



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 12 461 T2 2004.08.12**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 110 019 B1**

(51) Int Cl.7: **F16L 15/06**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 12 461.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/FR99/02084**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 940 270.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/14441**

(86) PCT-Anmeldetag: **02.09.1999**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **16.03.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.06.2001**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **29.10.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.08.2004**

(30) Unionspriorität:

<b>9811278</b>	<b>07.09.1998</b>	<b>FR</b>
<b>9900161</b>	<b>06.01.1999</b>	<b>FR</b>

(74) Vertreter:

**Beetz & Partner, 80538 München**

(73) Patentinhaber:

**Vallourec Mannesmann Oil & Gas France,  
Aulnoye-Aymeries, FR; Sumitomo Metal  
Industries, Ltd., Osaka, JP**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

**NOEL, Thierry, F-59990 Sebourg, FR; VARENNE,  
Emmanuel, F-69400 Villefranche s/Saone, FR**

(54) Bezeichnung: **METALLROHRSCRAUBVERBINDUNG MIT HOHEM DREHMOMENT**

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

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

### Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Schraubverbindungen von zwei Metallrohren mit konischem Gewinde und trapezförmigen Gewindegängen.

[0002] Solche Verbindungen sind bekannt, sie werden insbesondere verwendet, um Säulen von Futter- oder Steigrohren oder Säulen von Gestängerohren für Kohlenwasserstoffbrunnen zu bilden.

[0003] In der nachfolgenden Beschreibung deckt der Begriff "Schraubverbindung von zwei Metallrohren" sowohl die sogenannte integrale Verbindung zwischen zwei Rohren großer Länge als auch die Verbindung zwischen einem ersten Rohr großer Länge und einem zweiten Rohr geringer Länge, wie zum Beispiel einer Muffe, ab.

[0004] Das American Petroleum Institute (API) definiert:

- in seiner Spezifikation API 5CT Metallrohre und Gewindeverbindungen von Metallrohren für den Betrieb und die Verrohrung von Kohlenwasserstoffbrunnen,
- und in seiner Spezifikation API 5B Standardformen von konischen Gewinden für solche Verbindungen.

[0005] Die Gewindegänge dieser Verbindungen können vom trapezförmigen Typ sein und dann auf dem Einsteck- und dem Aufnahmeelement je einen Gewindegrund, einen Gewindegewinde und zwei Flanken, d. h. eine Trägerflanke und eine Eingriffsflanke, aufweisen.

[0006] Die Gewindegründe und die Gewindegewinde sind meist parallel zum Gewindekonus.

[0007] Die Trägerflanken werden so genannt, weil sie, indem sie aufeinander aufliegen, wenn die Verbindung Zugkräften ausgesetzt wird, zum Beispiel aufgrund des Gewichts der Rohre, es der Verbindung ermöglichen, diesen Zugkräfte standzuhalten. Die Trägerflanken sind auf den Gewindegängen entgegengesetzt zu den Eingriffsflanken angeordnet.

[0008] Beim Zusammenschrauben einer solchen Verbindung kommen, unter Berücksichtigung der Konizität der Gewinde, die Gewindeganggründe eines der Elemente zu einem gegebenen Zeitpunkt, der einer gegebenen Stellung des Einsteck- und des Aufnahmeelements zueinander entspricht, mit den Gewindegangsgewinde des anderen Elements in Kontakt.

[0009] Wenn das Schrauben des Einsteckelements in das Aufnahmeelement über diese Stellung hinaus weitergeführt wird, interferieren die Außengewindegänge radial mit den Innengewindegängen, was zu einer Aufdehnung des Aufnahmeelements und einer Verengung des Einsteckelements führt; eine solche Interferenz muss begrenzt werden, um keine übermäßigen Beanspruchungen oder Verformungen zu entwickeln.

[0010] Die diametrale Interferenz zwischen den einander zugeordneten Punkten von zwei drehsymmetrischen Flächen, die radial interferieren, wird allgemein als der Durchmesserunterschied des Querschnitts der Flächen in diesen Punkten definiert, Unterschied, der vor der Verbindung gemessen und positiv gezählt wird, wenn die beiden Flächen nach der Verbindung einen Kontaktdruck zwischen den einander zugeordneten Punkten ausüben.

[0011] Um diese Beanspruchungen oder diese Verformungen zu begrenzen, kann man eine ringförmige Auflagefläche mit einer in Bezug auf die Achse der Verbindung im wesentlichen in Querrichtung weisenden Ausrichtung auf dem Einsteckelement und auf dem Aufnahmeelement anordnen, Auflageflächen, die so positioniert werden, dass sie zu einem gegebenen Zeitpunkt des Schraubvorgangs aufeinander in Anschlag gelangen und so eine Endstellung des Verbindungsvorgangs genau definieren.

[0012] Die Endstellung des Verbindungsvorgangs wird zum Beispiel von dem Moment definiert, das notwendig ist, um in diese Stellung zu gelangen.

[0013] Die Verwendung von in Anschlag liegenden Auflageflächen, um die Verbindung zu positionieren, hat weitere Vorteile:

- Unterspannungsetzen der Trägerflanken der Gewinde der Verbindung, die dann bereit sind, den Zugbeanspruchungen standzuhalten, denen die Verbindung im Betrieb ausgesetzt sein kann,
- präzise Positionierung des Einsteck- und des Aufnahmeelements, die es ermöglicht, wenn das Einsteckelement und das Aufnahmeelement je eine Dichtungslagerfläche aufweisen, die radial mit derjenigen interferiert, die auf dem zugeordneten anderen Element angeordnet ist, einen hohen Metall-Metall-Kontaktdruck zwischen den Lagerflächen zu garantieren, ohne die Gefahr, diese zu plastifizieren,
- verringerte Gefahren eines zufälligen Lösens der Schraubverbindung aufgrund des zu überwindenden Schraubmoments, ehe die Schraubverbindung gelöst werden kann, wobei dieses Moment genau definiert und immer größer als ein Mindestwert ist.

[0014] Das Patent EP 488.912 beschreibt eine solche Verbindung mit ineinander geschraubten, konischen Gewinden, einem Paar von Metall-Metall-Dichtungslagerflächen, die radial interferieren, und einem Paar von in Anschlag liegenden Auflageflächen, d. h. einer konischen konkaven Fläche am Ende des Einsteckelements und einer ringförmigen konvexen Fläche, die eine innere Schulter auf dem Aufnahmeelement bildet.

[0015] Eine solche Gewindeverbindung kann mit Nennschraubmomenten verschraubt werden, die zum Bei-

spiel bis zu 34 kN·m (25000 lbf·ft) gehen können, was in den meisten Fällen ausreicht.

[0016] Es kann aber notwendig sein, die Verbindung mit noch höheren Momenten verschrauben zu müssen, insbesondere im Fall von Futterrohren für mehrfache Bohrloch-Ablenkungen oder für waagrechte Bohrbrunnen, die es ermöglichen, ausgehend von einem einzigen Standort einen weiten Bereich auszubeuten.

[0017] Die Verwendung von Techniken des Indrehungsversetzens der am Ende Gestängerohre aufweisenden Säule ("drilling liner") ermöglicht außerdem eine bessere Versteinung von waagrecht Bohrbrunnen, erfordert aber Rohrverbindungen, die mit größeren Momenten verschraubt werden als das Moment des Indrehungsversetzens der Säule, wenn man beim Drehen der Säule eine Drehung der mit Gewinde versehenen Elemente zueinander verhindern will, da eine Drehung zwischen Elementen möglicherweise die Nutzungseigenschaften der Verbindungen, insbesondere ihre Dichtheit, verändern kann.

[0018] Die nachfolgende Tabelle 1 soll einen Eindruck der Schraubmomentwerte vermitteln, die für solche Anwendungen erwünscht sind.

Außendurchmesser des Rohrs		Schraubmomentwert	
(mm)	( " )	(kN.m)	(lbf.ft)
101,6- 139,7	4"- 5"1/2	20-34	15000-25000
168,3 - 177,8	6"5/8 - 7"	27-41	20000-30000
244,5	9"5/8	54-88	40000-65000

Tabelle 1: gewünschter Schraubmomentwert

[0019] Die in Anschlag liegenden Auflageflächen können solche Momentwerte nicht ohne Beschädigung aushalten, es sei denn, die radiale Breite der Auflageflächen wird vergrößert, aber dann müssen Rohre mit sehr großer Wandstärke verwendet werden, die mit den Benutzungsbedingungen unvereinbar sein können.

[0020] Es ist also notwendig, andere Mittel als die in Anschlag liegende Auflageflächen zu verwenden, um hohe Schraubmomente zu absorbieren.

[0021] Die Patentanmeldung WO 94/29627 beschreibt eine Gewindeverbindung mit konischem Gewinde und Keil genannten, trapezförmigen Gewindegängen, die die allgemeine Form eines Schwalbenschwanzes und insbesondere die Form eines halben Schwalbenschwanzes haben.

[0022] Diese Gewindegänge werden Keile oder mit variabler Breite genannt, da die Breite der Außen- und Innengewindegänge von einem Ende des Gewindes zum anderen und in zwischen dem Außengewinde und dem Innengewinde koordinierter Weise variiert.

[0023] Diese Gewindegänge werden mit halbem Schwalbenschwanz genannt, da sie über die Gewindegangründe nur auf einer von deren Seiten überstehen, entweder auf der Seite der Trägerflanken oder auf der Seite der Eingriffsflanken, und da der Winkel zwischen der Trägerflanke und der Senkrechten zur Achse der Verbindung und derjenige zwischen der Eingriffsflanke und dieser Senkrechten derart sind, dass die Breite der Gewindegänge an ihrem Scheitel größer ist als an ihrer Basis.

[0024] Wenn man gemäß dieser Druckschrift WO 94/29627 das Einsteckelement in das Aufnahmeelement einführt, liegen die schmalsten Gewindegangscheitel den breitesten Gewindegangründen gegenüber, und es gibt ein großes axiales Spiel zwischen den einander zugeordneten Flanken der Gewinde.

[0025] Im Laufe des Einschraubens des Einsteckelements in das Aufnahmeelement verringert sich das axiale Spiel bis in eine Stellung, in der die beiden Außenflanken mit den ihnen zugeordneten Innenflanken in Kontakt gelangen.

[0026] Jenseits dieser Stellung hemmen die Innenflanken die Außenflanken, und daraus folgt eine sehr schnelle Erhöhung der Schraubmomentkurve in Abhängigkeit von der Drehung.

[0027] Eine solche Verbindung gemäß der Druckschrift WO 94/25627 ermöglicht es zwar, unter Berücksichtigung der entwickelten Oberfläche der Gewinde ein großes Schraubmoment durchzulassen, aber sie weist mehrere beträchtliche Nachteile auf.

[0028] Zunächst sind die Keilgewinde mit variabler Breite teuer in der Bearbeitung und schwierig in der Überprüfung.

[0029] Außerdem bilden die spitzen Winkel der Schwalbenschwänze oder der halben Schwalbenschwänze, die auf der Seite der Trägerflanke und/oder auf der Seite der Eingriffsflanke angeordnet sind, scharfe Kanten, die für Stöße empfindlich sind, und die aus solchen Stößen entstehenden Grate verschlechtern den Betrieb der Verbindung.

[0030] Diese scharfen Kanten erzeugen auch Einkerbungen am Fuß der Gewindegänge und folglich eine größere Zerbrechlichkeit im Betrieb.

[0031] In der vorliegenden Erfindung wurde danach getrachtet, eine Gewindeverbindung herzustellen, die mit einem hohen Schraubmoment T geschraubt werden kann, die diese Nachteile nicht aufweist, und insbesondere eine Gewindeverbindung, bei der die spanende Bearbeitung der Elemente wirtschaftlich ist, und die auf der Baustelle einfach gehandhabt werden kann.

[0032] Es wurde außerdem danach getrachtet, eine Gewindeverbindung zu erhalten, deren gewünschtes Schraubmoment nach einer merklichen Drehung, zum Beispiel in der Größenordnung von einer ganzen Umdrehung, oder sogar mehr, erhalten wird.

[0033] Es wurde außerdem danach getrachtet, dass bei bestimmten Konfigurationen die Neigung der Kurve Schraubmoment-Drehmoment ausgehend von einem gegebenen Wert des Moments abnimmt, und so eine Eigenschaft der Selbstbegrenzung des Schraubmoments übermittelt.

[0034] Es wurde zudem danach getrachtet, eine Verbindung zu erhalten, die besonders dicht gegenüber inneren und/oder äußeren Fluiden ist, selbst nach mehreren Vorgängen des Festschraubens und des Losschraubens.

[0035] Die Gewindeverbindung zwischen zwei Metallrohren gemäß der vorliegenden Erfindung weist ein Einsteckelement am Ende eines ersten Rohres auf, das in ein Aufnahmeelement am Ende eines zweiten Rohrs geschraubt wird.

[0036] Das Einsteckelement weist außen ein konisches Außengewinde mit trapezförmigen Gewindegängen auf, bei denen die Breite der Gewindegangsscheitel geringer ist als die Breite der Basis des Gewindegangs.

[0037] Das Aufnahmeelement weist innen ein konisches Innengewinde mit trapezförmigen Gewindegängen auf, deren Form derjenigen des Außengewindes entspricht.

[0038] Unter einem Innengewinde, dessen Form derjenigen des Außengewindes entspricht, versteht man hier, dass die Konizität und die Gewindesteigung des Innengewindes im wesentlichen gleich denjenigen des Außengewindes sind, und dass die Form der Innengewindegänge im wesentlichen gleich der der Außengewindegänge ist, wobei die Neigung der Trägerflanken und der Eingriffsflanken der Innengewindegänge auf die Achse der Verbindung insbesondere gleich derjenigen der zugeordneten Flanken der Außengewindegänge ist, während die Breite der Innengewindegangsscheitel geringer ist als diejenige ihrer Basis, wie bei den Außengewindegängen. Natürlich ist umgekehrt das Außengewinde dann von dem Innengewinde zugeordneter Form.

[0039] Die Breite der Gewindegangsscheitel auf dem Außengewinde und dem Innengewinde ist größer als diejenige der Gewindeganggründe des jeweils zugeordneten Gewindes.

[0040] Das Einsteckelement wird durch Einschrauben im Aufnahmeelement in einer relativen Stellung dieser beiden Elemente positioniert, die sich jenseits derjenigen befindet, in der während des Schraubvorgangs die beiden Flanken der Außengewindegänge mit den beiden Flanken der Innengewindegänge in Kontakt gelangen, um eine axiale Hemmung der Außengewindegänge durch die Innengewindegänge und umgekehrt zu erzeugen.

[0041] Unter Berücksichtigung der einander zugeordneten Form der verwendeten trapezförmigen Außen- und Innengewindegänge und der Tatsache, dass ihre Breite am Gewindegangsscheitel geringer ist als an der Basis, dringen die Außen- und Innengewindegänge im Laufe der axialen Vorwärtsbewegung der Gewindegänge während des Schraubvorgangs radial keilförmig in die jeweils zugeordneten Vertiefungen ein, und bewirken so jenseits der Kontaktstellung der beiden einander zugeordneten Flanken eine axiale Hemmung der Außengewindegänge durch die Innengewindegänge und umgekehrt.

[0042] Diese Hemmung über die ganze Oberfläche der Flanken äußert sich in der Möglichkeit, in den Gewindegängen einen hohen Wert eines Schraubmoments T zu absorbieren.

[0043] Die Eigenschaften solcher Gewindegänge führen dazu, dass sie wirtschaftlich hergestellt werden können, einfach zu überprüfen und wenig empfindlich bei der Verwendung sind.

[0044] Die Patentanmeldung EP 454.147 beschreibt ebenfalls eine Gewindeverbindung mit konischem Gewinde und trapezförmigen Gewindegängen, bei der die Breite der Innengewindegangsscheitel größer ist als die der Außengewindeganggründe, und bei der am Ende des Verbindungsvorgangs die beiden Flanken des Gewindes des einen Elements mit denjenigen des Gewindes des ihm zugeordneten Elements zumindest über einen Teil des Gewindes in Kontakt stehen.

[0045] Gemäß dieser Druckschrift EP 454147 wird aber nur danach getrachtet, einen einfachen Kontakt, übrigens sogar nur teilweise, zwischen einander zugeordneten Flanken herzustellen, so dass, wenn die Verbindung druckbeansprucht wird, nachdem sie vorher zugbeansprucht wurde, aufgrund eines vorher zwischen den Eingriffsflanken existierenden, axialen Spiels keine Neupositionierung dieser Flanken erfolgt, die eine Plastifizierung des Metalls, insbesondere der Dichtungslagerflächen, und dadurch bei einer späteren erneuten Zugbeanspruchung der Verbindung die Gefahr eines Lecks erzeugen könnte. Um einen solchen einfachen Kontakt der Gewindegänge am Ende des Verbindungsvorgangs zu erhalten, sieht die Druckschrift EP 454147 zwingend die Verwendung von Positioniermitteln für die Elemente vor, d. h. einer Querauflagefläche auf jedem Element, wobei jede Auflagefläche in der Lage ist, mit derjenigen des zugeordneten Elements in Anschlag zu gebracht zu werden. Die zugeordneten Außeneingriffsflanken und Inneneingriffsflanken sind so angeordnet, dass zwischen ihnen vor dem Kontakt zwischen den Auflageflächen ein minimales axiales Spiel existiert, das bis auf

Null oder praktisch Null abnimmt, wenn die Lagerflächen in Anschlag gebracht werden. Diese in Anschlag liegenden Querflächen ermöglichen außerdem in klassischer Weise das Absorbieren des Schraubmoments, wobei die Druckschrift EP 454147 keineswegs eine Gewindeverbindung mit hohem Schraubmoment offenbart.

[0046] Bei der vorliegenden Erfindung ist am Ende des Schraubvorgangs die diametrale Interferenz zwischen den Gewindegangsscheiteln des Außen- bzw. des Innengewindes und den Gewindeganggründen des zugeordneten Gewindes vorzugsweise negativ oder null.

[0047] In sehr bevorzugter Weise verbleibt zu diesem Zweck, wenn die beiden Flanken des Außengewindes während des Schraubvorgangs mit den ihnen zugeordneten Flanken des Innengewindes in Kontakt gelangen, ein radiales Spiel von mindestens gleich 0,15 mm zwischen einander zugeordneten Gewindegangsscheiteln und Gewindeganggründen.

[0048] In einer bevorzugten Variante ist die diametrale Interferenz zwischen den Gewindegangsscheiteln eines einzigen der beiden Gewinde, des Außen- bzw. des Innengewindes, und den Gewindeganggründen des zugeordneten Gewindes am Ende des Schraubvorgangs positiv.

[0049] Um eine wirksame axiale Hemmung der Gewindegänge durch Keilwirkung zu erhalten, ist vorzugsweise der Winkel  $\delta$  zwischen der Trägerflanke und der Eingriffsflanke der Außen- oder Innengewindgänge geringer als oder gleich  $20^\circ$ .

[0050] Er liegt sehr bevorzugt zwischen  $7^\circ$  und  $20^\circ$ , und insbesondere nahe  $10^\circ$ .

[0051] Weiter vorzugsweise überlagern bei jedem der Außen- und Innengewinde die Gewindegangsscheitel die Gewindeganggründe des gleichen Gewindes auf der Seite der Trägerflanken, wobei der Winkel  $\alpha$  zwischen der Trägerflanke und der Senkrechten zur Achse der Verbindung negativ gezählt wird und zwischen 0 und  $-15^\circ$  liegt.

[0052] Wenn man eine zu starke Keilwirkung abmildern möchte, die eine zu starke Neigung  $dT/dN$  der Kurve des Schraubmoments in Abhängigkeit von der Anzahl von Umdrehungen bewirken würde, weist vorteilhafterweise mindestens eines der Außen- und/oder Innengewinde eine Kehle auf, die am Gewindegangsscheitel über die ganze oder einen Teil der Länge des (der) Gewindes) mündet.

[0053] Eine solche Kehle erhöht die Elastizität des Gewindegangs und verringert etwas die Hemmkräfte, umso mehr, wenn die Kehle eine große Tiefe und Breite aufweist. Daraus folgt eine merkliche Verringerung der Neigung  $dT/dN$  der Kurve des Schraubmoments in Abhängigkeit von der Anzahl von Umdrehungen, mit dem Nachteil einer leichten Verringerung des maximalen Schraubmoments. Man kann so die Gesamtheit der beiden Eigenschaften des maximalen Schraubmoments und der Neigung  $dT/dN$  optimieren.

[0054] Aus der Druckschrift FR 2.408.061 sind Gewindeverbindungen mit trapezförmigen Gewindegängen bekannt, bei denen einer der Gewindegänge eine Art Kehle aufweist, die am Gewindegangsscheitel mündet.

[0055] Diese Kehle ist aber eng mit Flankenstrukturen des Gewindegangs verbunden, die es ermöglichen, eine sogenannte selbsthemmende Verbindung zu erhalten, d. h., die gegenüber dem Lösen der Schraubverbindung fest ist; hierzu ist die Neigung der Gewindegangflanken mit Kehle anders als diejenige der Gewindegangflanken ohne Kehle und derart, dass die Breite der Kehle an ihrer Öffnung sich beim Schraubvorgang unter der Wirkung der Biegekräfte verringert, die von den Ausrichtungsabweichungen der zugeordneten Gewindegangflanken stammen.

[0056] Diese Druckschrift offenbart in keiner Weise die Funktion der erfindungsgemäßen Verbindungsmittel und ist nicht auf Gewindegänge anwendbar, die erfindungsgemäße Eigenschaften aufweisen, d. h. eine einander zugeordnete Form der Außen- und Innengewindgänge.

[0057] Vorzugsweise hat die Kehle erfindungsgemäß eine Tiefe höchstens gleich der Höhe des Gewindegangs, und die Breite der Kehle an ihrer Öffnung am Gewindegangsscheitel beträgt höchstens  $2/3$  der Breite des Gewindegangs, wobei die Gewindeganghöhe der radiale Abstand, gemessen senkrecht zur Achse der Verbindung, zwischen dem Hüllkonus der Gewindegangsscheitel und demjenigen der Gewindeganggründe ist, und die Gewindegangbreite parallel zur Achse der Verbindung auf halber Höhe des Gewindegangs gemessen wird.

[0058] Weiter vorzugsweise hat die Kehle gemäß einer axialen Längsebene ein U-förmiges Profil mit parallelen oder nicht parallelen Schenkeln oder ein V-förmiges Profil mit abgerundetem Boden.

[0059] Sehr vorzugsweise hat der abgerundete Boden der Kehle einen Radius von mindestens gleich 0,2 mm, um die Beanspruchungskonzentrationen am Boden der Kehle zu vermeiden.

[0060] Weiter vorzugsweise weist jedes der Einsteck- und Aufnahmeelemente mindestens eine Dichtungslagerfläche auf, wobei jede Einsteck-Dichtungslagerfläche im wesentlichen eine Längsausrichtung hat und am Ende des Verbindungsvorgangs radial mit einer zugeordneten Aufnahme-Dichtungslagerfläche interferiert, um die Dichtheit der Verbindung herzustellen.

[0061] Immer noch vorzugsweise weist jedes der Einsteck- und Aufnahmeelemente mindestens eine Auflagefläche mit im wesentlichen einer Querausrichtung auf, wobei mindestens eine Einsteck-Auflagefläche am Ende des Verbindungsvorgangs gegen eine Aufnahme-Auflagefläche in Anschlag kommt, um die Dichtungslagerflächen genau zu positionieren und so ihre Interferenz zu definieren.

[0062] Solche Auflageflächen haben dagegen nicht die Funktion, die Position des Endes des Verbindungs-

vorgangs beim Kontakt der Eingriffsflanken der Gewindegänge zu definieren.

[0063] Die folgenden Figuren stellen besondere und nicht einschränkend zu verstehende Ausführungsformen der Erfindung dar.

[0064] **Fig. 1** stellt im axialen Halbschnitt ein Ende eines Rohrs oder einer Muffe dar, das ein Aufnahmeelement einer erfindungsgemäßen Gewindeverbindung aufweist.

[0065] **Fig. 2** stellt im axialen Halbschnitt ein Ende eines anderen Rohrs dar, das ein Einsteckelement einer erfindungsgemäßen Gewindeverbindung aufweist.

[0066] **Fig. 3** stellt im axialen Halbschnitt die nach dem Zusammenschrauben der Elemente der **Fig. 1** und **2** erhaltene Gewindeverbindung dar.

[0067] **Fig. 4** stellt schematisch im axialen Halbschnitt ein Detail von einigen Innengewindegängen des Aufnahmeelements der **Fig. 1** dar.

[0068] **Fig. 5** stellt schematisch im axialen Halbschnitt ein Detail von einigen Außengewindegängen des Einsteckelements der **Fig. 2** dar.

[0069] **Fig. 6** stellt schematisch im axialen Halbschnitt ein Detail einiger Gewindegänge gemäß den **Fig. 4** und **5** während des Verbindungsvorgangs dar, wobei die Verbindung von der Art der **Fig. 3** ist.

[0070] die **Fig. 7** und **8** stellen eine Variante der **Fig. 4** und **5** dar.

[0071] **Fig. 9** stellt schematisch im axialen Halbschnitt ein Detail einiger Gewindegänge gemäß den **Fig. 7** und **8** nach ihrer Verbindung dar.

[0072] **Fig. 10** stellt eine Kurve des Schraubmoments  $T$  in Abhängigkeit von der Anzahl von Schraubumdrehungen  $N$  an zwei Varianten der Verbindung der **Fig. 6** dar.

[0073] **Fig. 11** stellt eine Variante der **Fig. 4** mit einer Kehle in den Innengewindegängen dar.

[0074] **Fig. 12** stellt eine Variante der **Fig. 5** mit einer Kehle in den Außengewindegängen dar.

[0075] **Fig. 13** stellt eine Kurve des Schraubmoments  $T$  in Abhängigkeit von der Anzahl von Schraubumdrehungen  $N$  an zwei Varianten der Verbindung der Elemente der **Fig. 11** und **12** dar.

[0076] **Fig. 14** stellt eine Anwendung der vorliegenden Erfindung auf eine gemuffte Gewindeverbindung dar.

[0077] **Fig. 3** stellt eine Gewindeverbindung **100** zwischen einem Einsteckelement **1** am Ende eines ersten Metallrohrs **101** und einem Aufnahmeelement **2** am Ende eines zweiten Metallrohrs **102** dar, welches ein Rohr großer Länge oder eine Muffe sein kann. Solche Gewindeverbindungen ermöglichen es zum Beispiel, Säulen von Futter- oder Steigrohren für Kohlenwasserstoffbrunnen zu bilden.

[0078] Das in **Fig. 2** dargestellte Einsteckelement **1** besitzt an seiner Außenfläche ein konisches Außengewinde **3** mit trapezförmigen Gewindegängen, und sein Ende, das auch das Ende des ersten Rohrs ist, weist eine ringförmige und quer verlaufende Einsteck-Endfläche **7** auf.

[0079] Das in **Fig. 1** dargestellte Aufnahmeelement **2** weist auf seiner Innenfläche ein konisches Innengewinde **4** auf, das dem Außengewinde **3** zugeordnet ist.

[0080] Die Verbindung der Rohre **101**, **102** wird dadurch erhalten, dass das Außengewinde **3** des Einsteckelements **1** in das Innengewinde **4** des Aufnahmeelements **2** geschraubt wird.

[0081] Die Verbindung der **Fig. 3** weist optional auf jedem der Elemente zusätzliche Mittel auf, wenn man wünscht, dass die Verbindung besonders dicht ist, d. h.:

a) auf dem Einsteckelement eine äußere und konische Einsteck-Dichtungslagerfläche **5**, deren Konizität im allgemeinen größer ist als diejenige des Außengewindes **3**; die Konizität der Einsteck-Dichtungslagerfläche **5** in Bezug auf den Durchmesser beträgt beispielsweise 20%;

b) auf dem Aufnahmeelement:

– eine innere und konische Aufnahme-Dichtungslagerfläche **6**, deren Konizität im wesentlichen gleich derjenigen der Einsteck-Dichtungslagerfläche **5** ist,

– eine Innenschulter mit einer ringförmigen und in Querrichtung verlaufenden Auflagefläche **8**.

[0082] Die Einsteck-Endfläche **7** kann in an sich bekannter Weise konisch konkav mit einem weit offenen Halbwinkel am Scheitel sein, zum Beispiel  $75^\circ$ , wobei die Aufnahme-Auflagefläche **8** in diesem Fall konvex mit dem gleichen Halbwinkel am Scheitel ist.

[0083] Die zusätzlichen Mittel **5**, **6**, **8**, die in Bezug auf die Erfindung optional sind, wirken folgendermaßen auf die Verbindung **100**.

[0084] Die Einsteck-Dichtungslagerfläche **5** interferiert radial mit der Aufnahme-Dichtungslagerfläche **6**, d. h., dass ihr Durchmesser an einem Bezugspunkt vor der Verbindung größer ist als der Durchmesser des zugeordneten Punkts der Aufnahme-Dichtungslagerfläche **6**, wobei der Durchmesser ebenfalls vor der Verbindung gemessen wird.

[0085] Während des Schraubvorgangs führt die Weiterverfolgung des Schraubvorgangs, nachdem der Kontakt zwischen den Dichtungslagerflächen erhalten wurde, zu einer zunehmenden diametralen Interferenz der Dichtungslagerflächen.

[0086] Die genaue Stellung am Ende des Verbindungsvorgangs wird durch das in Anschlag bringen der Einsteck-Endfläche **7** gegen die Auflagefläche **8** der inneren Schulter des Aufnahmeelements bestimmt, wodurch

ein genauer Wert der Interferenz zwischen den Dichtungslagerflächen **5**, **6** definiert wird.

[0087] Die Stellung am Ende des Verbindungsvorgangs kann insbesondere durch einen gegebenen Wert des Schraubmoments gekennzeichnet werden.

[0088] Die konische konkav-konvexe Form der Auflageflächen **7**, **8** verhindert das Lösen der Auflageflächen voneinander und erhöht den Kontaktdruck der Dichtungslagerflächen.

[0089] Die **Fig. 4**, **5** und **6** zeigen genauer die Eigenschaften des Außengewindes und des Innengewindes einer erfindungsgemäßen Verbindung.

[0090] Das Außengewinde **3** (**Fig. 5**) ist ein konisches Gewinde mit einer Steigung  $P$ , dessen Leitlinie **21** der Teilfläche (oder abgekürzt Teillinie) um einen Winkel  $\gamma$  auf die Achse der Verbindung geneigt ist, derart, dass  $\gamma = \arctan(TT/200)$ , wobei  $TT$  die Konizität des Gewindes bezogen auf den Durchmesser und ausgedrückt in % ist.

[0091] Die Außengewindegänge **11** sind trapezförmige Gewindegänge mit einem Gewindegangsscheitel **17**, zwei Flanken **13** und **15**, und werden von einem Gewindegrund **19** getrennt.

[0092] Die Gewindegangsscheitel **17** und die Gewindeganggründe **19** sind parallel zur Einsteck-Teillinie **21**.

[0093] Die Flanken bestehen aus einer Trägerflanke **13** und einer Eingriffsflanke **15**, wobei diese letztere zur Einsteck-Endfläche **7** weist.

[0094] Die Trägerflanke **13** und die Eingriffsflanke **15** sind je um einen Winkel  $\alpha$  bzw.  $\beta$  in Bezug auf die Senkrechte zur Verbindungsachse geneigt und weisen zwischen sich einen Winkel  $\delta$  auf.

[0095] Die Gewindegangsscheitel **17** überlagern die Gewindeganggründe **19** auf der Seite der Trägerflanken **13** in der Darstellung der **Fig. 5**, um beim Verbindungsvorgang ein Lösen der Gewindegänge voneinander zu verhindern. Üblicherweise wird der Winkel  $\alpha$  dann negativ gezählt, während der Winkel  $\beta$  auf der nicht überlagernden Seite positiv gezählt wird.

[0096] Der Winkel  $\delta$  ist gleich der algebraischen Summe von  $(\alpha + \beta)$ , und sein Scheitel ist zur Außenseite des Außengewindes gerichtet, so dass die Außengewindegänge **11** an ihrer Basis eine Breite  $l_1$  aufweisen, die größer ist als die Breite  $l_3$  an ihrem Scheitel.

[0097] Das Innengewinde **4** (**Fig. 4**) hat den Eigenschaften des Außengewindes **3** zugeordnete Eigenschaften.

[0098] Die Innen-Teillinie **22** des Innengewindes ist um einen Winkel  $\gamma$  auf die Verbindungsachse geneigt, der gleich dem Neigungswinkel der Außen-Teillinie **21** ist.

[0099] Die Scheitel **20** und Gründe **18** des Innengewindes sind parallel zur Innen-Teillinie **22**.

[0100] Die Trägerflanken **14** und die Eingriffsflanken **16** des Innengewindes sind um einen Winkel  $\alpha$  bzw.  $\beta$  in Bezug auf die Senkrechte zur Verbindungsachse geneigt und schließen zwischen sich einen Winkel  $\delta$  ein, wobei jeder dieser Winkel gleich dem zugeordneten Winkel auf dem Einsteck-Element ist.

[0101] Die Breite  $l_3$  des Einsteck-Gewindegangsscheitels **17** ist geringfügig größer als die Breite **16** des Grunds des Innengewindegangs **18**, zum Beispiel um 0,2 mm.

[0102] Die Breite  $l_4$  des Innengewindegangsscheitels **20** ist geringfügig größer als die Breite  $l_5$  des Außengewindeganggrunds **19**, zum Beispiel um 0,2 mm.

[0103] Wenn man das Außengewinde **3** in das Innengewinde **4** einschraubt, kommen zu einem gegebenen Zeitpunkt, der in **Fig. 6** dargestellt ist, die beiden Flanken **13**, **15** der Außengewindegänge **11** mit den beiden Flanken **14**, **16** der Innengewindegänge **12** über im wesentlichen die ganze Höhe dieser Flanken in Kontakt.

[0104] Dies rührt daher, dass die Breite  $l_3$  bzw.  $l_4$  der Außen- und Innengewindegangsscheitel größer als die Breite  $l_5$ ,  $l_6$  der zugeordneten Gründe und der zugeordneten Trapezform der Gewindegänge ist, mit  $l_1 > l_3$  und  $l_2 > l_4$ .

[0105] Wenn der Schraubvorgang fortgesetzt wird, dringen die Außengewindegänge **11** radial keilförmig in die Innenvertiefungen ein, und in gleicher Weise dringen die Innengewindegänge **12** radial keilförmig in die Außenvertiefungen ein.

[0106] Dadurch entsteht eine axiale Hemmung der Flanken der Außen- und Innengewindegänge, und es ist notwendig, das Moment stark zu erhöhen, um den Schraubvorgang fortzusetzen. Daraus folgt eine sehr starke Neigung  $dT/dN$  der Kurve des Moments in Abhängigkeit von der Anzahl von Umdrehungen  $T$  des Schraubvorgangs, unter Berücksichtigung der Fläche von hemmenden Flanken, die über im wesentlichen ihre ganze Höhe und ihre Länge in Kontakt sind.

[0107] Die Neigung  $dT/dN$  ist eine Funktion des Elastizitätsmoduls des Metalls der Elemente, der Konizität  $TT$  des Gewindes, der Länge des Gewindes, dessen mittleren Durchmessers, der Gewindeganghöhe, des Winkels  $\delta$  zwischen Flanken des gleichen Gewindegangs und des Reibungskoeffizienten zwischen Außen- und Innengewindegang. Es ist also möglich, die Neigung  $dT/dN$  vorherzubestimmen.

[0108] Damit der Außengewindegang und der Innengewindegang radial in die zugeordneten Vertiefungen eindringen können, ist es vorteilhaft, wenn der Winkel  $\delta$  des von den Flanken der Gewindegänge **11**, **12** gebildeten Keils nicht zu groß ist und z. B. unter  $20^\circ$  bleibt.

[0109] Ein zu kleiner Winkel  $\delta$  ist auch nicht wünschenswert, da die Keilwirkung schwieriger anzuwenden wäre: es wird bevorzugt, den Winkel  $\delta$  im Intervall  $(7^\circ, 20^\circ)$  zu wählen, wobei ein Winkel von  $10^\circ$  bevorzugt wird.

[0110] Die Wahl der Gewindegänge mit Trägerflanke **13, 14** mit einem negativen Winkel  $\alpha$ , z. B.  $\alpha = -3^\circ$ , ermöglicht es außerdem, einen Winkel  $\beta$  von  $+13^\circ$  zu wählen, der ausreichend geneigt ist, um einen leichten Eingriff der Gewindegänge zu ermöglichen.

[0111] Der zulässige Höchstwert des Schraubmoments T wird durch die Elastizitätsgrenze des Metalls der Elemente bestimmt. Es ist also auch möglich, den zulässigen Höchstwert des Schraubmoments T vorherzu bestimmen.

[0112] Um eine optimale Keilwirkung ohne übermäßige Beanspruchungen in dem Einsteck- und dem Aufnahmeelement zu erhalten und das Fließen des Fetts zu erlauben, das vor der Verbindung auf die Gewindegänge aufgebracht wird, kann man so vorgehen, dass jede radiale Interferenz zwischen den Gewindegangsscheiteln (**17, 20**) sowohl des Außen- als auch des Innengewindes (**3, 4**) und den Gewindeganggründen (**18, 19**) des zugeordneten Gewindes (**4; 3**) beseitigt wird. Man bildet in diesem Fall die Gewindegänge und insbesondere ihre Breite so aus, dass die diametrale Interferenz zwischen den Gewindegangsscheiteln sowohl des Außen- als auch des Innengewindes und den Gewindeganggründen des zugeordneten Gewindes am Ende des Schraubvorgangs negativ oder null ist.

[0113] Man kann insbesondere die Gewindegänge so gestalten, dass zum Zeitpunkt des ersten Kontakts auf den beiden Flanken (**Fig. 6**) der Wert  $x_1$  des radialen Spiels zwischen Außengewindegangsscheitel **17** und Innengewindegangvertiefung **18** und derjenige  $x_2$  des radialen Spiels zwischen Innengewindegangsscheitel **20** und Außengewindegangvertiefung **19** mindestens gleich 0,15 mm sind.

[0114] Wenn nicht jede radiale Interferenz zwischen den Gewindegangsscheiteln der beiden Gewinde, des Außengewindes bzw. des Innengewindes (**3, 4**), und den Gewindeganggründen des zugeordneten Gewindes (**4, 3**) beseitigt wird, kann man als Variante die Gewindegänge **71, 72**, insbesondere ihre Breite und ihre Höhe, so gestalten, dass eine positive diametrale Interferenz zwischen den Gewindegangsscheiteln des einen Gewindes, d. h. des Außen- bzw. Innengewindes, und den Gewindeganggründen des zugeordneten Gewindes am Ende des Schraubvorgangs erzeugt wird.

[0115] Eine solche Variante ist in den **Fig. 7, 8** und **9** für das Innengewinde **4** bzw. das Außengewinde **3** und die Verbindung der beiden dargestellt; am Ende des Verbindungsvorgangs (**Fig. 9**) gibt es ein Spiel  $x$  zwischen den Außengewindegangsscheiteln **77** und den Innengewindeganggründen **78**, während die Innengewindegangsscheitel **80** radial mit den Außengewindeganggründen **79** interferieren. Eine solche Anordnung beeinflusst den Wert des Schraubmoments relativ wenig.

[0116] Vorzugsweise entsteht in dieser Variante der Kontakt zwischen Innengewindegangsscheiteln **80** und Außengewindeganggründen **79** vor dem Kontakt zwischen den zugeordneten Flanken **73, 74, 75, 76**.

[0117] **Fig. 10** zeigt eine Kurve eines Schraubmoments T in Abhängigkeit von der Anzahl N von Umdrehungen für die folgende Geometrie der Rohre einer Verbindung gemäß **Fig. 6**:

- Rohrdurchmesser: 177,80 mm
- Rohrstärke: 10,36 mm (29 lb/ft)
- Rohrmaterial: schwach legierter Stahl mit einer Elastizitätsgrenze von  $\geq 551$  MPa
- Gewinde mit 5 Gewindegängen pro Zoll
- Gewindegangskonizität TT = 6,25% auf dem Durchmesser ( $\gamma = 1,79^\circ$ )
- Winkel  $\alpha$  der Trägerflanke =  $-3^\circ$
- Winkel  $\beta$  der Eingriffsflanke:  $+9^\circ$  und  $+13^\circ$
- Winkel  $\delta$  zwischen den Flanken:  $6^\circ$  und  $10^\circ$ .

[0118] In dieser graphischen Darstellung entspricht die Abszisse  $N = 0$  dem ersten Kontakt der einander zugeordneten Gewindegänge auf den beiden Flanken **13–14** und **15–16**.

[0119] Für die Gewindegänge mit  $\beta = +9^\circ$  ( $\delta = 6^\circ$ ) wurde ein Moment von mehr als 35 kN·m (26 000 lbf·ft) in 0,8 Umdrehung erhalten, was einer Neigung von 44,5 kN·m/Umdrehung entspricht.

[0120] Für die Gewindegänge mit  $\beta = +13^\circ$  ( $\delta = 10^\circ$ ) wurde ein Moment von 45,9 kN·m (33 850 lbf·ft) in 0,47 Umdrehung erhalten, was einer Neigung von 97,5 kN·m/Umdrehung entspricht.

[0121] Ein solches Gewinde mit hemmenden Gewindegangflanken ermöglicht es, die Einsteck- und Aufnahmeelemente mit einem sehr hohen Moment zu verschrauben, ohne dass ein Anschlag notwendig wäre, aber ein solches Moment wird dann nach einer Teildrehung der Einsteck- und Aufnahmeelemente erhalten, die sich insbesondere dann als unzureichend erweisen kann, wenn man Dichtungslagerflächen auf den Einsteck- und Aufnahmeelementen anordnen möchte, wie zum Beispiel diejenigen **5, 6** der **Fig. 3**.

[0122] Die Entwicklung eines gegebenen Kontaktdrucks zwischen solchen Dichtungslagerflächen erfordert tatsächlich eine Drehung eines Elements in Bezug auf das andere in der Größenordnung einer ganzen Umdrehung nachdem die Dichtungslagerflächen in Kontakt gebracht wurden, und eine präzise Positionierung der Einsteck- und Aufnahmeelemente am Ende des Verbindungsaufbaus, Positionierung, die mit Hilfe eines Anschlags erhalten wird, der von zwei aufliegenden Querflächen wie **7, 8** in **Fig. 3** gebildet wird.

[0123] Daher ist es schwierig, eine zufriedenstellende Dichtheit im Betrieb bei einer Gewindeverbindung mit Gewindegängen mit hemmenden Flanken vom Typ der **Fig. 4, 5, 6**, mit Dichtungslagerflächen und mit in An-



- schlag liegenden Querauflageflächen von der Art wie in **Fig. 3** unter Berücksichtigung der notwendigen Herstellungstoleranzen des Einsteck- und des Aufnahmeelements zu garantieren.
- [0124] Die Verringerung des Winkels  $\delta$  zwischen Gewindegangflanken würde sicher die Verringerung der Neigung des Schraubmoments in Abhängigkeit von der Anzahl von Umdrehungen ermöglichen, aber, wenn nicht ein sehr negativer Winkel von weniger als  $-15^\circ$  verwendet wird, was nicht wünschenswert ist, müsste der Winkel  $\beta$  auf den Eingriffsflanken stark verringert werden, was auch nicht gewünscht wird.
- [0125] Die in den **Fig. 11** und **12** dargestellten Formen von Gewindegängen ermöglichen es, die Probleme der Kompatibilität zwischen hohen Werten des Nennschraubmoments und einem nicht zu hohen Wert, in der Größenordnung von 10 kN·m/Umdrehungen zum Beispiel, der Neigung  $dT/dN$  der Kurve des Moments in Abhängigkeit von der Anzahl von Umdrehungen, zu lösen.
- [0126] Die Gewindegänge der **Fig. 11** und **12** sind besonders vorteilhaft im Fall einer Verbindung mit Dichtungslagerflächen und Anschlägen der Art der **Fig. 3**.
- [0127] Die Außengewindegänge **31** der **Fig. 12** weisen wie in **Fig. 5** eine Trägerflanke **33**, die um einen negativen Winkel  $\alpha$  in Bezug auf die Senkrechte zur Verbindungsachse geneigt ist, eine Eingriffsflanke **35**, die um einen positiven Winkel  $\beta$  in Bezug auf die gleiche Senkrechte geneigt ist, und einen Gewindegangscheitel **39** auf, und sie werden von einem Gewindeganggrund **37** voneinander getrennt.
- [0128] Die Innengewindegänge **32** der **Fig. 11** haben den Eigenschaften der Außengewindegänge **31** der **Fig. 12** entsprechende Eigenschaften, mit einer Trägerflanke **34**, einer Eingriffsflanke **36**, einem Gewindegangscheitel **38** und einem Gewindeganggrund **40**, die die gleiche Steigung und die gleiche Ausrichtung in Bezug auf die Achse der Verbindung haben wie diejenigen der Außengewindegänge **31**.
- [0129] Die Breite der Außen- und Innengewindegangscheitel **39**, **38** ist größer als diejenige der zugeordneten Gewindeganggründe **40**, **37**, so dass zu einem gegebenen Zeitpunkt des Schraubvorgangs die Außenflanken **33**, **35** beide mit ihren zugeordneten Innenflanken **34**, **36** in Kontakt stehen, während ein radiales Spiel zwischen den Gewindegangscheiteln **39**, **38** und den zugeordneten Gewindeganggründen **40**, **37** verbleibt, aber man könnte auch eine nicht dargestellte Variante verwenden, bei der es eine positive radiale Interferenz zwischen dem Gewindegangscheitel eines einzigen Gewindes und dem zugeordneten Gewindeganggrund gibt.
- [0130] Der Außengewindegang **31** weist eine Kehle **61** auf, die am Scheitel des Außengewindegangs **39** mündet, eine Kehle, deren Profil eine V-Form mit abgerundetem Boden aufweist, und bei der die Achse des V im wesentlichen senkrecht zur Achse der Verbindung liegt.
- [0131] Die Tiefe der Kehle **61**, gemessen in radialer Richtung, ist gleich 65% der Höhe des Außengewindegangs **31**, und ihr Boden ist ein Kreisbogen mit einem Radius von 0,4 mm.
- [0132] Der Winkel zwischen den beiden Schenkeln des V der Kehle **61** beträgt  $35^\circ$  und erzeugt auf dem Außengewindegang **31** der **Fig. 12** eine Kehlenbreite an ihrer Öffnung am Gewindegangscheitel gleich 34% der Breite des Außengewindegangs auf halber Höhe.
- [0133] Der Innengewindegang **32** weist eine Kehle **62** auf, die am Scheitel des Innengewindegangs **38** mündet, von gleicher Geometrie wie die Kehle **61** im Außengewindegang **31** und in gleicher Weise wie die Kehle **61** im Innengewindegang angeordnet ist.
- [0134] Solche Kehlen **61**, **62** wandeln jeden der Gewindegänge **31**, **32**, wenn sie Druckbeanspruchungen auf die beiden Flanken **33**, **34**, **35**, **36** ausgesetzt sind, in zwei eingespannte Träger **63 + 65**, **64 + 66** um, die Biegebeanspruchungen unterworfen sind.
- [0135] Die daraus entstehende Elastizität erzeugt eine Verringerung der Hemmkräfte, wenn die Verbindung über den gleichzeitigen Kontaktpunkt der Flanken hinaus verschraubt wird, und folglich eine Verringerung der Neigung  $dT/dN$  der Kurve des Schraubmoments in Abhängigkeit von der Drehung.
- [0136] Die Tiefe der Kehle und ihre Breite an ihrer Öffnung am Gewindegangscheitel sind Parameter, die variiert werden können, um eine Neigung  $dT/dN$  der Kurve des Schraubmoments in Abhängigkeit von der Drehung zu erhalten, die nicht zu stark ist, die zum Beispiel in der Größenordnung von 20 kN·m/Umdrehung bleibt.
- [0137] Die Tiefe der Kehle muss geringer als die oder gleich der Höhe des Gewindegangs sein, da man sonst die Struktur der Verbindung in unzulässiger Weise schwächen würde.
- [0138] Die Breite der Kehle an ihrer Öffnung am Gewindegangscheitel muss geringer als oder gleich  $2/3$  der Breite des Gewindegangs, gemessen auf dessen halber Höhe, sein, um eine ausreichende Steifheit in Höhe der Träger **63**, **65**, **64**, **66** beizubehalten.
- [0139] Der Radius von 0,4 mm für den Kehlenboden ermöglicht es, die Konzentrationen von Beanspruchungen am Kehlenboden zu begrenzen.
- [0140] Wie die Kurve E der **Fig. 13** zeigt, ermöglicht es eine solche Struktur von Gewindegängen mit Kehle, den Schraubvorgang mit einem Nennmoment durchzuführen, das größer ist als der gewünschte Mindestwert für die betrachtete Rohrabmessung (27 kN·m: siehe Tabelle 1). Die Kurve des Schraubmoments weist eine Änderung der Neigung  $dT/dN$  jenseits von 25 kN·m auf: die Neigung liegt am Anfang in der Größenordnung von 24 kN·m/Umdrehung und sinkt oberhalb von 25 kN·m auf etwa 9 kN·m/Umdrehung, was eine Selbstbegrenzung des Schraubmoments und eine präzise Positionierung der Anschläge und Dichtungslagerflächen erlaubt. Im Vergleich hat die Kurve D der **Fig. 13** bezüglich ähnlicher Gewindegänge, aber ohne Kehle, eine relativ kon-

stante Neigung in der Größenordnung von 40 kN-m/Umdrehung.

[0141] Die erfindungsgemäße Verbindung kann gemäß vieler Varianten hergestellt werden, wobei die einigen vorgestellten Ausführungsbeispiele keineswegs einschränkend zu verstehen sind.

[0142] Insbesondere kann die vorliegende Erfindung sich genauso gut beziehen auf

– eine sogenannte integrale Gewindeverbindung **100**, wobei ein Einsteckelement 1 am Ende eines ersten Metallrohrs **101** großer Länge und ein Aufnahmeelement 2 am Ende eines zweiten Metallrohrs **102** von ebenfalls großer Länge angeordnet ist;

– eine sogenannte gemuffte Gewindeverbindung **200**, die in **Fig. 14** dargestellt ist, bei der zwei Metallrohre **101, 101'** großer Länge, die am Ende ein Einsteckelement **1, 1'** aufweisen, mit Hilfe einer Metallmuffe **202** verbunden werden, die an jedem ihrer Enden mit einem Aufnahmeelement **2, 2'** versehen ist, wobei eine solche gemuffte Gewindeverbindung zwei erfindungsgemäße Gewindeverbindungen **100, 100'** verwendet.

### Patentansprüche

1. Schraubverbindung (**100**) von zwei Metallrohren mit einem Einsteckelement (**1**) am Ende eines ersten Metallrohrs, das in ein Aufnahmeelement (**2**) am Ende eines zweiten Metallrohrs eingeschraubt wird, wobei das Einsteckelement (**1**) außen ein konisches Außengewinde (**3**) mit trapezförmigen Gewindegängen (**11, 71, 31**) aufweist, die zwei Flanken besitzen, d. h. eine Trägerflanke (**13, 73, 33**) und eine Eingriffsflanke (**15, 75, 35**), wobei die Breite (**l3**) am Scheitel des Außengewindegangs (**17, 77, 39**) geringer ist als diejenige (**l1**) an der Basis des Außengewindegangs, wobei das Aufnahmeelement (**2**) innen ein konisches Innengewinde (**4**) mit trapezförmigen Gewindegängen (**12, 72, 32**) aufweist, deren Form derjenigen des Außengewindes (**3**) entspricht, wobei die Breite der Gewindegangsscheitel (**l3, l4**) auf jedem der Außen- und Innengewinde größer ist als diejenige (**l6, l5**) der Gewindeganggründe des zugeordneten Gewindes, dadurch gekennzeichnet, dass das Einsteckelement (**1**) durch Schraubverbindung im Aufnahmeelement (**2**) in einer relativen Position dieser beiden Elemente positioniert wird, die sich jenseits derjenigen befindet, in der während des Schraubvorgangs die beiden Flanken (**13, 15, 73, 75, 33, 35**) der Außengewindegänge (**11, 71, 31**) mit den beiden Flanken (**14, 16, 74, 76, 34, 36**) der Innengewindegänge (**12, 72, 32**) in Kontakt gelangen, um eine axiale Hemmung der Außengewinde durch die Innengewinde und umgekehrt zu erzeugen.

2. Schraubverbindung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die diametrale Interferenz zwischen den Gewindegangsscheiteln (**17, 20**) jedes der beiden Außen- und Innengewinde (**3, 4**) und den Gewindeganggründen (**18, 19**) des zugeordneten Gewindes (**4, 3**) am Ende des Schraubvorgangs negativ oder null ist.

3. Schraubverbindung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein radiales Spiel ( $x_1, x_2$ ) mindestens gleich 0,15 mm zwischen zugeordneten Gewindegangsscheiteln und Gewindeganggründen verbleibt, wenn die beiden Flanken (**13, 15**) der Außengewindegänge mit den ihnen zugeordneten Innengewindegängen (**14, 16**) während des Schraubvorgangs in Kontakt gelangen.

4. Schraubverbindung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die diametrale Interferenz zwischen den Gewindegangsscheiteln (**77, 80**) eines einzigen der Außen- oder Innengewinde (**3, 4**) und den Gewindeganggründen (**78, 79**) des ihm zugeordneten Gewindes (**4, 3**) am Ende des Schraubvorgangs positiv ist.

5. Schraubverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel  $\delta$  zwischen der Trägerflanke (**13, 14, 73, 74, 33, 34**) und der Eingriffsflanke (**15, 16, 75, 76, 35, 38**) des Außen- oder Innengewindes geringer als oder gleich  $20^\circ$  ist.

6. Schraubverbindung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel  $\delta$  zwischen  $7$  und  $20^\circ$  liegt.

7. Schraubverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei jedem der Außen- und Innengewinde (**3, 4**) die Gewindegangsscheitel (**17, 20, 77, 80, 39, 38**) auf der Seite der Trägerflanken (**13, 14, 73, 74, 33, 34**) die Gewindeganggründe (**19, 18, 79, 78, 37, 40**) überlagern, wobei der Winkel ( $\alpha$ ) zwischen den Trägerflanken und der Senkrechten zur Achse der Verbindung zwischen  $0$  und  $-15^\circ$  liegt.

8. Schraubverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eines der Außen- und/oder Innengewinde (**3, 4**) eine Kehle (**61, 62**) aufweist, die am Gewindegangsscheitel (**39, 38**) über die ganze oder einen Teil der Länge der Gewinde mündet.

9. Schraubverbindung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Kehle (**61, 62**) eine Tiefe auf-

weist, die höchstens gleich der Gewindeganghöhe ist.

10. Schraubverbindung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Kehle (**61, 62**) an ihrer Öffnung am Gewindegangsscheitel (**39, 38**) eine Breite aufweist, die höchstens gleich 2/3 der Breite des Gewindegangs, gemessen auf halber Höhe des Gewindegangs, ist.

11. Schraubverbindung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Kehle (**61, 62**) ein U-förmiges oder V-förmiges Profil mit abgerundetem Boden aufweist.

12. Schraubverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass jedes der Einsteck- und Aufnahmeelemente (**1, 2**) mindestens eine Dichtungslagerfläche (**5, 6**) aufweist, wobei jede Einsteck-Dichtungslagerfläche (**5**) im wesentlichen eine Längsausrichtung hat und am Ende des Verbindungsaufbaus radial mit einer zugeordneten Aufnahme-Dichtungslagerfläche (**6**) interferiert.

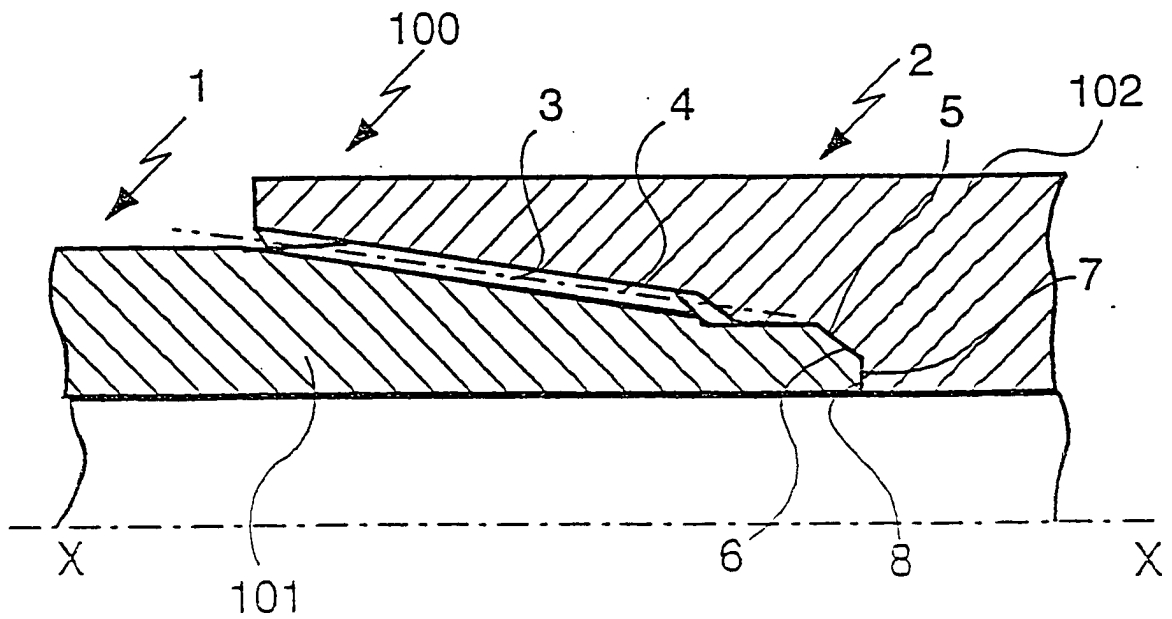
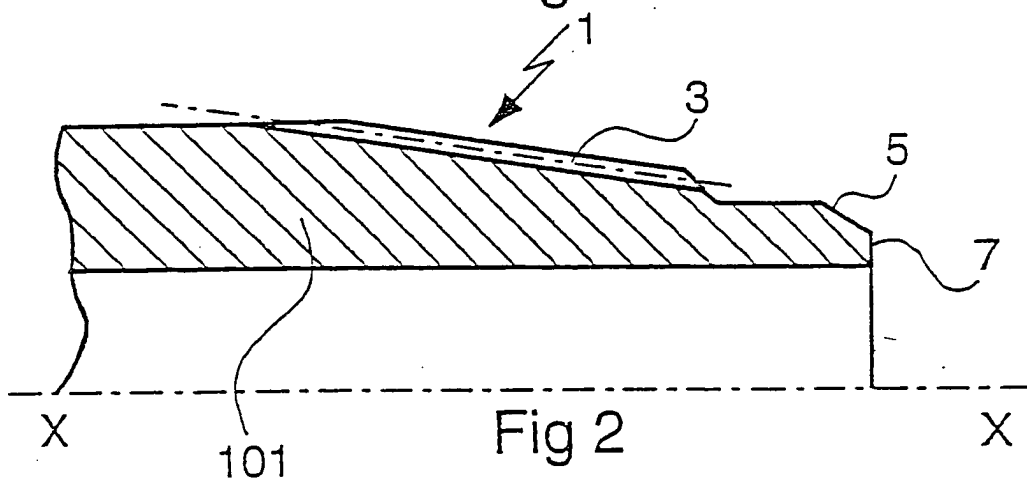
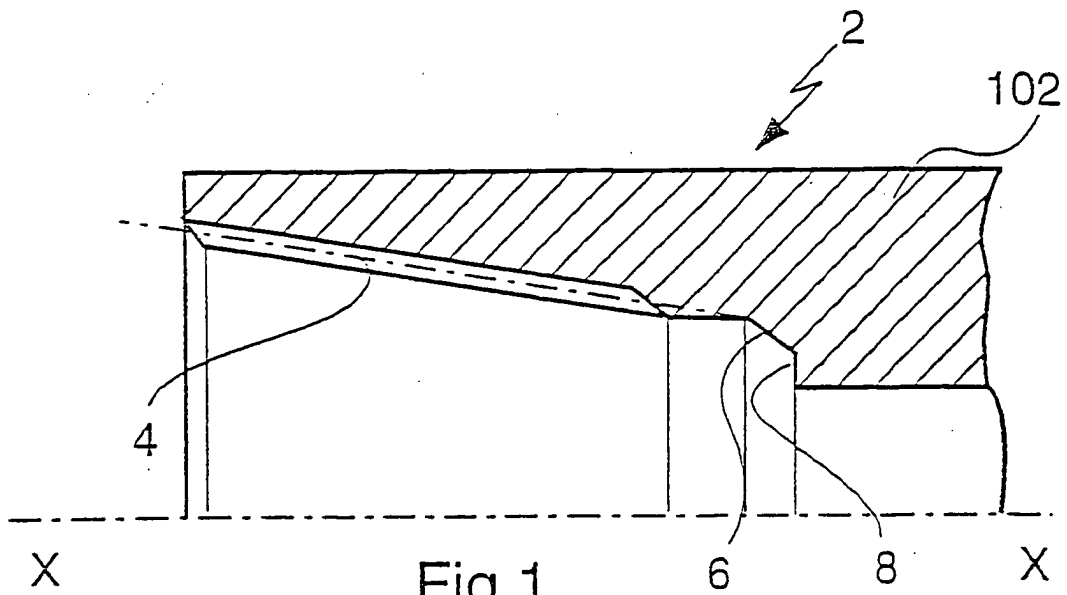
13. Schraubverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass jedes der Einsteck- und Aufnahmeelemente (**1, 2**) mindestens eine Auflagefläche (**7, 8**) mit im wesentlichen einer Querausrichtung aufweist, wobei mindestens eine Einsteck-Auflagefläche (**7**) am Ende des Verbindungsvorgangs auf einer Aufnahme-Auflagefläche (**8**) in Anschlag kommt.

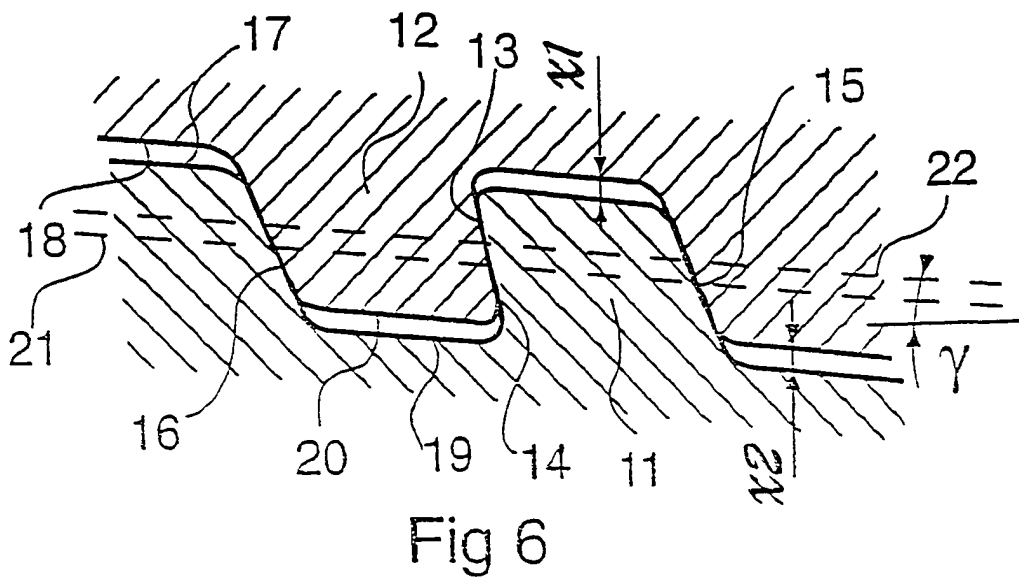
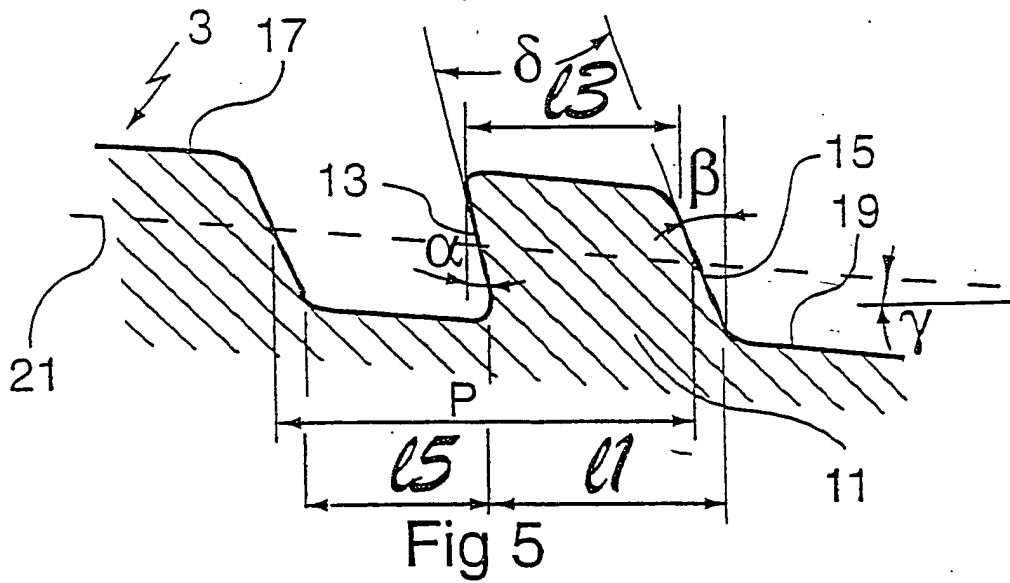
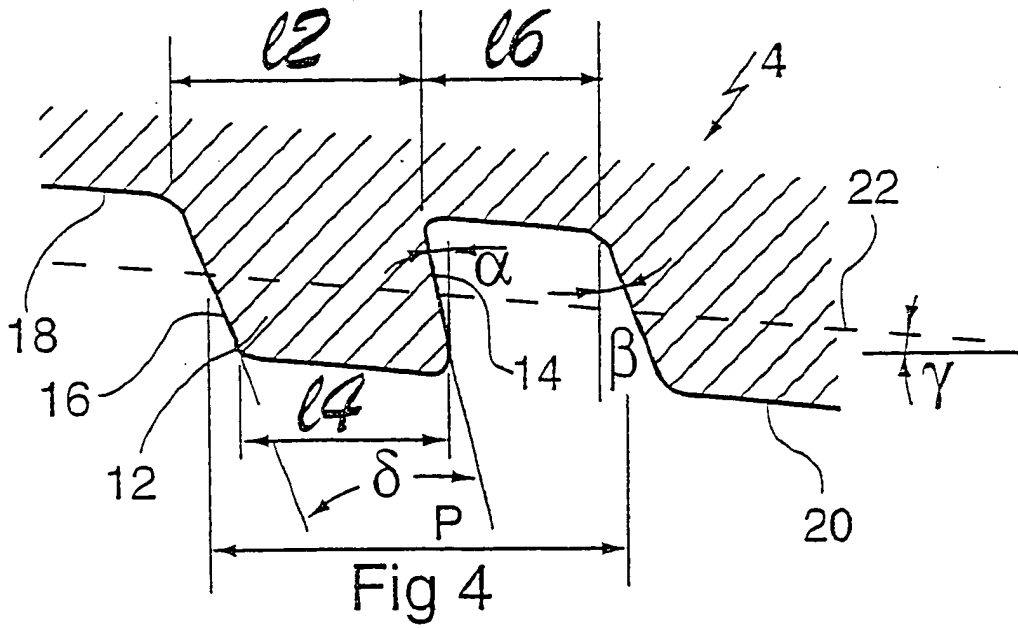
14. Schraubverbindung (**100**) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass sie ein Einsteckelement (**1**), das am Ende eines ersten Metallrohrs (**101**) großer Länge angeordnet ist, und ein Aufnahmeelement (**2**) aufweist, das am Ende eines zweiten Metallrohrs (**102**) von ebenfalls großer Länge angeordnet ist.

15. Verwendung von zwei Schraubverbindungen (**100, 100'**) nach einem der Ansprüche 1 bis 13 zur Verbindung von zwei Metallrohren (**101, 101'**) großer Länge, die am Ende ein Einsteckelement (**1, 1'**) aufweisen, mit Hilfe einer Metallmuffe (**202**), die an jedem ihrer Enden mit einem Aufnahmeelement (**2, 2'**) versehen ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen





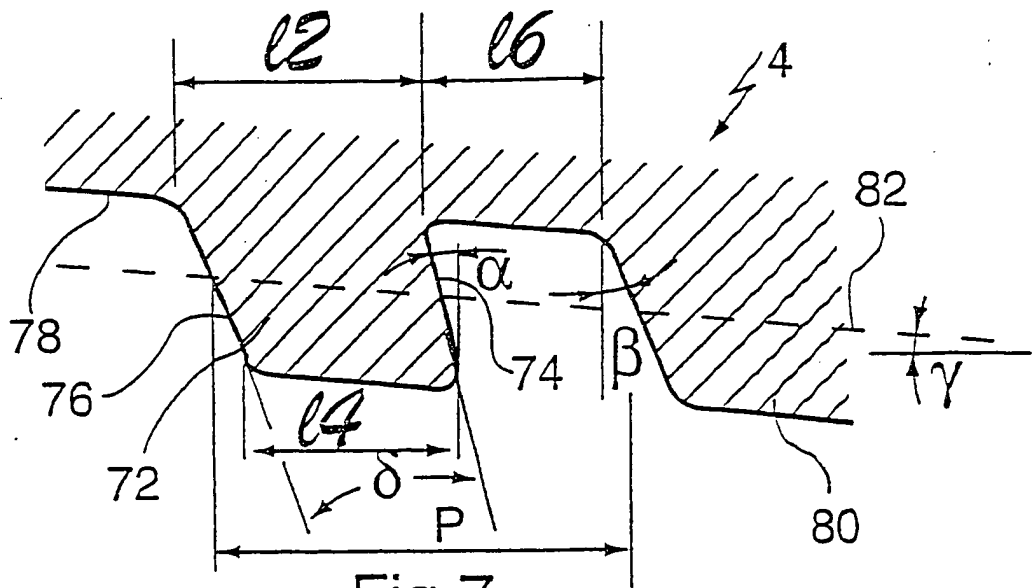


Fig 7

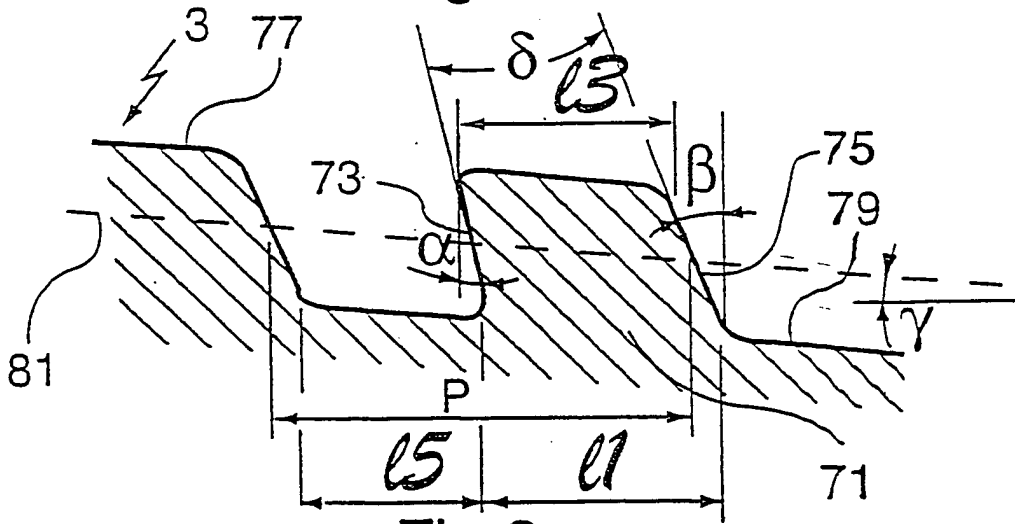


Fig 8

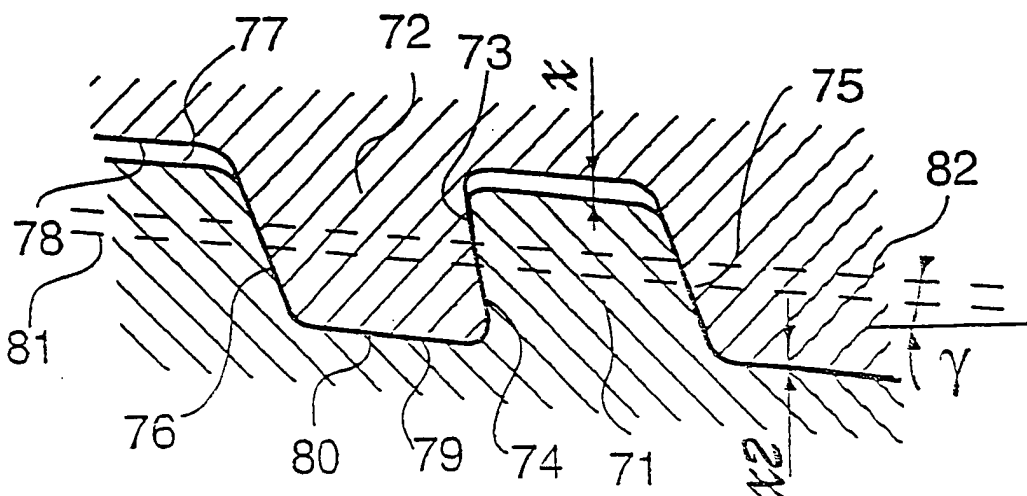


Fig 9

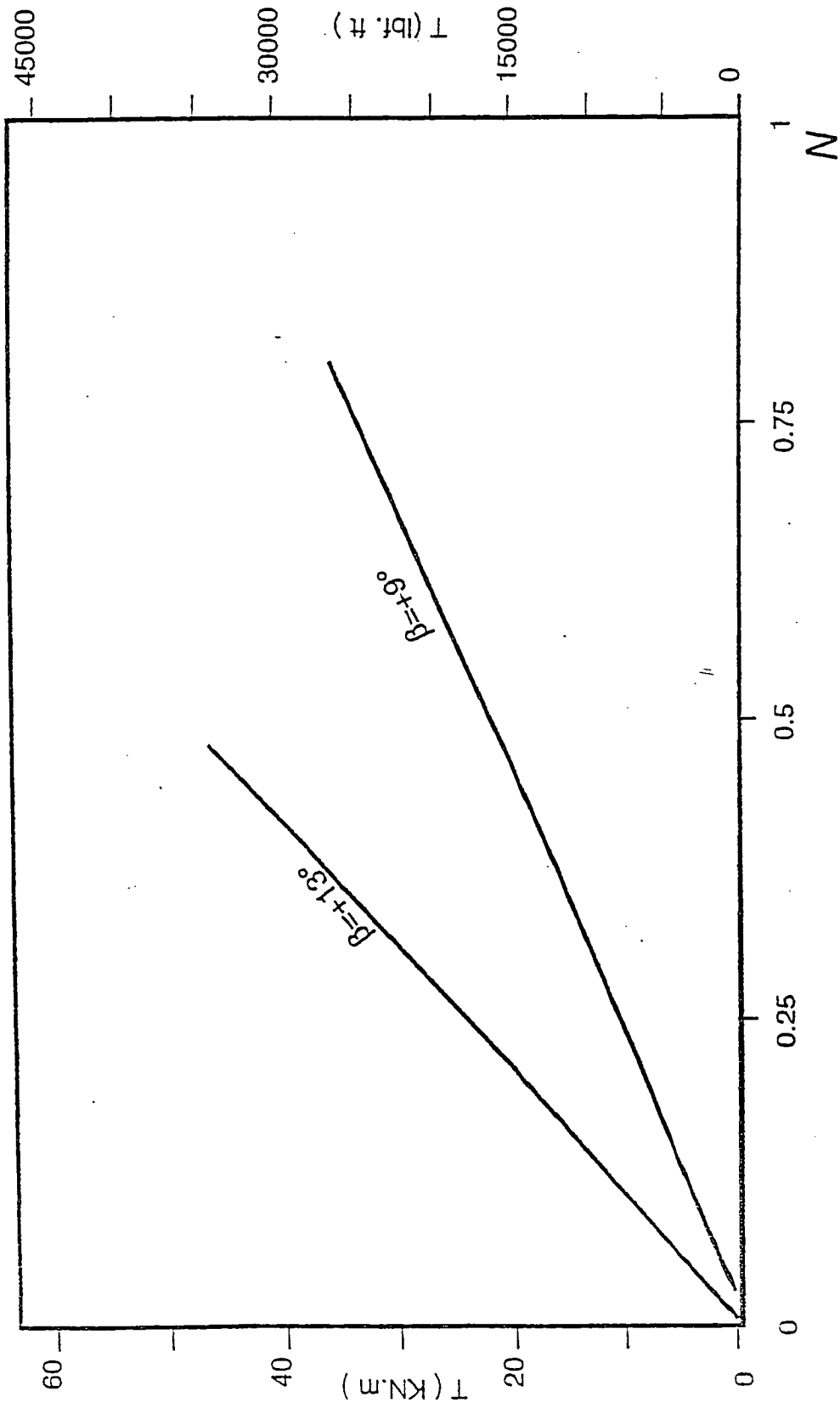


Fig 10

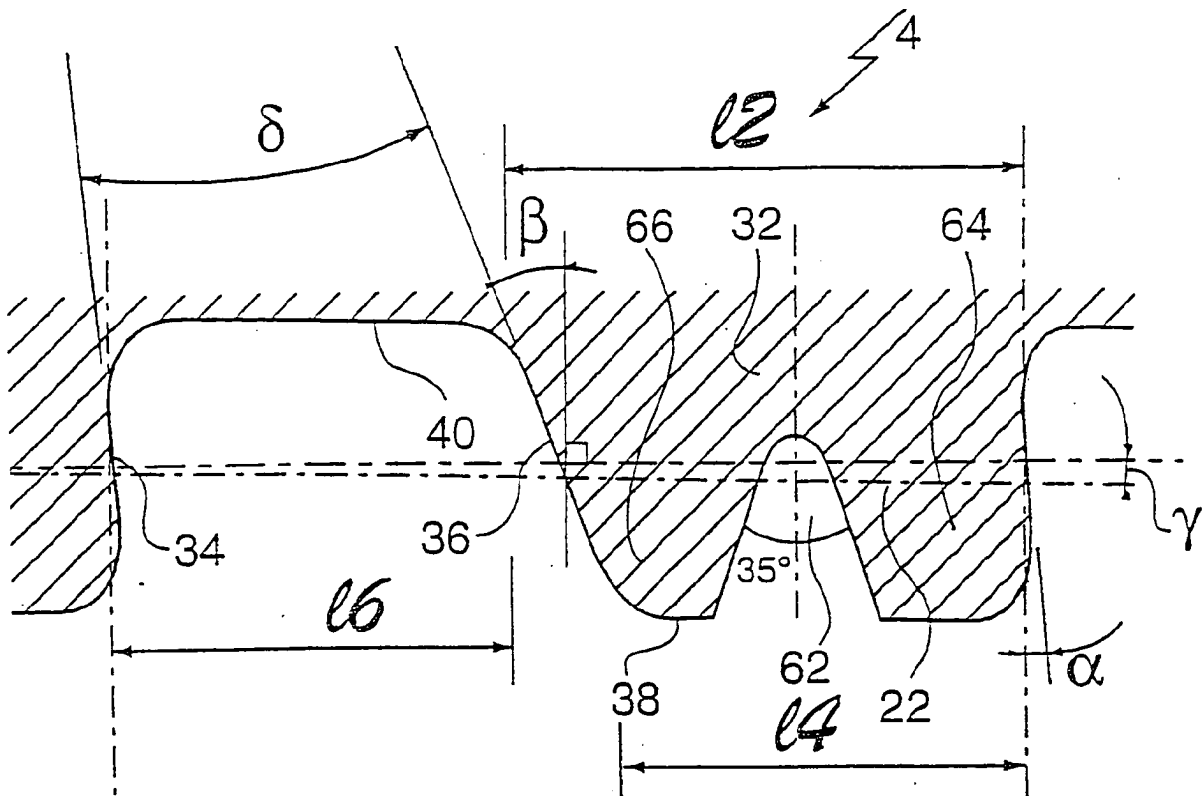


Fig 11

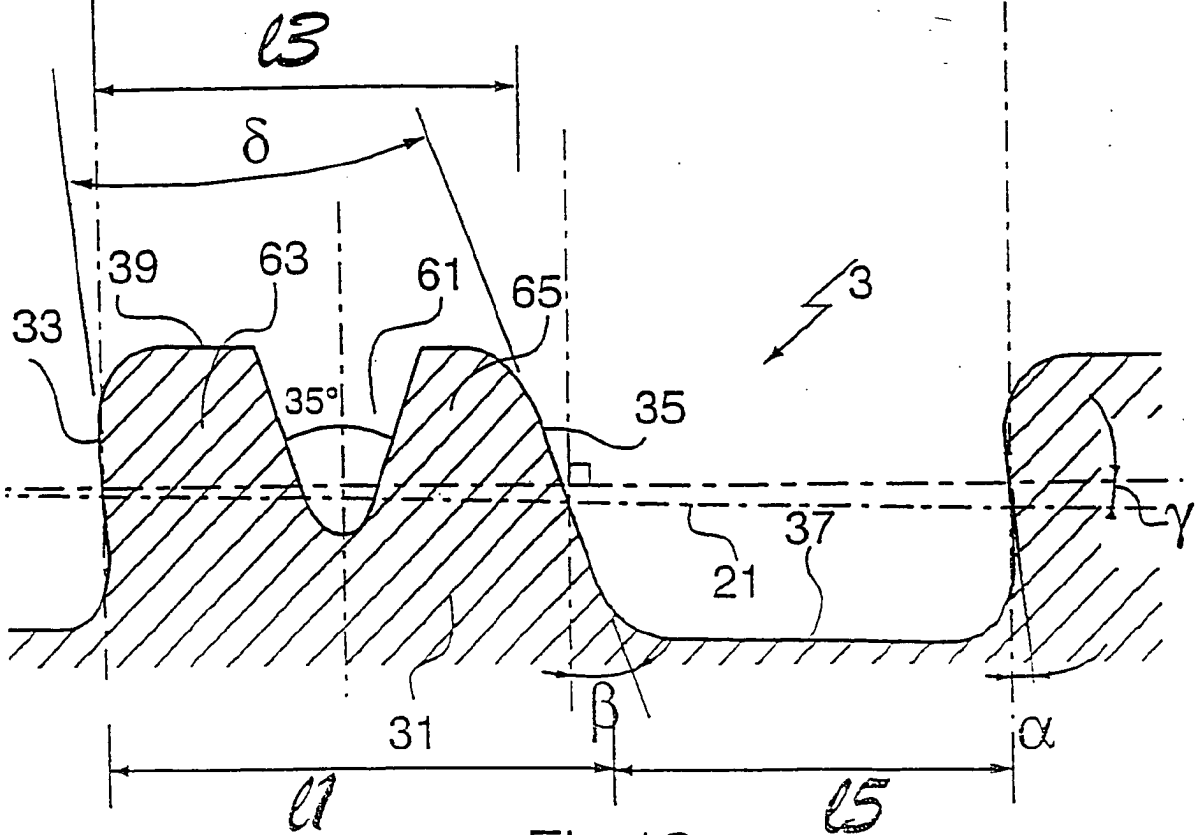


Fig 12



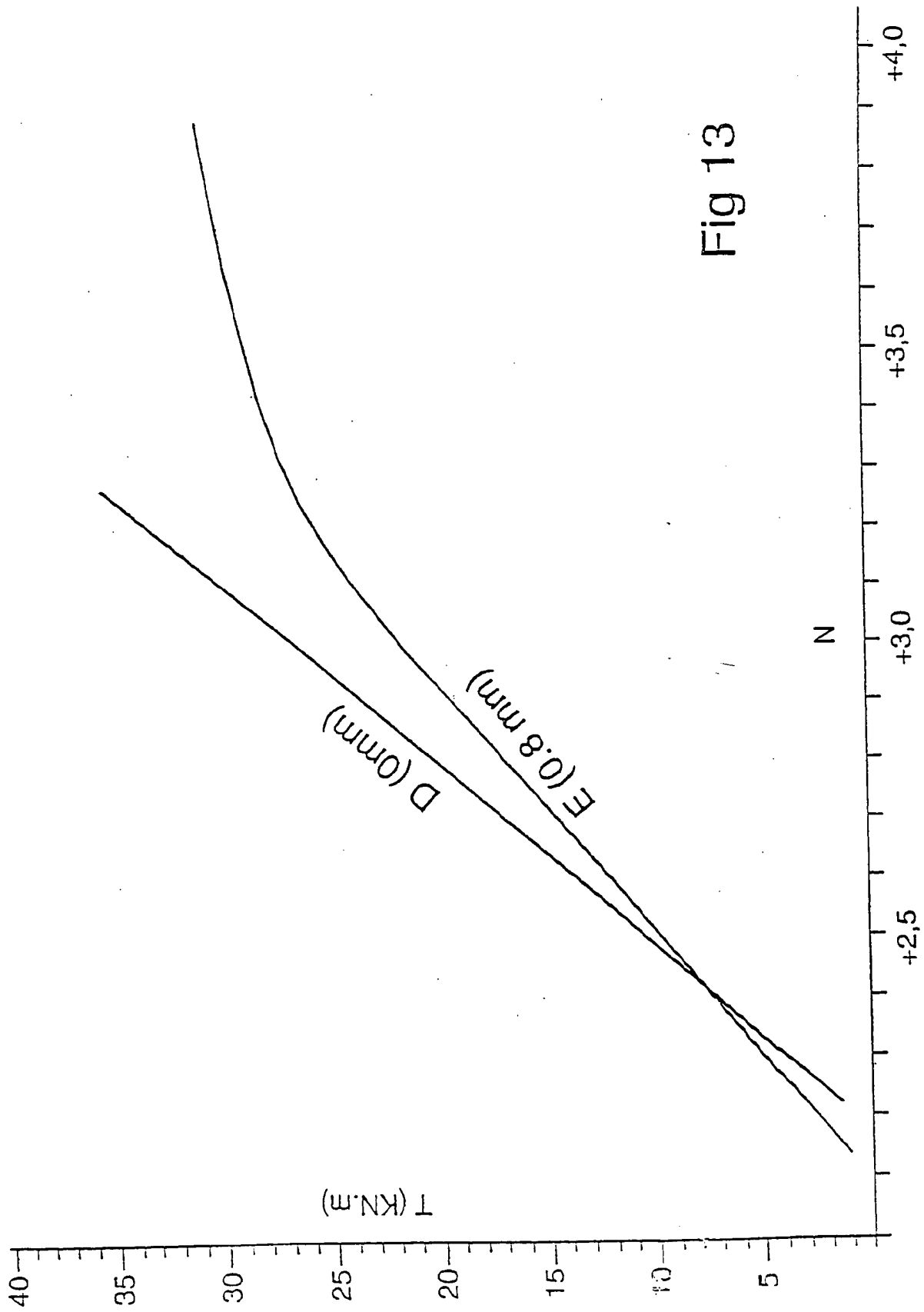


Fig 13

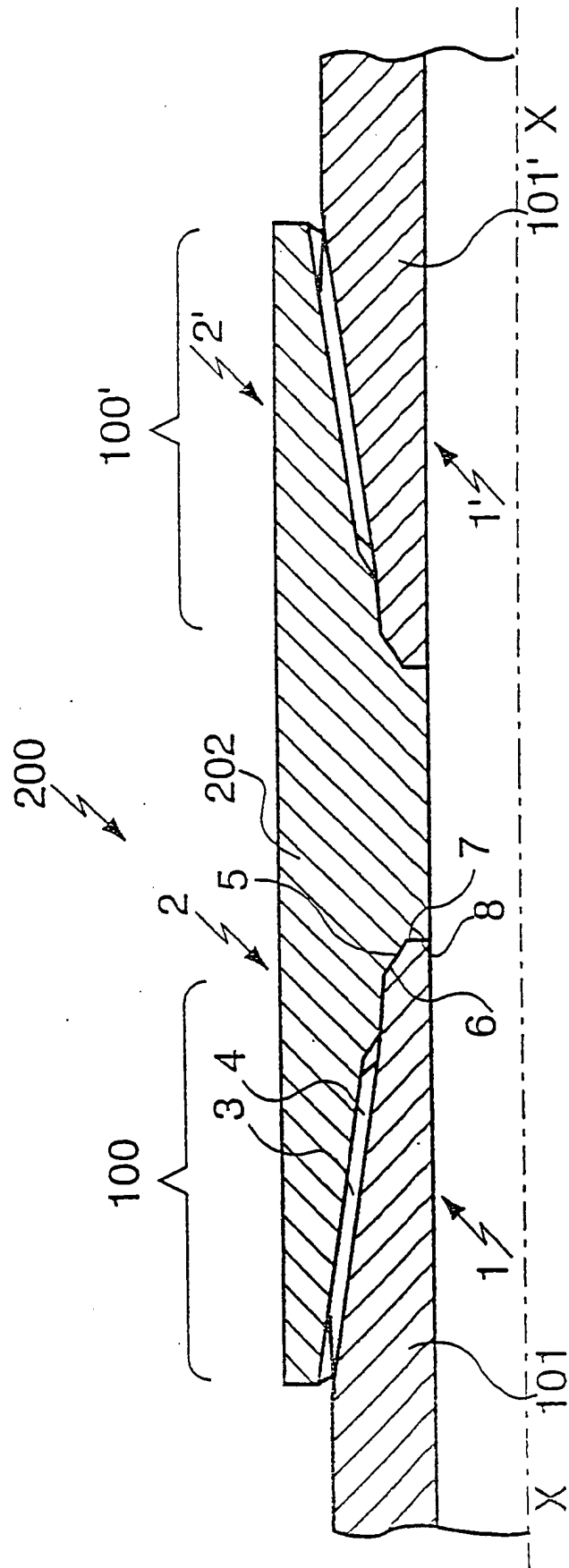


Fig 14