoch Bedingung, dass der sich durch die Längsachse **L** und senkrecht zur Längsachse **L** erstreckende kleinste Abstand **D132a_{min}** zwischen den gegenüberliegenden Konturabschnitten der Flächen **132a** des O-Rings größer ist als die beiden Durchmesser **D112** und **D120**.

[0151] Fig. 13 zeigt eine geschnittene Ansicht eines beispielhaften zweiten Verbindungsteils 200, in das beispielsweise das Verbindungsteil 100 aus Fig. 12c gesteckt bzw. gefügt werden kann. Es umfasst einen Körper 206, der sich entlang einer Längsachse **L** erstreckt, mit einem vorderen Ende 202 und einem hinteren Ende 204, mit einer Außenfläche 212 und Innenflächen 242 und 244. Zwischen dem vorderen Ende 202 und dem hinteren Ende 204 erstreckt sich eine Öffnung 238. Am vorderen Ende 202 befindet sich eine Fläche 222, die als Anschlagfläche für die Anschlagfläche 122 des Verbindungsteils 100 aus Fig. 12c dient.

[0152] Die Öffnung 238 hat vom vorderen Ende 202 her gesehen einen zweiten Abschnitt mit der Innenfläche 242 und einen dritten Abschnitt mit der Innenfläche 244. Im Übergang von der Außenfläche 222 zur Innenfläche 242 ist eine Körperkante 242a ausgebildet. Im Übergang von der Innenfläche 242 zur Innenfläche 244 ist zumindest auf einem Teilumfang eine Körperkante 242b ausgebildet. Die Körperkanten

242a und **242b** können beispielsweise abgerundet, bspw. mit einem Radius versehen sein. Zumindest über einen Teilumfang ist sie in diesem Beispiel als Fase, also schräg zur Längsachse und hier beispielsweise mit einem zwischen der Längsachse **L** und der Fläche **242** eingeschlossenen Winkel α von 20° zur Längsachse ausgebildet. Die Körperkante **242b** hat zum vorderen Ende **202** parallel zur Längsachse **L** unterschiedlich große Abstände **L242b**. Der größte Abstand ist mit **L242b_{max}** und der kleinste Abstand mit **L242b_{min}** bezeichnet. Die Innenfläche **242** der Fase weist so entlang des Umfangs unterschiedliche Abstände zwischen den Körperkanten **242a** und **242b** sowohl parallel zur Längsachse **L** als auch parallel zur Fläche **242** auf.

[0153] Die **Fig. 13a** zeigt die geschnittene Ansicht C-C des gleichen Verbindungsteils **200**, die zur Ansicht in **Fig. 13** um die Längsachse **L** um 90° gedreht ist. Sie soll nochmals die Ausbildung der Fläche **242** verdeutlichen, ansonsten gilt die Beschreibung von **Fig. 13**.

[0154] Die **Fig. 13b** zeigt die Ansicht B des zweiten Verbindungsteils **200** aus **Fig. 13**, also vom vorderen Ende **202** her gesehen. Dabei sind die Außenkontur der Außenfläche **212** und die Innenkonturen der Innenflächen **242**, **244** und **246** sowie die Körperkanten **242a** und **242b** zu sehen. Die Außenkontur **212** ist in diesem Beispiel ein Kreis mit einem Durchmesser **D212**, sie könnte aber auch eine andere Form haben.

[0155] In der Zusammenschau der **Fig. 13**, **Fig. 13a** und **Fig. 13b** wird nachfolgend die Gestaltung der Öffnung **238** beschrieben.

[0156] Die Innenkontur des ersten Abschnitts mit der Innenfläche **246**, die nur aus der Körperkante **242a** besteht, ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D246**. Die Innenkontur des dritten Abschnitts mit der Innenfläche **244** hat in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** einen sich durch die Längsachse **L** hindurch erstreckenden kleinsten Abstand **D244_{min}**, der in **Fig. 13** und **Fig. 13b** gezeigt ist, und einen größten Abstand **D244_{max}**, der in **Fig. 13a** und **Fig. 13b** gezeigt ist. Der zweite Abschnitt, der den Übergang zwischen dem ersten und dem dritten Abschnitt bildet, zeigt zumindest über einen Teilbereich des Umfangs eine Fase mit der Innenfläche **242**, wie in **Fig. 13** und **Fig. 13b** gezeigt. Der kleinste Abstand **D244_{min}** ist kleiner als der Durchmesser **D246**. Der größte Abstand **D244_{max}** ist hier gleich dem Durchmesser **D246**, wie in **Fig. 13a** und **Fig. 13b** gezeigt, könnte aber auch kleiner als **D246** sein.

[0157] Im gezeigten Beispiel beträgt der Durchmesser **D246** = 23 mm, der größte Abstand **D244_{max}** 21,2 mm und der kleinste Abstand **D244_{min}** = 20,2 mm. Die Differenz zwischen dem größten Abstand **D244_{max}** und dem kleinsten Abstand **D244_{min}** beträgt somit 1

mm und knapp 5%. Damit beträgt für die Differenz **L243** zwischen dem maximalen Abstand **L242b_{max}** und dem minimalen Abstand **L242b_{min}** hier 1,1 mm.

[0158] Die **Fig. 14a** und **Fig. 14b** zeigen beispielhaft die Verbindung aus dem ersten Verbindungsteil **100** aus **Fig. 12C** und dem zweiten Verbindungsteil **200** aus **Fig. 13** in unterschiedlich gefügten Zuständen.

[0159] In **Fig. 14a** beginnt gerade die Berührung des O-Rings **132** mit der Innenfläche **242** der Fase und mit der Körperkante **242b** zunächst nur an zwei Stellen **300**, die auf dem Umfang gegenüberliegend angeordnet sind, also in diesem Beispiel nur auf einem Teilumfang. Hier wird ein Vorteil der Erfindung deutlich. Es muss nicht gleich zu Beginn des Fügens der O-Ring **132** auf seinem gesamten Umfang verformt werden, sondern es beginnt zunächst an zwei Stellen, also auf einem Teilumfang und je nach Fügezustand erfolgt die Verformung über den gesamten Umfang nach und nach. Somit wird die benötigte Kraft reduziert und das Ineinanderstecken erleichtert.

[0160] **Fig. 14b** zeigt die vollständig gefügten bzw. ineinander gesteckten Verbindungsteile **100** und **200**. Die Verbindungsstelle bzw. -linie ist durch das Ineinanderstecken des ersten Verbindungsteils **100** in das zweite Verbindungsteil **200** und den O-Ring **132** in Kombination mit der Innenfläche **240** für ein Fluid, das durch die Innenöffnungen **138** und **238** strömen kann, dicht. Die Verbindungsteile **100** und **200** werden radial zur Längsachse **L** über eine enge Tolerierung, beispielsweise eine Passung **H7/h6** oder **H7/h7** nach DIN ISO 286, der Innenfläche **244** zur Außenfläche **112** ausgerichtet. Die axiale Ausrichtung zur Längsachse **L** der Verbindungsteile **100** und **200** zueinander erfolgt durch eine Berührung der Fläche **122** des ersten Verbindungsteils **100** und der Fläche **222** des zweiten Verbindungsteils **200**.

[0161] Somit sind ein einfaches Fügen und eine eindeutige axiale und radiale Positionierung zur Längsachse **L** mit geringer Toleranz bei gleichzeitig dichter Verbindung der Verbindungsteile **100** und **200** möglich.

[0162] **Fig. 15** zeigt ein erstes Verbindungsteil **100** umfassend einen Körper **106**, der sich entlang einer Längsachse **L** erstreckt, mit einem vorderen Ende **102** und einem hinteren Ende **104**, mit einer Außenfläche **110**, die mehrere Flächen **112**, **114**, **116**, **118**, **120**, **122**, **124**, **126**, **128**, **134** und **136** umfasst.

[0163] Die Außenfläche **110** weist eine umlaufende Nut **130** auf. Die Nut wird begrenzt durch seitliche Flächen **114** und **118** sowie einen Nutboden **116**. Die Nut **130** hat eine Nutbreite **B130** und eine Nuttiefe, die geeignet ist, einen O-Ring oder einen Profiling aufzunehmen. Die Nut **130** erstreckt sich über den Umfang. Es können unterschiedliche Nutformen, wie sie

beispielhaft in den **Fig. 1a** bis **Fig. 1c** dargestellt sind, vorhanden sein.

[0164] Weiterhin befindet sich auf der Außenfläche **110** ein Flansch **125**, der durch Flächen **122**, **124** und **126** begrenzt wird.

[0165] Weiterhin befindet auf der Außenfläche **110** eine Außenfläche **134**. Der Abschnitt mit der Außenfläche **134** hat einen Durchmesser **D134**, der größer ist als der Durchmesser **D120** des Abschnitts mit der Außenfläche **120**.

[0166] Die Außenfläche **134** dient zur Zentrierung radial zur Längsachse **L**, wenn das Verbindungsteil beispielsweise in das in der **Fig. 16a** gezeigte Verbindungsteil **200** eingesetzt wird.

[0167] Die Fläche **122** des Flansches **125** kann als axialer Anschlag bzw. zur Positionierung axial zur Längsachse **L** beispielsweise in dem in der **Fig. 16a** gezeigten Verbindungsteil **200** dienen.

[0168] Das Verbindungsteil **100** hat im Inneren entlang der Längsachse **L** eine durchgehende Öffnung **138** mit einer Innenfläche **140**. Durch diese Öffnung **138** kann im eingebauten Zustand ein Fluid strömen.

[0169] Das hintere Ende **104** hat eine Außenfläche **108**.

[0170] Die **Fig. 15a** zeigt die Ansicht A, also die Ansicht vom hinteren Ende **104** her gesehen, des Verbindungsteils **100** aus **Fig. 15**. Von der Außenfläche **110** sind die Konturen der Fläche **124** des Flansches **125**, der Fläche **112** und der Fläche **134**, die als Zentrierfläche fungiert, dargestellt. Von der Innenfläche **140** ist ebenfalls die Kontur dargestellt. Weiterhin sind die Fläche **122** des Flansches **125** und die Fläche **136** gezeigt. Weiterhin ist die Fläche **108** des hinteren Endes **104** gezeigt.

[0171] Die Kontur der Fläche **124** ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D124**. Die Kontur der Fläche **134** ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D134**. Die Kontur der Innenfläche **140** ist ebenfalls ein Kreis mit einem Durchmesser **D140**. Die Konturen können aber auch eine andere nahezu beliebige Form haben.

[0172] Die Kontur der Fläche **112** hat in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** einen sich durch die Längsachse hindurch erstreckenden kleinsten Abstand **D112_{min}** und größten Abstand **D112_{max}**. Die sich durch die Längsachse **L** und senkrecht zur Längsachse **L** erstreckenden Abstände **D112** zwischen den gegenüberliegenden Konturabschnitten der Fläche **112** sind also entlang des Umfangs nicht konstant. Die Abstände verändern sich auf dem Umfang. Der größte Abstand **D112_{max}** ist auch in **Fig. 15** gezeigt.

[0173] Die **Fig. 15b** zeigt den Schnitt B-B des Verbindungsteils **100** aus **Fig. 15**. Von der Außenfläche **110** sind die Konturen der Fläche **124** des Flansches **125**, der Fläche **120**, der Fläche **134** und der Fläche des Nutbodens **116** dargestellt. Von der Innenfläche **140** ist ebenfalls die Kontur dargestellt. Weiterhin ist die Fläche **122** des Flansches **125** gezeigt. Ebenso ist die Fläche **136** gezeigt. Die Kontur der Fläche **124** ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D124**, die Kontur der Fläche **134** ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D134** und die Kontur der Fläche **120** ebenfalls ein Kreis mit einem Durchmesser **D120**. Die Kontur der Innenfläche **140** ist ebenfalls ein Kreis mit einem Durchmesser **D140**. Sie können aber auch eine andere nahezu beliebige Form haben. Wichtig ist, dass der größte sich senkrecht zur Längsachse erstreckende Abstand zwischen der Längsachse **L** und einem oder mehreren Punkten oder Abschnitten der Kontur der Fläche **134** größer ist als der größte sich senkrecht zur Längsachse erstreckende Abstand zwischen der Längsachse **L** und einem oder mehreren Punkten oder Abschnitten der Kontur der Fläche **120**.

[0174] Die Kontur der Fläche des Nutbodens **116** hat in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** einen sich durch die Längsachse hindurch erstreckenden kleinsten Abstand **D116_{min}** und größten Abstand **D116_{max}**.

[0175] Die sich durch die Längsachse **L** und senkrecht zur Längsachse **L** erstreckenden Abstände **D116** zwischen den gegenüberliegenden Konturabschnitten der Flächen **116** sind also entlang des Umfangs nicht konstant. Die Abstände verändern sich hier auf dem Umfang. Der maximale Abstand **D116_{max}** ist auch in **Fig. 15** gezeigt.

[0176] Im gezeigten Beispiel beträgt der Durchmesser **D124**=24 mm, der Durchmesser **D140**=12 mm, der Durchmesser **D120**=20 mm und der Durchmesser **D134** = 23 mm. Der Durchmesser **D134** ist besonders eng toleriert beispielsweise mit einer Passung h6 (-13 bis 0 µm) oder h7 (-21 bis 0 µm) nach DIN ISO 286. Der kleinste Abstand **D116_{min}** beträgt in diesem Beispiel 18 mm und der größte Abstand **D116_{max}** beträgt hier 19 mm, die Differenz zwischen dem kleinsten und dem größten Abstand beträgt also 1 mm und der größte Abstand ist ca. 5,5 % größer als der kleinste Abstand.

[0177] Der kleinste Abstand **D112_{min}** beträgt in diesem Beispiel 20 mm und der größte Abstand **D112_{max}** beträgt in diesem Beispiel 21 mm, die Differenz zwischen dem kleinsten und dem größten Abstand beträgt also 1 mm und der größte Abstand ist 5 % größer als der kleinste Abstand.

[0178] Die Nuttiefe **T112**, d.h. der Abstand zwischen dem Nutboden **116** und der Fläche **112** senkrecht zur

Längsachse **L** oder entlang der seitlichen Begrenzungsfläche **114** der Nut **130**, beträgt in diesem Beispiel konstant 1 mm [$T_{112}=(D_{112_{\min}}-D_{116_{\min}})/2$ und $T_{112}=(D_{112_{\max}}-D_{116_{\max}})/2$]. Der kleinste Abstand zwischen dem Nutboden **116** und der Fläche **120** senkrecht zur Längsachse **L** oder entlang der seitlichen Begrenzungsfläche **114** der Nut **130** $T_{120_{\min}}$ beträgt in diesem Beispiel 0,5 mm [$T_{120_{\min}}=(D_{120}-D_{116_{\max}})/2$] und größte Abstand $T_{120_{\max}}$ beträgt in diesem Beispiel 1 mm [$T_{120_{\max}}=(D_{120}-D_{116_{\min}})/2$].

[0179] Auf einer Seite der Nut, in diesem Beispiel auf der Seite der Fläche **118**, weist die Nut unterschiedliche sich axial zur Längsachse **L** erstreckende Abstände zwischen dem Nutboden **116** und der Fläche **120** entlang des Umfangs auf.

[0180] Der Durchmesser **D120** muss größer als der kleinste Abstand $D_{116_{\min}}$ und kleiner als der größte Abstand $D_{112_{\max}}$ oder gleich diesem sein [$D_{116_{\min}} < D_{120} \leq D_{112_{\max}}$].

[0181] Fig. 15c zeigt das Verbindungsteil **100** aus Fig. 15 mit einem O-Ring **132** in der Nut **130**.

[0182] Der O-Ring **132** hat eine Schnurstärke **Sa** von beispielsweise 1,5 mm. In der Mitte der Schnur befindet sich eine virtuelle Mittellinie **M132**. Der O-Ring **132** erstreckt sich über den Umfang in der Nut **130**.

[0183] Die zur Längsachse **L** gerichtete Innenseite des O-Rings **132**, befindet sich mit seiner innersten Fläche **132i** am Nutboden **116**. Die Außenseite des O-Rings **132** ragt mit der äußersten Fläche **132a** über die Außenflächen **112** und **120** hinaus.

[0184] Die Fig. 15d zeigt den Schnitt C-C des Verbindungsteils aus Fig. 150 vom hinteren Ende **104** her gesehen. Die Ansicht zeigt also auch einen Schnitt durch den O-Ring **132**.

[0185] Von der Außenfläche **110** sind die Konturen der Fläche **124** des Flansches **125** und der Fläche **134** dargestellt. Von der Innenfläche **140** ist ebenfalls die Kontur dargestellt. Weiterhin sind die Fläche **122** des Flansches **125** und die Fläche **136** gezeigt. Die Kontur der Fläche **124** ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D124**, die Kontur der Fläche **134** ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D134**. Die Kontur der Innenfläche **140** ist ebenfalls ein Kreis mit einem Durchmesser **D140**. Sie können aber auch eine andere nahezu beliebige Form haben.

[0186] Die Kontur der innersten Fläche **132i** des O-Rings **132** hat in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** einen sich durch die Längsachse **L** hindurch erstreckenden kleinsten Abstand $D_{132i_{\min}}$ und größten Abstand $D_{132i_{\max}}$.

[0187] Die Kontur der äußersten Fläche **132a** des O-Rings **132** hat in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** einen sich durch die Längsachse **L** hindurch erstreckenden kleinsten Abstand $D_{132a_{\min}}$ und größten Abstand $D_{132a_{\max}}$.

[0188] Der kleinste Abstand $D_{132i_{\min}}$ der innersten Fläche **132i** beträgt in diesem Beispiel 18 mm und der größte Abstand $D_{132i_{\max}}$ der innersten Fläche **132i** beträgt in diesem Beispiel 19 mm, die Differenz zwischen dem kleinsten und dem größten Abstand beträgt also 1 mm und der größte Abstand ist ca. 5,5 % größer als der kleinste Abstand. Da die Schnurstärke **Sa** des O-Rings in diesem Beispiel 1,5 mm beträgt, ist die Differenz mit 1 mm 2/3 der Schnurstärke **Sa**.

[0189] Der kleinste Abstand $D_{132a_{\min}}$ der äußersten Fläche **132a** beträgt in diesem Beispiel 21 mm und der größte Abstand $D_{132a_{\max}}$ der äußersten Fläche **132a** beträgt in diesem Beispiel 22 mm, die Differenz zwischen dem kleinsten und dem größten Abstand beträgt also 1 mm und der größte Abstand ist ca. 4,7 % größer als der kleinste Abstand. Da die Schnurstärke **Sa** des O-Rings in diesem Beispiel 1,5 mm beträgt, ist die Differenz mit 1 mm 2/3 der Schnurstärke **Sa**.

[0190] Der sich durch die Längsachse und senkrecht zur Längsachse **L** erstreckende kleinste Abstand $D_{132a_{\min}}$ zwischen den gegenüberliegenden Konturabschnitten der Flächen **132a** des O-Rings muss größer als der Durchmesser **D120** sein.

[0191] Der sich durch die Längsachse und senkrecht zur Längsachse **L** erstreckende größte Abstand $D_{132a_{\max}}$ zwischen den gegenüberliegenden Konturabschnitten der Flächen **132a** des O-Rings muss größer als der größte Abstand $D_{112_{\max}}$ sein.

[0192] Fig. 16 zeigt beispielhaft eine geschnittene Ansicht eines zweiten Verbindungsteils **200**, in das beispielsweise das Verbindungsteil **100** aus Fig. 150 gesteckt bzw. gefügt werden kann. Es umfasst einen Körper **206**, der sich entlang einer Längsachse **L** erstreckt, mit einem vorderen Ende **202** und einem hinteren Ende **204**, mit einer Außenfläche **212** und Innenflächen **242**, **244** und **246**. Zwischen dem vorderen Ende **202** und dem hinteren Ende **204** erstreckt sich eine Öffnung **238**. Am vorderen Ende **202** befindet sich eine Fläche **222**, die als Anschlagfläche für die Anschlagfläche **122** des Verbindungsteils **100** aus Fig. 15 dient.

[0193] Die Öffnung **238** hat vom vorderen Ende **202** her gesehen einen ersten Abschnitt mit der Innenfläche **246**, einen zweiten Abschnitt mit der Innenfläche **242** und einen dritten Abschnitt mit der Innenfläche **244**. Im Übergang von der Innenfläche **246** zur Innenfläche **242** ist eine Körperkante **242a** ausgebildet. Im Übergang von der Innenfläche **242** zur Innenfläche

244 ist in diesem Beispiel auf dem gesamten Umfang eine Körperkante **242b** ausgebildet. Die Körperkanten **242a** und **242b** können abgerundet, bspw. mit einem Radius versehen sein. Die Innenfläche **242** befindet sich also zwischen den Innenflächen **246** und **244**. Auf dem gesamten Umfang ist beispielsweise eine Fase, also schräg zur Längsachse **L** und hier beispielsweise mit einem zwischen der Längsachse **L** und der Fläche **242** eingeschlossenen Winkel α von 20° zur Längsachse ausgebildet und realisiert den Übergang zwischen dem ersten Abschnitt mit der Innenfläche **246** und dem dritten Abschnitt mit der Innenfläche **244**. Die Körperkante **242b** hat zum vorderen Ende **202** parallel zur Längsachse **L** unterschiedlich große Abstände **L242b**. Der größte Abstand ist mit **L242b_{max}** und der kleinste Abstand mit **L242b_{min}** bezeichnet. Die Innenfläche **242** der Fase weist so entlang des Umfangs unterschiedliche Abstände zwischen den Körperkanten **242a** und **242b** sowohl parallel zur Längsachse **L** als auch parallel zur Fläche **242** auf. Die Abstände der Körperkanten **242b** zum vorderen Ende **202** parallel zur Längsachse sind größer als der Abstand der Körperkante **242a** zum vorderen Ende **202**.

[0194] Die Fig. 16a zeigt die geschnittene Ansicht C-C des gleichen Verbindungsteils **200**, die zur Ansicht in Fig. 16 um die Längsachse **L** um 90° gedreht ist. Sie soll nochmals die Ausbildung der Fläche **242** verdeutlichen, ansonsten gilt die Beschreibung von Fig. 16.

[0195] Die Fig. 16b zeigt die Ansicht B des zweiten Verbindungsteils **200** aus Fig. 16, also vom vorderen Ende **202** her gesehen. Dabei sind die Außenkontur der Außenfläche **212** und die Innenkonturen der Innenflächen **242**, **244** und **246** sowie die Körperkanten **242a** und **242b** zu sehen. Die Außenkontur **212** ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D212**, könnte aber auch eine andere Form haben. Es ist zu erkennen, dass sich die Innenfläche **242** der Fase in diesem Ausführungsbeispiel über den kompletten Umfang erstreckt.

[0196] In der Zusammenschau der Fig. 16, Fig. 16a und Fig. 16b wird nachfolgend die Gestaltung der Öffnung **238** beschrieben.

[0197] Die Innenkontur des ersten Abschnitts mit der Innenfläche **246** ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D246**. Der Innenkontur des dritten Abschnitts mit der Innenfläche **244** hat in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** einen sich durch die Längsachse hindurch erstreckenden kleinsten Abstand **D244_{min}**, der in Fig. 16a und Fig. 16b gezeigt ist und größten Abstand **D244_{max}**, der in Fig. 16 und Fig. 16b gezeigt ist. Der zweite Abschnitt, der den Übergang zwischen dem ersten und dem dritten Abschnitt bildet, zeigt hier über den gesamten Umfang eine Fase mit der Innenfläche **242**, wie in den Fig. 16, Fig. 16a und

Fig. 16b gezeigt. Der größte Abstand **D244_{max}** ist hier kleiner als der Durchmesser **D246**, wie in Fig. 16 und Fig. 16b gezeigt.

[0198] Im gezeigten Beispiel beträgt der Durchmesser **D246** = 23 mm, der größte Abstand **D244_{max}** 21,2 mm und der kleinste Abstand **D244_{min}** = 20,2 mm. Die Differenz zwischen dem größten Abstand **D244_{max}** und dem kleinsten Abstand **D244_{min}** beträgt somit 1 mm und damit knapp 5% des größten Abstandes.

[0199] Damit beträgt die Differenz zwischen dem maximalen Abstand **L242b_{max}** und dem minimalen Abstand **L242b_{min}** in diesem Beispiel 1,1 mm.

[0200] Der Durchmesser **D246** ist besonders eng toleriert beispielsweise mit einer Passung **H7** (0 bis +21 μ m) nach DIN ISO 286. Hierdurch wird eine radiale Ausrichtung bzw. Zentrierung zur Längsachse **L** zwischen dem ersten Verbindungsteil **100** und dem zweiten Verbindungsteil **200** realisiert. Die Außenfläche **134** des ersten Verbindungsteils **100** und die Innenfläche **246** des zweiten Verbindungsteils **200** sind in einem eng tolerierten Abstand zueinander angeordnet und berühren sich zumindest teilweise.

[0201] Die Fig. 17a und Fig. 17b zeigen beispielhaft die Verbindung aus dem ersten Verbindungsteil **100** aus Fig. 15 bzw. Fig. 15c und dem zweiten Verbindungsteil **200** aus Fig. 16 in unterschiedlich gefügten Zuständen.

[0202] In Fig. 17a beginnt gerade eine Berührung des O-Rings **132** mit der Innenfläche **242** der Fase **242** und mit der Körperkante **242b** zunächst nur an zwei Stellen **300**. Hier wird ein Vorteil der Erfindung deutlich. Es muss nicht gleich zu Beginn des Fügens der O-Ring **132** auf seinem gesamten Umfang verformt werden, sondern es beginnt zunächst an zwei Stellen, also auf einem Teilumfang und je nach Fügestand erfolgt die Verformung über den gesamten Umfang nach und nach. Somit wird die benötigte Kraft reduziert und das Ineinanderstecken erleichtert.

[0203] Fig. 17b zeigt die vollständig gefügten bzw. ineinander gesteckten Verbindungsteile **100** und **200**. Die Verbindungsstelle bzw. -linie ist durch das Ineinanderstecken des ersten Verbindungsteils **100** in das zweite Verbindungsteil **200** und den O-Ring **132** in Kombination mit der Innenfläche **240** für ein Fluid, das durch die Innenöffnungen **138** und **238** strömen kann, dicht. Die Verbindungsteile **100** und **200** werden radial zur Längsachse **L** über eine enge Tolerierung, z. B. eine Passung **h6/H7**, nach DIN ISO 286, der Innenfläche **246** mit dem Durchmesser **D246** (**H7**, von 0 bis +21 μ m) zur Außenfläche **134** mit dem Durchmesser **D134** (**h6**, von -13 bis 0 μ m) ausgerichtet. Es ist beispielsweise auch eine Passung **h7/H7** nach DIN ISO 286, der Innenfläche **246** mit dem Durchmesser **D246** (**H7**, von 0 bis +21 μ m) zur Au-

ßenfläche **134** mit dem Durchmesser **D134** ($h7$, von -21 bis 0 μm) möglich. Die axiale Ausrichtung zur Längsachse **L** der Verbindungsteile **100** und **200** zueinander erfolgt durch die Berührung der Fläche **122** des ersten Verbindungsteile **100** und der Fläche **222** des zweiten Verbindungsteils **200**.

[0204] Somit sind ein einfaches Fügen und eine eindeutige axiale und radiale Positionierung mit geringer Toleranz bei gleichzeitig dichter Verbindung möglich.

[0205] Zusätzlich ist durch die Gestaltung der Außenkontur der Fläche **112** (Außenfläche) des Verbindungsteils **100** mit dem größte Abstand **D112_{max}** und dem minimalen Abstand **D112_{min}** und die Gestaltung der Kontur der Fläche (Innenfläche) **244** mit dem maximalen Abstand **D244_{max}** und dem minimalen Abstand **D244_{min}** auch eine Positionierung entlang des Umfangs möglich. Im gezeigten Beispiel gibt es genau zwei um 180° rotatorisch um die Längsachse **L** versetzte Positionen, in denen die Verbindungsteile ineinander gefügt bzw. gesteckt werden können, nämlich dort, wo die Flächen **112** und **244** mit ihren **D112_{max}** und **D244_{max}** sowie **D112_{min}** und **D244_{min}** zueinander gegenüberliegend angeordnet sind.

[0206] Fig. 18 zeigt ein erstes Verbindungsteil **100**, umfassend einen Körper **106**, der sich entlang einer Längsachse **L** erstreckt, mit einem vorderen Ende **102** und einem hinteren Ende **104**, mit einer Außenfläche **110**, die mehrere Flächen **112**, **114**, **116**, **118**, **120**, **122**, **124**, **126**, **128**, **134**, **136**, **144** und **146** umfasst.

[0207] Die Außenfläche **110** weist eine umlaufende Nut **130** auf. Die Nut wird begrenzt durch seitliche Flächen **114** und **118** sowie einen Nutboden **116**. Die Nut **130** hat eine Nutbreite **B130** und eine Nuttiefe, die geeignet ist, einen O-Ring oder einen Profiling aufzunehmen. Die Nut **130** erstreckt sich über den Umfang. Es können unterschiedliche Nutformen, wie sie beispielhaft in den Fig. 1a bis Fig. 1c dargestellt sind, vorhanden sein.

[0208] Weiterhin befindet sich auf der Außenfläche **110** ein Flansch **125**, der durch die Flächen **122**, **124** und **126** begrenzt wird.

[0209] Auf der Außenfläche **110** befindet sich eine Fläche **144**, die sich zwischen der Fläche **120** und der Außenfläche **134** befindet. Der Abschnitt mit der Fläche **144** hat einen Durchmesser **D144**, der größer ist als der sich in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** durch die Längsachse **L** hindurch erstreckende größte Abstand **D120_{max}** der Fläche **120**.

[0210] In der Außenfläche **144** befinden sich drei Nuten bzw. Vertiefungen **144a**, **144b** und **144c**, wobei in dieser Ansicht nur 2 Nuten sichtbar sind. Die Nuten erstrecken sich parallel zur Längsachse **L**. Diese si-

chern beispielweise im Zusammenspiel mit den Nasen des Verbindungsteils **200** aus Fig. 19 die Positionierung rotatorisch zur Längsachse **L** entlang des Umfangs der Verbindungsteile zueinander.

[0211] Weiterhin befinden sich auf der Außenfläche **110** eine Fläche **134**, die als Zentrierfläche fungiert, und eine Fläche **136**. Der Abschnitt mit der Fläche **134** hat einen Durchmesser **D134**, der größer ist als der größte Abstand **D120_{max}** der Fläche **120** und größer als der Durchmesser **D144** des Abschnitts der Fläche **144**.

[0212] Die Fläche **134** dient zur Zentrierung radial zur Längsachse **L**, wenn das Verbindungsteil **100** beispielsweise in das in der Fig. 19a gezeigte Verbindungsteil **200** eingesetzt wird.

[0213] Die Anschlagfläche **122** dient als axialer Anschlag bzw. zur Positionierung axial zur Längsachse **L** beispielsweise in dem in der Fig. 19a gezeigten Verbindungsteil **200**.

[0214] Das Verbindungsteil **100** hat im Inneren entlang der Längsachse **L** eine durchgehende Öffnung **138** mit einer Innenfläche **140**. Durch diese Öffnung **138** kann im eingebauten Zustand ein Fluid strömen.

[0215] Die Fig. 18a zeigt die Ansicht A, also die Ansicht vom hinteren Ende **104** her gesehen, des Verbindungsteils aus Fig. 18. Von der Außenfläche **110** sind die Konturen der Fläche **124** des Flansches **125**, der Fläche **120**, der Fläche **112**, der Fläche **144** und der Fläche **134**, die als Zentrierfläche fungiert, dargestellt. Von der Innenfläche **140** ist ebenfalls die Kontur dargestellt. Weiterhin sind die Fläche **122** des Flansches **125**, die Fläche **146** und die Fläche **136** gezeigt. Die Kontur der Fläche **124** ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D124**. Die Kontur der Fläche **112** ist ebenfalls ein Kreis mit einem Durchmesser **D112**. Die Kontur der Außenfläche **144** ist ebenfalls ein Kreis und hat hier beispielhaft drei Nuten **144a**, **144b** und **144c**. Die Kontur der Fläche **134** ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D134**. Die Kontur der Innenfläche **140** ist ebenfalls ein Kreis mit einem Durchmesser **D140**. Die Konturen können aber auch eine andere nahezu beliebige Form haben.

[0216] Die Kontur der Fläche **120** hat in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** einen sich durch die Längsachse hindurch erstreckenden einen kleinsten Abstand **D120_{min}** und einen größten Abstand **D120_{max}**.

[0217] Die Fig. 18b zeigt den Schnitt B-B des Verbindungsteils aus Fig. 18. Von der Außenfläche **110** sind die Konturen der Fläche **124** des Flansches **125**, der Fläche **120**, der Fläche **144**, der Fläche **134** und der Fläche des Nutbodens **116** dargestellt. Von der Innenfläche **140** ist ebenfalls die Kontur dargestellt.

Weiterhin ist die Fläche **122** des Flansches **125** gezeigt. Ebenso sind die Flächen **136** und **146** gezeigt. Die Kontur der Fläche **124** ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D124**, die Kontur der Fläche **134** ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D134**. Die Kontur der Außenfläche **144** ist ebenfalls ein Kreis und hat hier beispielhaft drei Nuten **144a**, **144b** und **144c**. Die Kontur der Innenfläche **140** ist ebenfalls ein Kreis mit einem Durchmesser **D140**. Sie können aber auch eine andere nahezu beliebige Form haben.

[0218] Wichtig ist, dass der größte sich senkrecht zur Längsachse erstreckende Abstand zwischen der Längsachse **L** und einem oder mehreren Punkten oder Abschnitten der Kontur der Fläche **134** größer ist als der größte sich senkrecht zur Längsachse erstreckende Abstand zwischen der Längsachse **L** und einem oder mehreren Punkten oder Abschnitten der Kontur der Flächen **112**, **120** und **144**.

[0219] Die Kontur der Fläche **120** hat in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** einen sich durch die Längsachse hindurch erstreckenden einen kleinsten Abstand **D120_{min}** und größten Abstand **D120_{max}**. In diesem Beispiel beträgt der kleinste Abstand **D120_{min}** 20 mm und der größte Abstand **D120_{max}** = 21 mm. Die Kontur der Fläche des Nutbodens **116** hat in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** einen sich durch die Längsachse hindurch erstreckenden kleinsten Abstand **D116_{min}** und größten Abstand **D116_{max}**.

[0220] Im gezeigten Beispiel beträgt der Durchmesser **D112** = 20 mm, der Durchmesser **D124** = 24 mm, der Durchmesser **D140** = 12 mm, der Durchmesser **D144** = 23 mm und der Durchmesser **D134** = 23,5 mm.

[0221] Damit ist **D134** > **D144** > **D120_{max}** > **D112**.

[0222] Der Durchmesser **D134** ist besonders eng toleriert beispielsweise mit einer Passung h6 (-13 bis 0 µm) oder h7 (-21 bis 0 µm) nach DIN ISO 286. Der kleinste Abstand **D116_{min}** beträgt in diesem Beispiel 18 mm und der größte Abstand **D116_{max}** beträgt in diesem Beispiel 19 mm, die Differenz zwischen dem kleinsten und dem größten Abstand beträgt also 1 mm und der größte Abstand ist ca. 5,5 % größer als der kleinste Abstand.

[0223] Die Nuttiefe **T120**, d.h. der Abstand zwischen dem Nutboden **116** und der Fläche **120** senkrecht zur Längsachse **L** oder entlang der seitlichen Begrenzungsfläche **118** der Nut (**130**) beträgt in diesem Beispiel konstant 1 mm [$T120=(D120_{min}-D116_{min})/2$ und $T120=(D120_{max}-D116_{max})/2$].

[0224] Der minimale Abstand zwischen dem Nutboden **116** und der Fläche **112** senkrecht zur Längsachse **L** oder entlang der seitlichen Begrenzungsfläche **114** der Nut **130** beträgt in diesem Beispiel 0,5

mm [$T112_{min}=(D112-D116_{max})/2$] und größte Abstand **T112_{max}** beträgt 1 mm [$T112_{max}=(D112-D116_{min})/2$].

[0225] Auf einer Seite der Nut, hier auf der Seite der Fläche **114**, weist die Nut **130** unterschiedliche sich axial zur Längsachse **L** erstreckende Abstände **T112** zwischen dem Nutboden **116** und der Fläche **112** entlang des Umfangs auf.

[0226] Der größte Abstand **D120_{max}** muss größer als der größte Abstand **D116_{max}** und als der Durchmesser **D112** sein und dieser muss größer als der größte Abstand **D116_{max}** sein. [**D120_{max}** > **D112** > **D116_{max}**].

[0227] Fig. 18c zeigt beispielhaft das Verbindungsteil **100** aus Fig. 18 mit einem O-Ring **132** in der Nut **130**.

[0228] Der O-Ring **132** hat in diesem Beispiel eine Schnurstärke **Sa** von 1,5 mm. In der Mitte der Schnur befindet sich eine virtuelle Mittellinie **M132**. Der O-Ring **132** erstreckt sich über den Umfang in der Nut **130**. Die zur Längsachse **L** gerichtete Innenseite des O-Rings, befindet sich mit seiner innersten Fläche **132i** am Nutboden **116**. Die Außenseite des O-Rings **132** ragt mit der äußersten Fläche **132a** über die Außenflächen **112** und **120** hinaus. Die Außenseite des O-Rings **132** ragt mit seiner äußersten Fläche **132a** nicht über die Außenflächen **144** und **134** hinaus. Es ist vorteilhaft, wenn er ebenfalls nicht über die Böden der Nuten **144a**, **144b** und **144c** hinausragt.

[0229] Die Fig. 18d zeigt den Schnitt C-C des Verbindungsteils **100** aus Fig. 18c vom hinteren Ende **104** her gesehen. Die Ansicht zeigt also auch einen Schnitt durch den O-Ring **132**.

[0230] Von der Außenfläche **110** sind die Konturen der Fläche **124** des Flansches **125**, der Fläche **134** und der Fläche **144** dargestellt. Von der Innenfläche **140** ist ebenfalls die Kontur dargestellt. Weiterhin ist die Fläche **122** des Flansches **125** und die Fläche **136** gezeigt. Die Kontur der Fläche **124** ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D124**, die Kontur der Fläche **134** ist ein Kreis mit einem Durchmesser **D134**. Die Kontur der Außenfläche **144** ist ebenfalls ein Kreis und hat hier beispielhaft drei Nuten **144a**, **144b** und **144c**. Die Kontur der Innenfläche **140** ist ebenfalls ein Kreis mit einem Durchmesser **D140**. Sie können aber auch eine andere nahezu beliebige Form haben.

[0231] Die Kontur der innersten Fläche **132i** des O-Rings **132** hat in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** einen sich durch die Längsachse hindurch erstreckenden kleinsten Abstand **D132imin** und größten Abstand **D132imax**.

[0232] Die Kontur der äußersten Fläche **132a** des Rundrings **132** hat in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** einen sich durch die Längsachse hindurch

erstreckenden kleinsten Abstand $D132a_{\min}$ und größten Abstand $D132a_{\max}$.

[0233] Der kleinste Abstand $D132i_{\min}$ beträgt in diesem Beispiel 18 mm und größten Abstand $D132i_{\max}$ beträgt in diesem Beispiel 19 mm, die Differenz zwischen dem kleinsten und dem größten Abstand beträgt also 1 mm und der größte Abstand ist ca. 5,5 % größer als der kleinste Abstand. Da die Schnurstärke Sa des O-Rings 1,5 mm beträgt, ist die Differenz mit 1 mm $2/3$ der Schnurstärke Sa .

[0234] Der kleinste Abstand $D132a_{\min}$ beträgt in diesem Beispiel 21 mm und der größte Abstand $D132a_{\max}$ beträgt in diesem Beispiel 22 mm, die Differenz zwischen dem kleinsten und dem größten Abstand beträgt also 1 mm und der größte Abstand ist ca. 4,7 % größer als der kleinste Abstand. Da die Schnurstärke Sa des O-Rings in diesem Beispiel 1,5 mm beträgt, ist die Differenz mit 1 mm $2/3$ der Schnurstärke Sa .

[0235] Wie in **Fig. 18** beschrieben, betragen der kleinste Abstand $D120_{\min}$ 20 mm und ist damit kleiner als kleinste Abstand $D132a_{\min}$ mit 21 mm und der größte Abstand $D120_{\max} = 21$ mm ist kleiner als der größte Abstand $D132a_{\max}$ mit 22 mm.

[0236] **Fig. 19** zeigt eine geschnittene Ansicht eines zweiten Verbindungsteils **200**, in das beispielsweise das Verbindungsteil **100** aus **Fig. 18c** gesteckt bzw. gefügt werden kann. Es umfasst einen Körper **206**, der sich entlang einer Längsachse **L** erstreckt, mit einem vorderen Ende **202** und einem hinteren Ende **204**, mit einer Außenfläche **212** und den Innenflächen **242**, **244**, **246** und **258**. Zwischen dem vorderen Ende **202** und dem hinteren Ende **204** erstreckt sich eine Öffnung **238**. Am vorderen Ende **202** befindet sich eine Fläche **222**, die als Anschlagfläche für die Anschlagfläche **122** des Verbindungsteils **100** aus **Fig. 18** dient.

[0237] Die Öffnung **238** hat vom vorderen Ende **202** her gesehen einen ersten Abschnitt mit der Innenfläche **246**, einen vierten Abschnitt mit der Innenfläche **258**, einen zweiten Abschnitt mit der Innenfläche **242** und einen dritten Abschnitt mit der Innenfläche **244**. Im Übergang von der Innenfläche **258** zur Innenfläche **242** ist eine Körperkante **242a** ausgebildet. Im Übergang von der Innenfläche **242** zur Innenfläche **244** ist in diesem Beispiel auf dem gesamten Umfang eine Körperkante **242b** ausgebildet. Die Körperkanten **242a** und **242b** können beispielsweise abgerundet, bspw. mit einem Radius versehen sein. Die Innenfläche **242** befindet sich also zwischen den Innenflächen **258** und **244**. Auf dem gesamten Umfang ist beispielsweise eine Fase, also schräg zur Längsachse **L** und hier beispielsweise mit einem zwischen der Längsachse **L** und der Fläche **242** eingeschlossenen Winkel α von 20° zur Längsachse ausgebil-

det und realisiert den Übergang zwischen dem vierten Abschnitt mit der Innenfläche **258** und dem dritten Abschnitt mit der Innenfläche **244**. Die Körperkante **242b** hat zum vorderen Ende **202** parallel zur Längsachse **L** unterschiedlich große Abstände $L242b$, der größte Abstand ist mit $L242b_{\max}$ und der kleinste Abstand mit $L242b_{\min}$ bezeichnet. Die Innenfläche **242** der Fase weist so entlang des Umfangs unterschiedliche Abstände zwischen den Körperkanten **242a** und **242b** sowohl parallel zur Längsachse **L** als auch parallel zur Fläche **242** auf. Die Abstände der Körperkanten **242b** zum vorderen Ende **202** parallel zur Längsachse **L** sind größer als der Abstand der Körperkante **242a** zum vorderen Ende **202**.

[0238] Auf der Innenfläche des zweiten Abschnitts befinden sich beispielsweise drei Nasen oder Vorsprünge **258a**, **258b** und **258c**. In dieser Figur ist nur der Vorsprung **258b** zu sehen.

[0239] Die **Fig. 19a** zeigt die geschnittene Ansicht C-C des gleichen Verbindungsteils **200**, die zur Ansicht in **Fig. 19** um die Längsachse **L** um 90° gedreht ist. Sie soll nochmals die Ausbildung der Fläche **242** verdeutlichen, ansonsten gilt die Beschreibung von **Fig. 19**. Ebenfalls sind hier auf der Innenfläche **258** die Vorsprünge **258a** und **258c** zu sehen.

[0240] Die **Fig. 19b** zeigt die Ansicht B des zweiten Verbindungsteils aus **Fig. 19a**, also vom vorderen Ende **202** her gesehen. Dabei sind die Außenkontur der Außenfläche **212** und die Innenkonturen der Innenflächen **242**, **244**, **246** und **258** mit den Vorsprüngen **258a**, **258b** und **258c** sowie die Körperkanten **242a** und **242b** zu sehen. Die Außenkontur **212** ist ein Kreis mit einem Durchmesser $D212$, könnte aber auch eine andere Form haben. Es ist zu erkennen, dass sich die Innenfläche **242** der Fase in diesem Ausführungsbeispiel über den kompletten Umfang erstreckt.

[0241] In der Zusammenschau der **Fig. 19**, **Fig. 19a** und **Fig. 19b** wird nachfolgend die Gestaltung der Öffnung **238** beschrieben.

[0242] Die Innenkontur des ersten Abschnitts mit der Innenfläche **246** ist ein Kreis mit einem Durchmesser $D246$. Die Innenkontur des vierten Abschnitts mit der Innenfläche **258** ist ein Kreis mit einem Durchmesser $D258$ mit den Vorsprüngen bzw. Nasen **258a**, **258b** und **258c**, die entlang des Umfangs der Innenfläche so verteilt und gestaltet sind, dass sie beim Zusammenstecken und im zusammengesteckten Zustand mit dem Verbindungsteil **100** mit den Nuten bzw. Vertiefungen **144a**, **144b** und **144c** in Eingriff stehen. Die Innenkontur des dritten Abschnitts mit der Innenfläche **244** hat in Richtung senkrecht zur Längsachse **L** einen sich durch die Längsachse hindurch erstreckenden kleinsten Abstand $D244_{\min}$, der in **Fig. 19** und **Fig. 19b** gezeigt ist, und größten Ab-

stand $D244_{\max}$, der in **Fig. 19a** und **Fig. 19b** gezeigt ist. Der zweite Abschnitt, der den Übergang zwischen dem vierten und dem dritten Abschnitt bildet, zeigt hier über den gesamten Umfang eine Fase mit der Innenfläche **242**, wie in den **Fig. 19**, **Fig. 19a** und **Fig. 19b** gezeigt. Der größte Abstand $D244_{\max}$ ist hier kleiner als der Durchmesser **D246**, wie in **Fig. 19a** und **Fig. 19b** gezeigt.

[0243] Im gezeigten Beispiel beträgt der Durchmesser **D246** = 23 mm, der größte Abstand $D244_{\max}$ 21,2 mm und der kleinste Abstand $D244_{\min}$ = 20,2 mm. Die Differenz zwischen dem größten Abstand $D244_{\max}$ und dem kleinsten Abstand $D244_{\min}$ beträgt somit 1 mm und damit knapp 5% des größten Abstandes.

[0244] Damit beträgt die Differenz **L243** zwischen dem maximalen Abstand $L242b_{\max}$ und dem minimalen Abstand $L242b_{\min}$ hier 1,1 mm.

[0245] Der Durchmesser **D246** ist besonders eng toleriert beispielsweise mit einer Passung **H7** (0 bis +21µm) nach DIN ISO 286. Hierdurch wird die radiale Ausrichtung bzw. Zentrierung zur Längsachse **L** zwischen dem ersten Verbindungsteil (**100**) und dem zweiten Verbindungsteil **200** realisiert. Die Außenfläche **134** des ersten Verbindungsteils **100** und die Innenfläche **246** des zweiten Verbindungsteils **200** sind in einem eng tolerierten Abstand zueinander angeordnet und berühren sich zumindest teilweise.

[0246] Die **Fig. 20a** und **Fig. 20b** zeigen beispielhaft die Verbindung aus dem ersten Verbindungsteil **100** aus **Fig. 18c** und dem zweiten Verbindungsteil **200** aus **Fig. 19** in unterschiedlich gefügten Zuständen. Die Verbindungsteile sind so ineinandergesteckt, dass die Nuten bzw. Vertiefungen **144a**, **144b** und **144c** mit den Nasen bzw. Vorsprüngen **258a**, **258b** und **258c** korrespondieren und miteinander in Eingriff stehen. Das erste und das zweite Verbindungsteil **100** und **200** können nur in einer Lage rotatorisch zur Längsachse **L** ineinander gesteckt bzw. gefügt werden, nämlich dann, wenn die Nuten bzw. Vertiefungen mit den Nasen bzw. Vorsprünge korrespondieren und miteinander in Eingriff stehen. In diesem Beispiel sind jeweils drei Vorsprünge und Vertiefungen dargestellt. Es ist besonders vorteilhaft, eine Anordnung wie DE 20 2007 005 316 A1 beschrieben, zu wählen. In den **Fig. 20a** und **Fig. 20b** ist beispielhaft eine Vertiefung **258b** und ein Vorsprung **144b**, die miteinander in Eingriff stehen, also gegenüberliegend angeordnet sind, gezeigt.

[0247] In **Fig. 20a** beginnt gerade die Berührung des O-Rings (**132**) mit der Innenfläche **242** der Fase **242** und mit der Körperkante **242b** zunächst nur an zwei Stellen **300**. Hier wird ein Vorteil der Erfindung deutlich. Es muss nicht gleich zu Beginn des Fügens der O-Ring **132** auf seinem gesamten Umfang verformt werden, sondern beginnt zunächst an zwei Stellen,

also auf einem Teilumfang und je nach Fügezustand erfolgt die Verformung über den gesamten Umfang nach und nach. Somit wird die benötigte Kraft reduziert und das Ineinanderstecken erleichtert.

[0248] **Fig. 20b** zeigt die vollständig gefügten bzw. ineinander gesteckten Verbindungsteile **100** und **200**. Die Verbindungsstelle bzw. Linie ist durch das Ineinanderstecken des ersten Verbindungsteils **100** in das zweite Verbindungsteil **200** und den O-Ring **132** in Kombination mit der Innenfläche **244** für ein Fluid, das durch die Innenöffnungen **138** und **238** strömen kann, dicht. Die Verbindungsteile werden radial zur Längsachse **L** über eine enge Tolerierung, z. B. eine Passung h6/H7, nach DIN ISO 286 der Innenfläche **246** mit dem Durchmesser **D246** (H7, von 0 bis +21µm) zur Außenfläche **134** mit dem Durchmesser **D134** (h6, von -13 bis 0 µm) oder h7 (von -21 bis 0 µm) ausgerichtet. Die axiale Ausrichtung zur Längsachse **L** der Verbindungsteile zueinander erfolgt durch die Berührung der Fläche **122** des ersten Verbindungsteils **100** und der Fläche **222** des zweiten Verbindungsteils **200**.

[0249] Somit sind ein einfaches Fügen und eine eindeutige axiale und radiale Positionierung zur Längsachse **L** mit geringer Toleranz bei gleichzeitig dichter Verbindung möglich.

[0250] **Fig. 21** zeigt beispielhaft eine Düse **2** für einen Plasmabrenner, die die Merkmale des Verbindungsteils **100** aus der **Fig. 18** aufweist. Die Düse hat am vorderen Ende eine Düsenbohrung oder einen Düsenkanal **46**, der einen Plasmastrahl einschnürt. Das Plasmagas, das für die Erzeugung des Plasmastrahls ionisiert wird, ist das Fluid, das durch den Innenraum **138** strömt. Der Plasmastrahl selbst strömt zumindest durch einen Teilabschnitt dieses Innenraums **138**, bevor er durch den Düsenkanal **46** ausströmt. In diesem Beispiel weist die Düse die Merkmale des Verbindungsteils **100** aus **Fig. 18** auf. Es sind natürlich auch alle anderen in den vorherigen Figuren gezeigten Ausführungsbeispiele möglich.

[0251] Hier ist ein Merkmal dargestellt, um die Baugröße der Düse möglichst gering zu lassen. Die Länge **L112** zwischen der zum hinteren Ende **104** gerichteten Begrenzung **114** der Nut **130** bis zum hinteren Ende **104** mit der Fläche **108** ist kleiner als die Nutbreite **B130**. Sie beträgt in diesem Fall nur 40% der Nutbreite **B130**.

[0252] **Fig. 21a** zeigt beispielhaft die gleiche Düse **2** mit einem O-Ring **132** in der Nut **130**. In diesem Beispiel weist die Düse **2** die Merkmale des Verbindungsteils **100** aus **Fig. 18c** auf. Es sind natürlich auch alle anderen in den vorherigen Figuren gezeigten Ausführungsbeispiele möglich.

[0253] Hier ist ein weiteres Merkmal dargestellt, um die Baugröße der Düse möglichst gering zu lassen. Die Länge **L112a** zwischen der zum hinteren Ende **104** gewandten Fläche des O-Rings **130** bis zum hinteren Ende **104** mit der Fläche **108** ist kleiner als die Nutbreite **B130**. Sie beträgt in diesem Beispiel nur die Hälfte der Nutbreite **B130**.

[0254] Solch eine Düse **2** mit den erfindungsgemäßen Merkmalen kann auch beispielsweise in einem Laserbearbeitungskopf eingesetzt werden.

[0255] Fig. 22 zeigt wesentliche Bestandteile eines Plasmabrennerkopfes. Dies sind zumindest eine Elektrode **1**, eine Düse **2**, eine Düsenaufnahme **7** und eine Gasführung **4**. Die Elektrode ist im inneren Hohlraum der Düse **2** angeordnet. Zwischen der Elektrode **1** und der Düse **2** befindet sich eine Gasführung **4** für das Plasmagas PG, das durch die Gasführung **4**, dann den Raum zwischen Elektrode **1** und Düse **2** und letztlich aus der Düsenöffnung strömt. Die Düse **2** in die Düsenaufnahme **7** gesteckt. In diesem Fall kann die Düse **2** die Merkmale des Verbindungsteils **100** aufweisen, es sind alle in den vorherigen Figuren gezeigten Varianten möglich. Die Düsenaufnahme **7** kann die Merkmale des Verbindungsteils **200** aufweisen. Auch hier sind alle in den vorherigen Figuren gezeigten Varianten möglich.

[0256] Es ist ebenso möglich, dass die Düse **2** die Merkmale des zweiten Verbindungsteils **200** und die Düsenaufnahme **7** des ersten Verbindungsteils **100** aufweist.

[0257] Da eine Düse durch den Betrieb des Plasmabrenners stark verschleißt, ist ein Wechsel der Düse oft notwendig. Deshalb erleichtern die Vorteile der Erfindung, nämlich die Reduzierung der benötigten Kraft beim Fügen, die gute Ausrichtung parallel und radial zur Längsachse **L** der Verbindungsteile zueinander und je nach Ausführungsform die Positionierung rotatorisch zur Längsachse **L** entlang des Umfangs der Verbindungsteile zueinander, einzeln oder in beliebiger Kombination das Wechseln der Düse.

[0258] Außerdem wird eine sichere Abdichtung zwischen dem Innenraum der Düse **2** und dem Raum außerhalb der Düsenaufnahme **7** erreicht.

[0259] Der hier gezeigte Plasmabrennerkopf verfügt außer über den genannten Bestandteilen noch über eine Düsenkappe **3**, die die Düse **2** fixiert, eine Schutzkappe **5**, eine Gasführung **6**, die sich zwischen der Schutzkappe **5** und der Düsenkappe **3** befindet und diese voneinander isoliert, sowie die Schutzkappenhalterung **8**, die die Schutzkappe hält. Das Sekundärgas SG strömt durch Öffnungen (nicht dargestellt) der Gasführung **6**, dann durch den Raum zwischen Düsenkappe **3** und Düsenschutzkappe **5** und letztlich aus der vorderen Öffnung der Düsenschutz-

kappe **5**. Es gibt auch die Möglichkeit, dass die Düse **2** und Düsenkappe **3** aus einem Teil bestehen. Ebenso gibt es Plasmalichtbogenbrennerköpfe, die ohne Sekundärgas betrieben werden. Diese haben dann in der Regel keine Düsenschutzkappe und keine Düsenschutzkappenhalterung. Es handelt sich bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel um einen wassergekühlten Plasmabrennerkopf. Die Kühlflüssigkeit strömt über den Kühlflüssigkeitsvorlauf WV durch den Düsenhalter **7**, durchströmt den Raum **10** zwischen Düsenhalter **7** und Düse **2**, in den Raum zwischen Düse **2** und Düsenkappe **3**, bevor es durch den KühlflüssigkeitsrücklaufWR wieder zurück strömt.

[0260] Die gezeigten Bestandteile, insbesondere nachfolgende Verschleißteile wie die Elektrode **1**, die Gasführungen **4** und **6**, die Düsenkappe **3**, die Düsenschutzkappe **5**, die Düsenaufnahme **7** und die Schutzkappenhalterung **8** können über die erfindungsgemäßen Merkmale verfügen. Aber auch andere Bestandteile des Plasmabrennerkopfes und des gesamten Plasmabrenners, in dem Verbindungen zwischen zwei oder mehreren Teilen realisiert werden müssen, beispielsweise bei einem Schnellwechsellaserbrenner zwischen einem Plasmabrennerkopf und einem Plasmabrennerschaft, wie er in DE 10 2006 038 134 A1 beschrieben ist, können mit diesen Merkmalen ausgestattet werden.

[0261] In der vorangehenden Beschreibung wurde auf Verbindungsteile und Verschleißteile für einen Plasmabrennerkopf abgestellt. Bei dem Plasmabrennerkopf kann es sich um einen Plasmabrennerschneidkopf oder Plasmaschweißbrennerkopf handeln.

[0262] Die Beschreibung soll aber in analoger Weise auch für Verbindungsteile und Verschleißteile zur Laserbearbeitung, z. B. zum Laserschneiden oder Laserschweißen und damit für einen Laserschneidkopf bzw. einen Laserschweißkopf gelten.

[0263] Die Beschreibung soll aber in analoger Weise auch für Verbindungsteile und Verschleißteile zur Plasma-Laser-Bearbeitung, z. B. zum Plasma-Laser-Schneiden oder Plasma-Laser-Schweißen und damit für einen Plasma-Laser-Schneidkopf bzw. einen Plasma-Laser-Schweißkopf gelten.

[0264] Die in der vorliegenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

	Bezugszeichenliste		
		140	Innenfläche
1	Elektrode	142	Fase
2	Düse	144	Fläche, Außenfläche
3	Düsenkappe	144a, 144b, 144c	Vertiefung, Nut
4	Gasführung Plasma- gas PG	146 200	Fläche zweites Verbin- dungsteil
5	Schutzkappe	202	vorderes Ende
6	Gasführung Sekun- därgas SG	204	hinteres Ende
7	Düsenhalter	206	Körper
8	Schutzkappenhalte- rung	212 214	Außenfläche Fläche, seitliche Be- grenzungsfläche der Nut 230
46	Düsenbohrung, Dü- senkanal		
100	erstes Verbindungs- teil	216 218	Fläche, Nutboden Fläche, seitliche Be- grenzungsfläche der Nut 230
102	vorderes Ende		
104	hinteres Ende		
106	Körper	222	Fläche, Anschlagflä- che
108	Fläche	230	Nut
110	Außenfläche	232	O-Ring
112	Fläche	238	Öffnung
114	Fläche, seitliche Flä- che, seitliche Be- grenzungsfläche der Nut 130	240 242	Innenfläche, Zen- trierfläche Innenfläche, Fase
116	Fläche, Nutboden	242a	Körperkante
118	Fläche, seitliche Be- grenzungsfläche der Nut 130	242b 244	Körperkante Fläche, Innenfläche
120	Fläche, Außenfläche	246	Innenfläche, Zen- trierfläche
122	Fläche124 Fläche 125 Flansch	248	Flansch
126	Fläche128 Fläche, Außenfläche	250 252	Fläche, Innenfläche Fläche, Innenfläche
130	Nut	254	Fläche, Innenfläche
132	O-Ring	256	Fläche, Innenfläche
132a	äußerste Fläche des O-Rings	258 258a, 258b, 258c	Fläche, Innenfläche Vorsprünge, Nasen
132i	innerste Fläche des O-Rings	300	Berührungsstelle
134	Fläche, Außenfläche, Zentrierfläche	B130 D112	Nutbreite Abstand, Durchmes- ser
136	Fläche, Außenfläche	D112max	größter Abstand
138	Öffnung		

D112min	kleinster Abstand	L124a_{max}	maximaler Abstand
D116	Abstand	L124a_{min}	minimaler Abstand
D116max	größter Abstand	L128	Abstand
D116min	kleinster Abstand	L128_{max}	maximaler Abstand
D120	Abstand, Durchmesser	L128_{min}	minimaler Abstand
D120max	größter Abstand	L128a	Abstand
D120min	kleinster Abstand	L128a_{max}	maximaler Abstand
D124	Durchmesser	L128a_{min}	minimaler Abstand
D132a	Abstand	L212	Abstand
D132amax	größter Anstand	L212_{max}	maximaler Abstand
D132amin	kleinster Abstand	L212_{min}	minimaler Abstand
D132i	Abstand	L216	Abstand
D132imax	größter Anstand	L216_{max}	maximaler Abstand
D132imin	kleinster Abstand	L220	Abstand
D134	Durchmesser	L220_{max}	maximaler Anstand
D240	Durchmesser	L220_{min}	minimaler Abstand
D244	Abstand	L224	Abstand
D244max	größter Abstand	L224_{max}	maximaler Anstand
D244min	kleinster Abstand	L224_{min}	minimaler Abstand
D246	Durchmesser	L228	Abstand
F	virtueller Fixpunkt	L228_{max}	maximaler Anstand
L	Längsachse	L228_{min}	minimaler Abstand
L112	Abstand	L228a	Abstand
L112_{max}	maximaler Abstand	L228a_{max}	maximaler Anstand
L112_{min}	minimaler Abstand	L228a_{min}	minimaler Abstand
L112a	Abstand	L242	Abstand
L112a_{max}	maximaler Abstand	L242b_{max}	maximaler Abstand
L112a_{min}	minimaler Abstand	L242bmin	minimaler Abstand
L116	Abstand	L243	Abstand
L116_{max}	maximaler Abstand	M130	Virtuelle Mittellinie der Nut 130
L120	Abstand	M132	virtuelle Mittellinie der Schnur des O-Rings oder Profilrings
L120_{max}	maximaler Abstand		
L120_{min}	minimaler Abstand		
L120a	Abstand	Sa	Schnurstärke
L120a_{max}	maximaler Abstand	T112	Abstand, Nuttiefe
L120a_{min}	minimaler Abstand	T112max	größter Abstand
L124	Abstand	T112min	kleinster Abstand
L124_{max}	maximaler Abstand	T120	Abstand, Nuttiefe
L124_{min}	minimaler Abstand	T120max	größter Abstand
L124a	Abstand		

T120min

kleinster Abstand

T130

Nuttiefe

α

Winkel

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 202007005316 A1 [0246]
- DE 102006038134 A1 [0260]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- DIN ISO 286 [0203, 0248]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Fügen oder Ineinanderstecken eines ersten Verbindungsteils (100) in ein zweites Verbindungsteil (200) eines Bearbeitungskopfes zur thermischen Materialbearbeitung, das erste Verbindungsteil weist auf einer umlaufenden Außenfläche (110) und/oder das zweite Verbindungsteil (200) weist auf einer umlaufenden Innenfläche (240) zumindest eine sich zumindest auf einem Teilumfang erstreckende Nut (130, 230) mit einer Nutbreite B₁₃₀, B₂₃₀ und einer Nuttiefe T₁₃₀, T₂₃₀, T₁₁₂, T₁₂₀ auf, die einen sich über den gesamten Umfang erstreckenden O-Ring (132, 232) oder Profilring mit einer Schnurstärke Sa aufnimmt, wobei sich der O-Ring (132, 232) oder Profilring beim Fügen oder Ineinanderstecken des ersten Verbindungsteils (100) in das zweite Verbindungsteil (200) zunächst nur auf einem Teilumfang, der sich entlang der Nut (130, 230) erstreckt, oder auf mehreren Teilumfängen, die sich entlang der Nut (130, 230) erstrecken, mit der gegenüberliegenden Innenfläche (240, 242, 244) oder gegenüberliegenden Außenfläche (110, 112, 142) berührt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der O-Ring (132, 232) oder Profilring zunächst nur auf einem Teilumfang oder mehreren Teilumfängen, der/ die sich entlang der Nut (130, 230) erstreckt/erstrecken, verformt oder verpresst wird, bevor er auf seinem gesamten Umfang verformt oder verpresst wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Berühren des O-Ringes (132, 232) oder Profilrings mit der gegenüberliegenden Innenfläche (240, 242, 244) oder gegenüberliegenden Außenfläche (110, 112, 142) und/oder das Verformen und/oder Verpressen des O-Rings (132, 232) oder Profilrings zu Beginn des Berührens, Verformens und/oder Verpressens auf maximal der Hälfte, bevorzugter maximal 1/4, noch bevorzugter 1/10, am bevorzugtesten maximal 1/20 entlang seines Umfangs erfolgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei dass das Berühren des O-Ringes (132, 232) oder Profilrings mit der gegenüberliegenden Innenfläche (240, 242, 244) oder gegenüberliegenden Außenfläche (110, 112, 142) und/oder das Verformen und/oder Verpressen des O-Rings (132) oder Profilrings zu Beginn des Berührens, Verformens und/oder Verpressens auf zumindest zwei Teilumfängen geschieht.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der sich in Längsachse L erstreckende Abstand L_{116a_{max}}, L₂₄₃ zwischen dem Beginn des Berührens der O-Rings (132) oder Profilrings und dem Beginn des Berührens mit dem letzten auf dem Umfang erstreckenden Abschnitts

mindestens ein Drittel, bevorzugter mindestens die Hälfte der Schnurstärke Sa oder des Durchmessers der Schnur

und/oder

mindestens ein Drittel, bevorzugter mindestens die Hälfte der sich maximal in Längsachse L erstreckenden Breite des O-Rings (132) oder Profilrings (132) und/oder

mindestens 0,4 mm, besser 0,5 mm beträgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der sich in Längsachse L erstreckende Abstand L_{116a_{max}}, L₂₄₃ zwischen dem Beginn des Berührens des O-Rings oder Profilrings und dem Beginn des Berührens mit dem letzten auf dem Umfang erstreckenden Abschnitts

maximal dem doppelten, bevorzugter maximal dem 1,5 fachen, am bevorzugtesten maximal der Schurstärke oder des Durchmessers der Schnur und/oder maximal der doppelten, bevorzugter maximal der 1,5 fachen, am bevorzugtesten maximal der sich maximal in Längsachse erstreckenden Breite der Profilrings oder O-Rings (132)

und/oder

maximal 3 mm, besser 2,5 mm beträgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei sich der O-Ring (132, 232) oder Profilring des ersten Verbindungsteils (100) oder des zweiten Verbindungsteils (200) im vollständig gefügten oder ineinander gesteckten Zustand der Verbindungsteile entlang seines gesamten erstreckenden Umfangs mit der gegenüberliegenden Innenfläche (240, 242, 244) oder Außenfläche (110, 112, 142) des anderen Verbindungsteils berührt und somit den Raum zwischen der Innen- und Außenfläche abdichtet.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in vollständig gefügtem Zustand die Ausrichtung axial zur Längsachse L der Verbindungsteile durch die Berührung einer Fläche (122, 108) des ersten Verbindungsteils (100) und einer Fläche (222, 254) des zweiten Verbindungsteils (200) erfolgt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in vollständig gefügtem Zustand die Ausrichtung oder Zentrierung radial zur Längsachse L des ersten Verbindungsteils (100) zum zweiten Verbindungsteil (200) durch eine Außenfläche (110, 112, 120, 134) der ersten Verbindungsteils (100) zu einer Innenfläche (240, 244, 246) des zweiten Verbindungsteils (200), die zueinander eng toleriert sind und sich zumindest teilweise berühren, erfolgt.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste und zweite Verbindungsteil Bestandteile eines Bearbeitungskopfes zur thermischen Materialbearbeitung, insbesondere zur Bearbeitung mit einem thermischen Plasma, einem elektrischen Lichtbogen oder einem Laserverfahren, ins-

besondere zum Schneiden und/oder Schweißen und/oder Beschriften und/oder Abtragen und/oder Erwärmen, sind.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei es sich bei dem Bearbeitungskopf um einen Plasmabrenner, einen Plasmabrennerkopf, einen Laserkopf oder einen Plasma-Laser-Kopf handelt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das erste und das zweite Verbindungsteil ein Verschleißteil und/oder ein weiteres Verschleißteil und/oder eine Verschleißteilaufnahme sind.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Verschleißteil/die Verschleißteile eine Elektrode (1), eine Düse (2), eine Gasführung (4, 6), eine Düsenkappe 3, eine Düsenschutzkappe (5) und/oder eine Schutzkappenhalterung (8) ist/sind.

14. Verbindungsteil (100, 200) für einen Bearbeitungskopf zur thermischen Materialbearbeitung, umfassend einen Körper (106, 206), der sich entlang einer Längsachse L erstreckt mit einer Außenfläche (110, 212) und/oder Innenfläche (140, 240), mit einem vorderen Ende (102, 202) und einem hinteren Ende (104, 204), wobei die Außenfläche (110) und/oder die Innenfläche (240) zumindest eine sich in Umfangsrichtung erstreckende Nut (130, 230) mit einer Nutbreite B130, B230 und einer Nuttiefe T130, T230 aufweist, wobei zumindest eine seitliche Begrenzung (114, 118, 214, 218) der Nut (130, 230) entlang ihres Umfangs unterschiedlich große sich parallel zur Längsachse L erstreckende Abstände L128, L228 in Richtung zum vorderen Ende (102, 202) und/oder unterschiedlich große sich parallel zur Längsachse erstreckende Abstände L112, L212 zum hinteren Ende (104, 204) des Verbindungsteils (100, 200) aufweist.

15. Verbindungsteil nach Anspruch 14, wobei der sich zwischen einer seitlichen Begrenzung (114, 118, 214, 218) erstreckende Abstand L128, L228 in Richtung zum vorderen Ende (102, 202) mindestens einen kleinsten Abstand $L128_{\min}$, $L228_{\min}$ und mindestens einen größten Abstand $L128_{\max}$, $L228_{\max}$ aufweist und/oder wobei der sich zwischen einer seitlichen Begrenzung (114, 118, 214, 218) erstreckende Abstand L112, L212 in Richtung zum hinteren Ende (104, 204) mindestens einen kleinsten Abstand $L112_{\min}$, $L212_{\min}$ und mindestens einen größten Abstand $L112_{\max}$, $L212_{\max}$ aufweist und die Differenz zwischen dem größten Abstand und dem kleinsten Abstand zwischen ein und derselben seitlichen Begrenzung der Nut und demselben Ende mindestens $\frac{1}{4}$, bevorzugter $\frac{1}{2}$, und/oder höchstens das 2-fache, bevorzugter das 1,5-fache der Nutbreite B130, B230

und/oder mindestens $\frac{1}{4}$, bevorzugter $\frac{1}{2}$, und/oder höchstens das 2-fache, bevorzugter das 1,5-fache der Nuttiefe T130, T230 der Nut (130, 230) beträgt und/oder

mindestens 0,4 mm, bevorzugter 0,5 mm und/oder höchstens 3 mm, bevorzugter 2,5 mm beträgt.

16. Verbindungsteil nach einem der Ansprüche 14 und 15, wobei sich in der Nut (130, 230) ein O-Ring (132, 232) oder ein Profiling befindet.

17. Verbindungsteil (100, 200) nach Anspruch 16, wobei die äußerste Fläche (132a) des O-Rings (132) aus der Nut (130) über die angrenzenden an die Nut unmittelbar angrenzenden Außenflächen (112, 120) herausragt und/oder dass die innerste Fläche des O-Rings (232) aus der Nut (230) über die unmittelbar angrenzenden Innenflächen (244, 246) herausragt.

18. Verbindungsteil (100, 200) für einen Bearbeitungskopf zur thermischen Materialbearbeitung umfassend einen Körper (106, 206) der sich entlang einer Längsachse L erstreckt mit einer Außenfläche (110, 212) und/oder Innenfläche (140, 240), mit einem vorderen Ende (102, 202) und einem hinteren Ende (104, 204), wobei die Außenfläche (110) und/oder die Innenfläche (240) zumindest eine sich in Umfangsrichtung erstreckende Nut (130, 230) mit einer Nutbreite B130, B230 und einer Nuttiefe T130, T230 mit einem O-Ring (132, 232) oder Profiling mit einer Schnurstärke Sa aufweist, wobei die in Richtung zum vorderen Ende (102, 202) zugewandte Fläche des O-Rings (132, 232) oder Profiling entlang ihres Umfangs unterschiedlich große sich parallel zur Längsachse L erstreckende Abstände L128a, L228a zum vorderen Ende (102, 202)

und/oder

die in Richtung zum hinteren Ende (104, 204) zugewandte Fläche des O-Rings (132, 232) entlang seines Umfangs unterschiedlich große sich parallel zur Längsachse L erstreckende Abstände L112a, L212a zum hinteren Ende (104, 204) des Verbindungsteils (100, 200) aufweist.

19. Verbindungsteil nach Anspruch 18, wobei die in Richtung zum vorderen Ende (102, 202) zugewandte Fläche des O-Rings (132, 232) entlang ihres Umfangs mindestens einen kleinsten Abstand $L128a_{\min}$, $L228a_{\min}$ und mindestens einen größten Abstand $L128a_{\max}$, $L228a_{\max}$ aufweist und/oder

die in Richtung zum hinteren Ende (104, 204) zugewandte Fläche des O-Rings (132, 232) entlang ihres Umfangs mindestens einen kleinsten Abstand $L112a_{\min}$, $L212a_{\min}$ und mindestens einen größten Abstand $L112a_{\max}$, $L212a_{\max}$ aufweist und

die Differenz zwischen dem jeweiligen größten Abstand und dem kleinsten Abstand $L112a_{\max} - L112a_{\min}$, $L212a_{\max} - L212a_{\min}$

mindestens $\frac{1}{4}$, bevorzugt $\frac{1}{2}$ der Nutbreite B130, B230 und/oder
höchstens das 2-fache, bevorzugt das 1,5-fache der Nutbreite B130, B230 und/oder
mindestens $\frac{1}{4}$, bevorzugt $\frac{1}{2}$ der Nuttiefe T130, T230 der Nut (130, 230) und/oder
höchstens das 2-fache, bevorzugt das 1,5-fache der Nuttiefe T130, T230 der Nut (130, 230) beträgt und/oder
mindestens ein Drittel, bevorzugt mindestens die Hälfte der Schnurstärke Sa oder des Durchmessers der Schnur und/oder
mindestens ein Drittel, bevorzugt mindestens die Hälfte der sich maximal in Längsachse L erstreckenden Breite des O-Rings (132, 232) oder Profilirings und/oder
mindestens 0,4 mm, besser 0,5 mm und/oder
maximal dem doppelten, bevorzugter maximal dem 1,5 fachen, am bevorzugtesten maximal der Schurstärke oder des Durchmessers der Schnur und/oder maximal der doppelten, bevorzugter maximal der 1,5 fachen, am bevorzugtesten maximal der sich maximal in Längsachse erstreckenden Breite des O-Rings (132, 232) oder Profilirings (132, 232) und/oder
maximal 3 mm, besser 2,5 mm beträgt.

20. Verbindungsteil (100, 200) nach einem der Ansprüche 18 und 19, wobei die äußerste Fläche (132a) des O-Rings (132) aus der Nut (130) über die angrenzenden an die Nut unmittelbar angrenzenden Außenflächen (112, 120) herausragt und/oder dass die innerste Fläche des O-Rings (232) aus der Nut (230) über die unmittelbar angrenzenden Innenflächen (244, 246) herausragt.

21. Verbindungsteil (100, 200) für einen Bearbeitungskopf zur thermischen Materialbearbeitung, umfassend einen Körper (106, 206), der sich entlang einer Längsachse L erstreckt, mit einer Außenfläche (110, 112, 120, 212) und/oder Innenfläche (140, 240, 244) mit einem vorderen Ende (102, 202) und einem hinteren Ende (104, 204), wobei die Außenfläche (110) und/oder die Innenfläche (240) zumindest eine sich in Umfangsrichtung erstreckende Nut (130, 230) mit einer Nuttiefe T130, T112, T120, T230 aufweist, wobei
der Nutboden (116, 216) der Nut (130, 230) entlang des Umfangs unterschiedliche sich durch die Längsachse L und senkrecht zur Längsachse L erstreckende Abstände D116 zwischen den gegenüberliegenden Abschnitten des Nutbodens (116, 210) der Nut (130, 230) aufweist und/oder
wobei zumindest eine Außenfläche (112 und/oder 120) entlang des Umfangs unterschiedliche sich durch die Längsachse L und senkrecht zur Längsachse L

erstreckende Abstände D112, D120 zwischen den gegenüberliegenden Abschnitten der Außenfläche (112, 120) aufweist und/oder
dass zumindest eine Innenfläche (244) entlang des Umfangs unterschiedliche sich durch die Längsachse L und senkrecht zur Längsachse L erstreckende Abstände D244 zwischen den gegenüberliegenden Abschnitten der Innenfläche (244) aufweist.

22. Verbindungsteil nach Anspruch 21, wobei der sich durch die Längsachse L und senkrecht zur Längsachse L erstreckende Abstand D116 zwischen den gegenüberliegenden Abschnitten des Nutbodens (116, 216) mindestens einen kleinsten Abstand $D116_{\min}$ und mindestens einen größten Abstand $D116_{\max}$ aufweist und/oder
wobei der sich durch die Längsachse L und senkrecht zur Längsachse L erstreckende Abstand D112, D120 zwischen den gegenüberliegenden Abschnitten der Außenfläche (112, 120) mindestens einen kleinsten Abstand $D112_{\min}$, $D120_{\min}$ und mindestens einen größten Abstand $D112_{\max}$, $D120_{\max}$ aufweist und/oder
wobei der sich durch die Längsachse L und senkrecht zur Längsachse L erstreckende Abstand D244 zwischen den gegenüberliegenden Abschnitten der Innenfläche (244) mindestens einen kleinsten Abstand $D244_{\min}$ und mindestens einen größten Abstand $D244_{\max}$ aufweist und
die Differenz zwischen dem jeweiligen größten und kleinsten Abstand $D116_{\max}-D116_{\min}$, $D112_{\max}-D112_{\min}$, $D120_{\max}-D120_{\min}$ und/oder $D244_{\max}-D244_{\min}$ mindestens $\frac{1}{4}$, bevorzugter $\frac{1}{2}$, und/oder höchstens das 2-fache, bevorzugter das 1,5-fache der Nutbreite B130, B230 der Nut (130, 230) beträgt und/oder
mindestens $\frac{1}{4}$, bevorzugter $\frac{1}{2}$, und/oder höchstens das 2-fache, bevorzugter das 1,5-fache der Nuttiefe T130, T230 der Nut (130, 230) beträgt und/oder
mindestens 0,4 mm, besser 0,5 mm und/oder
höchstens 3 mm, besser 2,5 mm beträgt.

23. Verbindungsteil nach einem der Ansprüche 21 oder 22, wobei sich die parallel zur Längsachse L erstreckende Länge L112, L212 zwischen der zum hinteren Ende (104, 204) gerichteten Begrenzung (114, 214) der Nut (130, 230) bis zum hinteren Ende 104, 204 mit der Fläche 108 kleiner als, bevorzugter kleiner als die Hälfte, noch bevorzugter kleiner als $\frac{2}{5}$ der Nutbreite B130, B230 der Nut 130, 230 ist.

24. Verbindungsteil nach einem der Ansprüche 21 bis 23, wobei zumindest auf einer Seite der Nut die seitliche Begrenzungsfläche 114, 118, 214, 218 unterschiedliche sich axial zur Längsachse L erstreckende Abstände T112 und T120 zwischen dem Nut-

boden 116, 216 und der Fläche 112, 120, 244, 246 aufweist.

25. Verbindungsteil nach einem der Ansprüche 21 bis 24, wobei sich in der Nut (130, 230) ein O-Ring (132, 232) oder Profilirng befindet.

26. Verbindungsteil (100,200) nach Anspruch 25, wobei die äußerste Fläche (132a) des O-Rings (132) aus der Nut (130) über die angrenzenden an die Nut unmittelbar angrenzenden Außenflächen (112, 120) herausragt und/oder dass die innerste Fläche des O-Rings (232) aus der Nut (230) über die unmittelbar angrenzenden Innenflächen (244, 246) herausragt.

27. Verbindungsteil (100, 200) für einen Bearbeitungskopf zur thermischen Materialbearbeitung, umfassend einen Körper (106, 206) der sich entlang einer Längsachse L erstreckt, mit einer Außenfläche (110, 112, 120, 212) und/oder Innenfläche (140, 240, 244) mit einem vorderen Ende (102, 202) und einem hinteren Ende (104, 204), wobei die Außenfläche 110 und/oder die Innenfläche (240) zumindest eine sich in Umfangsrichtung erstreckende Nut (130, 230) mit einer Nutbreite B130, B230 und einer Nuttiefe T130, T112, T120, T230 mit einem O-Ring (132, 232) oder Profilirng mit einer Schnurstärke Sa aufweist, wobei die innerste zur Längsachse L gerichtete Fläche (132i) des O-Rings (132, 232) entlang des Umfangs unterschiedliche sich durch die Längsachse L und senkrecht zur Längsachse L erstreckende Abstände D132i zwischen den gegenüberliegenden Abschnitten der innersten Fläche 132i des O-Rings aufweist und/oder wobei die äußerste Fläche (132a) des O-Rings (132, 232) entlang des Umfangs unterschiedliche sich durch die Längsachse L und senkrecht zur Längsachse L erstreckende Abstände D132a zwischen den gegenüberliegenden Abschnitten der äußersten Fläche (132a) des O-Rings aufweist.

28. Verbindungsteil nach Anspruch 27, wobei der sich durch die Längsachse L und senkrecht zur Längsachse L erstreckende Abstand D132i mindestens einen kleinsten Abstand ($D132i_{\min}$) und mindestens einen größten Abstand $D132i_{\max}$ aufweist und/oder wobei der sich durch die Längsachse L und senkrecht zur Längsachse L erstreckende Abstand (D132a) mindestens einen kleinsten Abstand $D132a_{\min}$, und mindestens einen größten Abstand $D132a_{\max}$ aufweist und die Differenz zwischen dem jeweiligen größten Abstand und dem kleinsten Abstand $D132i_{\max}-D132i_{\min}$, $D132a_{\max}-D132a_{\min}$, mindestens $\frac{1}{4}$, bevorzugter $\frac{1}{2}$ der Nutbreite B130, B230 und/oder höchstens das 2-fache, bevorzugter das 1,5-fache der Nutbreite B130, B230 und/oder

mindestens $\frac{1}{4}$, bevorzugter $\frac{1}{2}$ der Nuttiefe T130, T112, T120, T230 der Nut (130, 230)

und/oder

höchstens das 2-fache, bevorzugter das 1,5-fache der Nuttiefe T130, T112, T120, T230 der Nut (130, 230) beträgt

und/oder

mindestens ein Drittel, bevorzugter mindestens die Hälfte der Schnurstärke Sa oder des Durchmessers der Schnur

und/oder

mindestens ein Drittel, bevorzugter mindestens die Hälfte der sich maximal in Längsachse L erstreckenden Breite des O-Rings (132, 232) oder Profilirngs (132, 232)

und/oder

mindestens 0,4 mm, besser 0,5 mm

und/oder

maximal dem doppelten, bevorzugter maximal dem 1,5 fachen, am bevorzugtesten maximal der Schnurstärke oder des Durchmessers der Schnur und/oder maximal der doppelten, bevorzugter maximal der 1, 5 fachen, am bevorzugtesten maximal der sich maximal in Längsachse erstreckenden Breite des O-Rings (132,

232) oder Profilirngs (132, 232)

und/oder

maximal 3 mm, bevorzugter 2,5 mm beträgt.

29. Verbindungsteil (100, 200) nach einem der Ansprüche 27 oder 28, wobei die äußerste Fläche (132a) des O-Rings (132) aus der Nut (130) über die an die Nut unmittelbar angrenzenden Außenflächen (112, 120) herausragt und/oder dass die innerste Fläche des O-Rings (232) aus der Nut (230) über die unmittelbar angrenzenden Innenflächen (244, 246) herausragt..

30. Verbindungsteil (100) nach einem der Ansprüche 27 bis 29, wobei zumindest eine weitere Außenfläche (134, 124) vorhanden ist, die über die äußerste Fläche 132a des O-Rings (132) herausragt.

31. Verbindungsteil (100) nach einem der Ansprüche 27 bis 30, wobei zumindest eine weitere Außenfläche (144) vorhanden ist, die über die äußerste Fläche 132a des O-Rings herausragt und über Vertiefungen/Nuten (144a, 144b, 144c) verfügt.

32. Verbindungsteil (100) nach Anspruch 31, wobei die äußerste Fläche 132a des O-Rings (132) nicht über den tiefsten Abschnitt der Vertiefungen/Nuten (144a, 144b, 144c) herausragt.

33. Verbindungsteil nach einem der Ansprüche 27 bis 32 wobei sich die parallel zur Längsachse L erstreckende Länge L112a zwischen der zum hinteren Ende (104) zugewandten Fläche des O-Rings (130, 230) bis zum hinteren Ende (104, 204) mit der Fläche (108) kleiner als, bevorzugter kleiner als $\frac{3}{5}$, noch be-

vorzugter kleiner als die Hälfte der Nutbreite B130, B230 der Nut 130, 230 ist.

34. Verbindungsteil nach einem der Ansprüche 14 bis 33, wobei es sich um ein Verschleißteil, insbesondere eine Elektrode, eine Düse, eine Kappe, eine Schutzkappe, eine Düsenschutzkappe, eine Schutzkappenhalterung eine Gasführung, ein Isolierteil oder eine Kombination daraus oder eine Verschleißteilhalterung dafür, handelt.

35. Verbindungsteil nach einem der Ansprüche 14 bis 33, wobei es sich um eine Fügestelle für einen Plasmabrennerkopf, einen Plasmabrennerschaft, einen Laserkopf oder einen Plasma-Laser-Kopf oder um einen Bestandteil der Fügestelle zwischen einem Plasmabrennerkopf und einem Brennerschaft oder einem Laserkopf und einem Laserschaft oder einen Plasma-Laser-Kopf und einen Plasma-Laser-Schaft handelt.

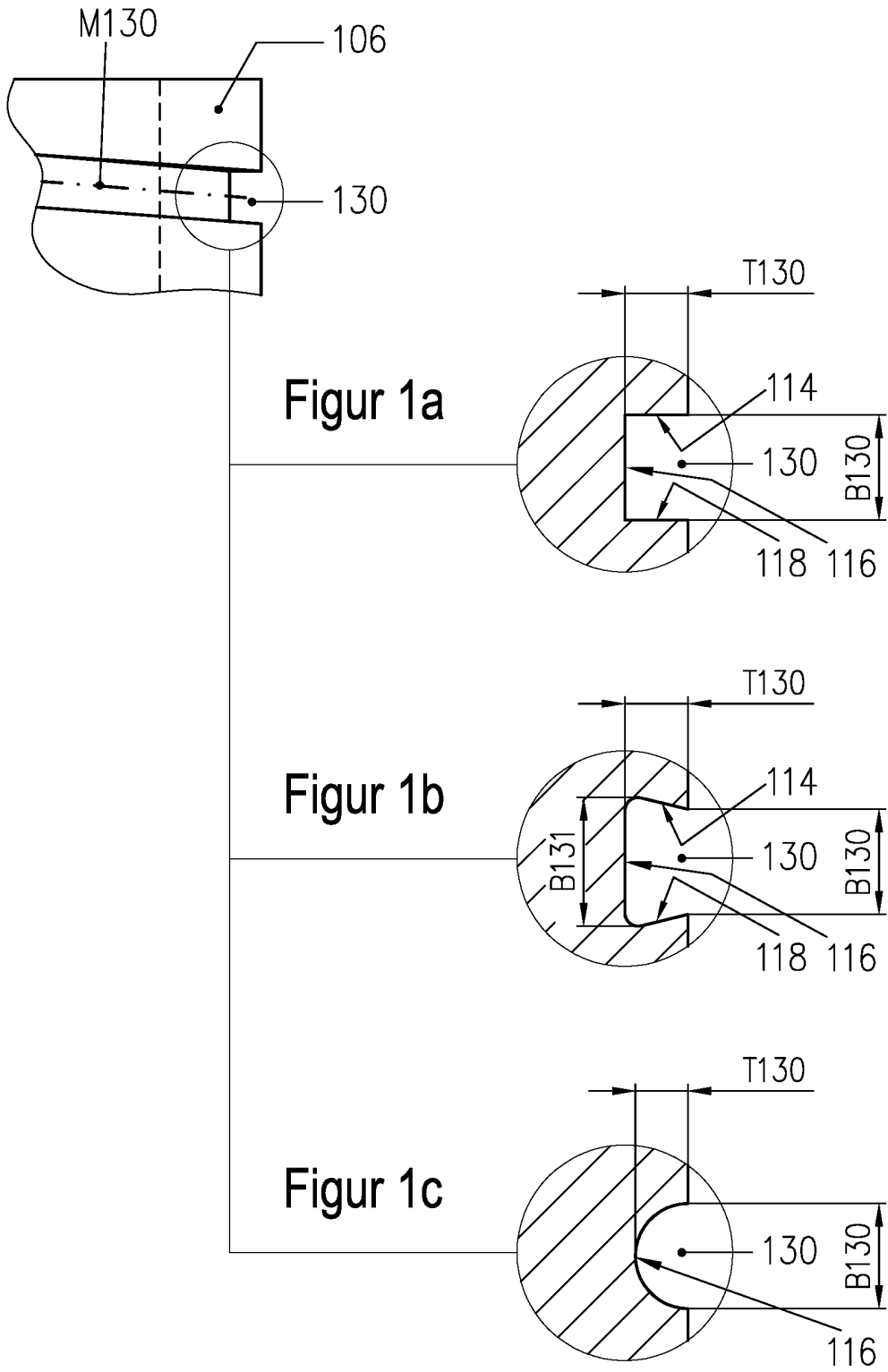
36. Anordnung aus einem ersten Verbindungsteil (100) und einem zweiten Verbindungsteil, (200), wobei zumindest eines der ersten und zweiten Verbindungsteile ein Verbindungsteil nach einem der Ansprüche 14 bis 35 ist.

37. Anordnung nach Anspruch 36, wobei sich der O-Ring (132, 232) oder Profiling des ersten Verbindungsteils (100) oder des zweiten Verbindungsteils (200) im vollständig gefügten oder ineinander gesteckten Zustand der Verbindungsteile entlang seines gesamten Umfangs mit der gegenüberliegenden Innenfläche (240, 242, 244) oder Außenfläche (110, 112, 142) des anderen Verbindungsteils berührt und somit den Raum zwischen der Innen- und Außenfläche abdichtet.

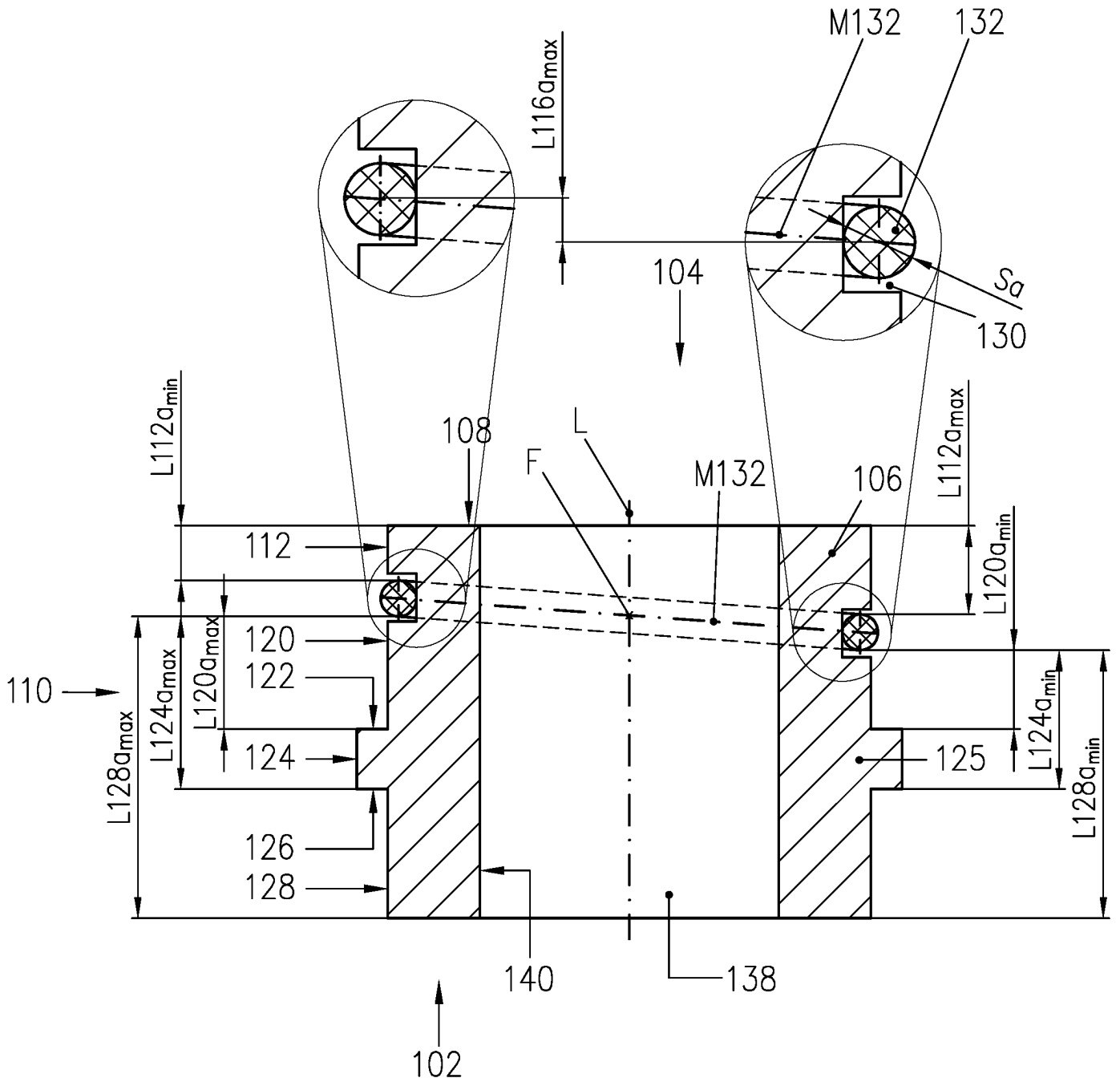
38. Anordnung nach Anspruch 36 oder 37, wobei in vollständig gefügtem Zustand die Ausrichtung axial zur Längsachse L der Verbindungsteile durch die Berührung einer Fläche (122, 108) des ersten Verbindungsteils (100) und einer Fläche (222, 254) des zweiten Verbindungsteils (200) erfolgt.

39. Anordnung nach einem der Ansprüche 36 bis 38, wobei in vollständig gefügtem Zustand die Ausrichtung oder Zentrierung radial zur Längsachse L des ersten Verbindungsteils (100) zum zweiten Verbindungsteil (200) durch eine Außenfläche (110, 112, 120) der ersten Verbindungsteils (100) zu einer Innenfläche (240, 244, 246) des zweiten Verbindungsteils (200), die zueinander eng toleriert sind und sich zumindest teilweise berühren, erfolgt.

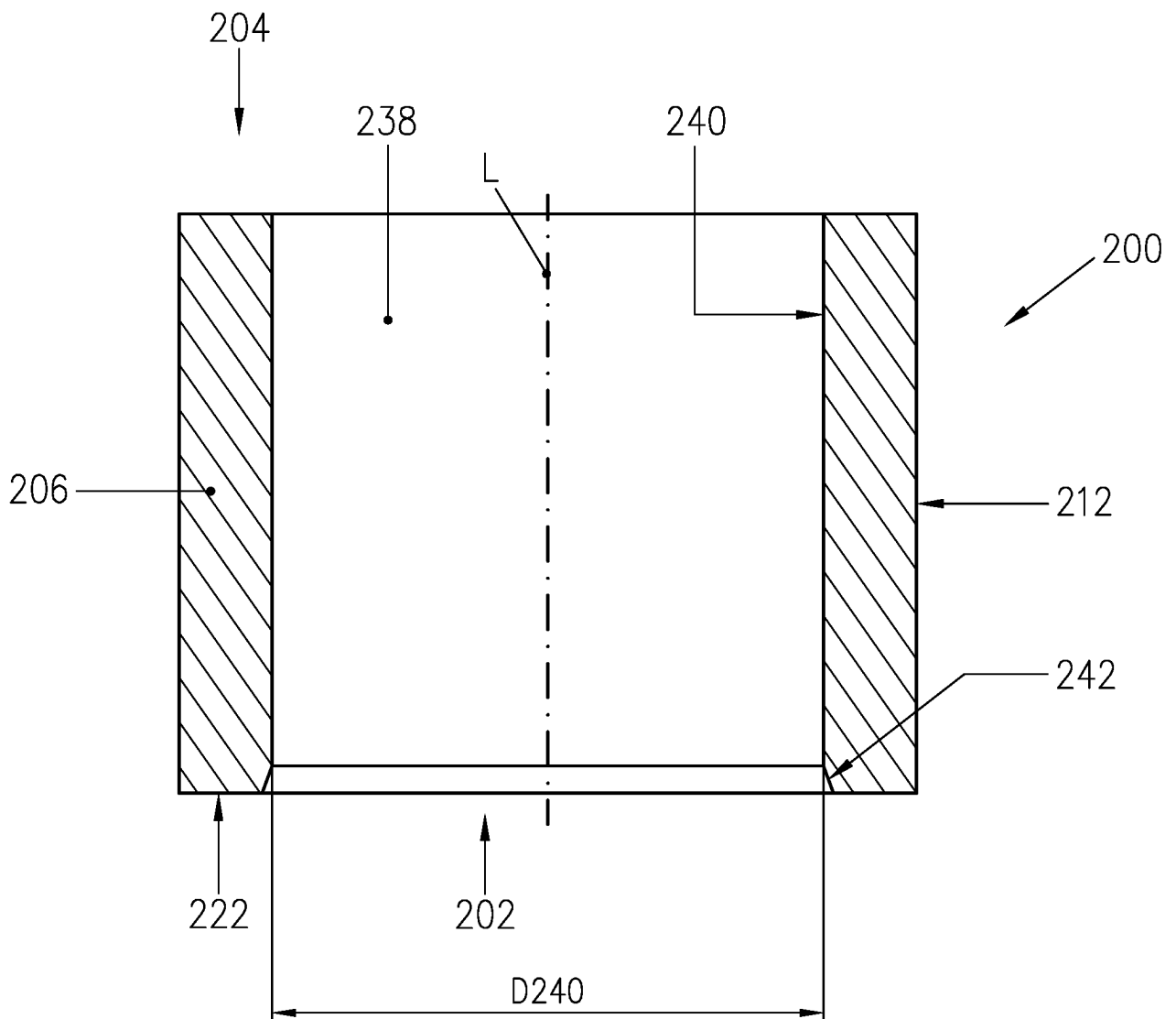
Es folgen 53 Seiten Zeichnungen



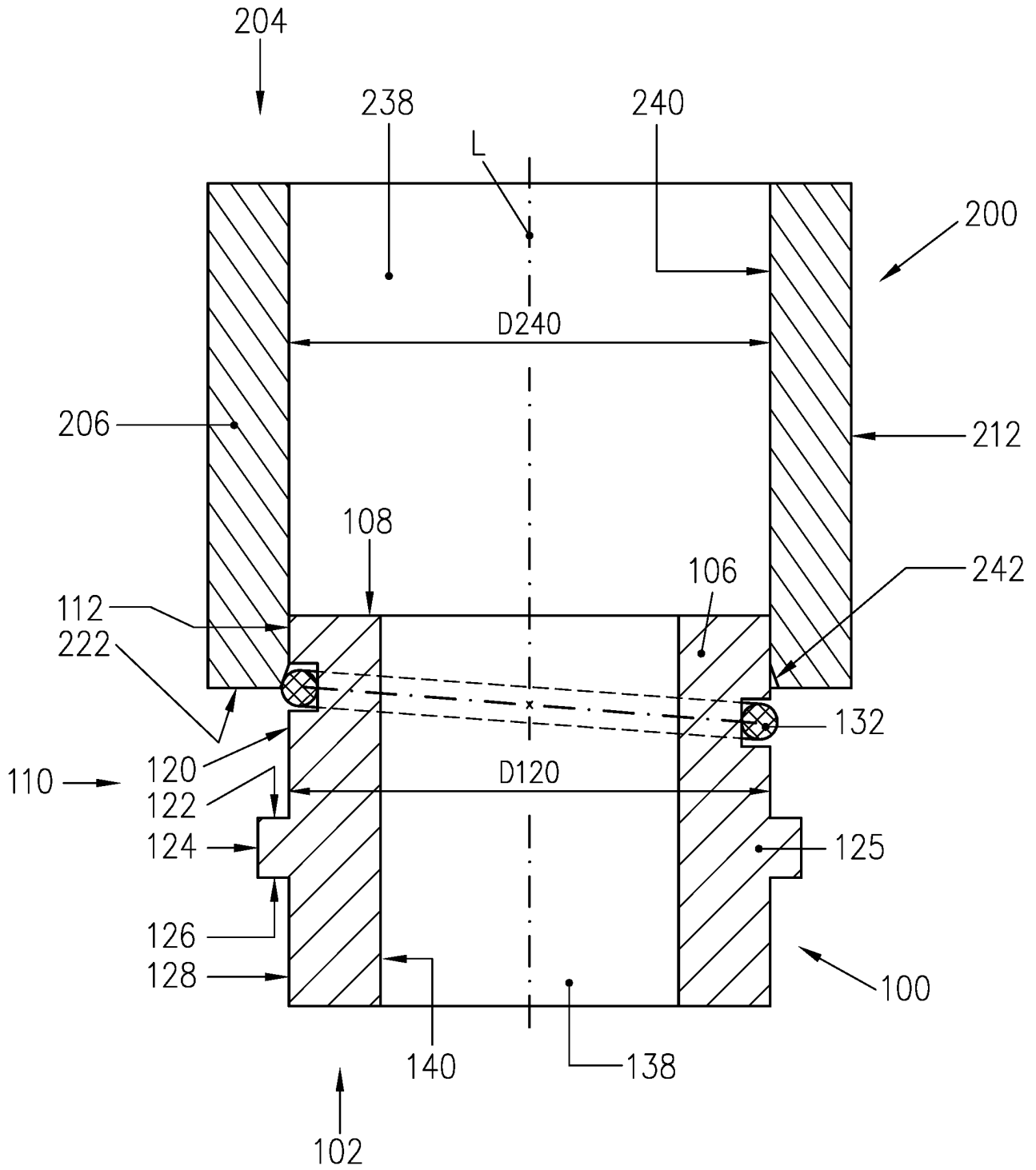
Figur 1a-c



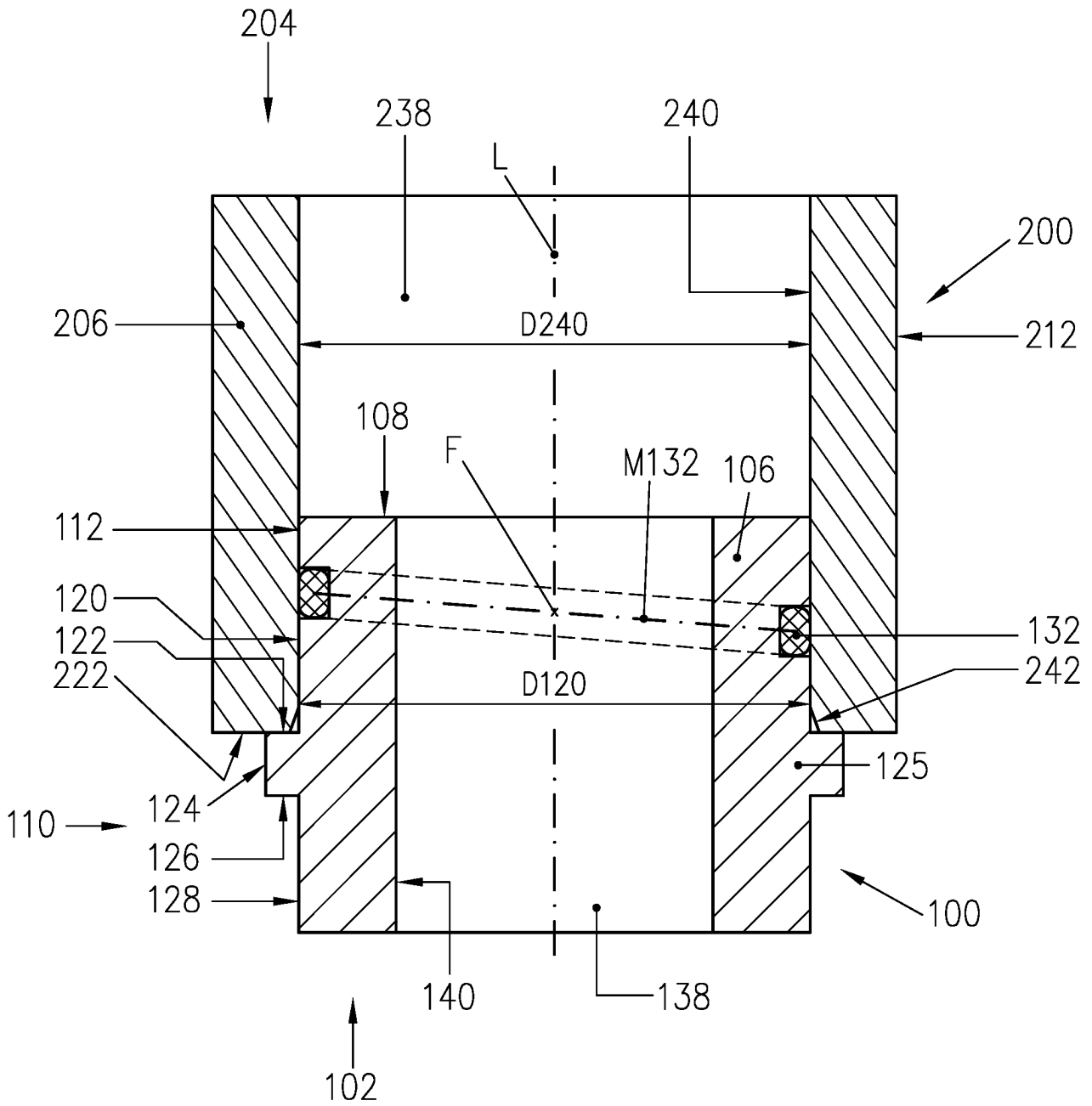
Figur 1d



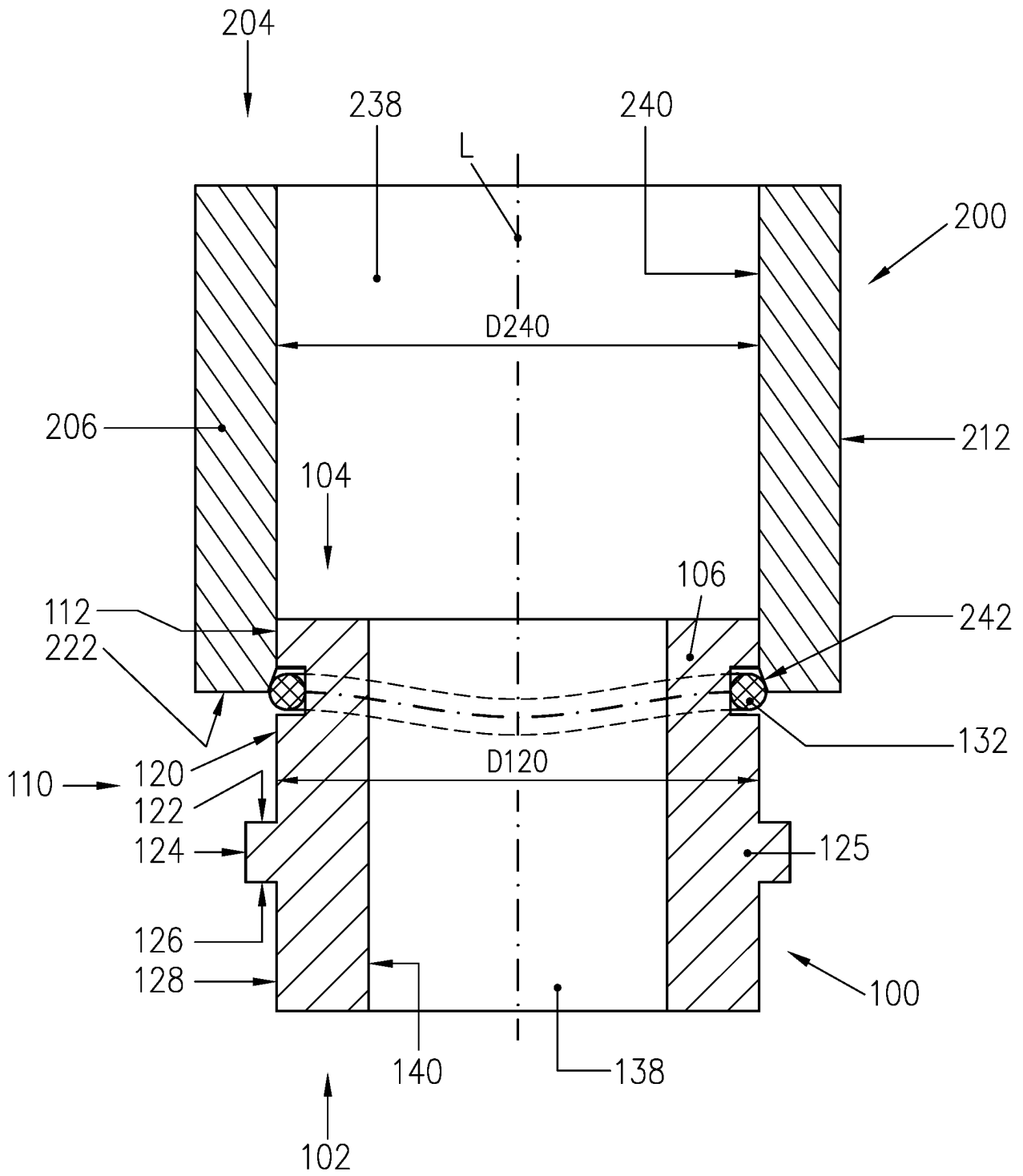
Figur 2



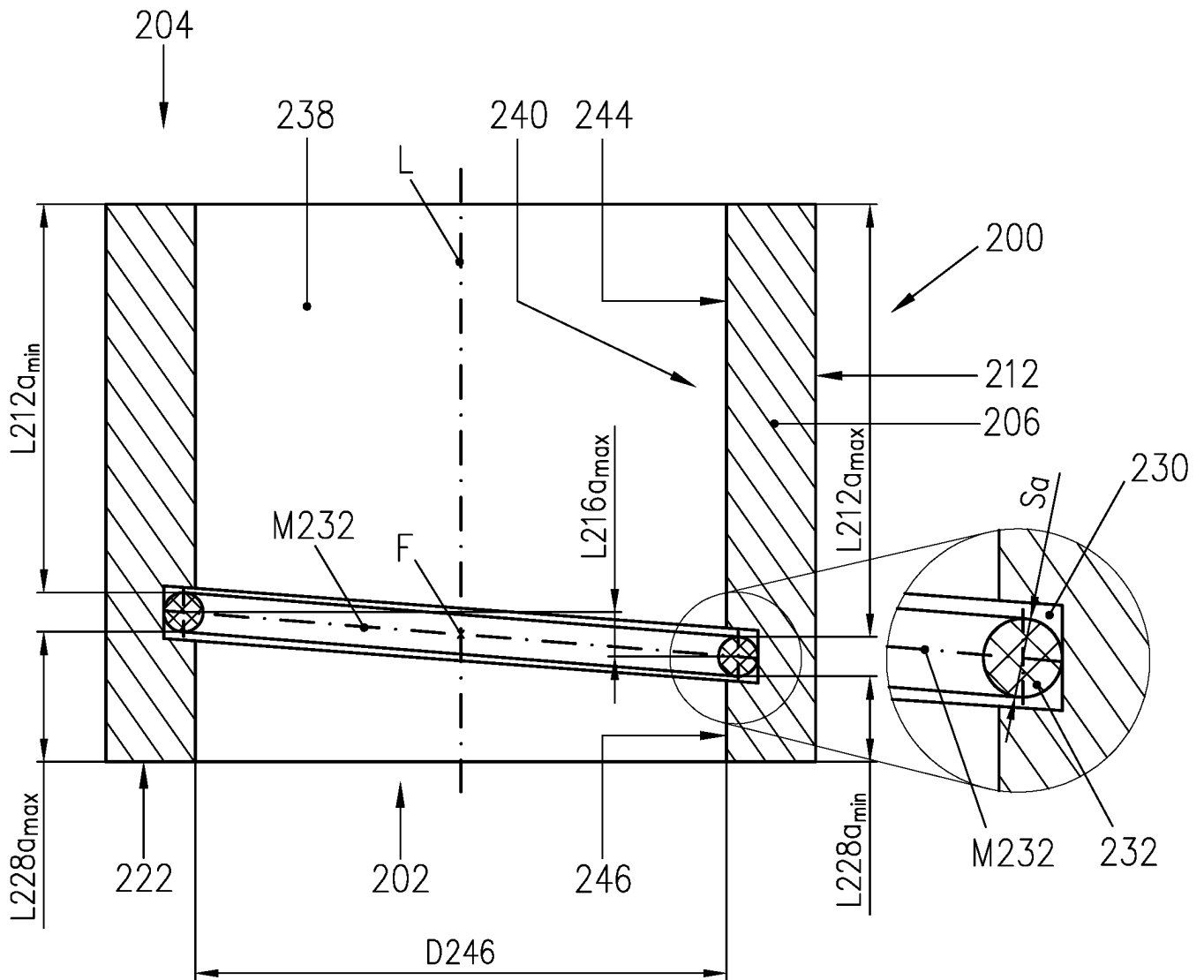
Figur 3a



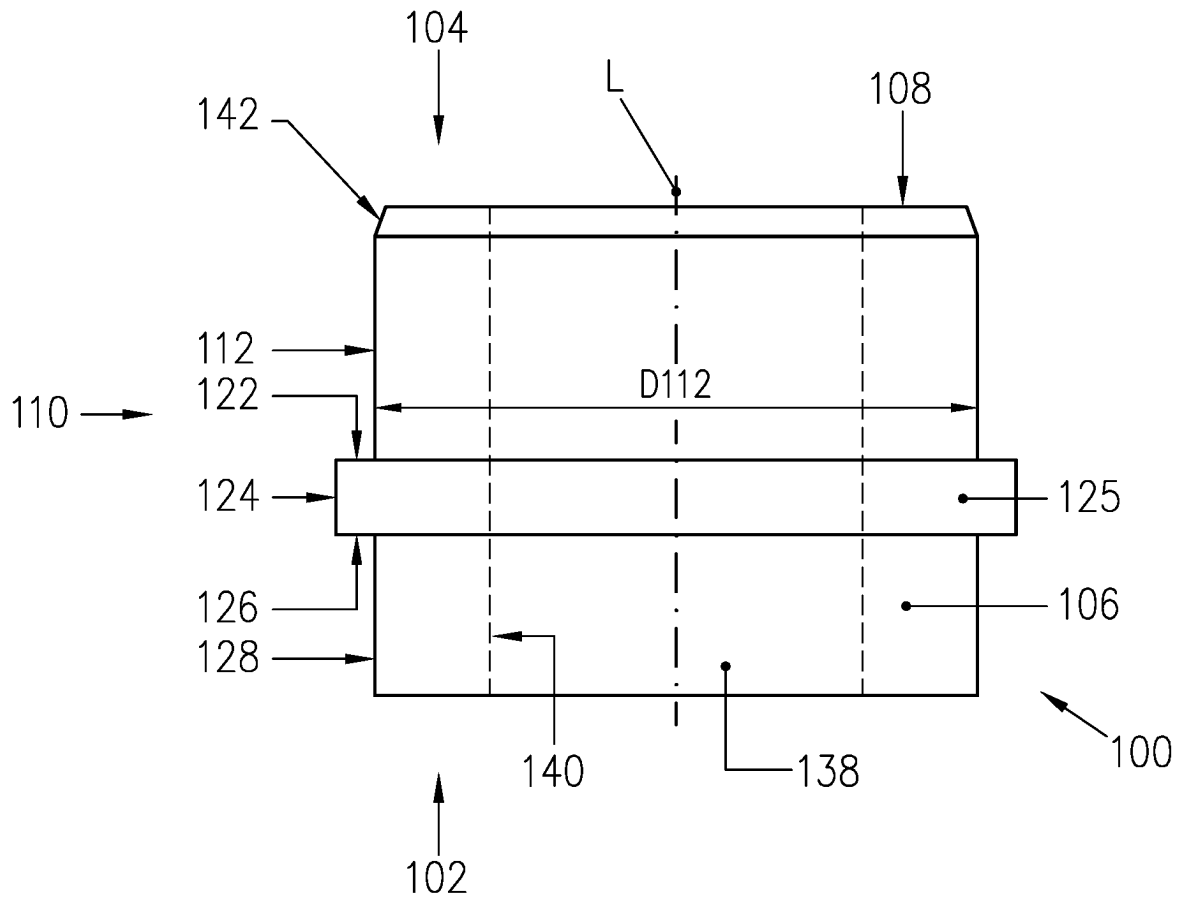
Figur 3b



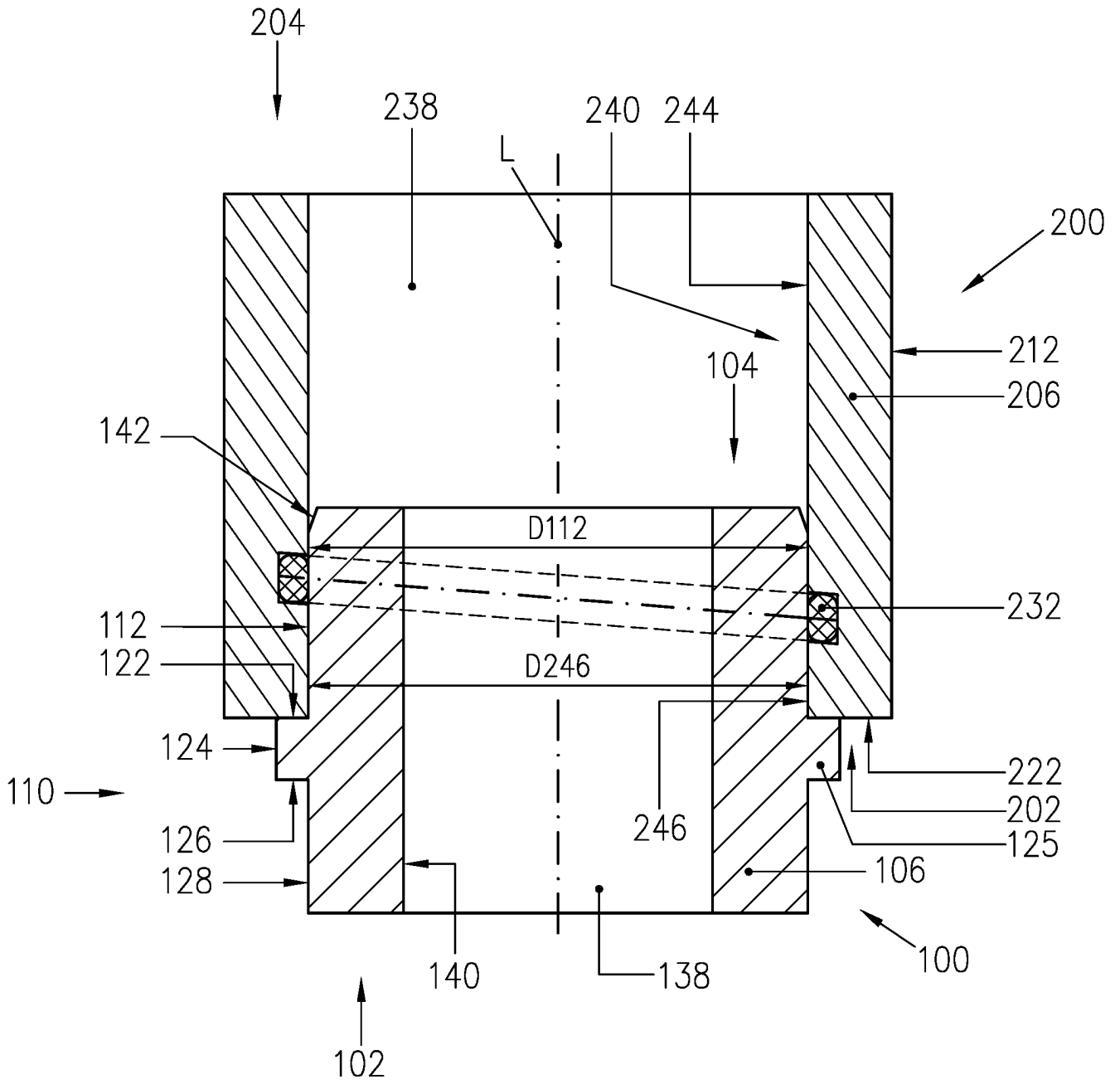
Figur 5a



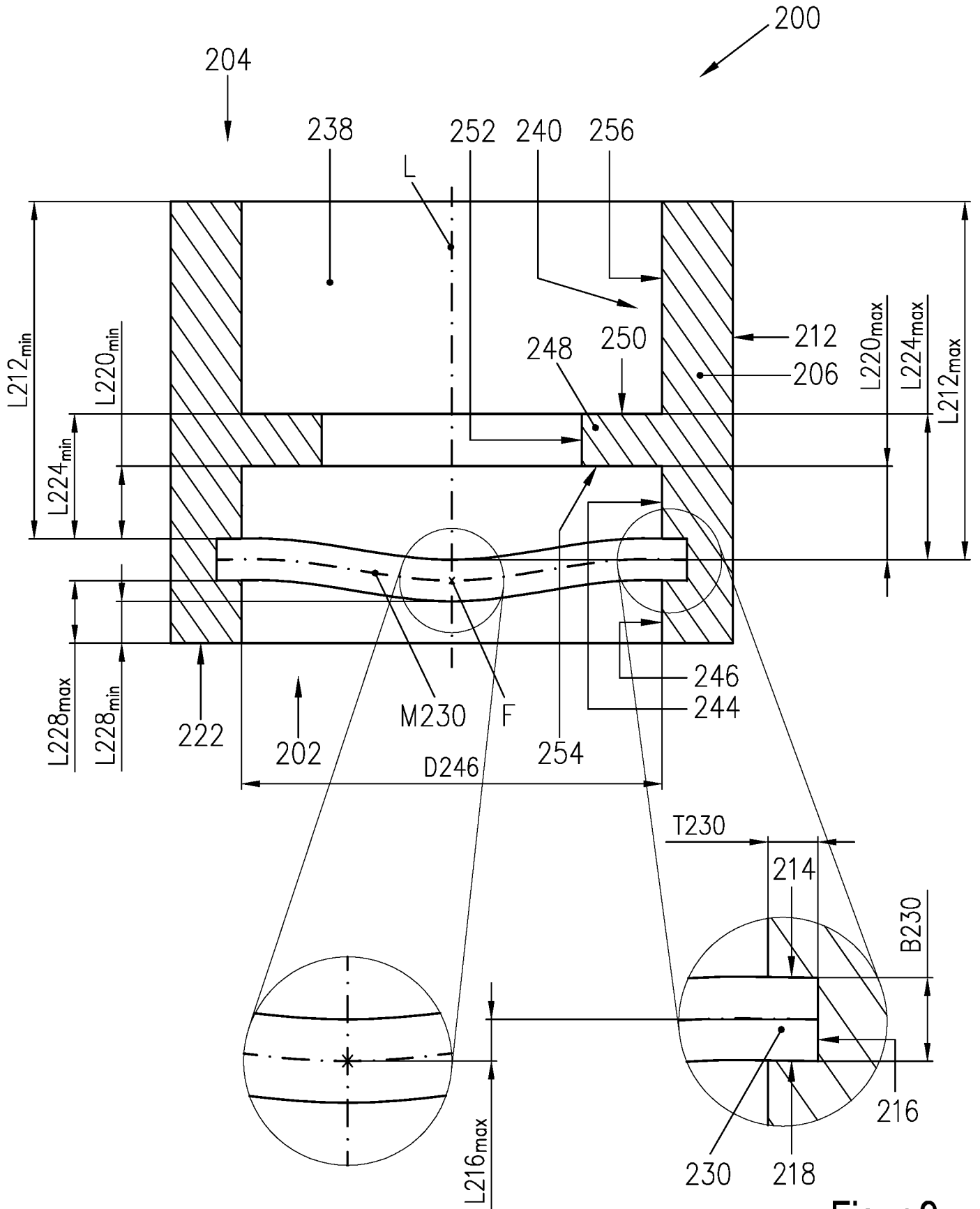
Figur 6a



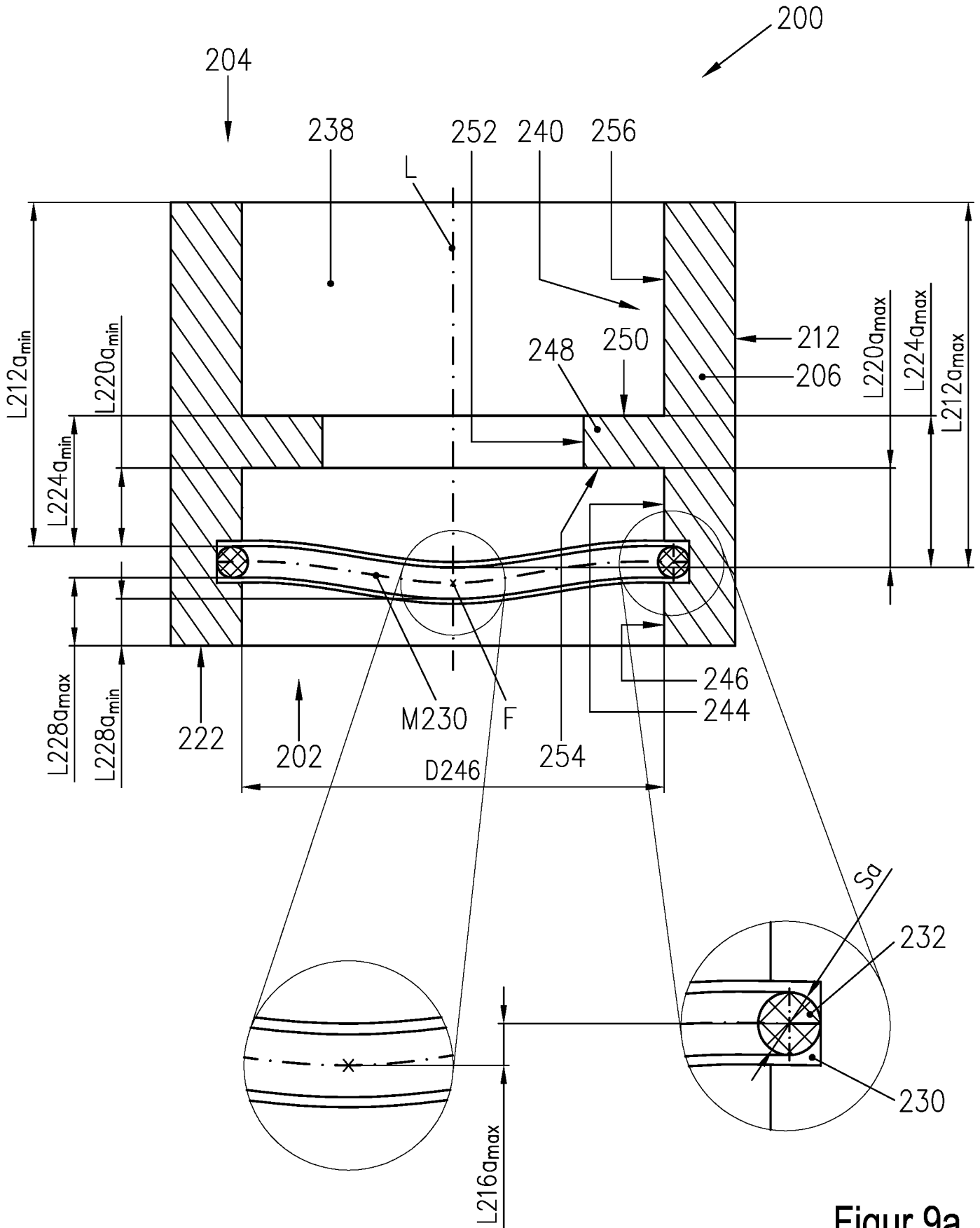
Figur 7



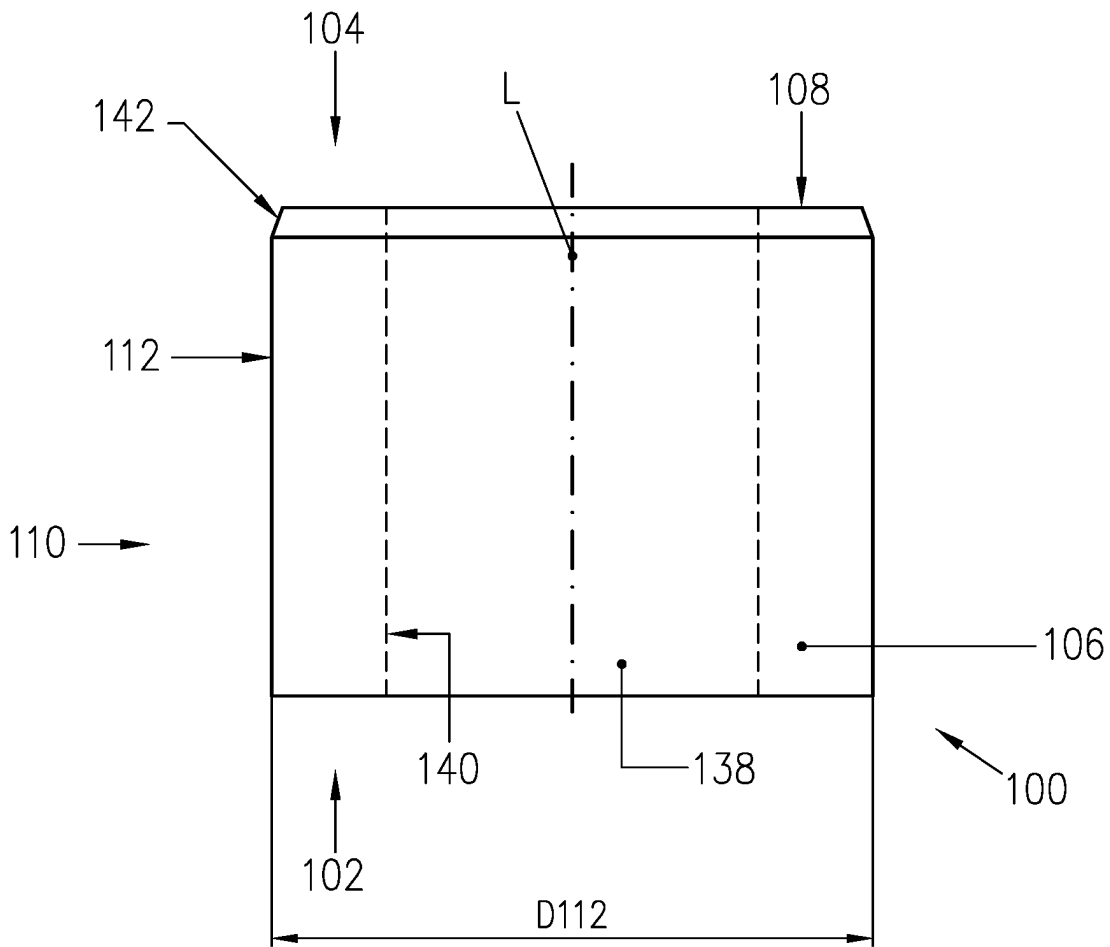
Figur 8b



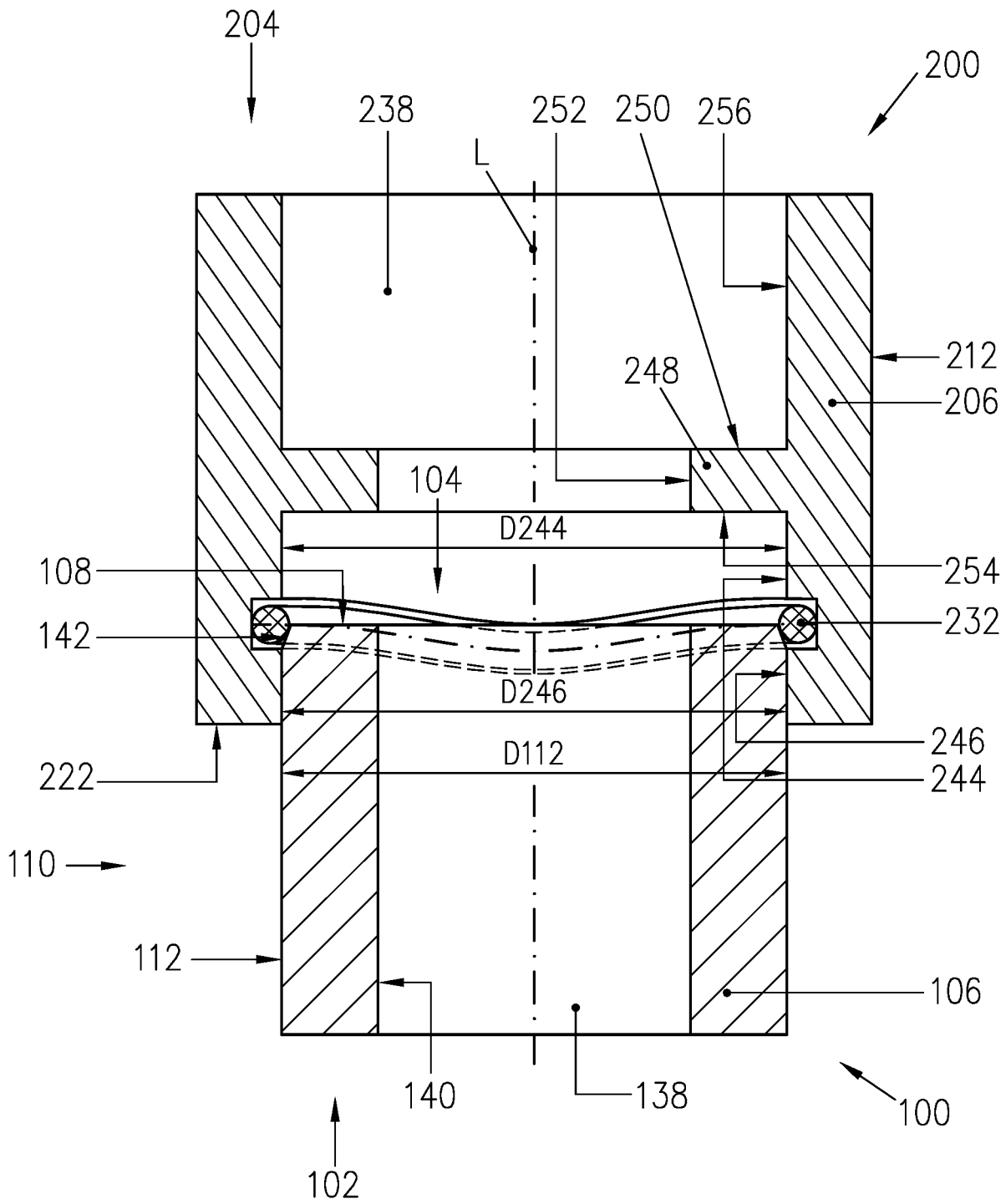
Figur 9



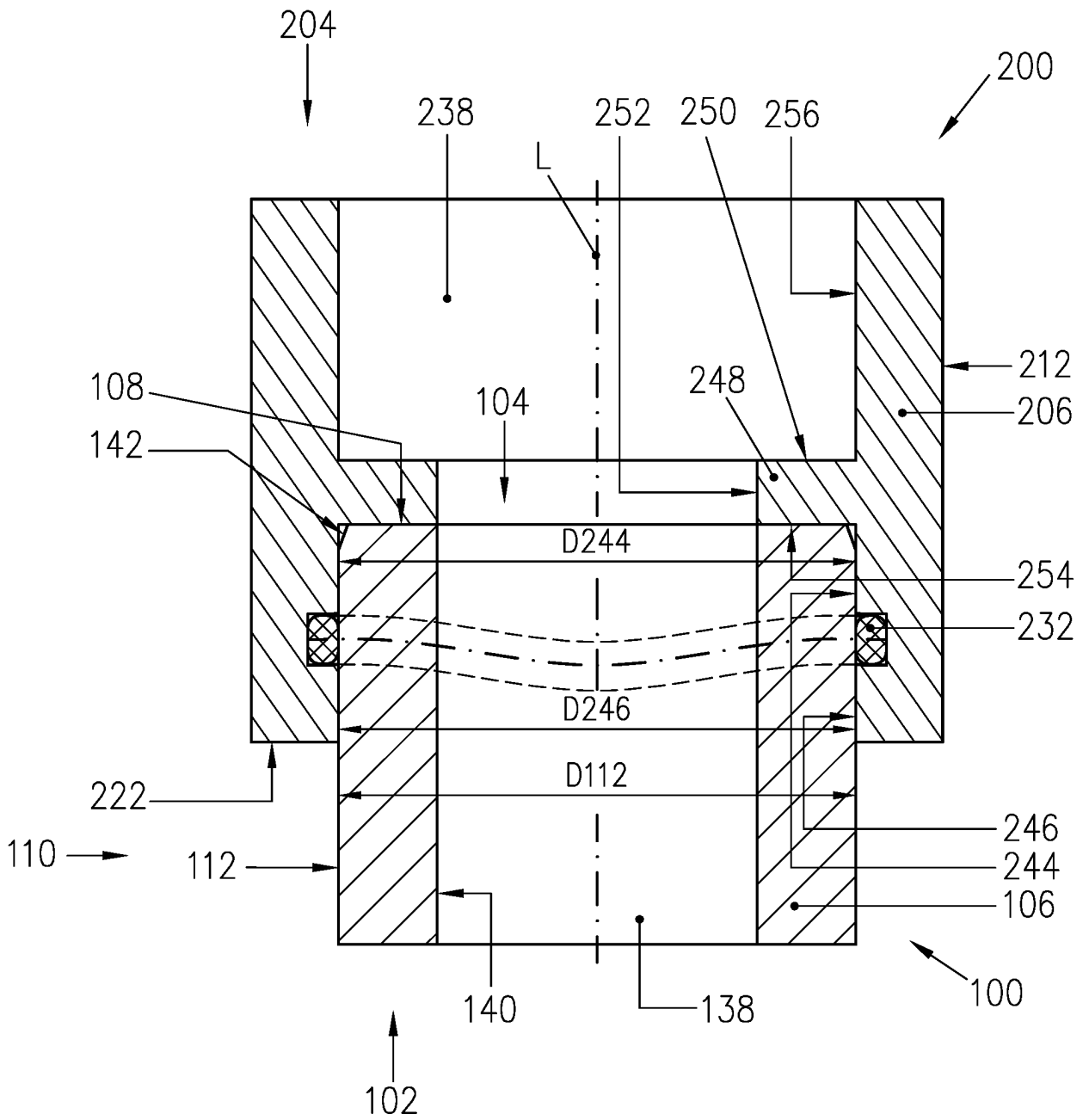
Figur 9a



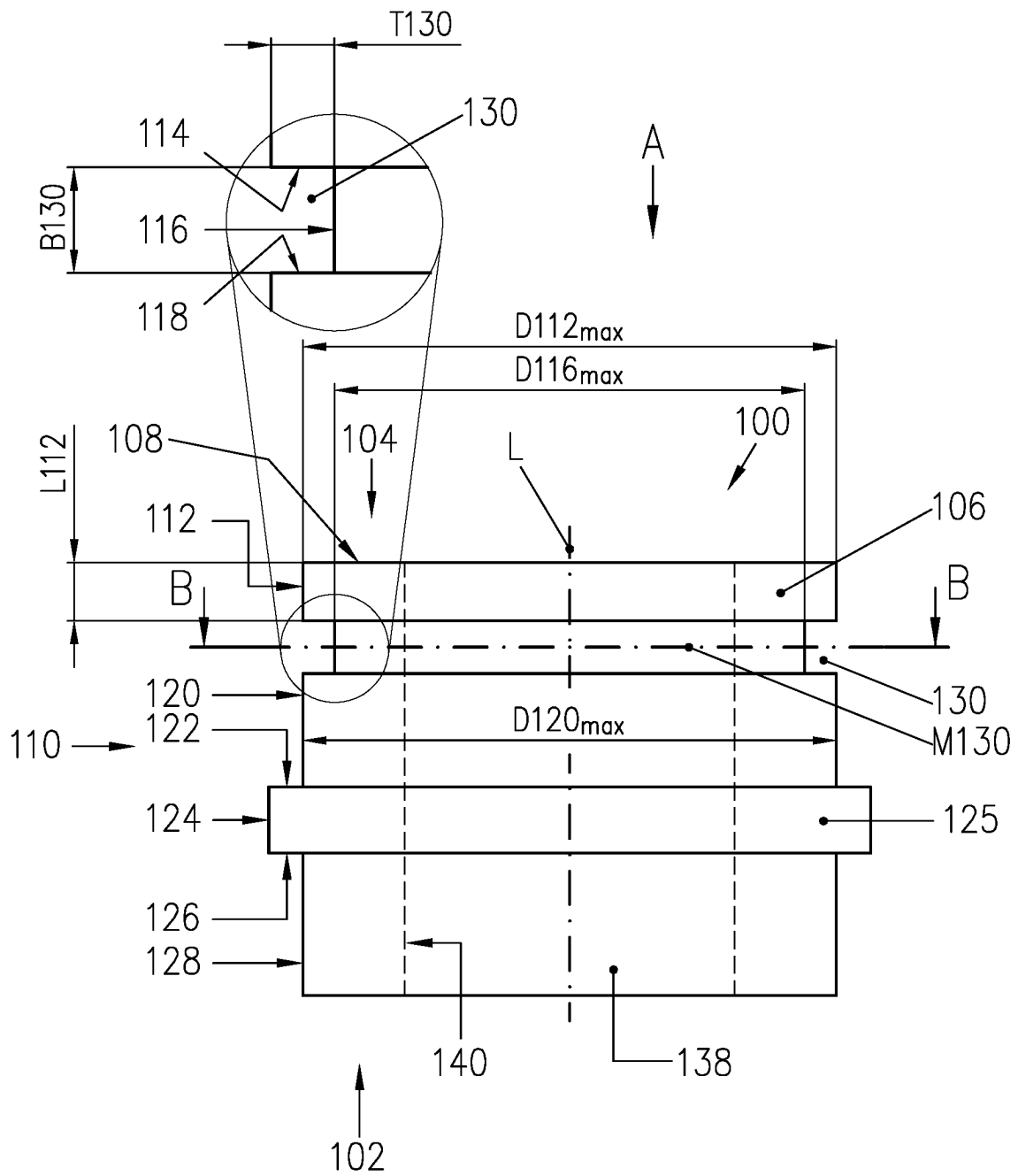
Figur 10



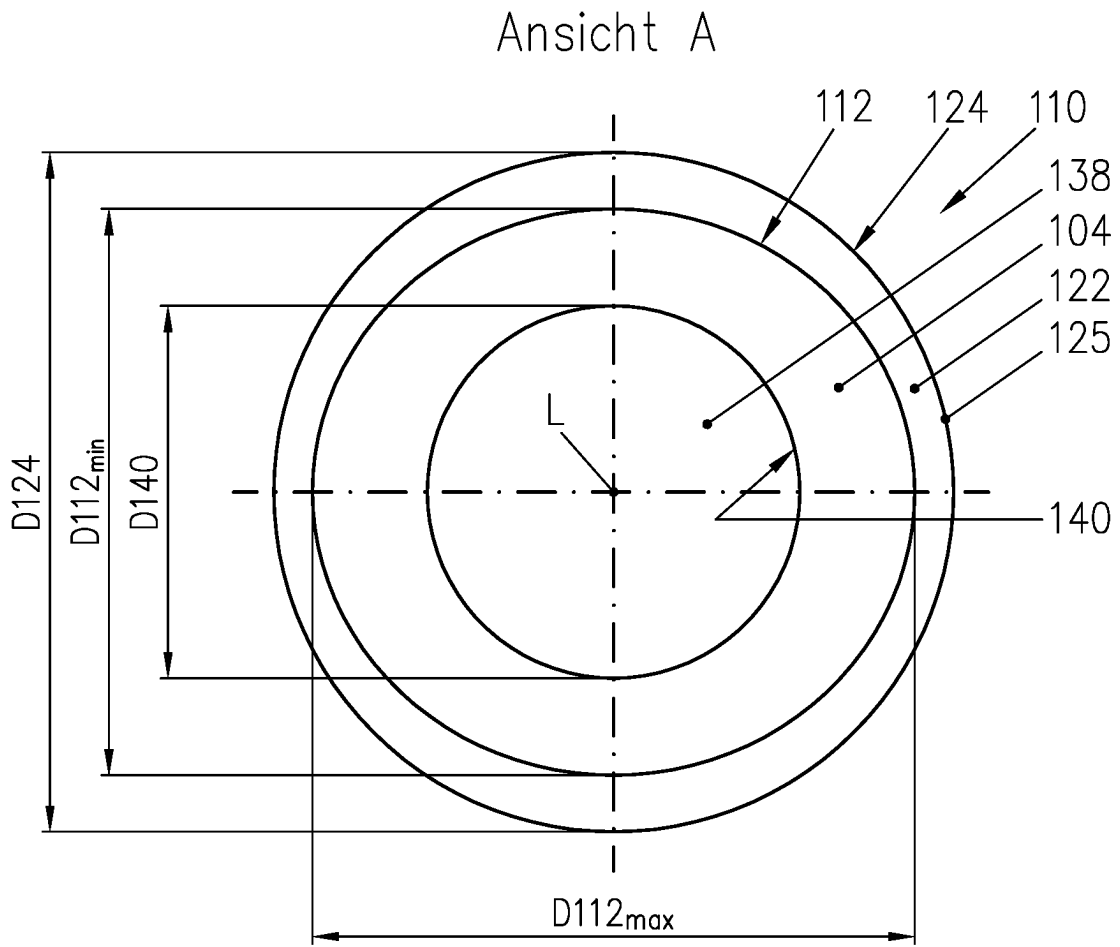
Figur 11a



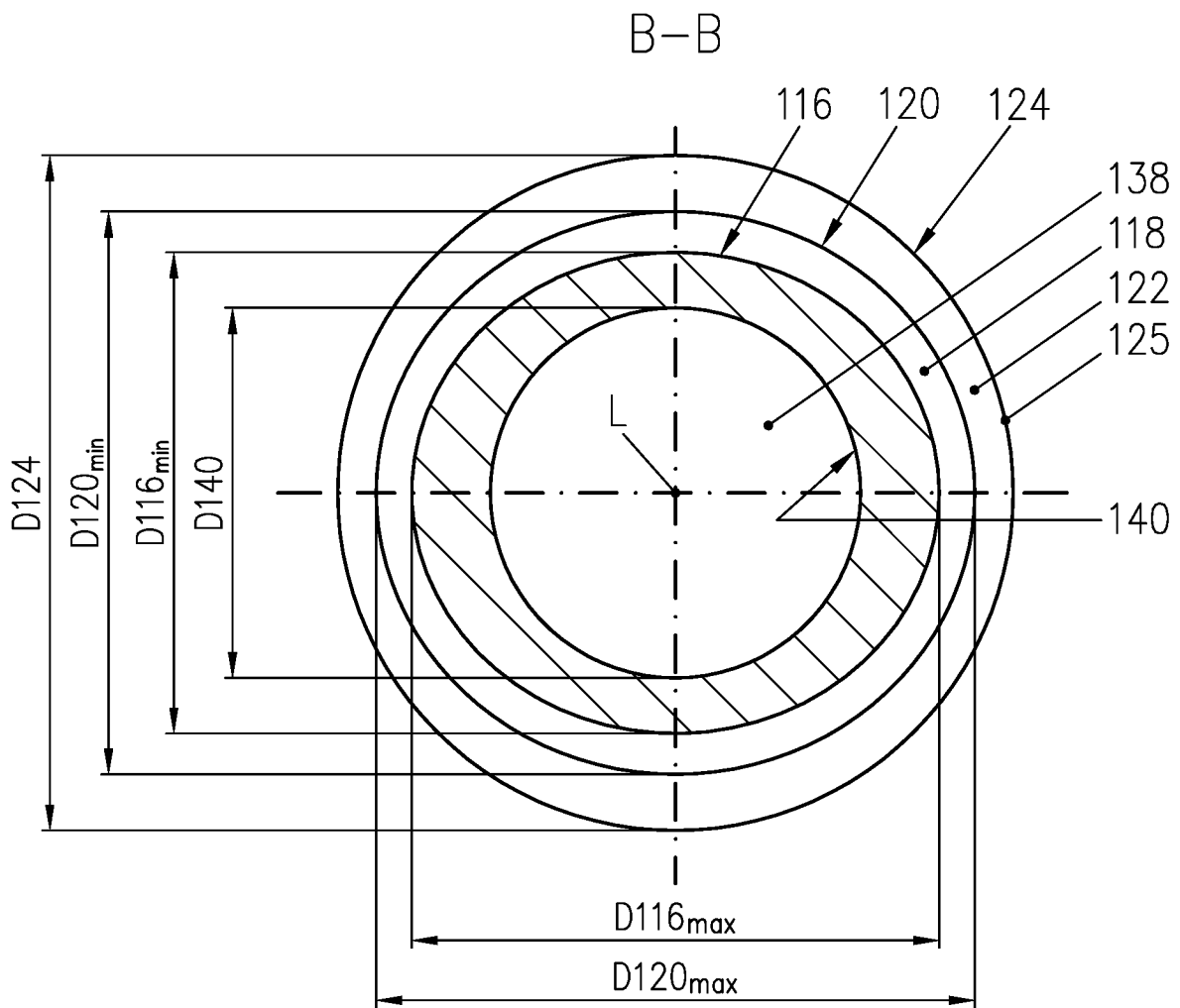
Figur 11b



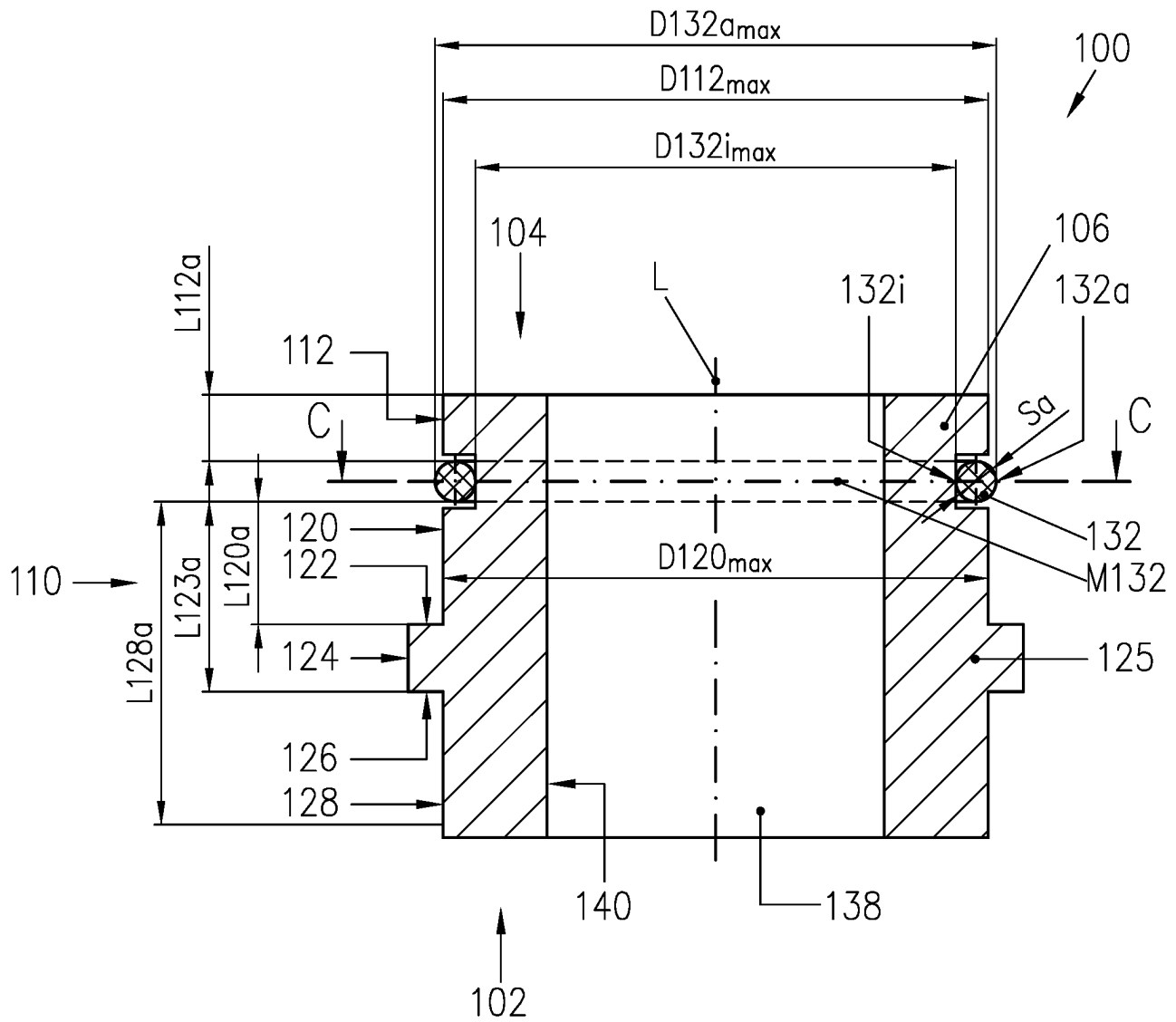
Figur 12



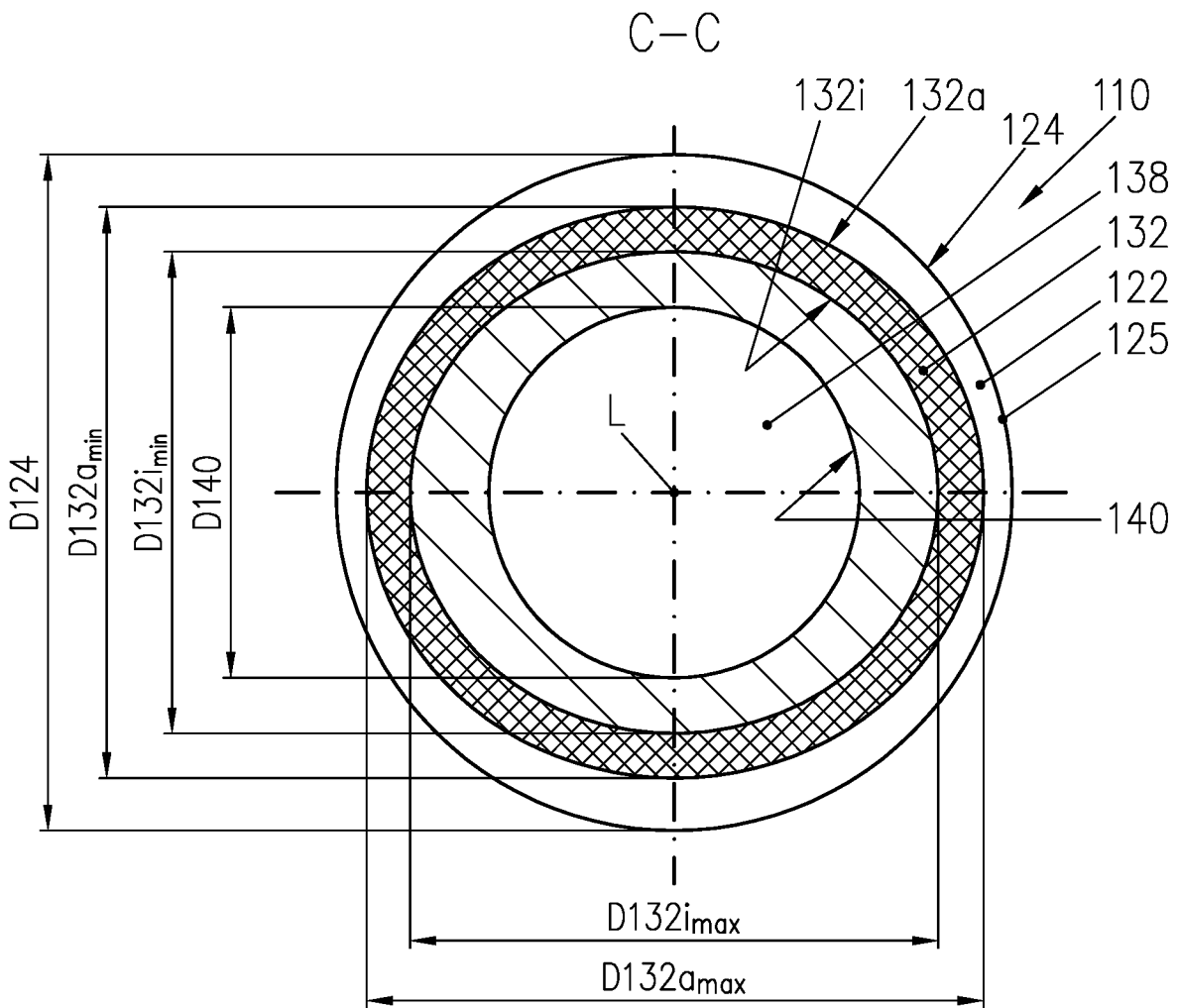
Figur 12a



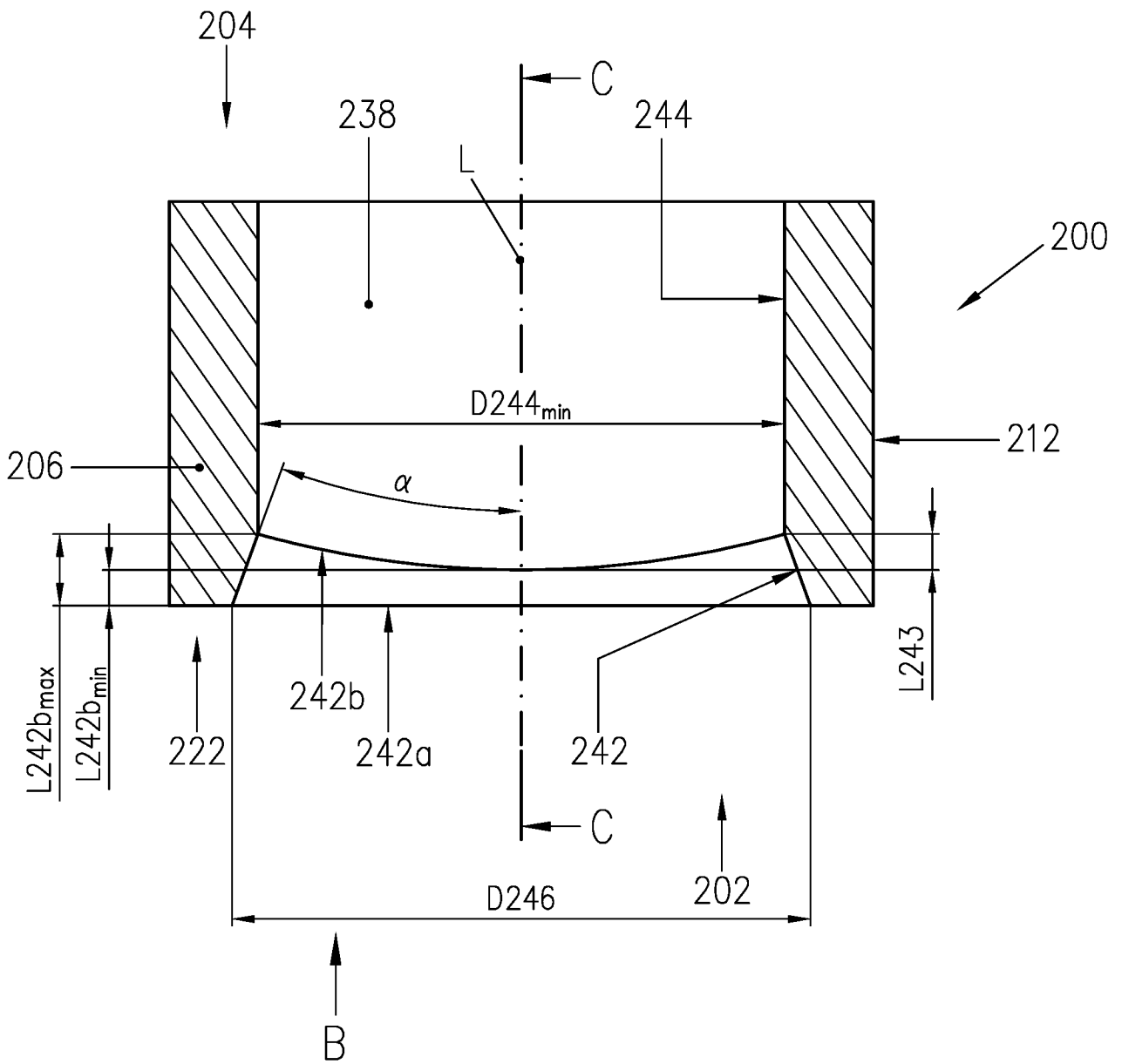
Figur 12b



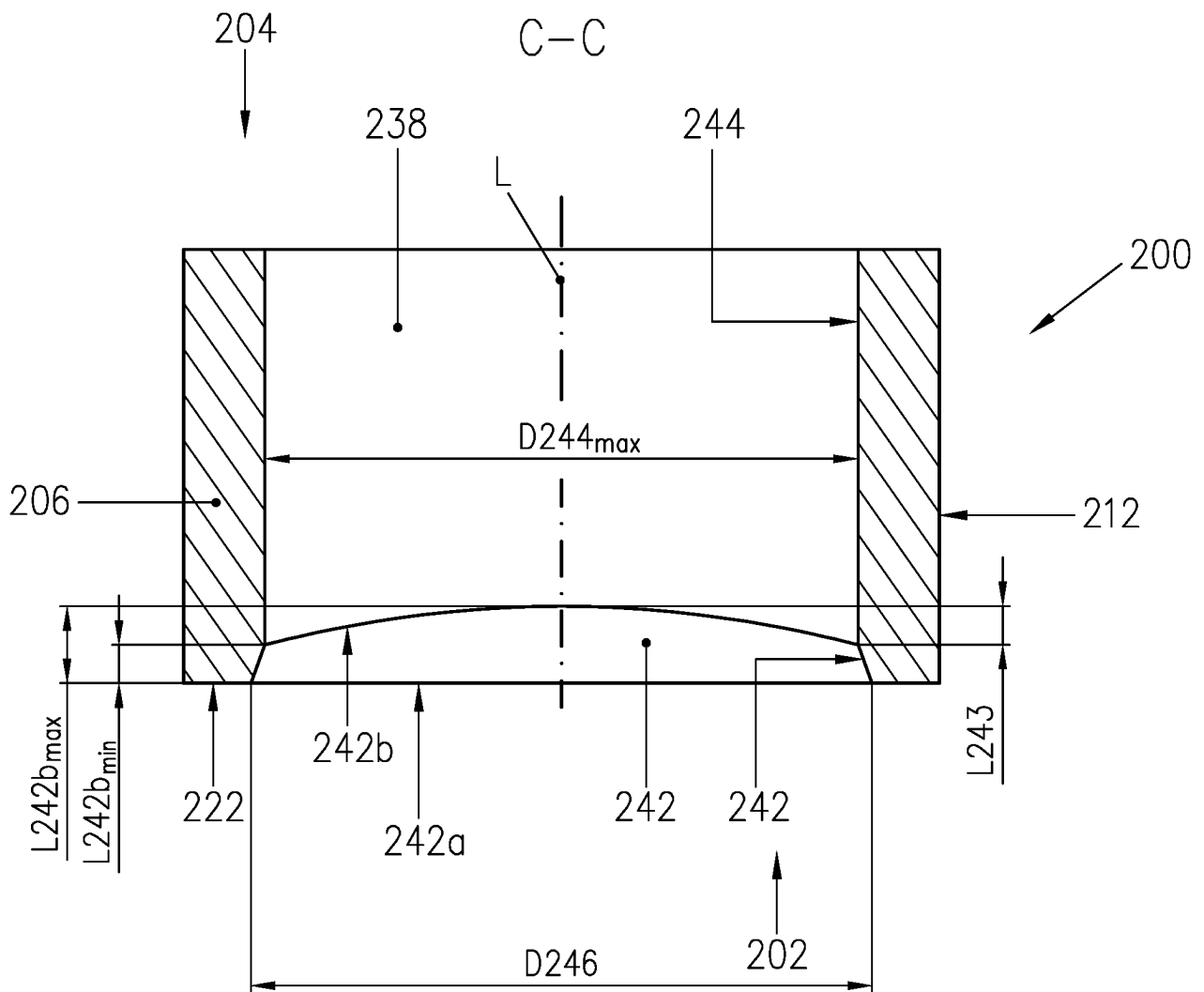
Figur 12c



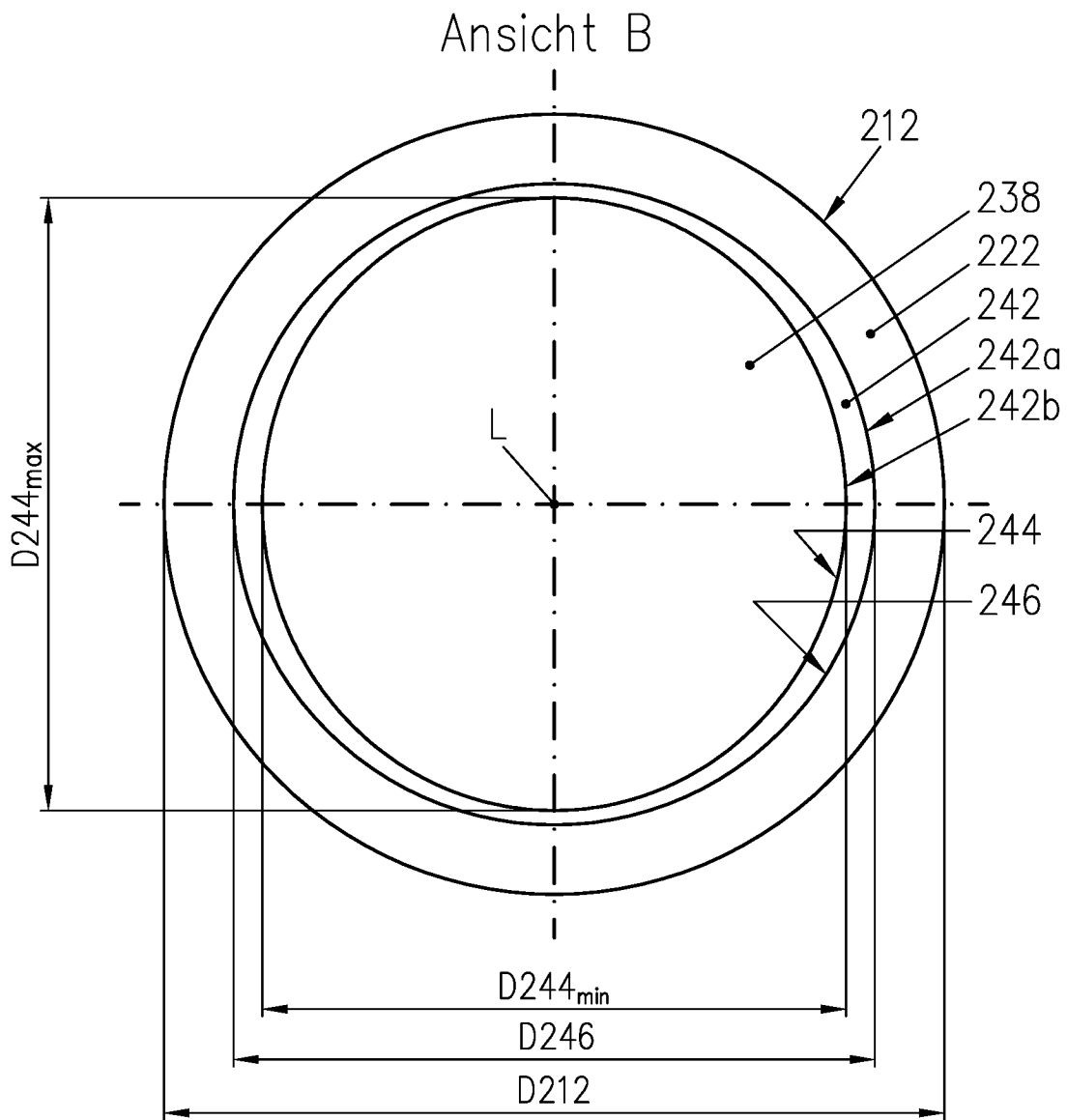
Figur 12d



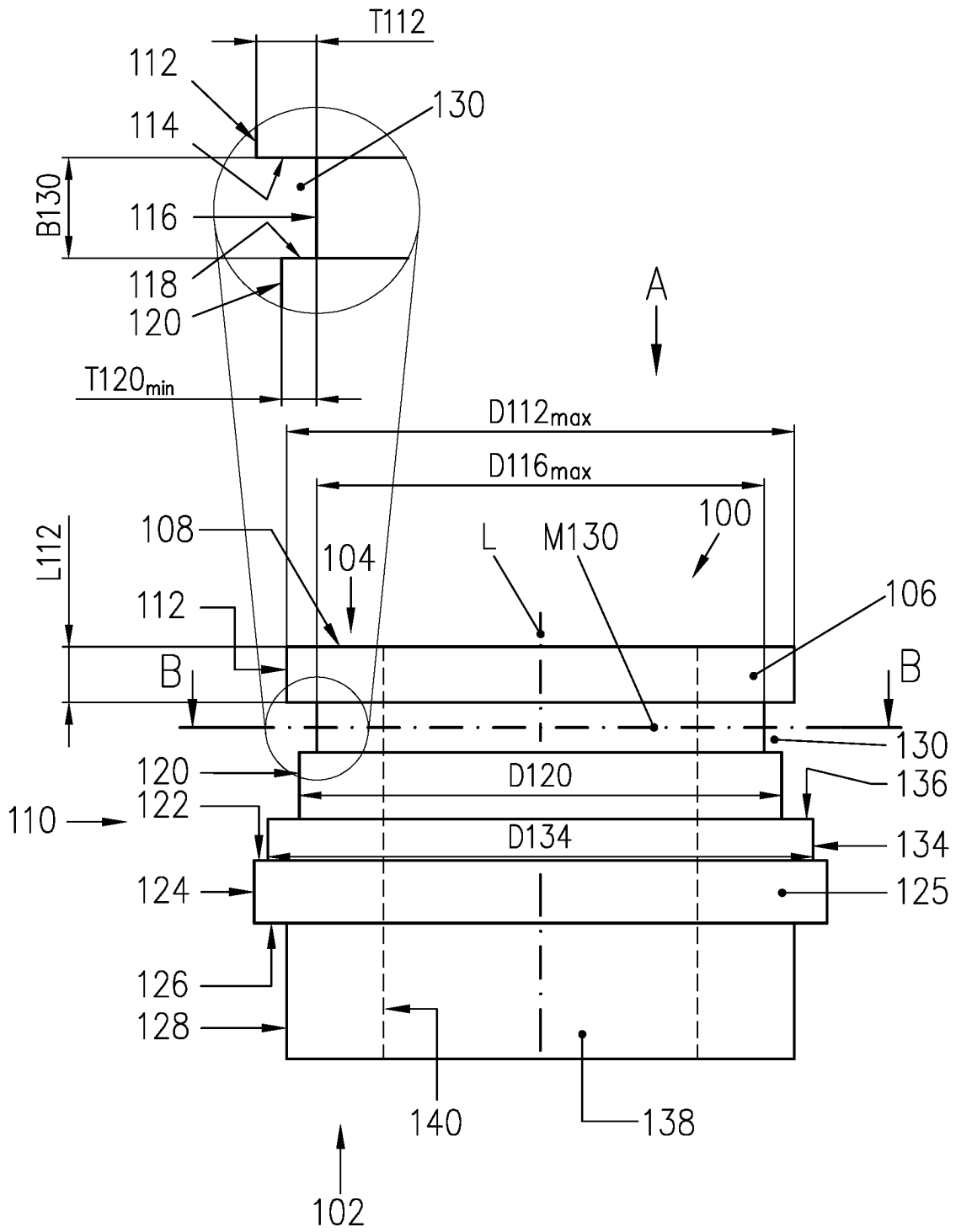
Figur 13



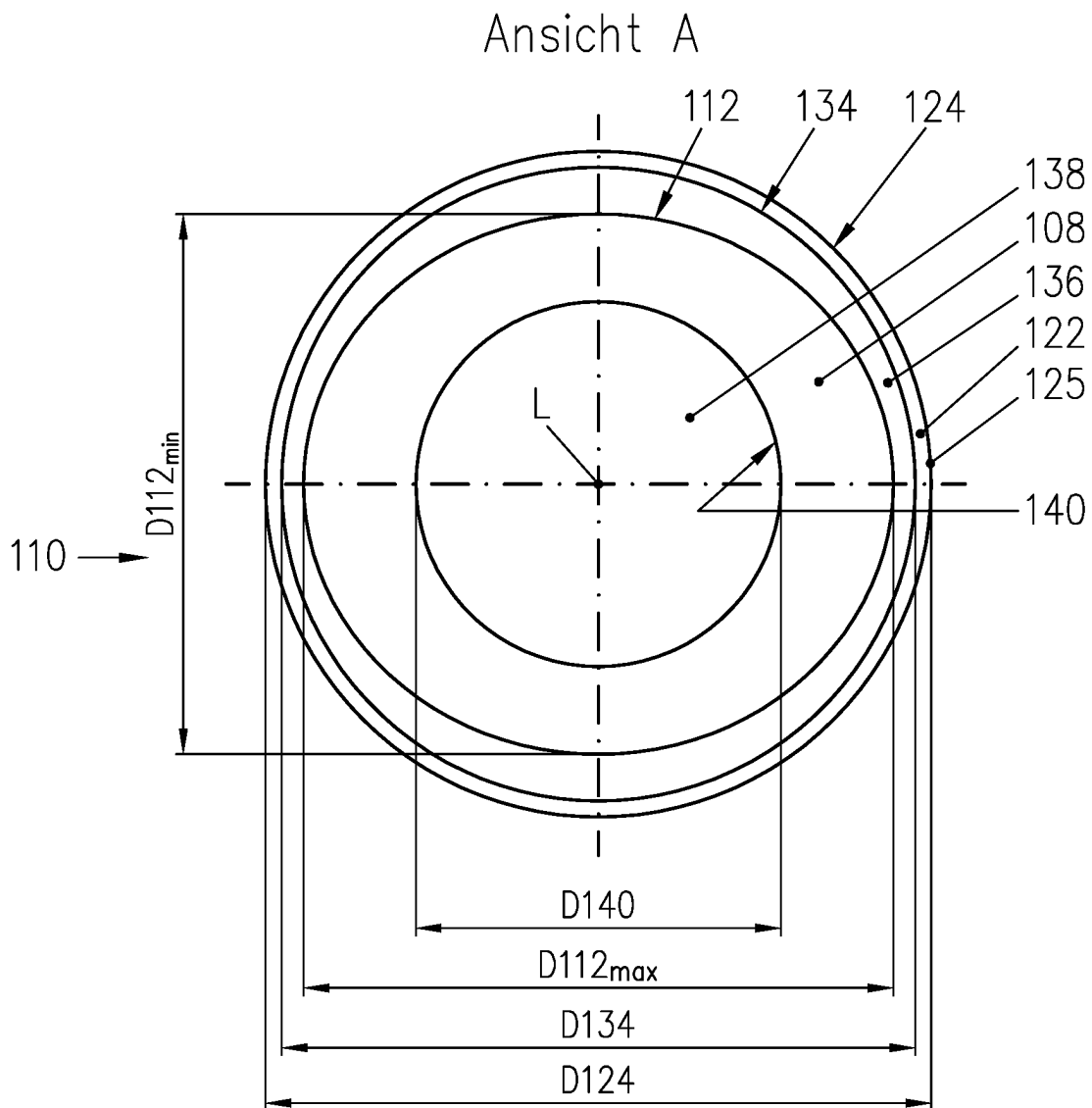
Figur 13a



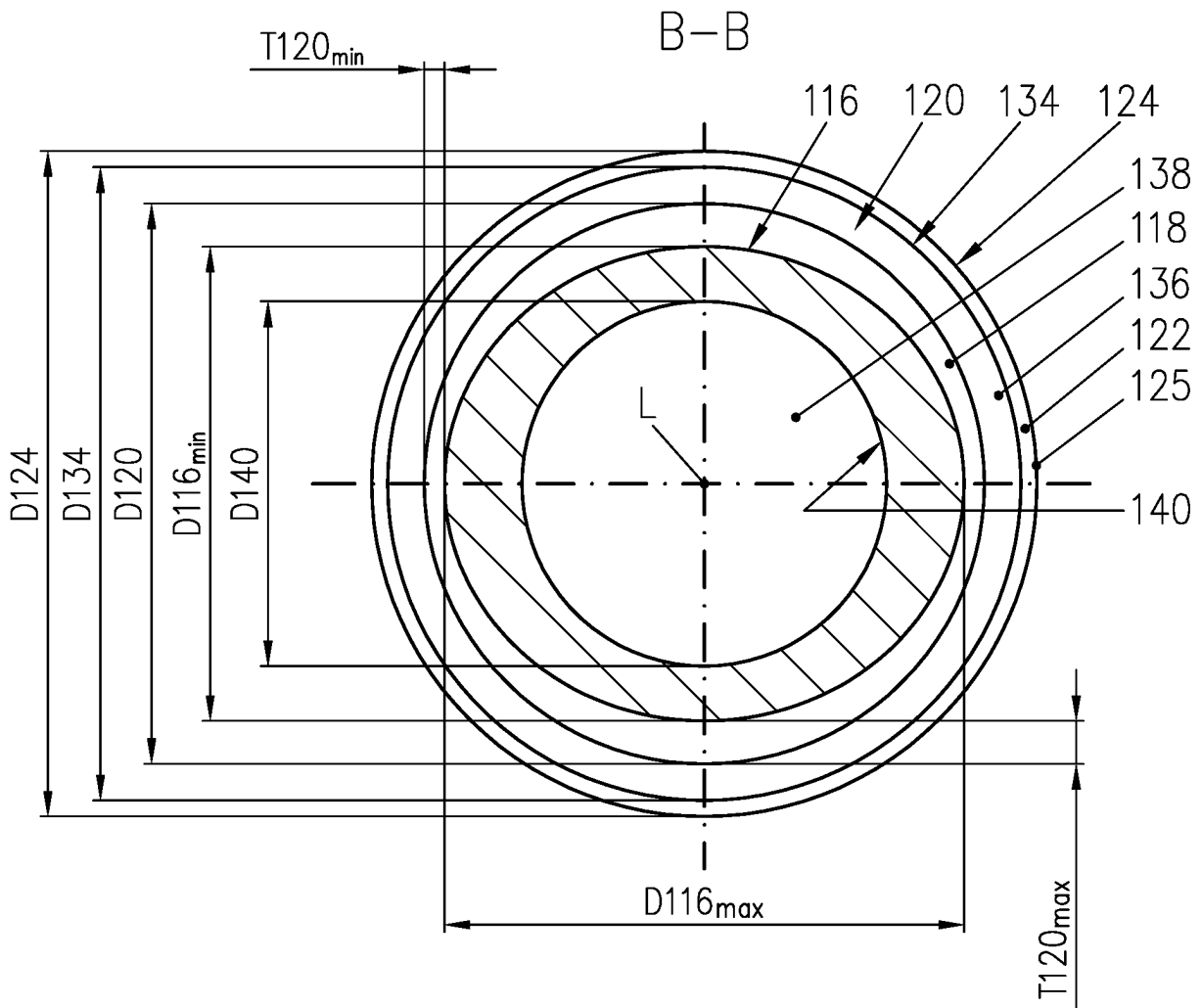
Figur 13b



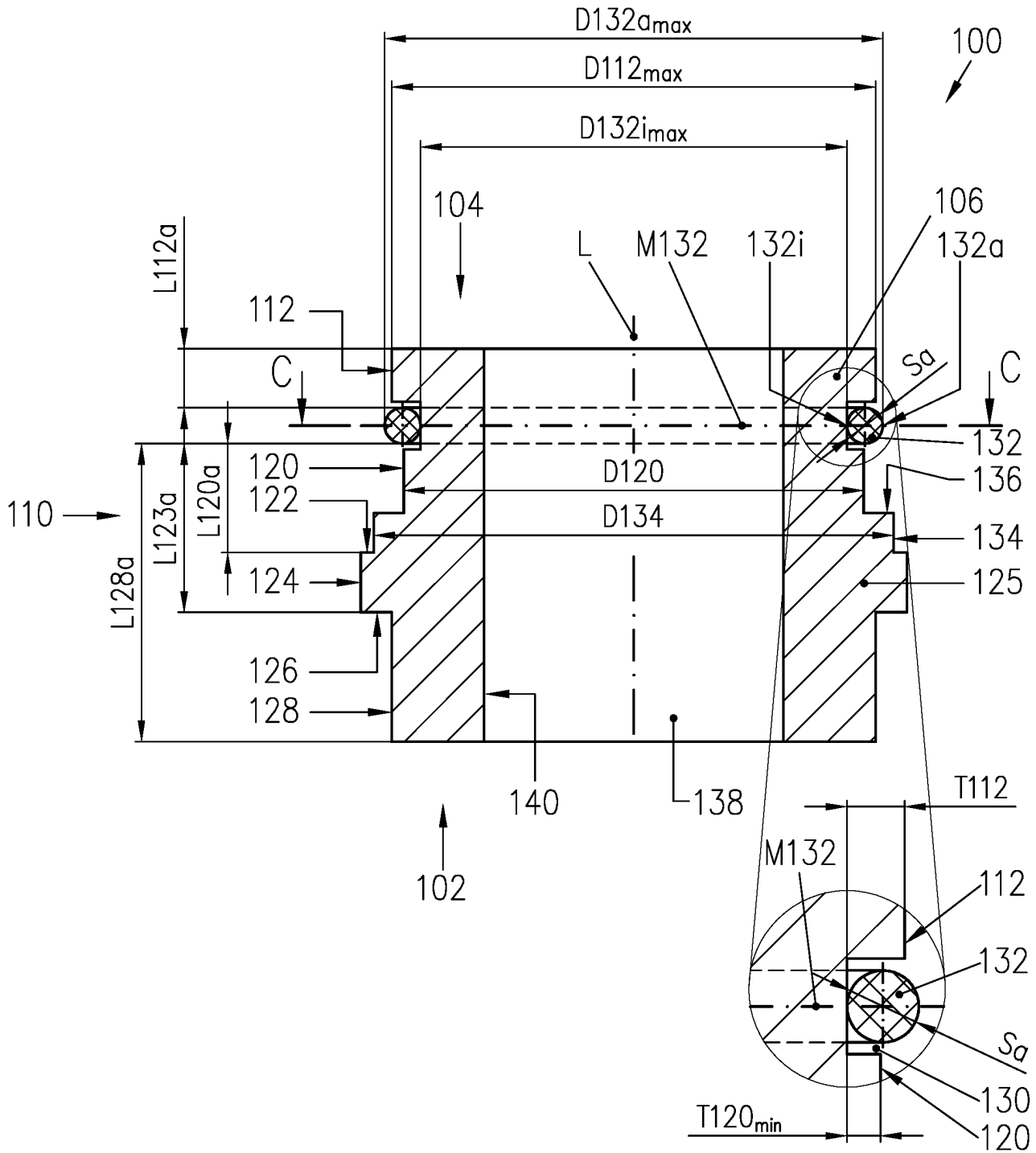
Figur 15



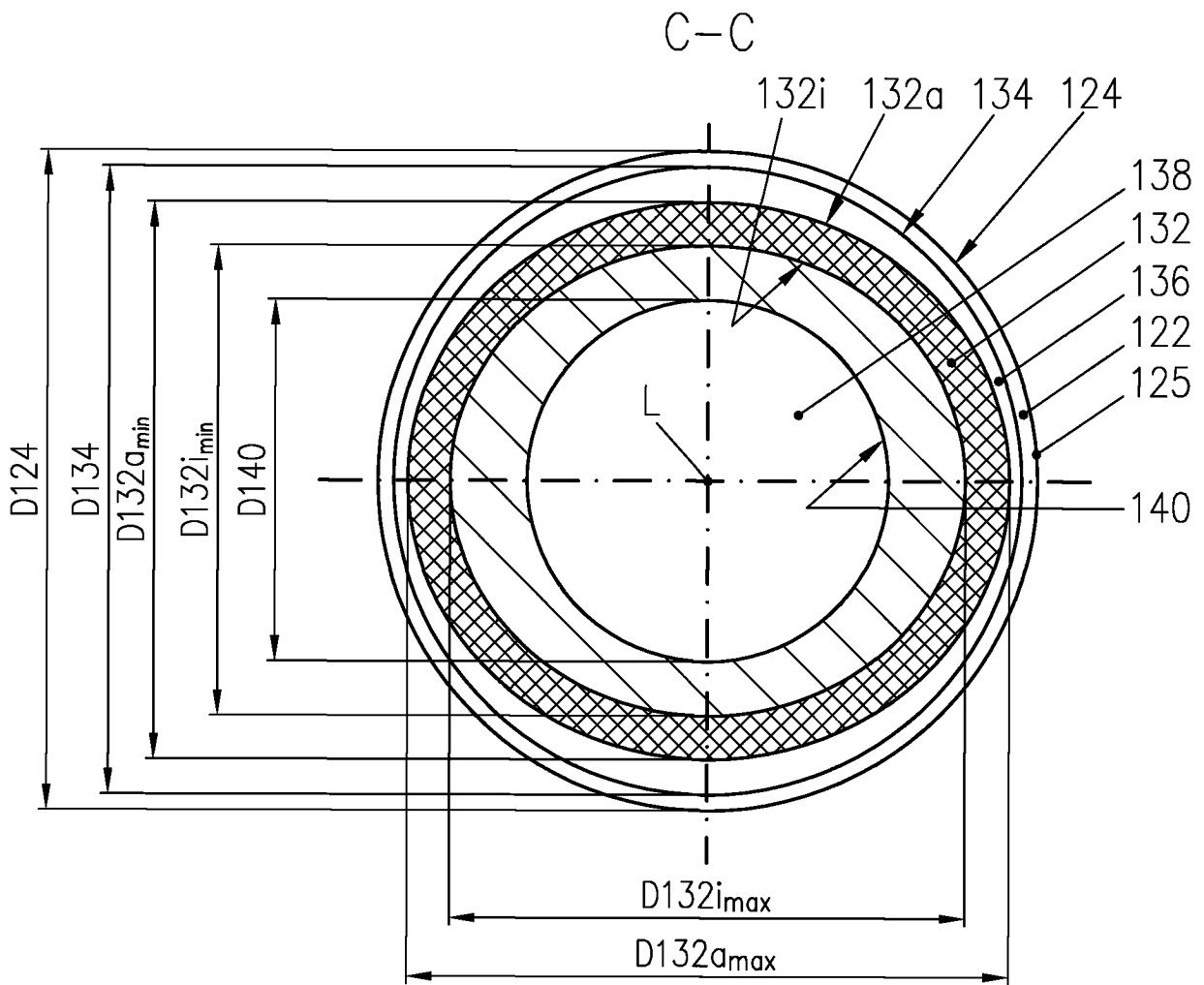
Figur 15a



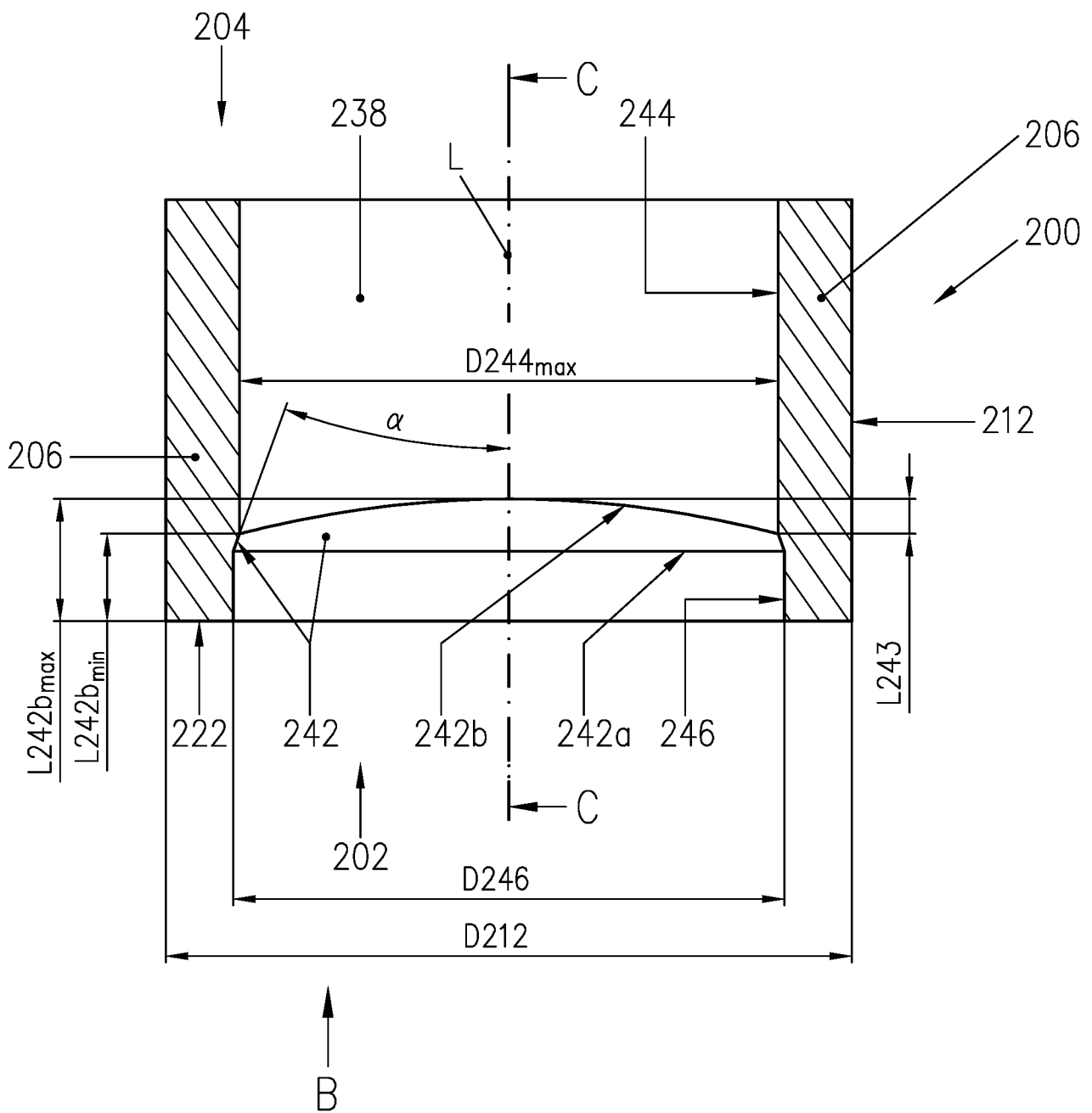
Figur 15b



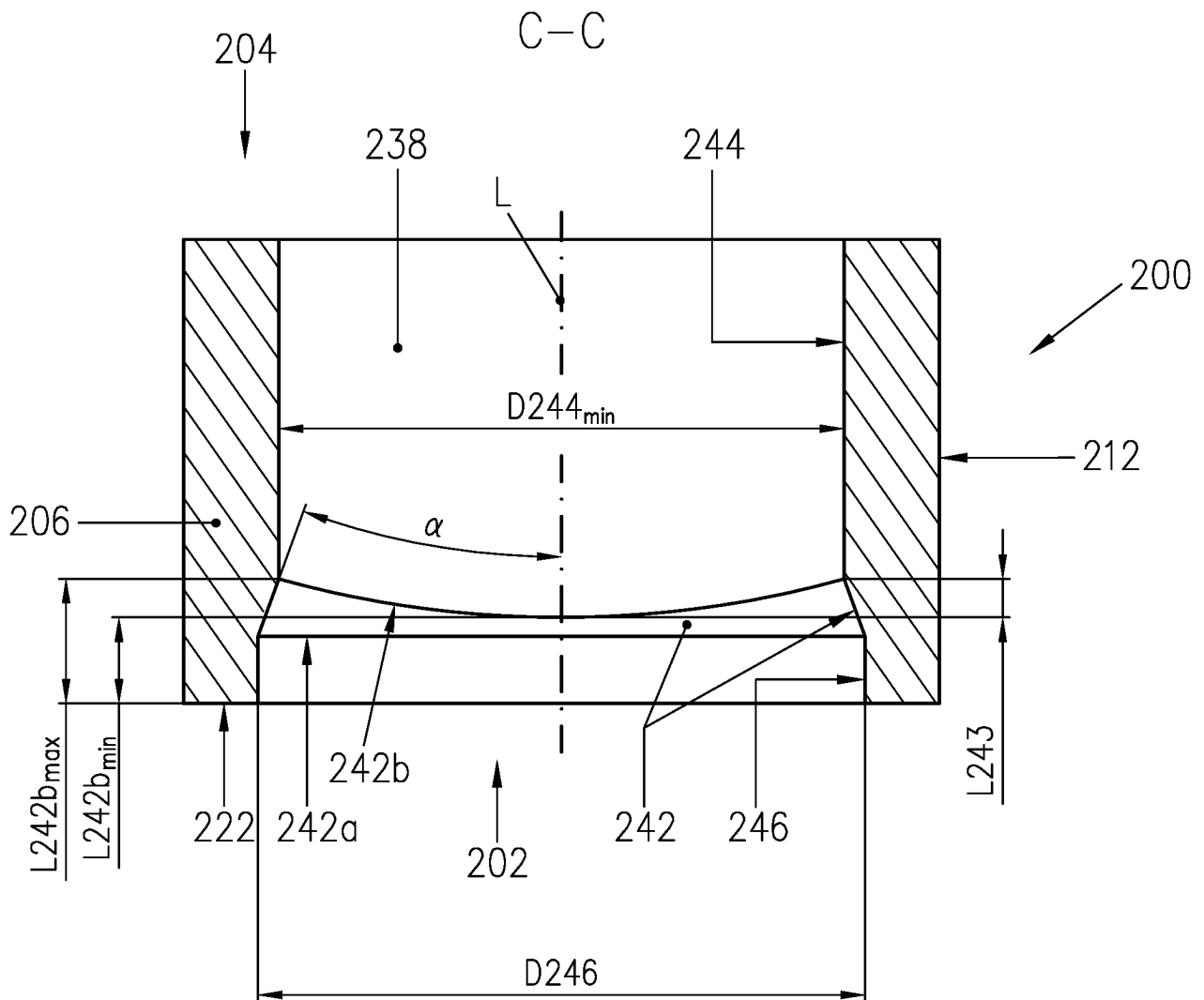
Figur 15c



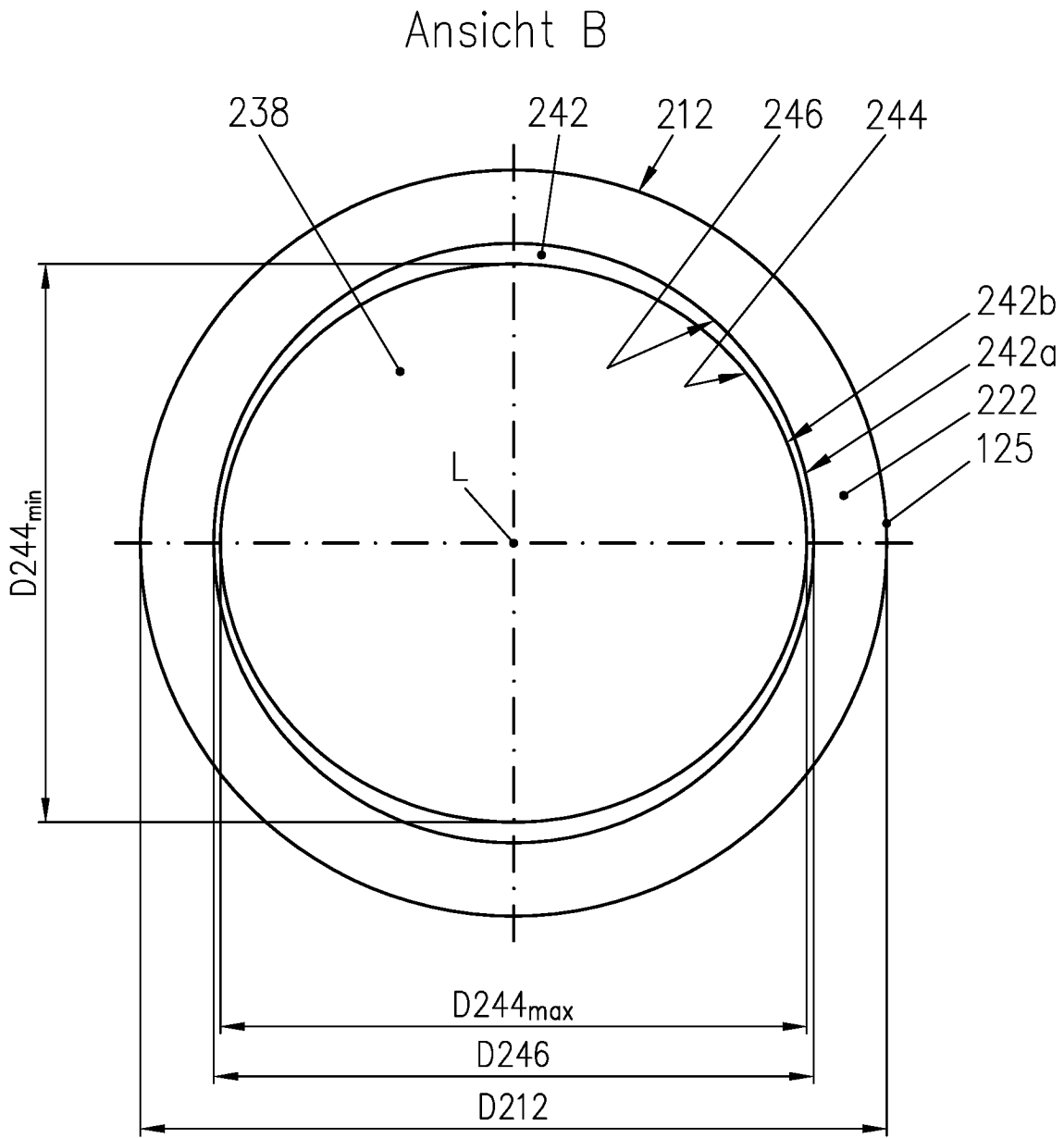
Figur 15d



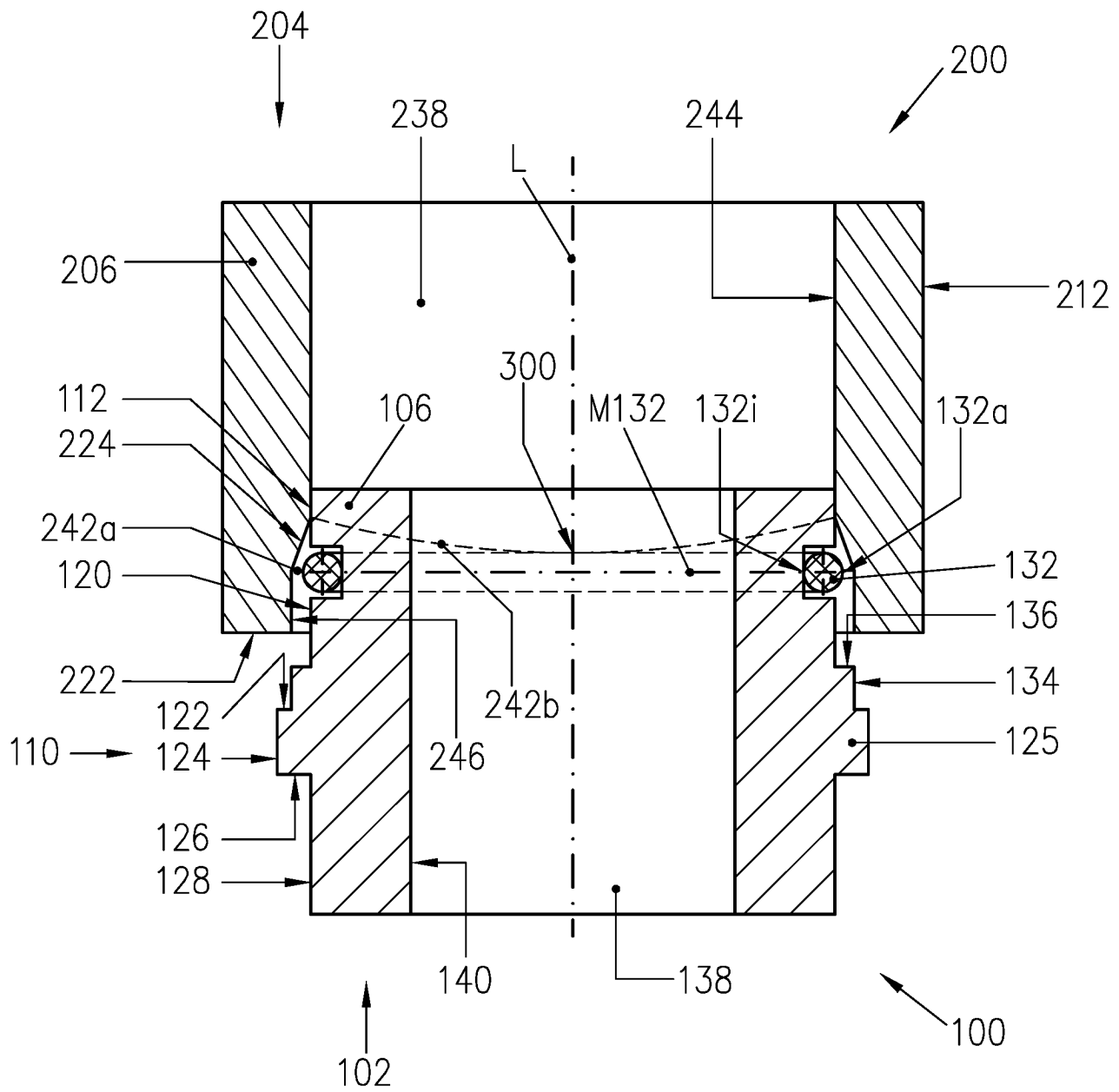
Figur 16



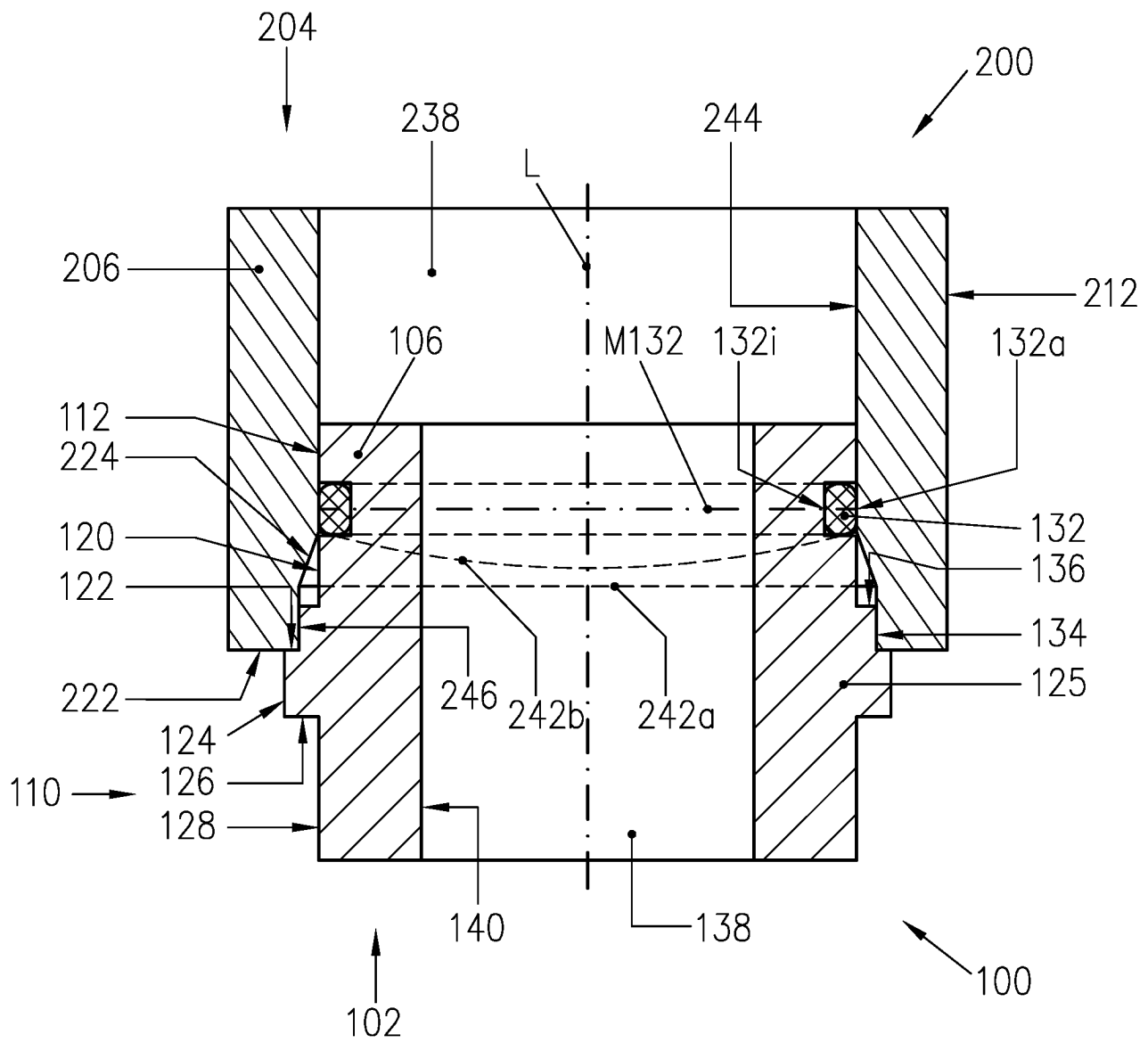
Figur 16a



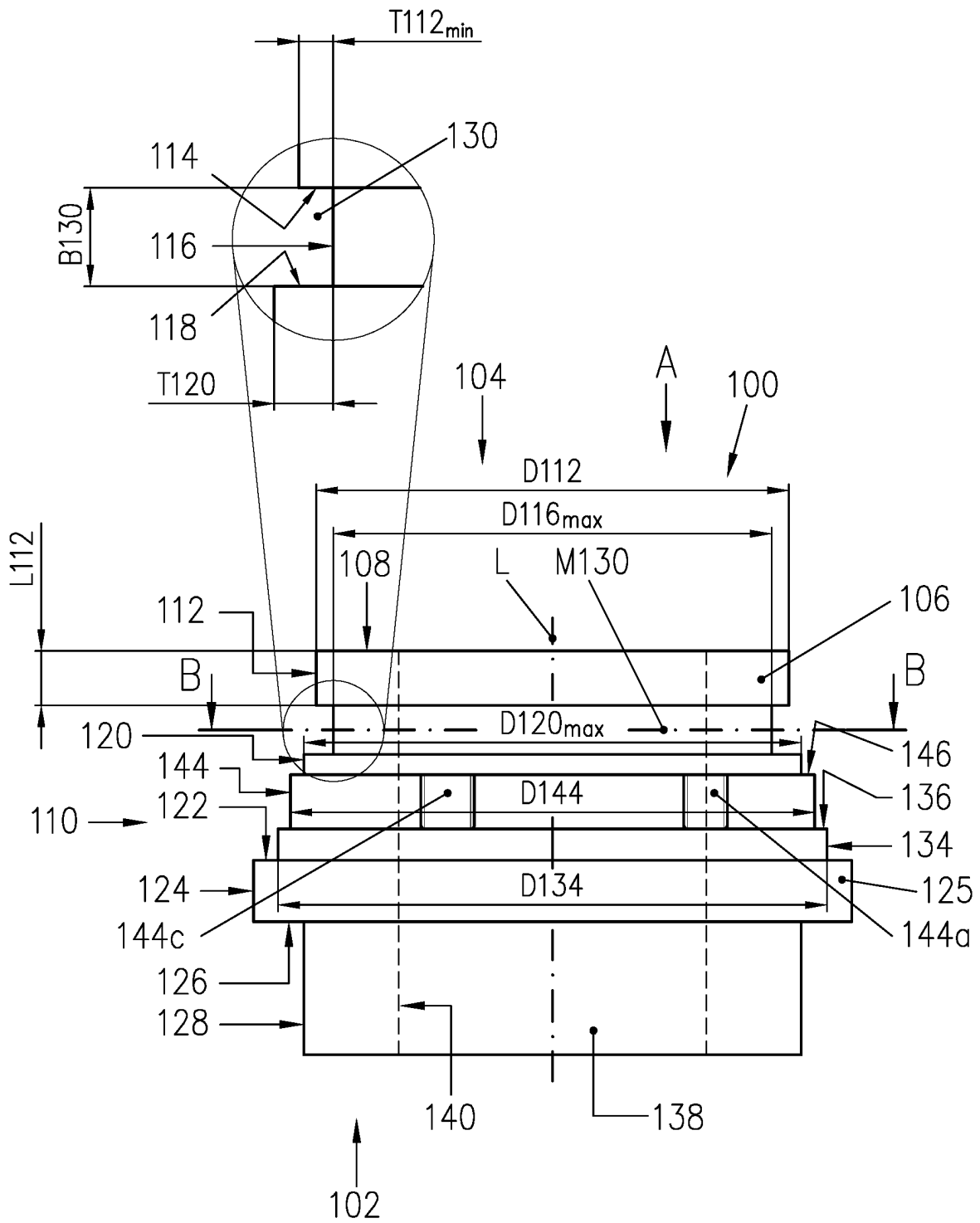
Figur 16b



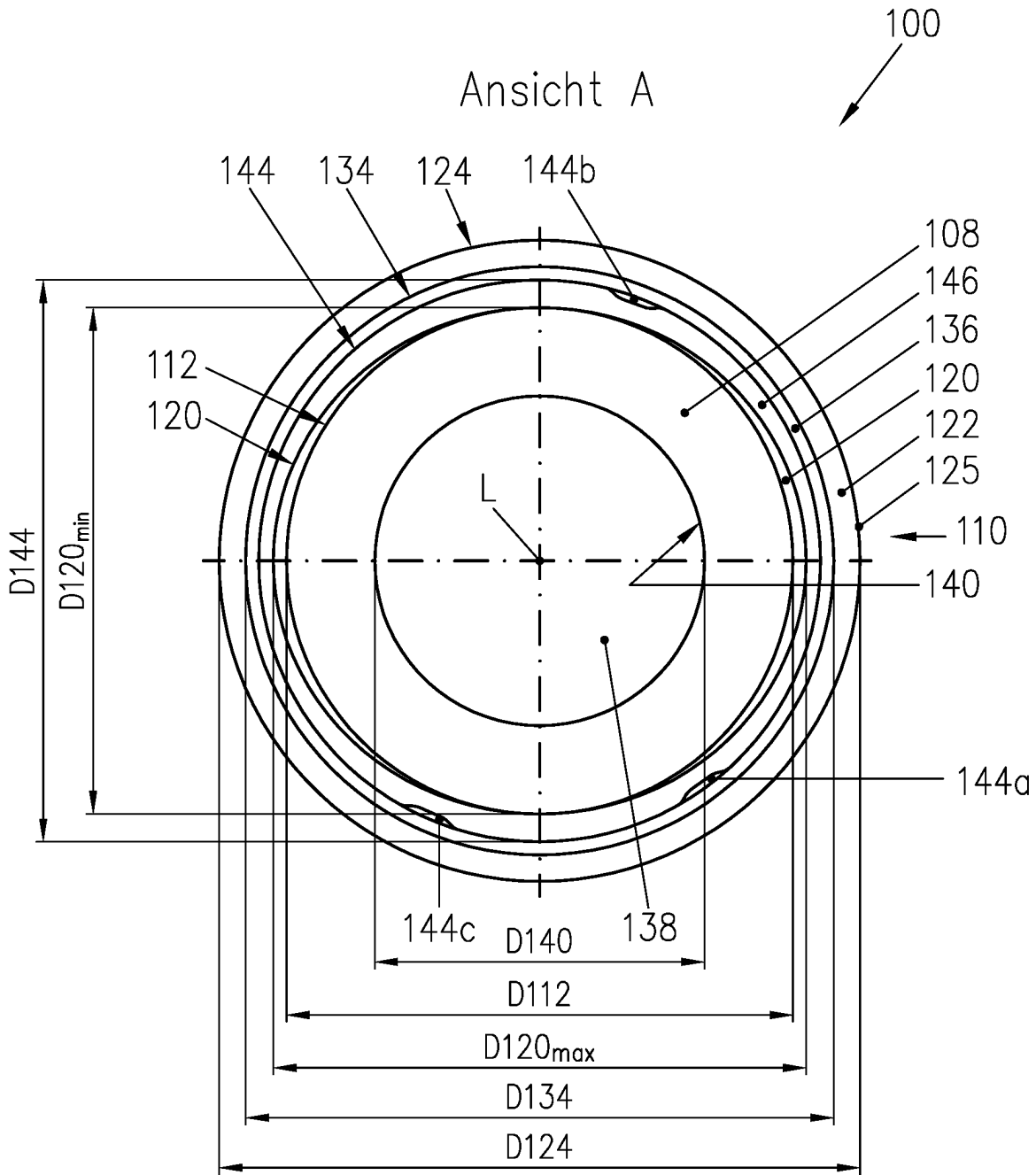
Figur 17a



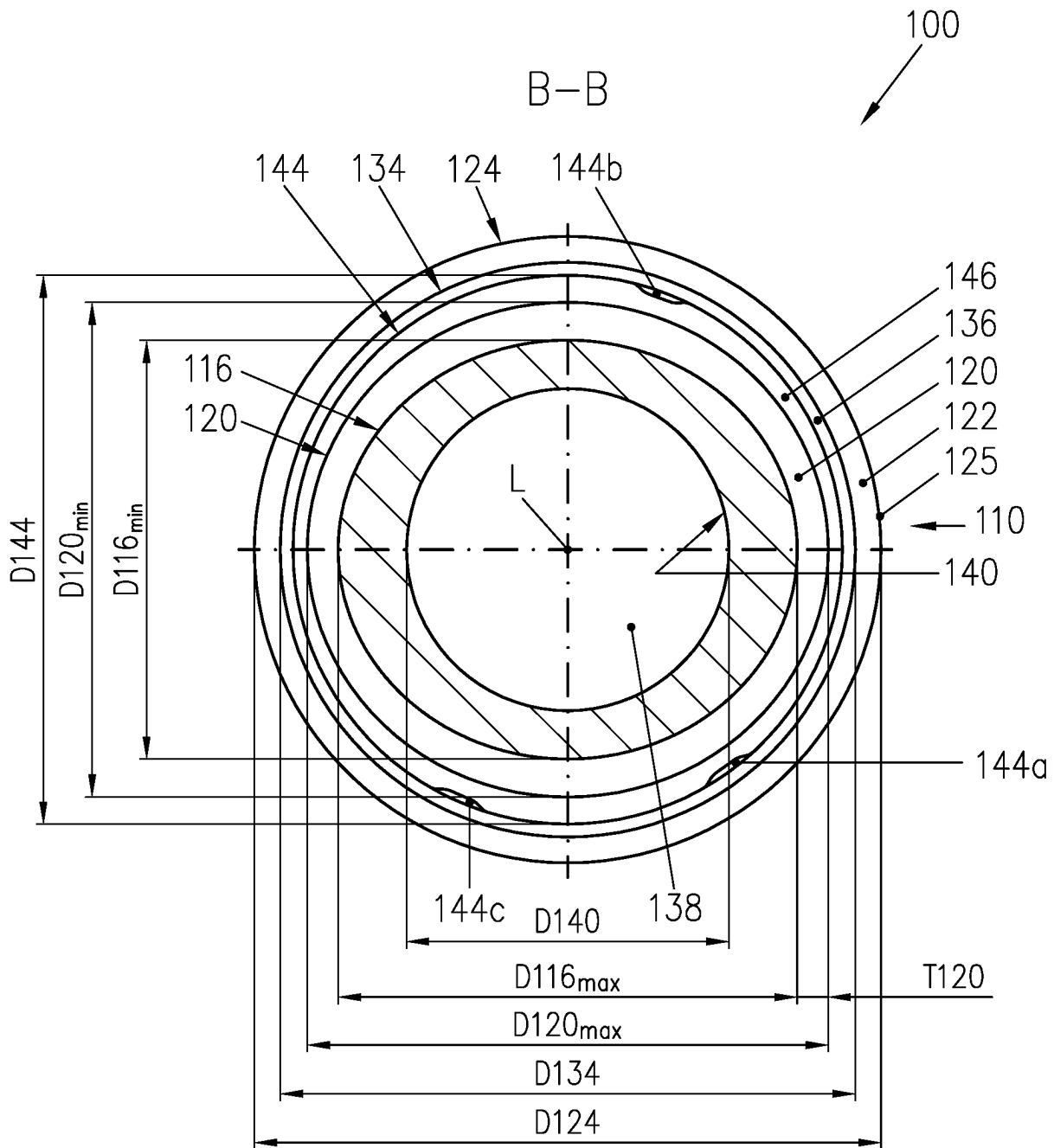
Figur 17b



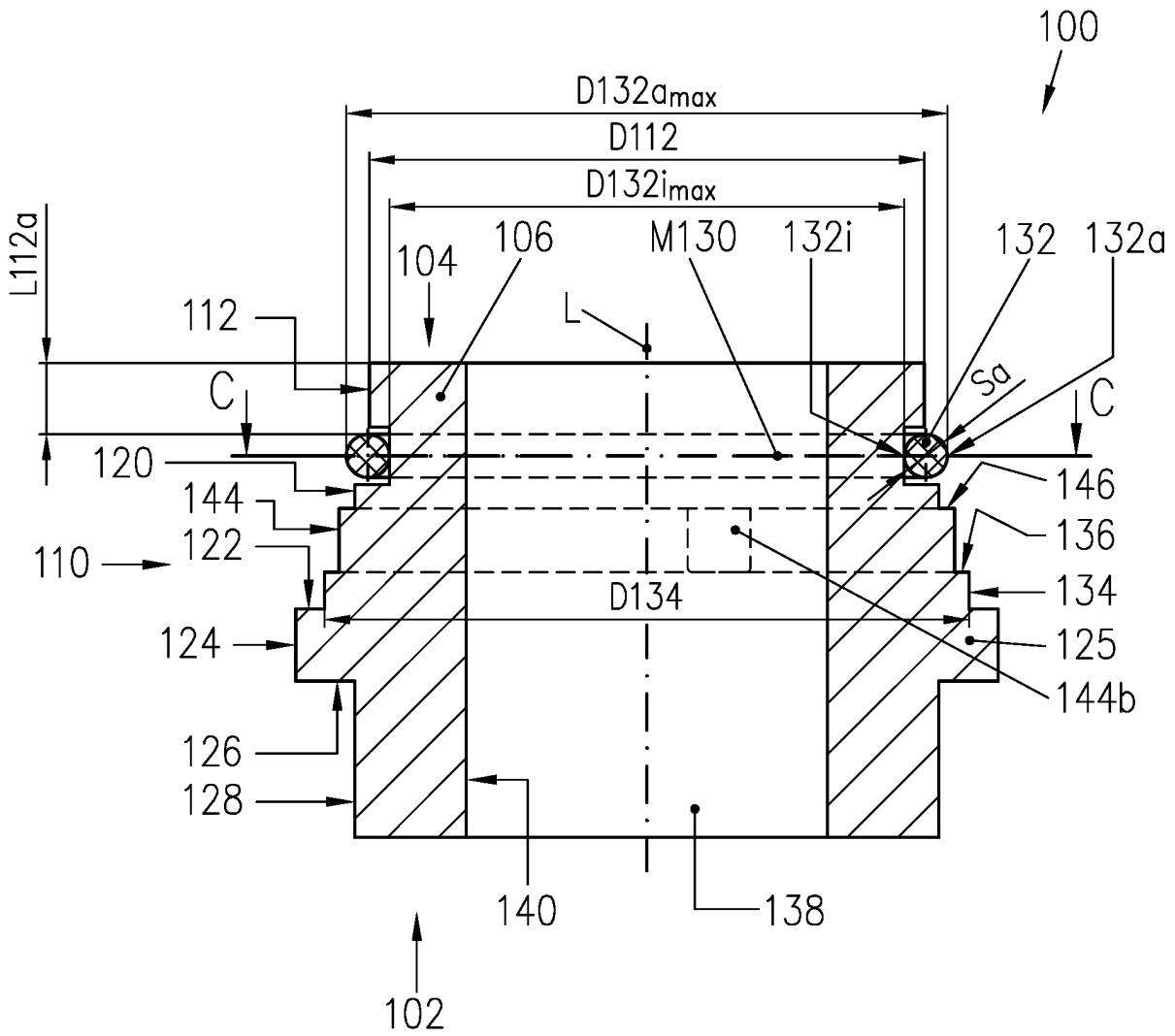
Figur 18



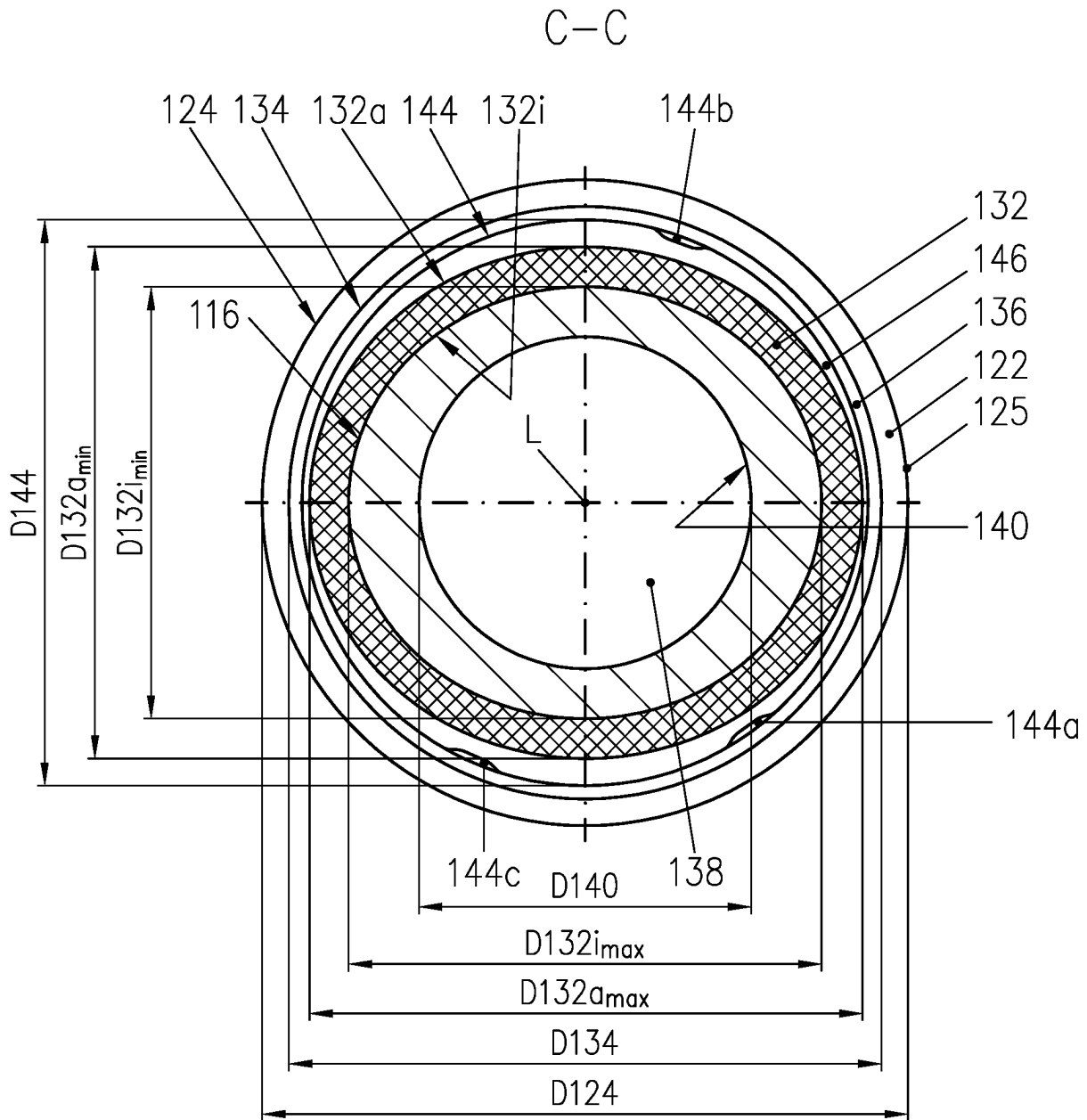
Figur 18a



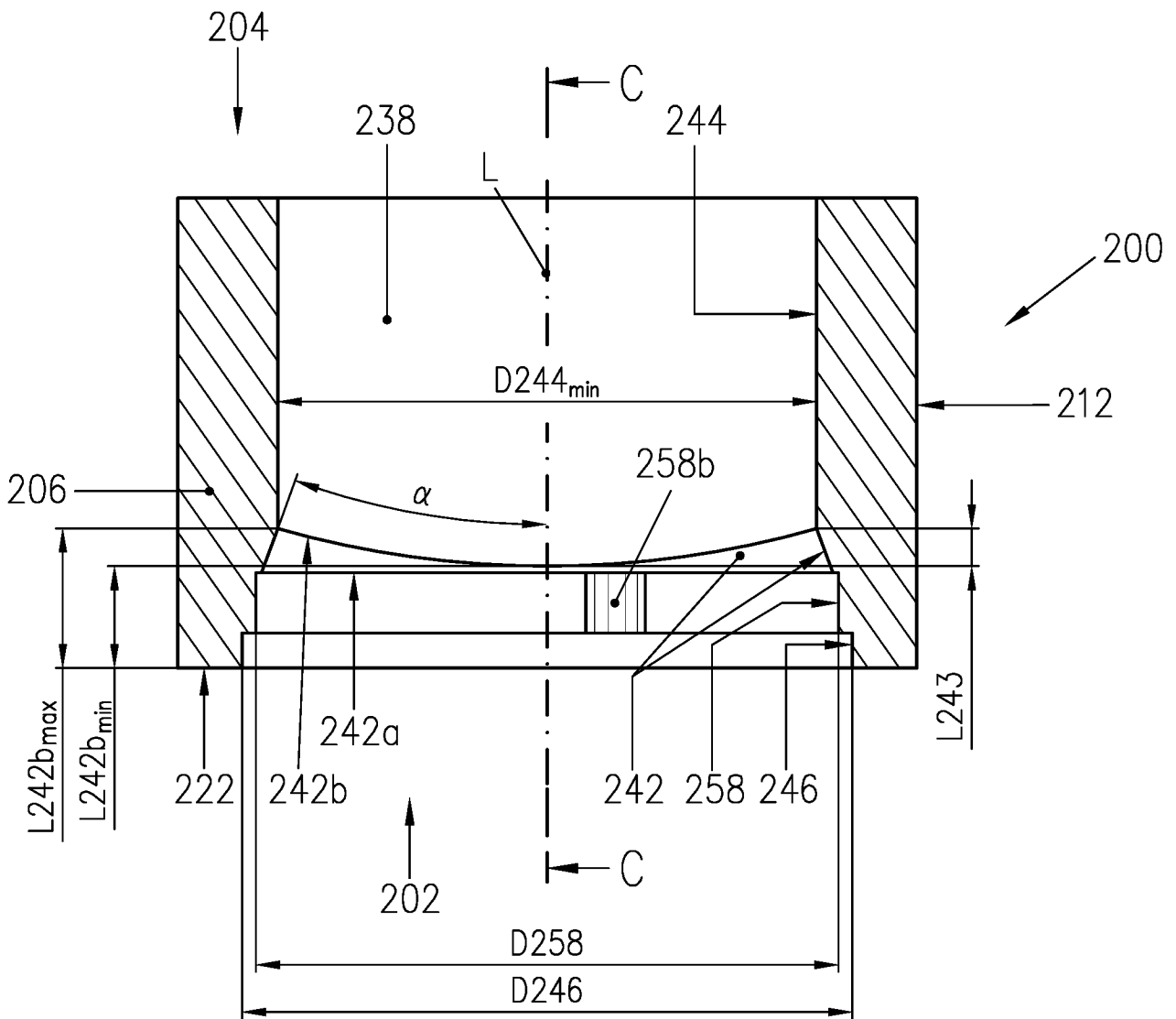
Figur 18b



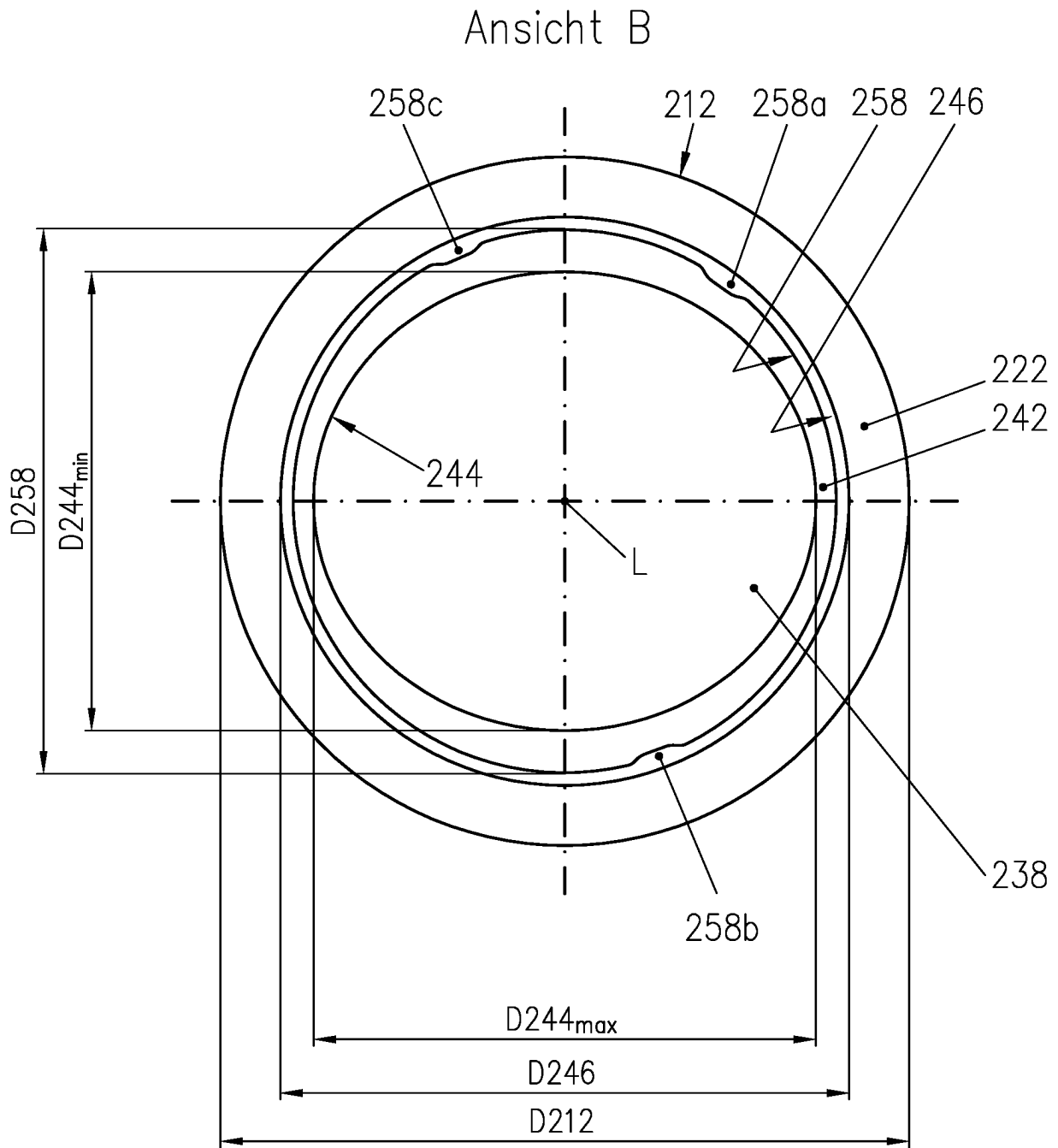
Figur 18c



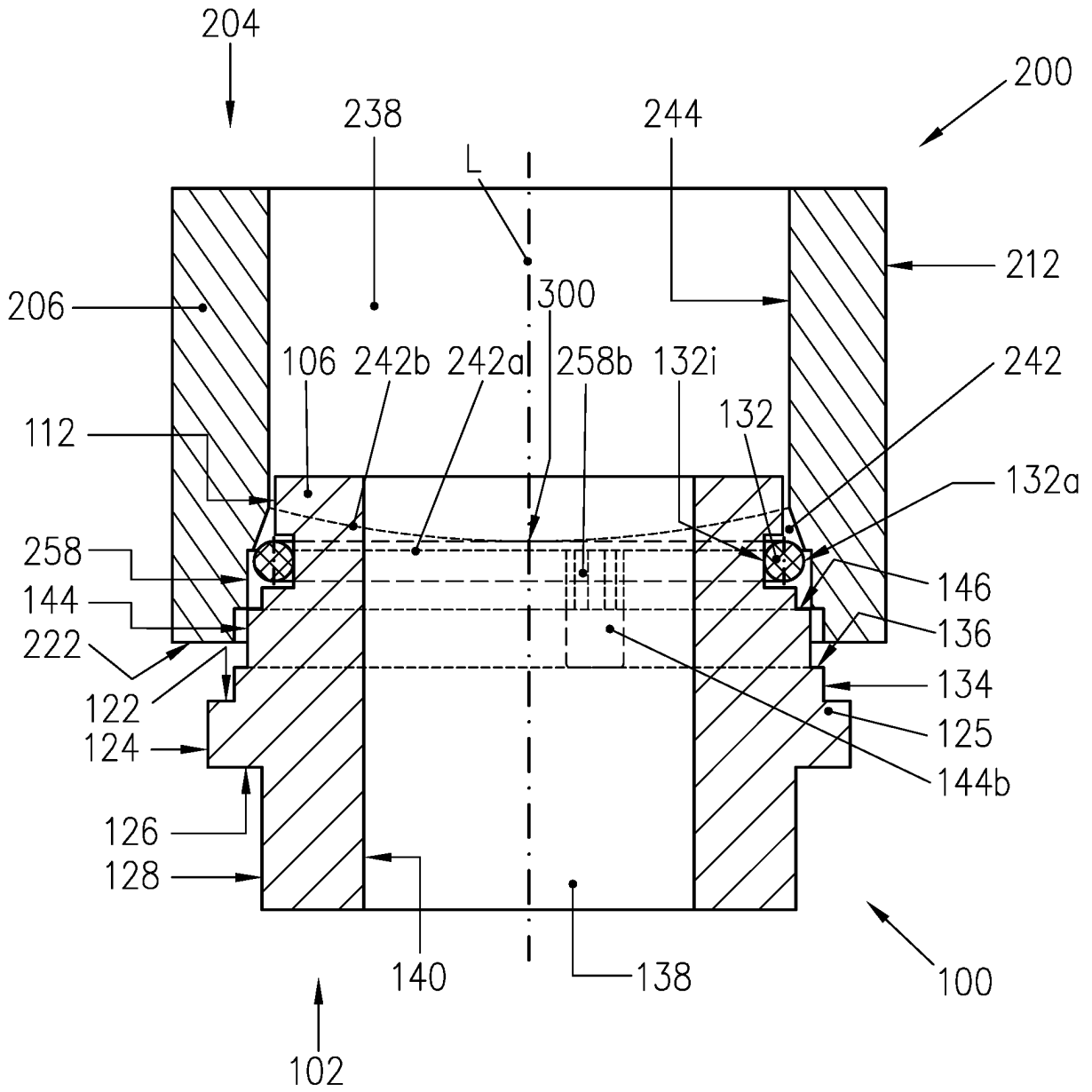
Figur 18d



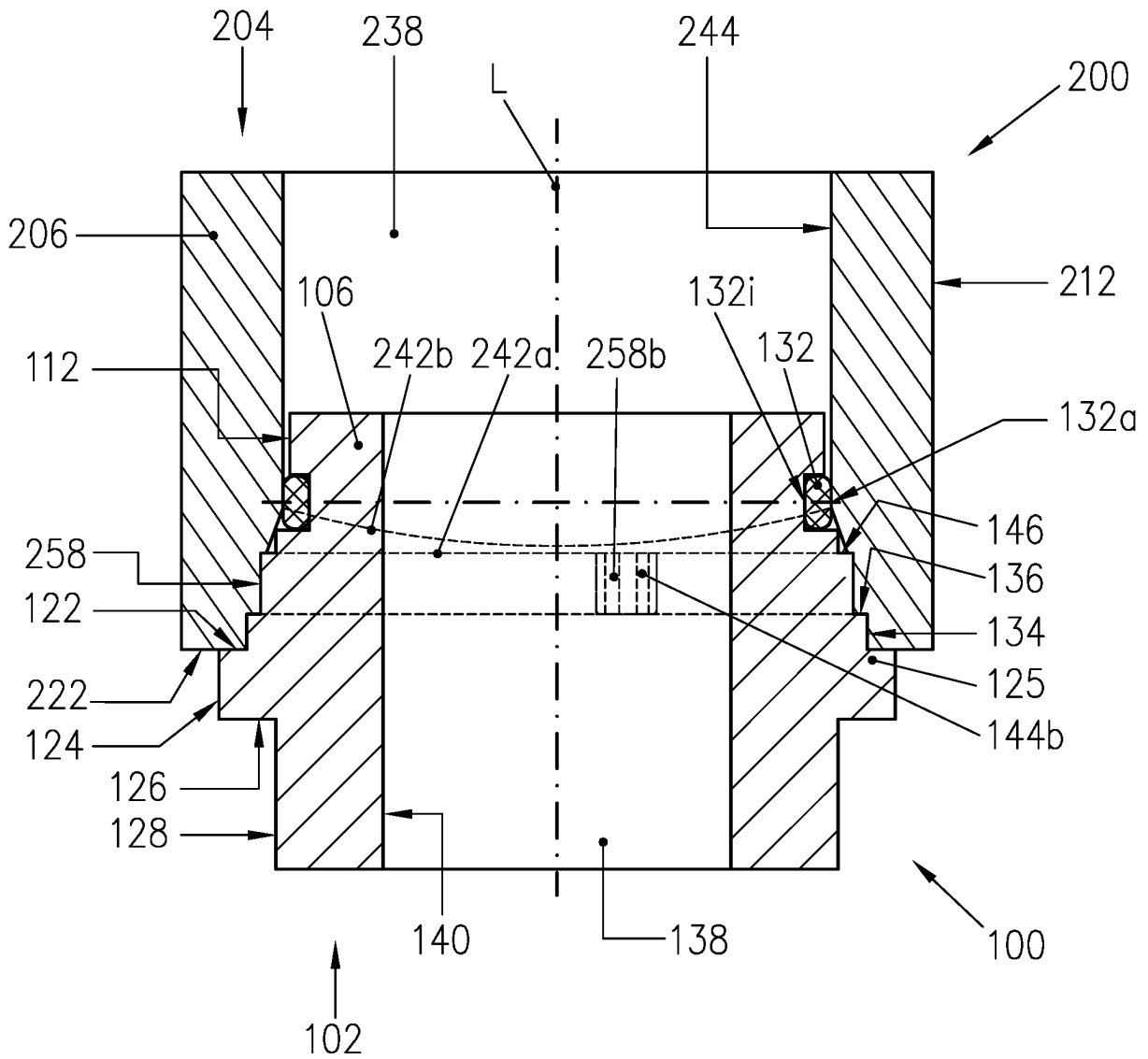
Figur 19



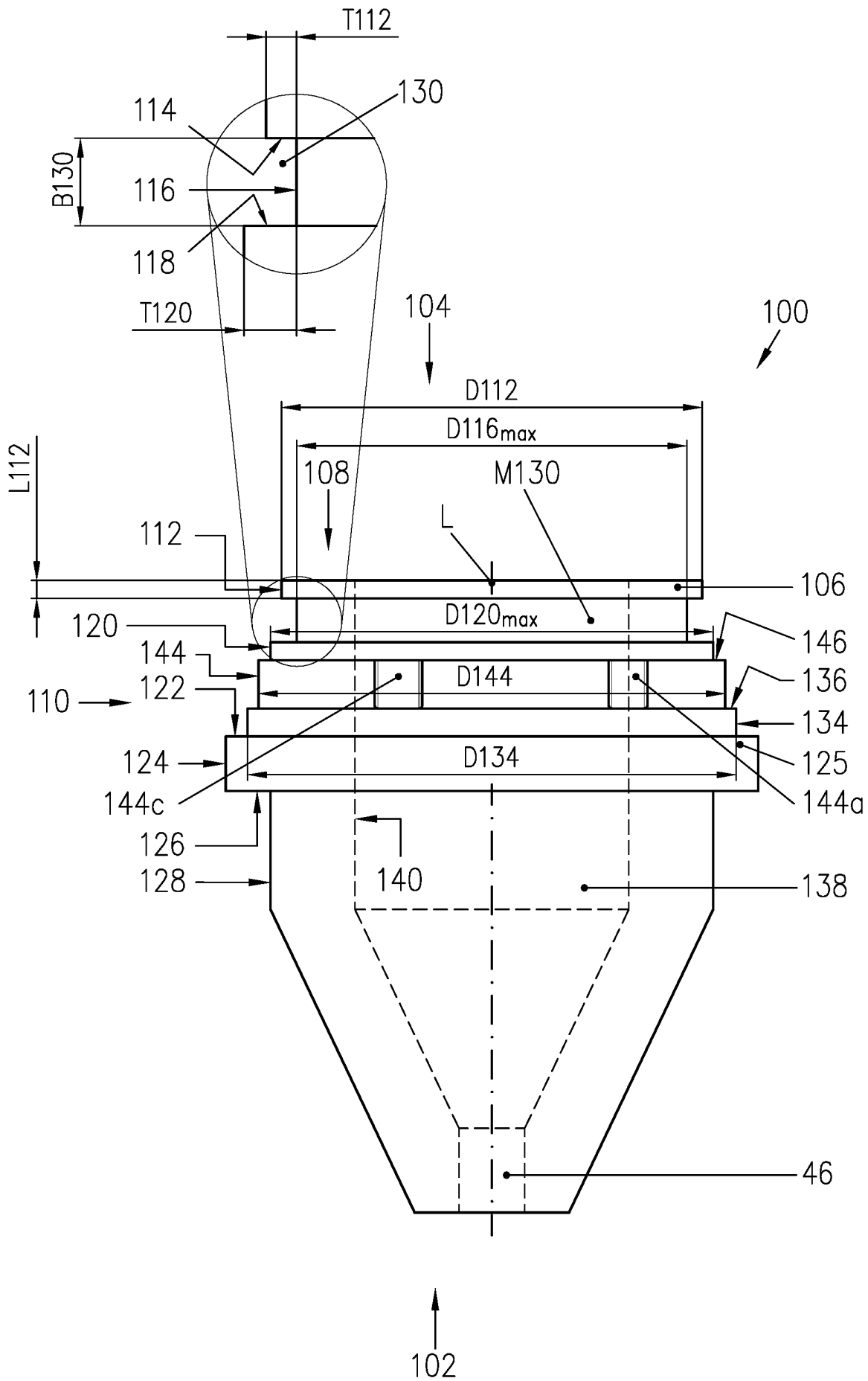
Figur 19b



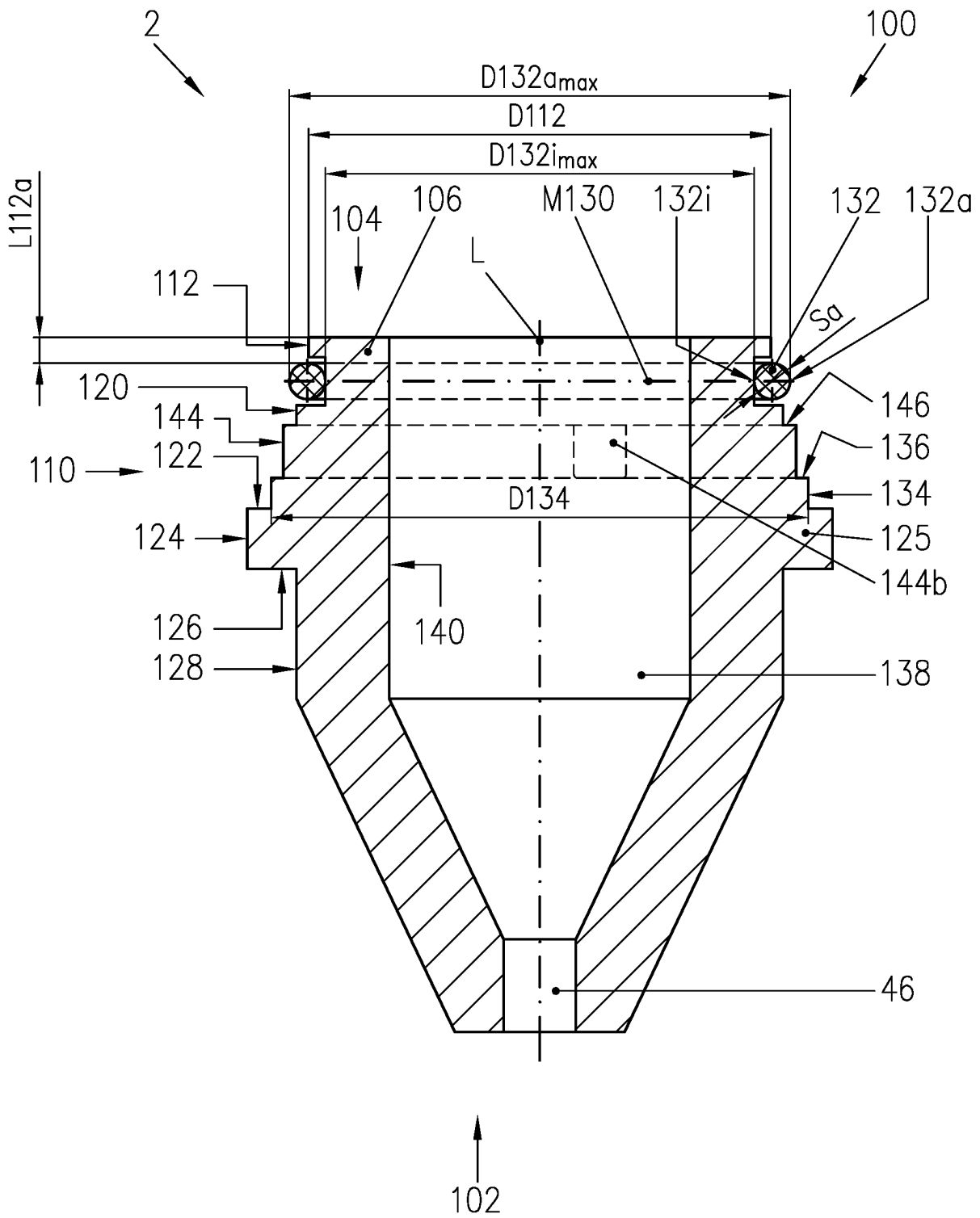
Figur 20a



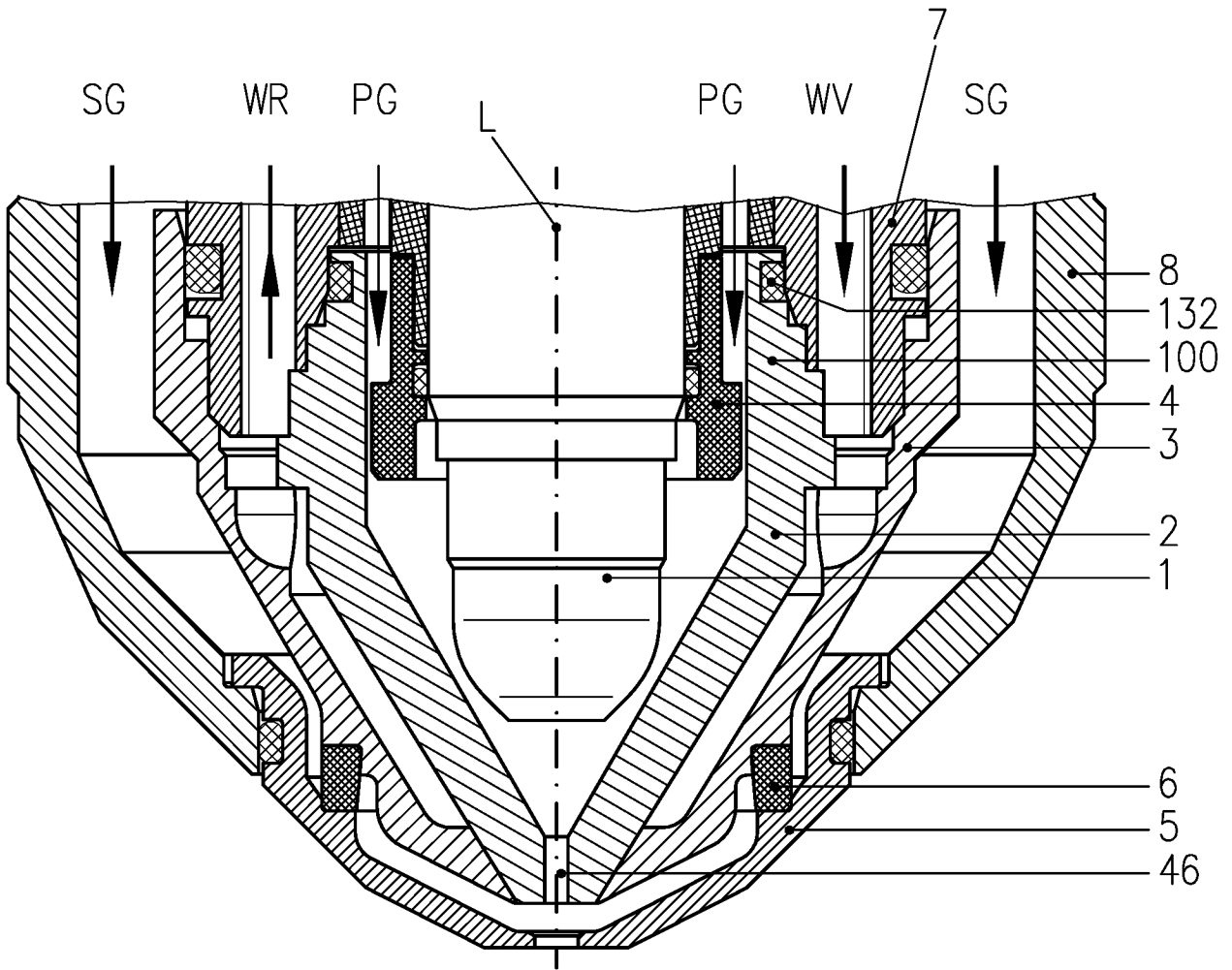
Figur 20b



Figur 21



Figur 21a



Figur 22