

(12) **Übersetzung der neuen europäischen
Patentschrift**

(97) Veröffentlichungsnummer: EP 1631762

(96) Anmeldenummer: 2004736111
(96) Anmeldetag: 04.06.2004
(45) Ausgabetag: 09.05.2019

(51) Int. Cl.: **F16L 9/12** (2006.01)
F16L 15/00 (2006.01)
E21B 17/042 (2006.01)

(30) Priorität:
06.06.2003 JP 2003162699 beansprucht.

(97) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.03.2006 Patentblatt 06/10

(97) Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
25.08.2010 Patentblatt 10/34

(97) Hinweis auf Einspruchsentscheidung:
10.01.2018 Patentblatt 18/02

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK
TR

(56) Entgegenhaltungen:
Die Entgegenhaltungen entnehmen Sie bitte der
entsprechenden europäischen Druckschrift.

(73) Patentinhaber:
Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation
Tokyo (JP)
VALLOUREC OIL & GAS FRANCE
59620 Aulnoye-Aymeries (FR)

(72) Erfinder:
SUGINO, MASAOKI, C/O SUMITOMO METAL
INDUSTRIES, LTD.
OSAKA-SHI, OSAKA 541-0041 (JP)
YAMAMOTO, MIYUKI, C/O SUMITOMO METAL
INDUSTRIES, LTD.
OSAKA-SHI, OSAKA 541-0041 (JP)
IWAMOTO, MICHIOHICO, C/O SUMITOMO METAL
IND., LTD.
OSAKA-SHI, OSAKA 541-0041 (JP)
NAGASAKU, SHIGEO, C/O SUMITOMO METAL
INDUSTRIES, LTD.
OSAKA-SHI, OSAKA 541-0041 (JP)
DUTILLEUL, PIERRE
59144 JENLAIN (FR)
ROUSSIE, GABRIEL
59242 CAPPELLE EN PEVELE (FR)
VERGER, ERIC
59144 GOMMEGNIES (FR)

(74) Vertreter:
SONN & PARTNER PATENTANWÄLTE
WIEN

(54) **SCHRAUBVERBINDUNG FÜR STAHLROHRE**

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein eine Schraubverbindung zur Verwendung beim Verbinden von Stahlrohren, beispielsweise von Ölbohrlochrohren oder Ölfeldrohren (OCTG, kurz vom engl. Oil Country Tubular Goods), einschließlich Förderrohren und Futterrohren, Steigrohren und Leitungsrohren zur Verwendung bei der Exploration und Förderung von Ölquellen und Gasquellen, und insbesondere eine Schraubverbindung für Stahlrohre mit ausgezeichneter Abdichtbarkeit bezüglich Außendruck und Druckfestigkeit.

Technischer Hintergrund

Schraubverbindungen werden verbreitet zum Verbinden von Stahlrohren verwendet, beispielsweise von OCTG und Steigrohren zur Verwendung bei industriellen Ölförderungsanlagen.

In der Vergangenheit wurden typischerweise Standardschraubverbindungen, die durch Normen von API (American Petroleum Institute) vorgegeben sind, verwendet, um Stahlrohre zur Verwendung bei der Exploration und Förderung von Öl und Gas zu verbinden. In den letzten Jahren sind aber die Umgebungsbedingungen, in denen die Exploration und Förderung von Rohöl und Erdgas erfolgt, zunehmend rau geworden, so dass vermehrt spezielle Hochleistungsschraubverbindungen, die als Premium-Verbindungen bezeichnet werden, verwendet werden.

Eine Premium-Verbindung umfasst für gewöhnlich an jedem Rohr ein konisches Gewinde, einen Metall/Metall-Dichtabschnitt, d.h. eine Dichtfläche mit der Fähigkeit, eine Dichtung zu bilden, wenn sie mit der Metall/Metall-Dichtung des anderen Elements der Verbindung in engen Kontakt kommt, und einen Drehmomentschulterabschnitt, d.h. eine Schulterfläche, die während der Herstellung der Verbindung als Anschlag dient.

Da in der Vergangenheit vertikale Bohrungen am häufigsten waren, konnte eine Schraubverbindung für OCTG hinreichend funktionieren, solange sie einer Zuglast aufgrund des Gewichts der daran befestigten Rohre standhalten konnte und ein Lecken eines Hochdruckfluids, das durch seinen Innenraum trat, verhindern konnte. Da in den letzten Jahren aber Bohrungen tiefer wurden, da die Anzahl an gekrümmten Bohrungen und horizontalen Bohrungen mit einem gebogenen Bohrloch zunimmt und da das Vorantreiben von Bohrungen bei rauen Umgebungsbedingungen, beispielsweise Offshore oder in großen Höhen, zunimmt, werden von Schraubverbindungen eine größere Vielfalt von Eigenschaften gefordert, beispielsweise Druckfestigkeit, Biegefestigkeit, Abdichtbarkeit gegenüber Außendruck und einfache Handhabung vor Ort.

Fig. 2(a) und 2(b) sind erläuternde schematische Ansichten einer gewöhnlichen Premium-Schraubverbindung der Kupplungsart für OCTG, die ein Außengewindeelement 1 (nachstehend als Einsteckteil bezeichnet) und ein entsprechendes Innengewindeelement 2 (nachstehend als Aufnahmeteil bezeichnet) umfasst.

Das Einsteckelement 1 weist auf seiner Außenfläche ein Außengewinde 11 und einen als Lippe bezeichneten gewindefreien Abschnitt 12 auf, der sich an dem Ende des Einsteckteils 1 und benachbart zu dem Außengewinde 11 befindet. Die Lippe 12 weist einen Metall/Metall-Dichtabschnitt 13 auf der Außenumfangfläche der Lippe und einen Drehmomentschulterabschnitt 14 an der Endfläche der Lippe auf.

Das entsprechende Aufnahmeteil 2 weist an seiner Innenfläche ein Innengewinde 21, einen Metall/Metall-Dichtabschnitt 23 und einen Drehmomentschulterabschnitt 24 auf, bei denen es sich um Abschnitte handelt, die mit dem Außengewinde 11, dem Metall/Metall-Dichtabschnitt 13 bzw. dem Drehmomentschulterabschnitt 14 des Einsteckteils 1 in Eingriff treten oder diese kontaktieren können.

Fig. 3 ist ein schematisches Diagramm, das die Form und Maße eines trapezförmigen Gewindes zeigt, das durch ein API-Sägengewinde beispielhaft vertreten ist. Die meisten Gewinde zur Verwendung bei Premium-Verbindungen sind trapezförmige Gewinde, die nach diesem API-Sägengewinde modelliert sind. Viele Gewinde kopieren bezüglich des Seitenverhältnisses der Gewindezähne, des Flankenwinkels und anderer Merkmale nahezu direkt die Maße eines API-Sägengewindes.

Wenn in Fig. 3 das Gewinde zum Beispiel ein API-Sägengewinde mit einer Gewindesteigung von 5 TPI (5 Gewinde pro Zoll) ist, beträgt im Mittel die Gewindehöhe 74 1,575 mm, der Lastflankenwinkel 71 3 Grad, der Einführflankenwinkel 72 10 Grad und der axiale Spalt 73 zwischen den Einführflanken etwa 100 µm (d.h. 30 bis 180 µm).

Ein Überlagern in der radialen Richtung, was als Übermaßpassung bezeichnet wird, ist zwischen den Dichtflächen des Einsteckteils und des Aufnahmeteils vorgesehen. Wenn die Verbindung hergestellt wird, werden, bis die Schulterflächen des Einsteckteils und des Aufnahmeteils aneinander anliegen, die Dichtflächen der beiden Teile über den gesamten Umfang der Verbindung in engen Kontakt miteinander gebracht, um eine Dichtung zu bilden.

Die Schulterflächen dienen als Anschläge während des Herstellens der Verbindung und tragen auch nahezu die gesamte an der Verbindung angelegte Druckbelastung. Daher können sie nicht einer großen Druckbelastung standhalten, sofern die Wanddicke der Schulterflächen nicht groß ist (oder die Steifigkeit der Schultern nicht hoch ist).

Wird an einer herkömmlichen Premium-Verbindung Außendruck wie der vorstehend beschriebene angelegt, dringt der angelegte Außendruck durch Spalte zwischen den Gewinden zu einem in Fig. 3 gezeigten Abschnitt 31 direkt vor den Dichtabschnitten.

Eine Lippe hat eine viel dünnere Wanddicke als ein Rohrkörper, daher kann sie aufgrund des eindringenden Außendrucks eine Radiusabnahme erfahren. Wird der Außendruck erhöht, bildet sich ein Spalt zwischen den Dichtflächen, was zu Lecken führt, d.h. einer Situation, bei der externes Fluid in das Innere eines Rohrs eindringt.

Wird an einer Premium-Verbindung in Situationen, beispielsweise wenn ein OCTG in einer horizontalen Bohrung oder einer gekrümmten Bohrung angeordnet ist, eine Druckbelastung angelegt, weisen die Gewinde eine mangelhafte Fähigkeit auf, den Druckbelastungen standzuhalten, da die meisten Verbindungen wie in dem vorstehend beschriebenen Fall einen relativ großen Spalt zwischen den Einführflanken aufweisen, daher wird ein Großteil einer Druckbelastung von den Schultern getragen.

Die Wanddicke (die lasttragende Fläche bei einer Druckbelastung) einer Schulter ist aber für gewöhnlich viel kleiner als die eines Rohrkörpers. Wenn daher eine Druckbelastung, die 40 bis 60% der Streckgrenze des Rohrkörpers entspricht, angelegt wird, erfahren die meisten Premium-Verbindungen eine beträchtliche plastische Verformung des Drehmomentschulterabschnitts des Aufnahmeteils, was zu einer beträchtlichen Verringerung der Abdichtbarkeit der benachbarten Dichtflächen führt.

Die Abdichtbarkeit einer Verbindung bezüglich Außendrucks kann durch Erhöhen der Steifigkeit des Einsteckteils, um dessen Beständigkeit gegen Verformung durch radiale Kontraktion zu steigern, verbessert werden. Für diesen Zweck wird häufig ein Verfahren verwendet, bei dem ein Arbeitsprozess zum Verringern des Durchmessers des Rohrendes, der als Gesenkschmieden bezeichnet wird, vorher ausgeführt wird, um die Dicke der Lippenwand zu steigern.

Wenn aber der Betrag des Gesenkschmiedens zu groß ist, kann im Fall des Futterrohrs ein in das Futterrohr eingeführtes Rohr sich an dem gesenkschmiedeten Abschnitt verfangen, und im Fall des Förderrohrs kann der gesenkschmiedete Abschnitt in einem Fluid Turbulenz hervorrufen, beispielsweise in einem in dem Förderrohr strömenden Rohöl, und kann Erosion hervorrufen. Daher kann die Wanddicke der Einsteckteillippenwand durch Gesenkschmieden nicht so sehr gesteigert werden.

Andere herkömmliche Techniken zum Verstärken der Steifigkeit des Endes eines Einsteckteils zum Verbessern seiner Abdichtbarkeit werden in U.S. Patent Nr. 4,624,488 und U.S. Patent Nr. 4,795,200 beschrieben. Diese Patente offenbaren Techniken, bei denen die Abdichtbarkeit durch Vorsehen eines zylindrischen Abschnitts erhöht wird, der einen Aufnahmeteil an einem Ende einer Dichtfläche eines Einsteckteils nicht kontaktiert, um die Steifigkeit bezüglich Verformung durch radiale Kontraktion des Umfangs der Dichtfläche des Einsteckteils zu verbessern und die Dichtflächen einer Verbindung gleichmäßig kontaktieren zu lassen.

Selbst wenn Gesenkschmieden durchgeführt wird, ist es bei einer Rohrverbindung erforderlich, ein konisches Gewinde, eine Dichtfläche und eine Schulterfläche innerhalb einer beschränkten Wanddicke vorzusehen. In dem vorstehend beschriebenen Stand der Technik muss die Schulterfläche aber an einer anderen Stelle als an der Lippe angeordnet sein, da das Ende des Einsteckteils nicht an dem Aufnahmeteil anliegt, so dass die Wanddicke der Lippe gezwungenermaßen verringert ist.

Somit ist das Ausmaß beschränkt, in dem die Steifigkeit der Lippe verstärkt werden kann, um einer Abnahme des Radius, die durch Außendruck verursacht wird, entgegenzuwirken, und die Abdichtbarkeit bezüglich Außendrucks kann nicht wesentlich verbessert werden. Da ferner der Schulterfläche keine ausreichende radiale Breite verliehen werden kann, kann kein hohes Maß an Druckfestigkeit erreicht werden und die Abdichtbarkeit ist unter einer Kombination von Kompression und Außendruck mangelhaft.

Techniken, um einem Gewinde die Fähigkeit zum Tragen einer Druckbelastung zu geben, um die Druckfestigkeit zu verbessern, werden zum Beispiel in U.S. Patent Nr. 5,829,797 und U.S. Patent Nr. 5,419,595 beschrieben. U.S. Patent Nr. 5,829,797 beschreibt Gewinde, in denen die Lastflanken und die Einführflanken von trapezförmigen Gewinden einander kontaktieren und an beiden Enden der Gewindegründe und Gewindespitzen radiale Spalte vorgesehen sind. Dieses Gewinde hat eine sehr hohe Fähigkeit, eine Druckbelastung zu tragen, da sich die Einführflanken immer in Kontakt befinden.

U.S. Patent Nr. 5,419,595 beschreibt ein Gewinde, bei dem der Spalt zwischen den Einführflanken von trapezförmigen Gewinden auf 30 µm oder weniger reduziert ist, so dass die Einführflanken nur in Kontakt miteinander gebracht werden, wenn eine Druckbelastung angelegt wird. Auch wenn die Fähigkeit dieses Gewindes, eine Druckbelastung zu tragen, geringer als die des in US Patent Nr. 5,829,797 beschriebenen Gewindes ist, ist sie viel höher als bei einem gewöhnlichen Sägewinde.

Wenn aber bei dem in US Patent Nr. 5,829,797 offenbarten Gewinde die Breite der Gewindezähne variiert, kann es zu großen Schwankungen bei Druckfestigkeit, Festfressbeständigkeitseigenschaften, Verbindungsherstellungsdrehmoment und anderen Eigenschaften kommen. Daher ist es erforderlich, die Fertigungstoleranzen äußerst klein zu halten, und dadurch weist dieses Gewinde das Problem auf, dass es für die Massenfertigung untauglich ist und äußerst teuer in der Herstellung ist.

US Patent Nr. 5,419,595 hat ähnliche Probleme. Der Spalt zwischen den Einführflanken muss nämlich auf einen Wert von 0 bis 30 µm gesetzt werden. In diesem Fall betragen zulässige Schwankungen der Breite der Außengewindezähne und der Innengewindezähne jeweils nur $\pm 7,5$ µm, so dass das Gewindeschneiden äußerst teuer und für die Massenfertigung untauglich wird.

GB 1,220,856 und JP 58-157087 offenbaren eine Schraubverbindung gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

US 4,548,431 offenbart eine Werkzeugverbindung für Erdb Bohrungs-Bohrrohrelemente, die Merkmale aufweist, die den Betrag an Drehmoment erhöhen, das zum Verwirklichen der Verbindung erforderlich ist. Die Werkzeugverbindung weist sowohl äußere als auch innere Verbindungsherstellungsschultern auf. Der Einsteckteil und der Aufnahmeteil sind so bemessen, dass die Aufnahmeteilfläche die Außenschulter kontaktiert, während immer noch ein Freiraum zwischen der Einsteckteilfläche und der Innenschulter besteht. Bei einem normalen Verbindungsherstellungsdrehmoment wird die Außenschulter bis zu ihrem normalen Betrag angezogen. Die Innenschulter wird nur zu ihrer Streckgrenze angezogen, wenn während Bohren zusätzliches Drehmoment auftritt. Die Innenschulter erhöht den Drehmomentbetrag, der erforderlich ist, um die Werkzeugverbindung zu erreichen.

JP 08-247351 und CN2366656Y offenbaren eine kupplungsartige Verbindung für Ölfeldrohre, die gewindefreie Teile zum Ausbilden einer Dichtung umfasst.

Offenbarung der Erfindung

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die Probleme des vorstehend beschriebenen Stands der Technik zu lösen und eine Schraubverbindung für Stahlrohre vorzusehen, die eine ausgezeichnete Druckfestigkeit und eine stark verbesserte Gesamtabdichtbarkeit bezüglich Außendrucks nicht nur bei Einwirken von Außendruck allein, sondern auch bei Einwirken einer kombinierten Belastung von Kompression und Außendruck oder Zug und Außendruck aufweist.

Die vorliegende Erfindung sieht eine Schraubverbindung für Stahlrohre gemäß Anspruch 1 vor.

Fig. 4 ist eine schematische Darstellung einer Lippe, die in grundlegenden Untersuchungen, die in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung durchgeführt wurden, verwendet wurde.

Um die vorstehend beschriebene Aufgabe zu verwirklichen, führten die vorliegenden Erfinder eine Finite-Element-Analyse bezüglich der folgenden vier Konstruktionsfaktoren zum Ermitteln der Form einer Lippe einer Premium-Verbindung mit der vorstehend beschriebenen Struktur durch: (1) der Lippendicke 41, (2) der Lippenlänge 42, (3) dem Schulterwinkel 43 und (4) der Dichtungskegeligkeit (Kegeligkeit der Dichtfläche) 44. Für jeden Faktor untersuchten sie dessen Wirkung auf die Abdichtbarkeit bezüglich Außendrucks.

Dadurch wurde festgestellt, dass die Lippendicke 41 und die Lippenlänge 42 die größte Wirkung auf die Abdichtbarkeit bezüglich Außendrucks haben und dass je dicker die

Lippendicke und je länger die Lippenlänge ist, desto ausgeprägter die Abdichtbarkeit bezüglich des Außendrucks verbessert wird.

Es wurde festgestellt, dass zum Verbessern von Druckfestigkeit die Lippendicke vorzugsweise bestmöglich vergrößert wird. Bezüglich des Schulterwinkels 43 wird die Abdichtbarkeit unter kombinierter Belastung durch Kompression und Außendruck verbessert, wenn der Schulterwinkel eines Einsteckteils solcher Art ist, dass ein Außenseitenabschnitt der Schulter eines Einsteckteils konisch zuläuft, um wie dargestellt eine hakenförmige Schulterfläche zu bilden (wobei ein solcher Winkel nachstehend als Hakenwinkel bezeichnet wird). Ein solcher Schulterwinkel führt aber durch Druckbelastung zu einer vermehrten Beschädigung der Schulterfläche eines Aufnahmeteils. Wenn daher ein Schulterwinkel vorgesehen ist, ist die Schulterfläche des Aufnahmeteils vorzugsweise verstärkt oder es wird vorzugsweise ein Gewinde mit einer hohen Fähigkeit, eine Druckbelastung zu tragen, verwendet.

Es wurde festgestellt, dass die Dichtungskegeligkeit 44 nur eine geringe Wirkung auf die Abdichtbarkeit bezüglich Außendrucks hat. Wenn die Dichtungskegeligkeit aber zu groß ist, ist der Kontaktdruck an der Dichtung (Abdichtdruck) deutlich verringert, wenn Zugspannung ausgeübt wird, und wenn die Dichtungskegeligkeit zu gering ist, kommt es an den Dichtflächen aufgrund einer Zunahme der Gleitstrecke während Herstellen und Lösen der Verbindung zu Festfressen.

Beruhend auf den vorstehenden Ergebnissen haben die vorliegenden Erfinder erkannt, dass die Abdichtbarkeit bezüglich Außendrucks beträchtlich verbessert werden kann und dass gleichzeitig die Druckfestigkeit verbessert werden kann, wenn sowohl die Lippendicke als auch die Lippenlänge bestmöglich vergrößert (verlängert) werden.

Bezüglich der Gewinde ist die Verwendung der herkömmlichen Techniken von U.S. Patent Nr. 5,829,797 und 5,419,595 für die Gewindeform am besten, wenn nur Druckfestigkeit berücksichtigt wird. Diese herkömmlichen Techniken weisen aber die vorstehend beschriebenen Probleme auf und sind nicht für die Massenfertigung geeignet.

Die vorliegenden Erfinder haben erkannt, dass, da Druckfestigkeit dank der Schulter allein durch die vorstehend beschriebene Lippenform mit vergrößerter Lippendicke beträchtlich verbessert werden kann, selbst wenn Ultrahochleistungsgewinde, die nicht einfach herzustellen sind, nicht eingesetzt werden, die Druckfestigkeit einer Gesamtverbindung durch das Einsetzen von Hochleistungsgewinden, die einfach zu fertigen sind, erheblich verbessert werden kann.

Beruhend auf dieser Idee haben die vorliegenden Erfinder Untersuchungen von Ausführungsformen bezüglich der Feststellung durchgeführt, dass die Abdichtbarkeit bezüglich Außendrucks umso besser ist, je länger die Lippenlänge ist. Dadurch wurde festgestellt, dass die Dichtflächen des Einsteckteils und des Aufnahmeteils nur an der Grundseite derselben in

Kontakt stehen (der Seite näher zu den Gewinden), während eine Zunahme des Volumens des verbleibenden nicht kontaktierenden Abschnitts der Lippe von dem Ende des Kontaktabschnitts zu der Spitze der Lippe dazu dient, die Steifigkeit der Lippe gegenüber Außendruck zu verstärken.

Selbst wenn in der Ausführungsform von Fig. 4, die nicht die vorliegende Erfindung darstellt, die Lippenlänge vergrößert wird, erhöht das Vergrößern der Lippenlänge das Volumen des nicht kontaktierenden Abschnitts der Lippe nicht wesentlich, da der nicht kontaktierende Abschnitt der Lippe von dem Ende der Dichtfläche zu der Spitze der Lippe konisch zuläuft, und führt unerwünschterweise zu einer Abnahme der Fläche der Schulterfläche, wodurch die Fähigkeit des Schulterabschnitts gemindert wird, eine Druckbelastung zu tragen. Daher wurde die Lippenform zu der in Fig. 1 gezeigten Form geändert.

Um in Fig. 1 die Wanddicke der Schulterfläche bestmöglich zu vergrößern und das Volumen des nicht kontaktierenden Abschnitts der Lippe von der Dichtfläche zu dem Ende der Lippe bestmöglich zu vergrößern, ist ein Abschnitt 15 (nachstehend als Vorsprungsabschnitt bezeichnet) einer Lippe 12 zwischen einem Dichtabschnitt 13 und einem Schulterabschnitt 13 eines Einsteckelements 1 nahezu zylindrisch ausgeführt und die Außenfläche des Vorsprungsabschnitts 15 ist so ausgeführt, dass sie ein Aufnahmeteil 2 nicht kontaktiert.

Wird der Lippe eine solche Form verliehen, werden die Wanddicke der Schulterfläche und die Wanddicke der Dichtfläche erfolgreich innerhalb einer beschränkten Wanddicke des Rohrs bestmöglich vergrößert. Aufgrund von Fertigungsfehlern ist der Querschnitt des Rohrs aber kein perfekter Kreis, sondern weist Wanddickenabweichungen oder ovale Form auf. Daher kann an der Innenkante des Endabschnitts des Einsteckteils eine Abschrägung 16 um einen Betrag, der der Fertigungstoleranz des Rohrs entspricht, ausgebildet werden, um sicherzustellen, dass die Innenkante des Endes des Einsteckteils nicht über einen perfekten Kreis eines vorbestimmten Durchmessers ragt, der auf der Verbindungsachse zentriert ist. In einem solchen Fall kann die Innenkante des Aufnahmeteils 2 auch eine entsprechende Abschrägung 26 aufweisen, wie später beschrieben wird.

Wenn an dem Einsteckteil das Gewinde so nahe wie möglich an der Dichtfläche vorgesehen ist, wird die Steifigkeit der Lippe des Einsteckteils gegenüber Außendruck weiter verbessert, und daher wird auch die Abdichtbarkeit bezüglich des Außendrucks verbessert.

Dieses Konzept unterscheidet sich stark von dem des Stands der Technik, der in U.S. Patent Nr. 4,624,488 und U.S. Patent Nr. 4,795,200 beschrieben wird, da das Ende des Einsteckteils als Schulterfläche verwendet wird und daher die Dicke der Lippe verglichen mit dem Stand der Technik, bei dem die Schulterfläche an einer anderen Stelle vorliegt, stark vergrößert werden kann.

Da die Wanddicke des Vorsprungsabschnitts bestmöglich vergrößert werden kann, kann ferner die Abdichtbarkeit bezüglich Außendrucks einfach durch leichtes Verlängern der axialen Länge des Vorsprungsabschnitts (nachstehend als Vorsprunglänge bezeichnet) stark verbessert werden.

Weiterhin kann die Schulterfläche vergrößert werden, und der Schulterabschnitt kann seine maximale Fähigkeit, Druckbelastung zu tragen, erreichen. Wenn folglich die Fähigkeit, Druckbelastung zu tragen, etwas größer als die eines Sägewindes ist, kann die Druckfestigkeit der Schraubverbindung durch Verwenden der den Vorsprungsabschnitt aufweisenden Lippe beträchtlich verbessert werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 ist ein schematisches Diagramm, das die Formen einer Lippe und des Umfangs der Lippe einer Schraubverbindung für Stahlrohre gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 2(a) und 2(b) sind erläuternde schematische Ansichten einer gewöhnlichen kupplungsartigen Premium-Verbindung für OCTG, wobei Fig. 2(a) eine vergrößerte Ansicht eines Teils von Fig. 2(b) ist und Fig. 2(b) eine Gesamtschnittansicht ist.

Fig. 3 ist eine schematische Ansicht, die die Form und Maße eines trapezförmigen Gewindes zeigt, das durch ein API-Sägewinde veranschaulicht ist.

Fig. 4 ist eine erläuternde schematische Ansicht der Faktoren, die die Form einer Lippe bestimmen, die in grundlegenden Untersuchungen in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung verwendet wurde.

Fig. 5 ist eine erläuternde schematische Ansicht von Faktoren, die die Formen der Lippe und des Umfangs der Lippe einer Schraubverbindung für Stahlrohre gemäß der vorliegenden Erfindung festlegen.

Fig. 6 ist eine erläuternde schematische Ansicht der Formen der Lippe und des Umfangs der Lippe einer Schraubverbindung für Stahlrohre gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei eine Schulterfläche abgewinkelt ist.

Fig. 7(a) ist eine erläuternde schematische Ansicht, die die Positionsbeziehung zwischen dem Innendurchmesser einer Aufnahmeteilnut und einer von dem Grund eines Innengewindes verlaufenden Linie zeigt, und Fig. 7(b) ist eine erläuternde schematische Ansicht, die die Positionsbeziehung zwischen einer Dichtfläche eines Einsteckteils und einer von dem Grund eines Außengewindes verlaufenden Linie oder einer Tangente zu dem Außengewinde und dem Vorsprungsabschnitt zeigt.

Fig. 8 ist ein schematisches Diagramm, das eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, bei der eine zweite Schulter an einer Endfläche eines Aufnahmeteils vorgesehen ist.

Fig. 9 ist ein schematisches Diagramm, das eine andere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, bei der eine zweite Abdichtung an dem Ende eines Aufnahmeteils vorgesehen ist.

Fig. 10 ist ein schematisches Diagramm, das ein Beispiel einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, wobei eine Verbindung der vorliegenden Erfindung an einem Einsteckelement vorgesehen ist, dessen Ende Gesenkschmieden unterzogen wurde.

Fig. 11 ist ein schematisches Diagramm, das eine integrale Verbindung zeigt.

Fig. 12 ist ein schematisches Diagramm, das die Folge zeigt, bei der an einem Exemplar während FEM-Analyse von Beispielen Last angelegt wird.

Fig. 13 ist eine erläuternde schematische Ansicht einer herkömmlichen Premium-Verbindung, die als Vergleichsbeispiel verwendet wird.

Fig. 14 ist ein schematisches Diagramm, das eine andere Ausführungsform zeigt, in der das Außengewinde einen Anlaufabschnitt umfasst, wobei die Hüllkurve der Außengewindegründe verglichen mit der der Gewindekegeligkeit eine verringerte Kegeligkeit aufweist.

Fig. 15 ist ein schematisches Diagramm einer anderen Ausführungsform, die eine torisch-konische Dichtfläche auf dem Aufnahmeteil aufweist, die mit einer zulaufenden Fläche auf dem Einsteckteil zusammenwirkt.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

Nun wird die vorliegende Erfindung unter Bezug auf die Figuren und bezüglich bevorzugter Ausführungsformen näher beschrieben. In den Figuren haben die gleichen Elemente oder Abschnitte einer Verbindung die gleichen Bezugszeichen.

Fig. 1 und 5 sind erläuternde schematische Ansichten einer Schraubverbindung für Stahlrohre gemäß der vorliegenden Erfindung, die ein Einsteckelement 1 und ein Aufnahmeteil 2 umfasst, die durch Gewindeeingriff miteinander verbunden sind. Das Einsteckelement 1 weist ein Außengewinde 11, mindestens eine Dichtfläche 13 und mindestens eine Schulterfläche 14 auf, die auf einem Endabschnitt eines Rohrs ausgebildet sind. Das Aufnahmeteil 2 weist ein Innengewinde 21, mindestens eine Dichtfläche 23 und mindestens eine Schulterfläche 24 auf, die dem Außengewinde 11, der Dichtfläche 13 bzw. der Schulterfläche 14 des Einsteckelements 1 entsprechen (mit diesen greifen oder diese kontaktieren können), die an dem Ende eines Rohrs ausgebildet sind. Diese Verbindung ist eine Art von Premium-Verbindung.

Bei einer solchen Schraubverbindung für Stahlrohre wird das Herstellen der Verbindung abgeschlossen, wenn die Schulterfläche 14 an der Endseite des Einsteckelements 1 an der entsprechenden Schulterfläche 24 des Aufnahmeteils 2 anliegt.

Erfindungsgemäß weist das Einsteckelement einen Vorsprungsabschnitt 15 auf, der den entsprechenden Abschnitt des Aufnahmeteils 2 (d.h. den Abschnitt des Aufnahmeteils 2, der dem Vorsprungsabschnitt 15 des Einsteckteils 1 zugewandt ist) nicht berührt. Der Vorsprungsabschnitt 15 befindet sich zwischen der Dichtfläche 13 (die sich an dem Außenumfang des Einsteckelements näher zum Ende des Einsteckelements als zum Außengewinde des Einsteckelements befindet) und der Schulterfläche 14 (die sich an der Endseite des Einsteckelements befindet). Da dadurch die Länge der Lippe 12 ohne Verringerung der Schulterfläche 14 vergrößert wird, kann die Abdichtbarkeit der Verbindung gegen Außendruck erheblich verbessert werden. Durch Vorsehen des Außengewindes 11 in der Nähe (und vorzugsweise in der unmittelbaren Nähe) der Dichtfläche 13 des Einsteckteils 1 wird ferner die Steifigkeit der Lippe 12 gegen Durchmessererringerungen erhöht und die Abdichtbarkeit gegen Außendruck wird weiter verbessert.

Unter Bezug auf Fig. 5 hat sich in einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt, dass eine Schraubverbindung für Stahlrohre mit der vorstehend beschriebenen Konfiguration durch Spezifizieren ihrer Form und Maße verbessert werden kann.

Die vorliegenden Erfinder haben nämlich Untersuchungen zu den Maßbereichen und Formen jedes Abschnitts für effizienteres Erhalten der vorstehend beschriebenen Wirkungen der vorliegenden Erfindung durchgeführt.

Bei einer üblichen Premium-Verbindung ist eine Druckfestigkeit gleich etwa 20% der Streckgrenze des Rohrkörpers erforderlich, doch manche Bohrungen erfordern Druckfestigkeit gleich mehr als 60% der Streckgrenze.

Eine Druckbelastung wird nicht nur an dem Schulterabschnitt, sondern auch an dem Gewinde angelegt. Wenn ein Gewinde mit einer hohen Fähigkeit, Druckbelastung zu tragen, verwendet wird, kann die Belastung an dem Schulterabschnitt entsprechend verringert werden. Wenn aber die Lippendicke 41 (die Wanddicke des Einsteckteils an der Mitte des Dichtkontaktbereichs 50) ein Lippendickenverhältnis (Verhältnis der Lippendicke zu der Wanddicke des Rohrkörpers) von mindestens 25% und vorzugsweise mindestens 50% aufweist, kann von der Lippe allein (ohne Verwendung eines Gewindes mit einer hohen Fähigkeit, eine Druckbelastung zu tragen) eine ausreichende Druckfestigkeit erhalten werden.

Der obere Grenzwert des Lippendickenverhältnisses kann auf etwa 85% (der Wanddicke des Rohrkörpers) erhöht werden, wenn das nachstehend beschriebene Gesenkschmieden ausgeführt wird.

Da die Abdichtbarkeit bezüglich des Außendrucks besser wird, wenn die Dicken des Dichtabschnitts und des Vorsprungsabschnitts der Lippe vergrößert werden, beträgt der Winkel 46 der Abschrägung 16, die an der Innenfläche des Endes der Lippe vorgesehen ist, zur Verbindungsachse vorzugsweise 9 bis 76 Grad.

Eine abrupte Änderung des Rohrinneindurchmessers kann aber Turbulenz und Erosion hervorrufen, so dass der Innendurchmesser 48 des Aufnahmeteils fast gleich dem Innendurchmesser 49 der Einsteckteillippe festgelegt wird und eine Abschrägung 26 mit einem Abschrägungswinkel 47 und einer Form ähnlich der des Einsteckteils an dem Innenumfang der Schulterfläche des Aufnahmeteils vorgesehen wird. Somit liegt der Abschrägungswinkel des Aufnahmeabschnitts aus den gleichen Gründen wie bezüglich der Einsteckteilabschrägung angeführt vorzugsweise in dem Bereich von 104 bis 171 Grad.

Auf diese Weise wird die Änderung des Durchmessers der Verbindung minimiert, so dass das Auftreten von Turbulenz verhindert werden kann, und gleichzeitig wird der Schulterabschnitt des Aufnahmeteils verstärkt. Daher wird das Ausmaß an Druckbelastung, die von dem Schulterabschnitt getragen werden kann, erhöht, um die Druckfestigkeit der Verbindung zu verbessern.

Die Vorsprunglänge 45 hängt von der Größe des Rohrs ab, liegt aber in etwa bei 4 mm bis 20 mm bei der Größe der Rohre, die als OCTG (das einen Außendurchmesser von etwa 50 bis 550 mm aufweist) verwendet werden.

Wie bereits erwähnt ist es um so besser, je länger die Vorsprunglänge ist, doch ist die Wirkung auf das Verbessern der Abdichtbarkeit gesättigt, wenn die Vorsprunglänge einen bestimmten Wert erreicht, so dass eine maximale Vorsprunglänge von 20 mm für ein tatsächliches Produkt ausreichend ist.

Wenn das Außen- und das Innengewinde konische Gewinde sind, umfasst das Außengewinde vorzugsweise auf der Seite der Dichtfläche einen Anlaufabschnitt, der zuerst während des Gewindeschneidens zum Herstellen des Außengewindes gebildet wird. In diesem Anlaufabschnitt weist die Hüllkurve der Außengewindegründe verglichen mit der der Gewindekegeligkeit (siehe Fig. 14) eine verringerte Kegeligkeit auf. Eine solche verringerte Kegeligkeit der Hüllkurve der Gewindegründe in dem Anlaufabschnitt bringt mehrere Vorteile: einfache Bearbeitung der Dichtfläche des Einsteckteils ohne Kratzer und eine Zunahme der Steifigkeit der Lippe, somit der Dichtheit gegenüber Außendruck. Vorzugsweise greift der Anlaufabschnitt des Außengewindes wie später beschrieben nicht mit den Innengewinden. Am bevorzugtesten ist die Hüllkurve der Außengewindegründe in dem Anlaufabschnitt eine zylindrische Fläche.

Die Form der Dichtfläche des Einsteckteils ist eine Schrägfläche, die sich aus Drehung um die Verbindungsachse einer geraden Linie, die zur Achse geneigt ist, ergibt. Die Form der Dichtfläche des Aufnahmeteils kann wie folgt sein:

(i) eine Schrägfläche, die sich aus Drehung um die Verbindungsachse einer geraden Linie, die zur Achse geneigt ist, ergibt, oder

(ii) eine gewölbte Fläche, die sich aus Drehung um die Verbindungsachse einer Kurve und insbesondere eine torische Fläche, wenn die Kurve ein Kreisbogen ist, ergibt oder

(iii) eine torisch-konische Fläche, die sich aus Drehung um die Verbindungsachse einer kombinierten Linie der geneigten geraden Linie und dem Kreisbogen ergibt.

Die Dichtfläche des Einsteckteils ist eine Schrägfläche. Vorzugsweise ist die Dichtfläche des anderen Elements (die des Aufnahmeteils) entweder eine torische Fläche oder eine torisch-konische Fläche, wobei der schräge Abschnitt der torisch-konischen Dichtfläche an der Vorsprungsseite liegt und im Wesentlichen die gleiche Kegeligkeit wie die schräge Dichtfläche aufweist (siehe Fig. 15).

Das Zusammenwirken einer schrägen Dichtfläche und einer torisch-konischen Dichtfläche hat eine ausgezeichnete Stabilität des Kontaktdrucks (und somit der Dichtheit) für die verschiedenen Einsatzbedingungen gezeigt, die sich zum Beispiel aus einem Lastzyklus wie dem von Fig. 12 ergeben.

Bei dem gewölbten, torischen oder torischen Abschnitt der torisch-konischen Dichtflächen ist der Krümmungsradius der Fläche vorzugsweise größer als 20 mm und bevorzugter größer als 40 mm.

Aus den vorstehend genannten Gründen beträgt der Winkel der Dichtfläche zu der Verbindungsachse, d.h. die Dichtungskegeligkeit 44, 5 bis 25 Grad und bevorzugter 10 bis 20 Grad.

Das Vorhandensein einer Dichtungskegeligkeit bringt an dem Einsteckteil eine Flächenunstetigkeit zwischen der Dichtfläche und der Außenfläche des Vorsprungs mit sich.

Die Dichtfläche erfordert einen Bereich von wesentlichem Kontakt mit einer axialen Länge von mindestens etwa 1 bis 1,5 mm, um Abdichteigenschaften zu gewährleisten.

Wenn die Dichtfläche aber zu lang ist, kann keine ausreichende Wanddicke des Drehmomentschulterabschnitts erhalten werden und die erforderlichen Kosten für das Fertigstellen der Dichtfläche steigen, was zu einer Verringerung der Produktivität führt.

Daher beträgt die axiale Länge 50 des Bereichs der Dichtfläche, an der wesentlicher Kontakt vorliegt, 2 bis 8 mm und vorzugsweise 3 bis 5 mm.

Die Schulterfläche kann im Wesentlichen senkrecht zur Verbindungsachse sein, wie in Fig. 5 gezeigt ist. Gemäß den vorstehend beschriebenen Untersuchungen wird aber die Abdichtbarkeit bei Anlegen einer Druckbelastung verbessert, wenn ein Hakenwinkel vorgesehen wird, wie in Fig. 6 gezeigt ist, doch wenn der Hakenwinkel zu groß ist, wird die Steifigkeit der Schulterfläche des Aufnahmeteils verringert, was zu einer verringerten Druckfestigkeit führt. Wenn daher ein Schulterwinkel 43 vorgesehen wird, beträgt er vorzugsweise 4 bis 16 Grad zu einer Ebene senkrecht zu der Verbindungsachse.

Fig. 6 ist eine erläuternde schematische Ansicht der Form der Lippe und des Umfangs der Lippe, wenn ein Hakenwinkel an der Schulterfläche einer Schraubverbindung für Stahlrohre gemäß der vorliegenden Ausführungsform vorgesehen ist.

In diesen Ausführungsformen ist die Einsteckteilschulter eine einzelne Fläche, die sich ohne Unstetigkeit zwischen einer Außenfläche und einer Innenfläche des Vorsprungs erstreckt.

Übermaßpassungen sind zwischen den Dichtflächen und zwischen den Gewinden des Einsteckteils und des Aufnahmeteils vorhanden. Wenn die Dichtflächen zu nahe zu den verschraubten Abschnitten der Gewinde liegen, ist das Ausmaß wesentlicher Übermaßpassungen zwischen den Dichtflächen aufgrund der Übermaßpassung zwischen den Gewinden unerwünscht verringert.

Soweit aber der Einsteckteil betroffen ist, ist wie bereits beschrieben das Vorhandensein des zusätzlichen Gewindes in dem Abschnitt zwischen dem Gewinde und der Dichtfläche erwünscht, um die Steifigkeit des Einsteckteils gegenüber Außendruck zu verstärken.

Somit ist die Struktur des Einsteckteils vorzugsweise solcher Art, dass sich das Außengewinde so erstreckt, dass es so nah wie möglich an der Dichtfläche ist. Zu diesem Zweck ist die Dichtfläche vorzugsweise um einen Abstand von dem Außengewinde beabstandet, der gleich höchstens einer Steigung des Gewindes ist, um die Steifigkeit der Lippe zu verbessern. Gleichzeitig ist eine umlaufende Nut 32 in dem Aufnahmeteil vorgesehen, um zu verhindern, dass Abschnitte der Gewinde nahe den Dichtflächen des Einsteckteils und des Aufnahmeteils miteinander greifen. Wenn an dem Außengewinde ein Anlaufabschnitt vorgesehen ist, entspricht der Anlaufabschnitt des Außengewindes dem gerade erwähnten Abschnitt des Außengewindes, der durch die Nut 32 daran gehindert wird, mit dem Innengewinde zu greifen.

Wenn die axiale Länge 51 der umlaufenden Nut 32 klein ist, ist die wesentliche Übermaßpassung zwischen den Dichtflächen aufgrund der Gewindeübermaßpassung verringert. Wenn dagegen die axiale Länge 51 der Nut 32 zu groß ist, ist die Abdichtbarkeit verringert und die Fertigungskosten werden unnötig erhöht. Ein Bereich für die Länge 51 der Nut 32 liegt bei dem 1,5- bis 3,5-fachen der Gewindesteigung.

Fig. 7(a) ist eine erläuternde schematische Ansicht, die die Positionsbeziehung zwischen dem Innendurchmesser der Nut des Aufnahmeteils und einer Linie 63 zeigt, die sich entlang des Grunds des Innengewindes erstreckt, und Fig. 7(b) ist eine erläuternde schematische Ansicht, die die Positionsbeziehung zwischen der Dichtfläche des Einsteckteils und einer Linie 62 zeigt, die sich entlang des Grunds des Außengewindes oder einer Tangente 61 zu dem Außengewinde und dem Vorsprungabschnitt erstreckt.

Wie in Fig. 7(a) gezeigt ist der Innendurchmesser der umlaufenden Nut des Aufnahmeteils vorzugsweise solcher Art, dass die Innenfläche der Nut im Verhältnis zu der Achse

des Aufnahmeteils radial auswärts der Verlängerungslinie 63 des Grunds des Innengewindes angeordnet ist. Wenn aber der Innendurchmesser der Nut zu stark vergrößert wird, wird der Außendurchmesser des Aufnahmeteils ebenfalls nachteilig vergrößert. Daher sollte der Innendurchmesser der Nut nur in dem Maß größer als der radiale Abstand von der Achse des Aufnahmeteils zu der Verlängerungslinie 63 des Grunds des Innengewindes sein, dass Fertigung problemlos ausgeführt werden kann.

Wie in Fig. 7(b) gezeigt ist die Positionsbeziehung zwischen dem Gewinde, der Dichtfläche und dem Vorsprungabschnitt (der Außenfläche) des Einsteckteils solcher Art, dass die Dichtfläche radial einwärts (von der Achse des Einsteckteils gemessen) sowohl der Tangente 61 zu der Spitze des Außengewindes und der Spitze des Einsteckteils (Vorsprungabschnitt) oder der Verlängerungslinie 62 des Grunds des Außengewindes angeordnet ist.

Durch Nutzen einer solchen Anordnung wird ein Beschädigen der Dichtfläche schwierig, selbst wenn das Ende des Einsteckteils während Einsatz vor Ort gegen etwas stößt, und es kann eine Verringerung der Abdichtbarkeit verhindert werden.

Der Spalt zwischen den Einführflanken und dem Einführflankenwinkel beeinflusst die Druckfestigkeit der Gewinde wesentlich. Wie bereits beschrieben liegt der Spalt bei einem API-Sägengewinde zwischen den Einführflanken bei 30 μm bis 180 μm . Unter der Annahme, dass die Häufigkeitsrate von Fertigungsfehlern bei einem API-Sägengewinde eine normale Verteilung hat, sind Erzeugnisse mit einem Spalt zwischen den Einführflanken von etwa 100 μm am häufigsten. Eine solche Spaltgröße erzeugt aber keine besonders hohe Druckfestigkeit.

Durch Durchführen von Untersuchungen, die hauptsächlich auf der Methode der Finiten Elemente beruht, fanden die vorliegenden Erfinder heraus, dass eine hohe Druckfestigkeit erhalten wird, wenn der Spalt zwischen den Einführflanken höchstens 90 μm groß ist.

Wenn der Einführspalt aber zu klein ist, kann der Druck (als Dotierungsdruck bezeichnet) eines Schmiermittels, das als Dotierung bezeichnet wird, die während der Herstellung der Verbindung auf die Gewinde aufgebracht wird, auf einen anomalen Wert steigen und die Leistungsfähigkeit der Verbindung nachteilig beeinflussen. Wenn ferner die Einführflanken einander berühren, wie in dem vorstehend beschriebenen U.S. Patent Nr. 5,829,797 beschrieben, kann es zu Festfressen oder Änderungen des Verbindungsherstellungsdrehmoments kommen.

Somit können im Hinblick auf die normale Verteilung von Herstellungsfehlern die Wirkungen der vorliegenden Erfindung durch Festlegen des Spalts zwischen den Einführflanken in dem Bereich von 10 μm bis 150 μm erhalten werden. Vorzugsweise beträgt der Spalt zwischen Einführflanken 20 bis 90 μm , um weiter verbesserte Wirkungen zu erhalten.

Die Fähigkeit der Gewinde, eine Druckbelastung zu tragen, steigt, wenn der Einführflankenwinkel abnimmt. Wenn umgekehrt der Einführflankenwinkel zunimmt, gleiten das Außengewinde und das Innengewinde entlang einer Neigung, und die Fähigkeit der Gewinde, einer Druckbelastung standzuhalten, ist verringert. Der obere Grenzwert bei dem Einführflankenwinkel, so dass die Fähigkeit, einer Druckbelastung standzuhalten, nicht stark verringert ist, beträgt in etwa 36 Grad.

Wenn dagegen der Einführflankenwinkel zu klein ist, wird eine Beschädigung aufgrund von Abrieb eines Gewindeschneidwerkzeugs schwerwiegend und es wird sehr schwierig, Fertigungstoleranzen einzuhalten. Daher wird der untere Grenzwert auf 3 Grad gesetzt.

In der vorstehenden Beschreibung wurde eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben, in der eine Dichtfläche und eine Schulterfläche an der Lippe am Ende eines Einsteckteils vorgesehen sind, doch sind andere Ausführungsformen als vorstehend beschrieben für Stahlrohre für spezielle Anwendungen möglich.

Wie zum Beispiel in Fig. 8 und 9 gezeigt ist, ist, wenn die vorliegende Erfindung bei einem Bohrrrohr mit einem aufgesetztem Ende oder einem OCTG mit einer extrem großen Wanddicke angewendet wird, eine Ausführungsform möglich, bei der eine zweite Reihe von Schulterflächen 33 und/oder eine zweite Reihe von Dichtflächen 34 mit dem Einsteckteil 1 und dem Aufnahmeteil 2 kombiniert mit der Struktur der Einsteckteillippe 12, die den Vorsprungabschnitt gemäß der vorliegenden Erfindung aufweist, vorgesehen sind.

Fig. 8 ist ein schematisches Diagramm, das eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit einer zweiten Reihe von Schulterflächen des Einsteckteils und des Aufnahmeteils an der Endseite des Aufnahmeteils zeigt.

Fig. 9 ist ein schematisches Diagramm, das eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit einer zweiten Reihe von Dichtflächen des Einsteckteils und des Aufnahmeteils an dem Ende des Aufnahmeteils zeigt.

Fig. 10 ist ein schematisches Diagramm, das ein Beispiel einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, in dem die Verbindung der vorliegenden Erfindung auf einem Einsteckelement vorgesehen ist, das ein Ende aufweist, das Gesenkschmieden unterzogen wurde, um sowohl den Rohrdurchmesser am Ende zu verringern als auch die Wanddicke der Einsteckteillippe zu vergrößern.

Die vorliegende Erfindung sieht ausreichend Stabilität vor, selbst wenn das Ende des Einsteckteils keinem Gesenkschmieden unterzogen wird. Wenn es aber erwünscht ist, einen sehr hohen Wert an Torsionsfestigkeit oder zum Beispiel Druckfestigkeit zu erhalten, kann die Wanddicke der Schulterfläche durch Ausbilden der Schraubverbindung der vorliegenden Erfindung am Ende eines Einsteckteils, der zuvor einem Gesenkschmieden unterzogen wurde

(siehe Fig. 10), vergrößert werden. In diesem Fall sollte aber die Änderung des Innendurchmessers der Verbindung geeignet gewählt werden, so dass keine Turbulenz auftritt.

Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wurden unter Verwenden einer kupplungsartigen Verbindung, wie sie zum Beispiel in Fig. 2 gezeigt ist, beschrieben. Die vorstehend beschriebene vorliegende Erfindung kann aber auch auf eine integrale Verbindung, wie sie in Fig. 11 gezeigt ist (bei der Rohre ohne Verwenden einer Kupplung, sondern stattdessen durch Vorsehen eines Einsteckteils an einem Ende eines Rohrkörpers und Vorsehen eines Aufnahmeteils an dem anderen Ende direkt miteinander verbunden sind), angewendet werden.

Fig. 11 ist ein schematisches Diagramm, das eine integrale Verbindung zeigt, bei der ein Einsteckelement 1 und ein Aufnahmeteil 2, die an jeweiligen Endabschnitten von Rohrkörpern vorgesehen sind, direkt miteinander greifen, um eine Schraubverbindung zu bilden.

Beispiele

Um die Wirkungen der vorliegenden Erfindung verständlich zu demonstrieren, wurde eine Zahlensimulationsanalyse durch die elastoplastische Methode Finiter Elemente für die in Tabelle 1 gezeigten Exemplare durchgeführt.

Die in Tabelle 1 gezeigten Exemplare waren allesamt kupplungsartige Schraubverbindungen für OCTG, wie die in Fig. 2 gezeigten, zur Verwendung mit Stahlrohren der Größe 5-1/2" 20# (lb/ft) (Außendurchmesser 139,7 mm und Wanddicke 9,17 mm). Das für alle Exemplare verwendete Stahlmaterial war das von API-Normen als P110 spezifizierte Material.

Exemplar B war ein Vergleichsbeispiel in Form einer herkömmlichen Premium-Verbindung. Es hatte eine Einsteckteillippenform wie die in Fig. 13 gezeigte. In Fig. 13 zeigen Bezugszeichen, die die gleichen wie die vorstehend verwendeten sind, die gleichen Elemente an.

Die Exemplare C - O hatten im Grunde die gleiche Verbindungsstruktur wie Exemplar A, nur die Maße der verschiedenen Abschnitte waren verändert, wie in Tabelle 1 gezeigt ist.

Bei Exemplar J wurde aber das Ende eines Rohrkörpers mit der vorstehend beschriebenen Größe einem Aufsetzen durch äußeres Überziehen unterzogen, so dass sein Außendurchmesser auf 148,4 mm vergrößert wurde, und es wurden wie in Fig. 8 gezeigt zweite Schultern, die jeweils durch eine flache Fläche senkrecht zu der Verbindungsachse ausgebildet waren und eine Dicke entsprechend dem Betrag aufwiesen, um den der Rohrkörper aufgesetzt wurde, auf der Endseite des Aufnahmeteils und auf dem entsprechenden Einsteckteil vorgesehen.

Das Exemplar L war ein anderes Vergleichsbeispiel, bei dem Schulterflächen an der Endseite des Aufnahmeteils (statt erfindungsgemäß auf der Endseite des Einsteckteils) und an der entsprechenden Position des Einsteckteils vorgesehen waren.

Die Gewindeform war wie in Fig. 3 festgelegt für alle Exemplare bezüglich der Kegeligkeit (1/18), der Gewindehöhe 74 (1,575 mm), der Gewindesteigung (5,08 mm) und dem Lastflankenwinkel 71 (3 Grad) die gleiche. Der axiale Spalt 73 der Einführflanken und der Einführflankenwinkel 72 wurden verändert und sind in Tabelle 1 zusammen mit den anderen Maßen der Verbindung, einschließlich dem Lippendickenverhältnis (Verhältnis der Lippendicke 41 zu der Rohrwanddicke, wobei die Lippendicke an der Mitte des Kontaktdichtabschnitts 50 gemessen wurde), der Länge des Vorsprungsabschnitts (Vorsprunglänge) 45, der Kegeligkeit der Dichtflächen (Dichtungskegeligkeit) 44, der axialen Länge des Dichtkontaktabschnitts (Dichtungslänge) 50, dem Schulterwinkel 43, den Abschrägungswinkeln der Einsteckteil- und Aufnahmeteilschultern 46 und 47, dem Vorhandensein oder Fehlen der umlaufenden Nut 32 und dem Abstand zwischen dem Gewinde und der Dichtfläche des Einsteckteils (bezüglich Gewindesteigung), gezeigt (siehe Fig. 5 und 6).

Bei der Finiten-Element-Analyse wurde das Material als elastoplastisches Material mit isotroper Härtung und mit einem Elastizitätsmodul von 210 GPa und einer nominellen Streckgrenze in Form einer um 0,2% versetzten Streckgrenze von 110 ksi (758 MPa) modelliert.

Der Aufbau wurde für jede Probe durchgeführt, indem die Schulterflächen des Einsteckteils und des Aufnahmeteils zusammengeführt wurden und dann zusätzliche 1,5/100 Umdrehungen durchgeführt wurden.

In einer ersten Analyse wurde eine Druckbelastung (2852 kN), die 100% der Streckgrenze des Rohrkörpers entsprach, an jedem fertiggestellten Exemplar angelegt, und die Druckfestigkeit wurde beruhend auf dem Restdrehmomentverhältnis beurteilt, das als Wert des beibehaltenen Drehmoments definiert ist, das nach Entfernen der Last (entsprechend dem Durchbruchsdrehmoment, das das lösende Drehmoment der Verbindung nach Belastung ist) dividiert durch das Verbindungsherstellungsdrehmoment verblieb. (Je größer das Verhältnis ist, desto weniger Lösen der Verbindung ist eingetreten. Ein Wert von mindestens 40% wird als erforderlich betrachtet).

In einer zweiten Analyse wurde die in Fig. 12 und Tabelle 2 gezeigte Lastsequenz an jedem fertiggestellten Exemplar angelegt. Die Abdichtbarkeit bezüglich Außendrucks wurde durch Vergleichen der Mindestwerte des mittleren Dichtkontaktendrucks in der Sequenz beurteilt. (Je größer der Wert war, desto besser war die Abdichtbarkeit).

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 gezeigt. Aus den Ergebnissen in Tabelle 3 ist ersichtlich, dass eine Schraubverbindung für Stahlrohre gemäß der vorliegenden Erfindung einen höheren Wert an verbleibendem Drehmomentwiderstand aufwies und einen höheren

Dichtkontaktdruck beibehält, als jede der Vergleichsverbindungen, und dass sie daher eine ausgezeichnete Druckfestigkeit und Abdichtbarkeit bezüglich Außendrucks hatte.

Somit wird erfindungsgemäß eine Schraubverbindung für Stahlrohre mit ausgezeichneter Druckfestigkeit und Abdichtbarkeit bezüglich Außendrucks erhalten. Gleichzeitig kann die Handhabung der Verbindung vor Ort einfacher gemacht werden. Auch wenn die vorliegende Erfindung ausreichende Leistung hat, selbst wenn ein Bearbeiten wie Gesenkschmieden nicht ausgeführt wird, können, wenn Gesenkschmieden ausgeführt wird, um die Wanddicke der Einsteckteillippe zu vergrößern, nicht nur die Druckfestigkeit und die Abdichtbarkeit bezüglich Außendrucks, sondern auch der Torsionswiderstand noch weiter verbessert werden. Für spezielle Rohre, beispielsweise Rohre mit einer extrem großen Wanddicke, kann durch zusätzliches Vorsehen einer zweiten Schulter und/oder eines zweiten Metall/Metall-Dichtabschnitts ein hoher Wert an Druckfestigkeit, Torsionswiderstand und/oder Abdichtbarkeit bezüglich Außendrucks erhalten werden.

Auch wenn die vorliegende Erfindung bezüglich bevorzugter Ausführungsformen beschrieben wurde, sind diese lediglich veranschaulichend und sollen nicht die vorliegende Erfindung beschränken. Es versteht sich für den Fachmann, dass verschiedene Abwandlungen der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen durchgeführt werden können, ohne vom in den Ansprüchen dargelegten Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen.

Tabelle 1

Exemplar	Lippen- dicken- verhältnis* [%]	Vorsprungs- länge [mm]	Dichtungs- kegeligkeit [°]	Axiale Länge der Dichtung [mm]	Schulter- winkel [°]	Abschräg- ungswinkel der Einsteckteil- schulter [°]	Abschräg- ungswinkel der Aufnahmeteil- schulter [°]	Nut des Auf- nahme- teils	Abstand zwischen Gewinde und Dicht- ung des Einsteck- teils [Steil- gung]	Spalt der Einführ- flanken [µm]	Einführ- flanken- winkel [°]	Schulter am Ende des Ein- steck- teils
A	63	8	11,3	3	0	15	165	Anbringen	0,4	690	10	Ja
B	46	0	20	3,3	15	0	180	N/A	1,7	100	10	Ja
C	63	2	11,3	3	0	15	165	Anbringen	0,4	60	10	Ja
D	63	8	30	3	0	15	165	Anbringen	0,4	60	10	Ja
E	56	8	11,3	3	0	15	165	Anbringen	0,4	60	10	Ja
F	63	8	11,3	3	20	15	165	Anbringen	0,4	60	10	Ja
G	63	8	11,3	3	0	6	174	Anbringen	0,4	60	10	Ja
H	63	8	11,3	3	0	15	165	N/An	0,4	60	10	Ja
I	63	8	11,3	3	0	15	165	Anbringen	0,4	60	45	Ja
J	63	8	11,3	3	0	15	165	Anbringen	0,4	60	10	Ja
K	63	8	11,3	3	0	6	174	Anbringen	0,4	160	45	Ja
L	23	8	11,3	3	0	15	165	Anbringen	0,4	60	10	Nein
M	63	8	11,3	3	0	15	165	Anbringen	0,4	160	45	Ja
N	63	8	11,3	3	0	15	165	Anbringen	0,4	160	10	Ja
O	63	8	11,3	3	0	15	165	Anbringen	4	60	10	Ja

*: Das Lippendickenverhältnis war das Verhältnis der Lippendicke zu der Rohrwanddicke, wobei die Lippendicke die Einsteckteilmwanddicke in der Mitte des Kontaktabschnitts der Dichtung war.

Tabelle 2

Belastungsschritt	Belastungsbedingungen	Größe der Last	
		Axiale Last	Außendruck
1	Verbindungsherstellung (1,5/100 Drehungen von Schultern)	0 kN	0 MPa
2	100% PBYS -Kompression	-2852 kN	0 MPa
3	100% PBYS –Kompression + 100% API Außendruck	-2582 kN	76,5 MPa
4	100% API Außendruck (Druckbelastung entfernt)	0 kN	76,5 MPa
5	67% PBYS-Zugspannung + 100% API Außendruck	1911 kN	44,1 MPa
6	100% PBYS-Zugspannung (Außendruck entfernt)	2852 kN	0 MPa

PBYS: Rohrkörper-Streckgrenze, d.h. Streckgrenze des Rohrkörpers.

API: Einbeulender Druck (zerdrückender Außendruck) des Rohrkörpers, in API-Spezifikation 5C3 festgelegt.

Tabelle 3

Exemplar	Aufrechterhaltenes, in erster Analyse erhaltenes Drehmomentverhältnis (%) *	Mindestwert des in zweiter Analyse erhaltenen mittleren Dichtkontaktdrucks (MPa)
A	74	301
B	33	23
C	68	151
D	62	226
E	59	233
F	49	203
G	61	242
H	71	253
I	48	287
J	78	315
K	58	236
L	28	36
M	63	211
N	58	233
O	43	108

*(Aufrechterhaltenes Drehmoment nach Entfernen der Last) / (Drehmoment bei Herstellen der Verbindung)

Patentansprüche

1. Schraubverbindung für Stahlrohre, welche einen Einsteckteil (1) und einen Aufnahmeteil (2) umfasst, wobei der Einsteckteil ein Außengewinde (11), eine Dichtfläche (13) und eine Schulterfläche (14) aufweist, der Aufnahmeteil ein Innengewinde (21), eine Dichtfläche (23) und eine Schulterfläche (24) aufweist, das Außengewinde mit dem Innengewinde in Eingriff steht, die Dichtfläche des Einsteckteils mit der entsprechenden Dichtfläche des Aufnahmeteils radial greift und die Schulterfläche des Einsteckteils an der entsprechenden Schulterfläche des Aufnahmeteils axial anliegt, wobei (i) die Schulterfläche des Einsteckteils an einer Endfläche des Einsteckteils vorgesehen ist, (ii) die Dichtfläche des Einsteckteils sich an einer Rohrendseite nahe dem Außengewinde befindet, (iii) ein Vorsprungsabschnitt (15) an dem Einsteckteil zwischen der Dichtfläche und der Schulterfläche vorgesehen ist, wobei der Vorsprungsabschnitt den Abschnitt des Aufnahmeteils, der dem Vorsprungsabschnitt des Einsteckteils zugewandt ist, nicht berührt, die Form der Dichtfläche des Einsteckteils eine schräg zulaufende Fläche ist, die sich aus Drehung einer geraden Linie um die gemeinsame Achse ergibt, die relativ zu der Achse geneigt ist, die Schräge der Dichtfläche des Einsteckteils zwischen 5 und 25 Grad liegt und die Dichtfläche (13) des Einsteckteils, gemessen von der Achse des Einsteckteils, von (i) der Tangente (61) zur Spitze des Außengewindes und der Spitze des Einsteckteils und (ii) der Verlängerungslinie (62) des Grunds des Außengewindes radial einwärts angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Vorliegen der Schräge der Dichtfläche des Einsteckteils an dem Einsteckteil zwischen der Dichtfläche und einer Außenfläche des Vorsprungsabschnitts eine Flächenunstetigkeit mit sich bringt, dass die Schraubverbindung Mittel zum Zulassen umfasst, dass ein Abschnitt des Außengewindes (11), der sich benachbart zu der Dichtfläche (13) befindet,

aus einem Eingriff mit einem Innengewinde (21) entweichen kann, dass die Mittel eine umlaufende Nut (32) sind, die an der Innenfläche des Aufnahmeteils zwischen dem Innengewinde und der Dichtfläche des Aufnahmeteils vorgesehen ist, und dass die axiale Länge der umlaufenden Nut (32), gemessen zwischen dem Innengewinde und der Dichtfläche des Aufnahmeteils, zwischen 1,5 bis 3,5 Steigungen des Gewindes beträgt.

2. Schraubverbindung für Stahlrohre nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorsprung (15) eine Außenfläche aufweist, die zylindrisch ist.
3. Schraubverbindung für Stahlrohre nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die axiale Länge des Vorsprungs (15) bei Rohren mit einem Außendurchmesser zwischen 50 und 550 mm zwischen 4 mm und 20 mm liegt.
4. Schraubverbindung für Stahlrohre nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtfläche (13) des Einsteckteils bei einem Abstand zu dem Außengewinde angeordnet ist, der nicht mehr als eine Gewindesteigung beträgt.
5. Schraubverbindung für Stahlrohre nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Außen- und Innengewinde Kegeligewinde sind und das Außengewinde einen Anlaufabschnitt aufweist, wobei die Hüllkurve der Außengewindegründe verglichen mit der der Gewindekegeligkeit eine verringerte Kegeligkeit aufweist.
6. Schraubverbindung für Stahlrohre nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Hüllkurve der Außengewindegründe in dem Anlaufabschnitt eine zylindrische Fläche ist.
7. Schraubverbindung für Stahlrohre nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Schulterflächen (14, 24) des Einsteckteils

und des Aufnahmeteils ebene Flächen senkrecht zur gemeinsamen Achse sind.

8. Schraubverbindung für Stahlrohre nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Schulterflächen (14, 24) des Einsteckteils und des Aufnahmeteils schräg zulaufen und mit der Senkrechten zur gemeinsamen Achse einen Winkel von weniger als 16 Grad einnehmen, so dass die Schulterfläche des Einsteckteils von der des Aufnahmeteils festgehakt ist.
9. Schraubverbindung für Stahlrohre nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Form der Dichtfläche des Aufnahmeteils gewählt ist aus (i) einer Schrägfläche, die sich aus Drehung einer geraden Linie um die gemeinsame Achse, wobei die Linie im Verhältnis zur Achse geneigt ist, ergibt, (ii) einer gewölbten Fläche, die sich aus Drehung einer Kurve um die gemeinsame Achse ergibt, und insbesondere einer torischen Fläche, wenn die Kurve ein Kreisbogen ist, und (iii) einer torisch-konischen Fläche, die sich aus Drehung einer kombinierten Linie der geneigten geraden Linie und des Kreisbogens um die gemeinsame Achse ergibt.
10. Schraubverbindung für Stahlrohre nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtfläche (13, 23) des Aufnahmeteils entweder eine torische Fläche oder eine torisch-konische Fläche ist, wobei sich der schräge Abschnitt der torisch-konischen Dichtfläche an der Vorsprungseite befindet und im Wesentlichen die gleiche Kegeligkeit wie die schräge Dichtfläche aufweist.
11. Schraubverbindung für Stahlrohre nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenfläche des Einsteckteils nahe der Schulterfläche abgeschrägt (16) ist, so dass die Innenkante der Einsteckteilschulter einen Kreis bildet, der zur gemeinsamen Achse konzentrisch ist.

12. Schraubverbindung für Stahlrohre nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenfläche des Aufnahmeteils nahe der Schulterfläche abgeschrägt (26) ist.
13. Schraubverbindung für Stahlrohre nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Außengewinde (11) und das Innengewinde (21) jeweils eine im Allgemeinen trapezartige Form aufweisen, die eine Lastflanke, eine Einführflanke, einen Gewindegrund und eine Gewindespitze umfasst, wobei der Winkel der Einführflanken mit der Normalen zur gemeinsamen Achse nicht weniger als 3 Grad und nicht mehr als 36 Grad beträgt.
14. Schraubverbindung für Stahlrohre nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Lastflanken Berührung vorliegt und ein axialer Spalt zwischen den Einführflanken des Außen- und Innengewindes bei hergestellter Schraubverbindung nicht weniger als 10 μm und nicht mehr als 150 μm beträgt
15. Schraubverbindung für Stahlrohre nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Schraubverbindung für Stahlrohre weiterhin an einem Endabschnitt des Aufnahmeteils eine zweite Reihe von Schulterflächen und/oder eine zweite Reihe von Abdichtflächen vorsieht.

1/8

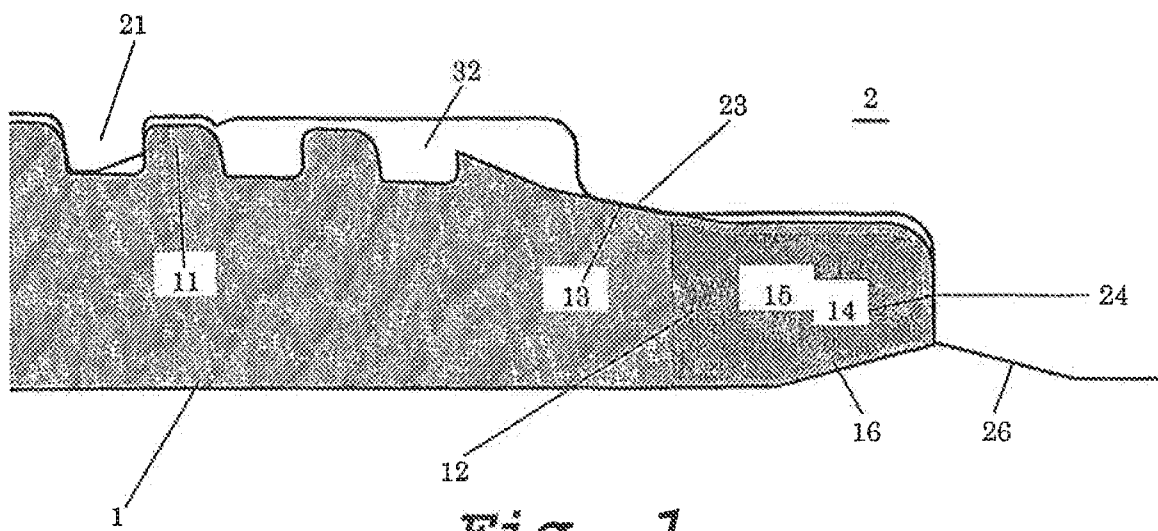


Fig. 1

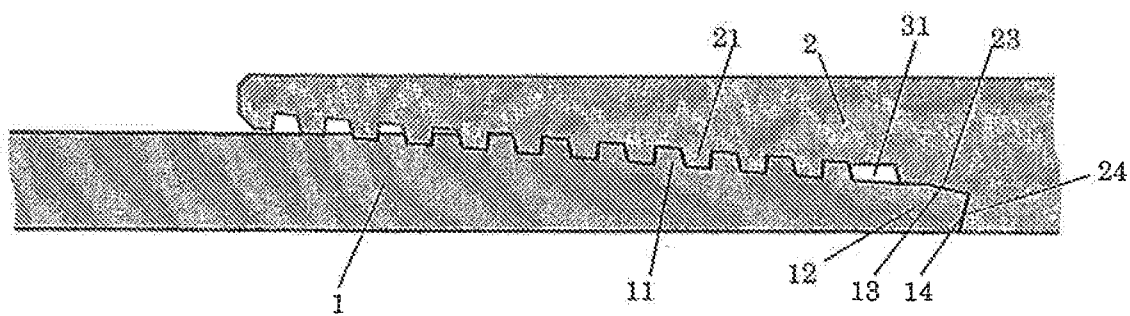


Fig. 2(a)

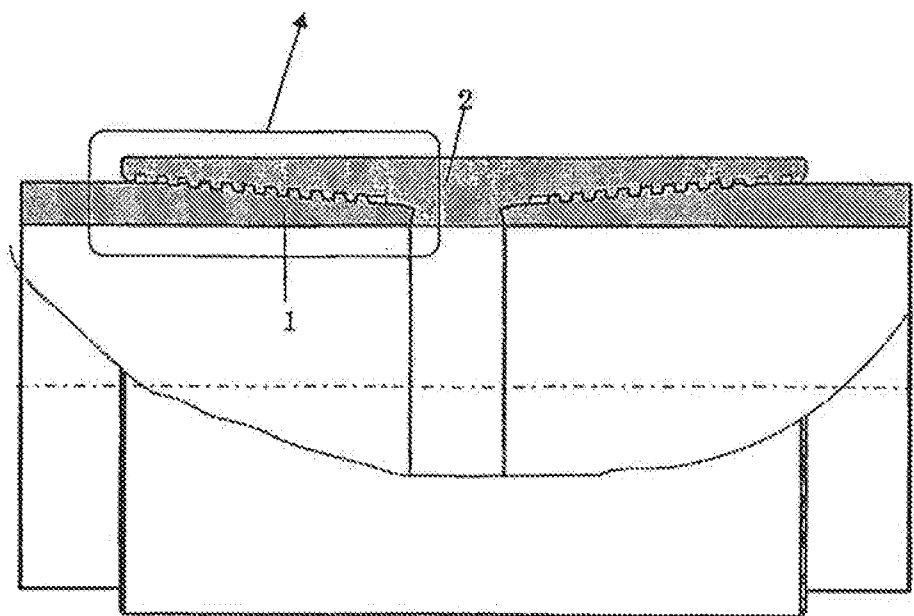


Fig. 2(b)

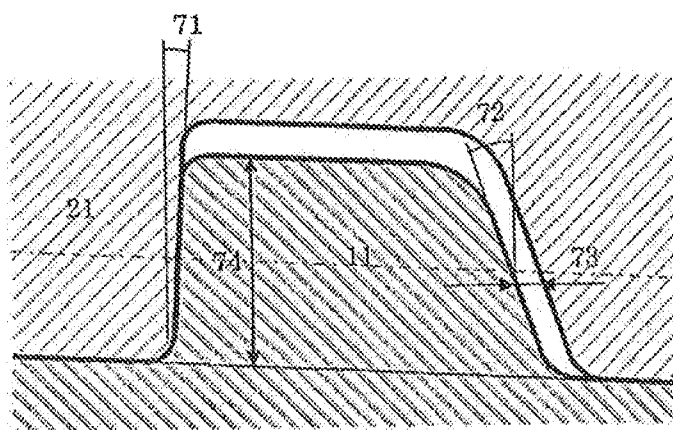


Fig. 3

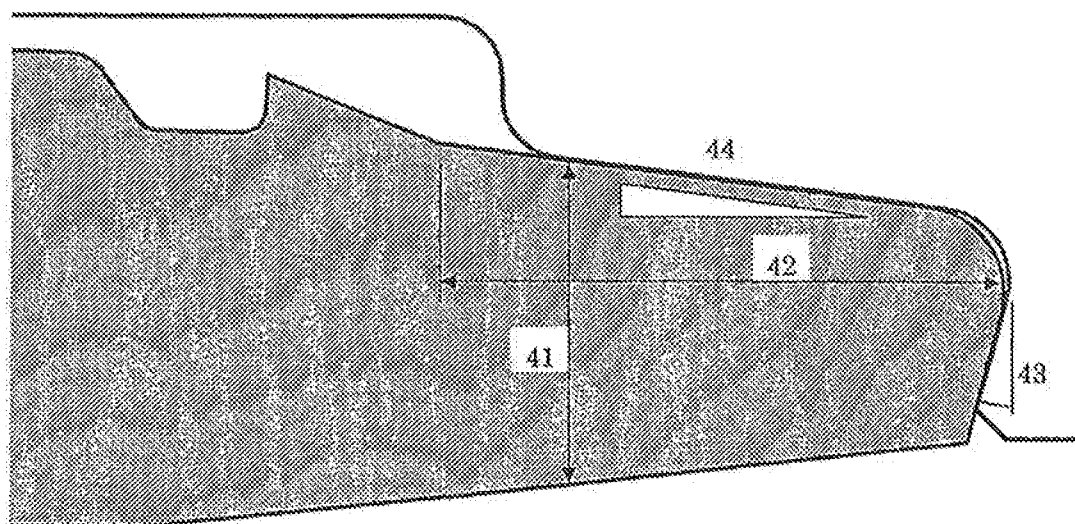


Fig. 4

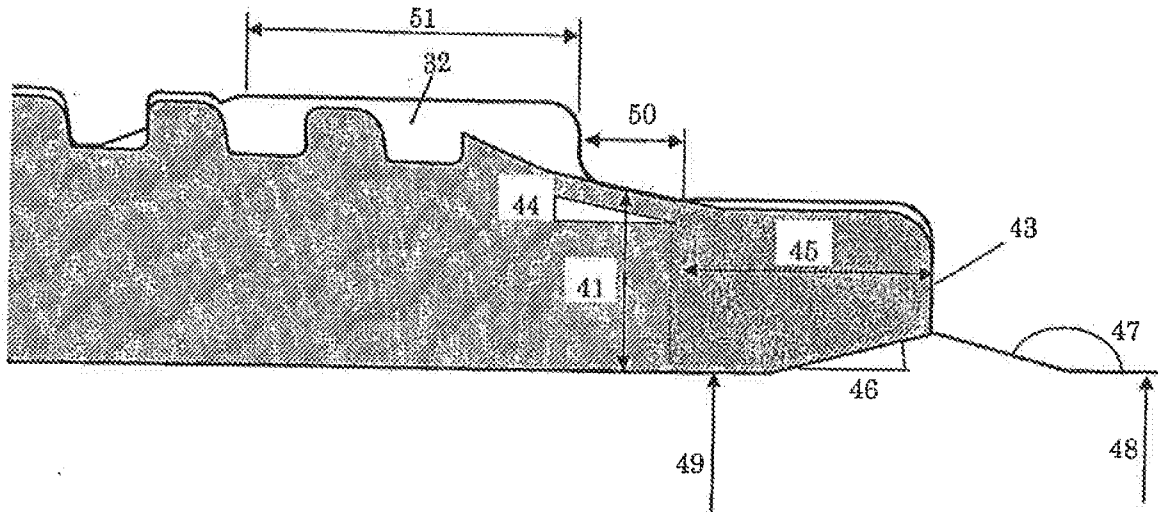


Fig. 5

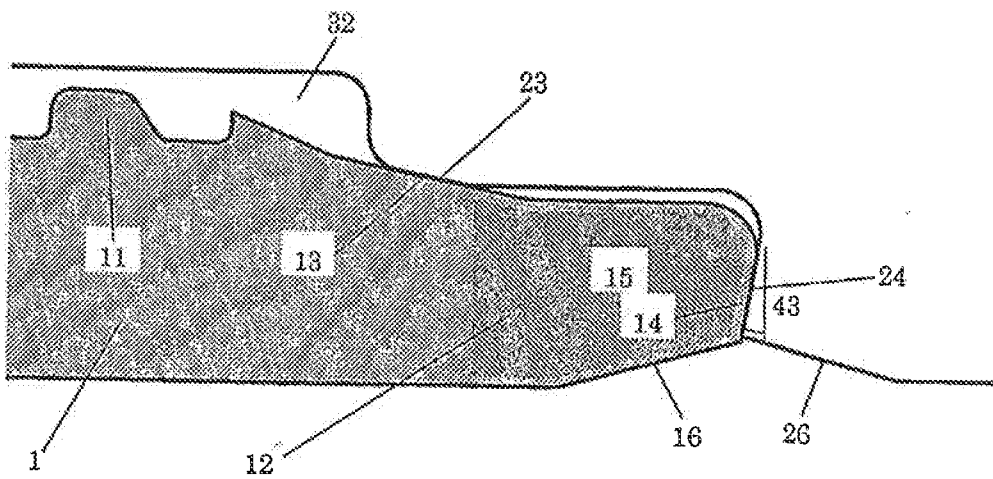


Fig. 6

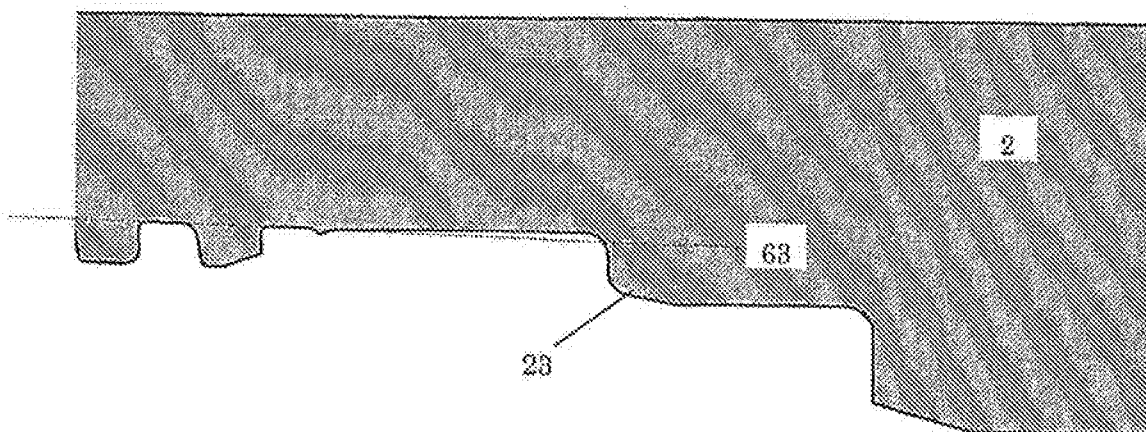


Fig. 7(a)

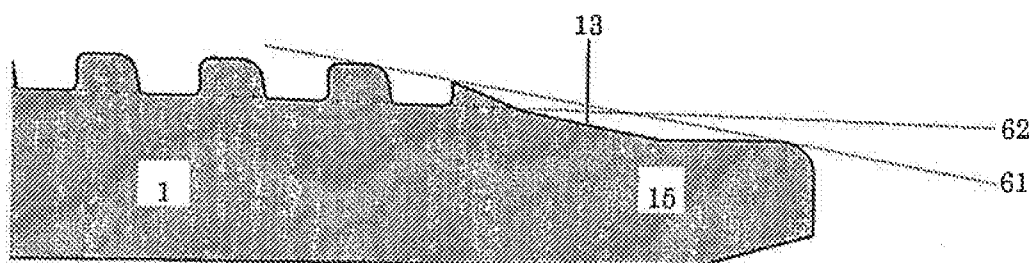


Fig. 7(b)

5/8

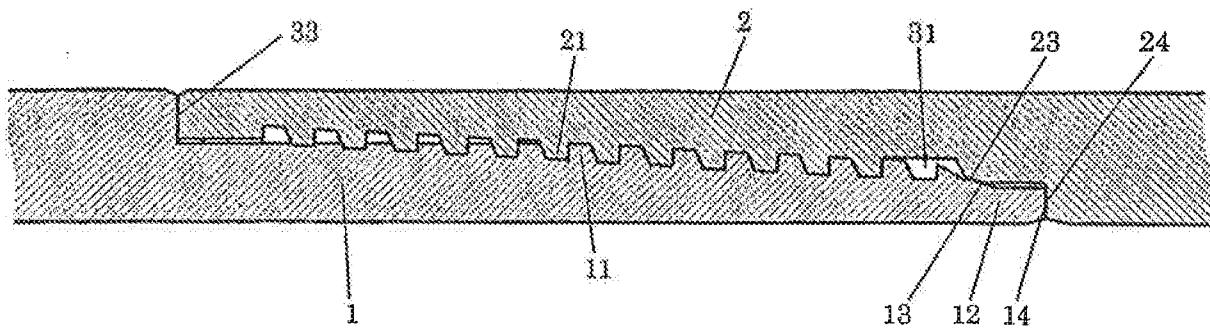


Fig. 8

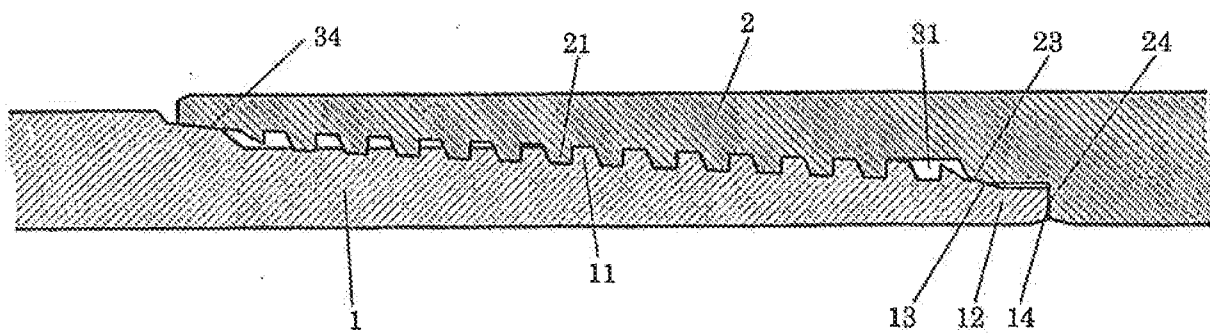


Fig. 9

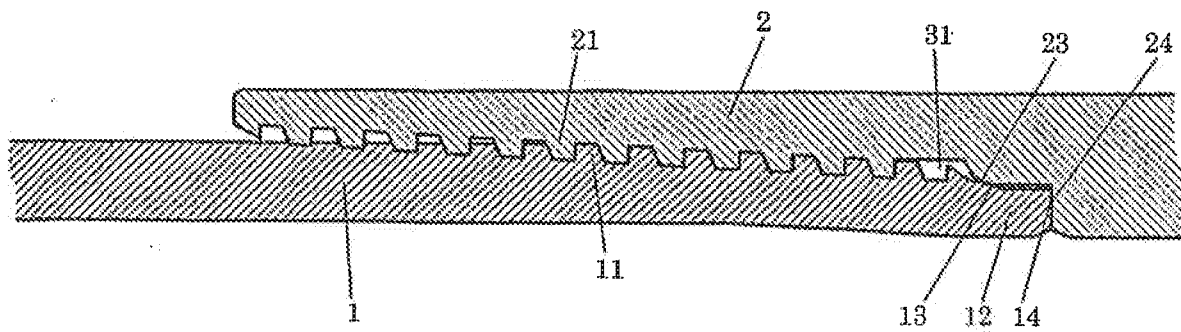


Fig. 10

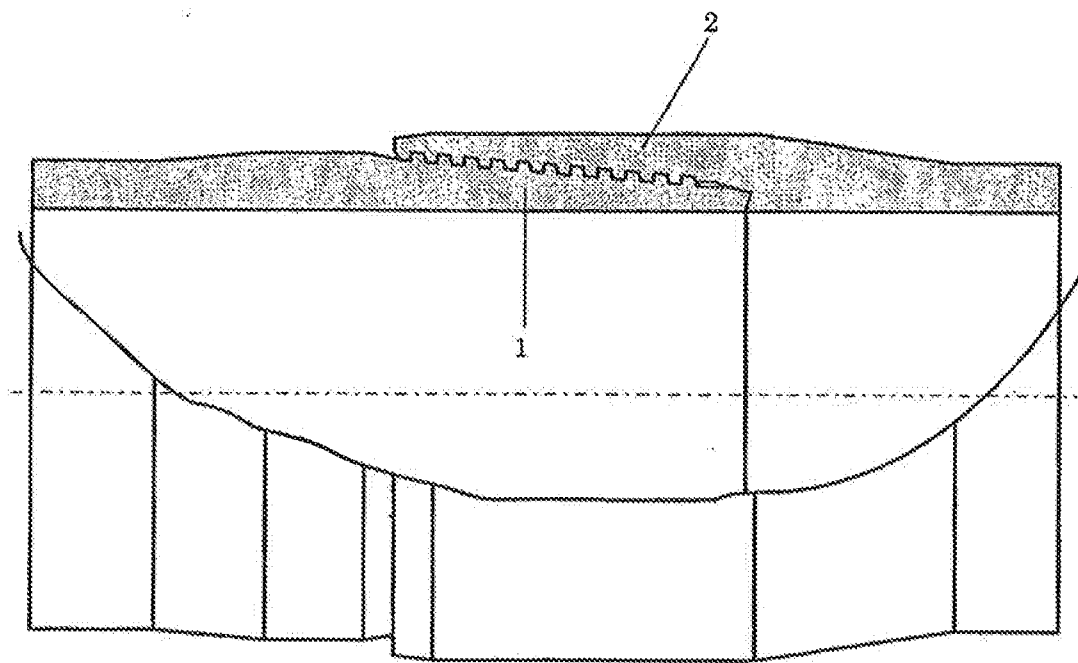
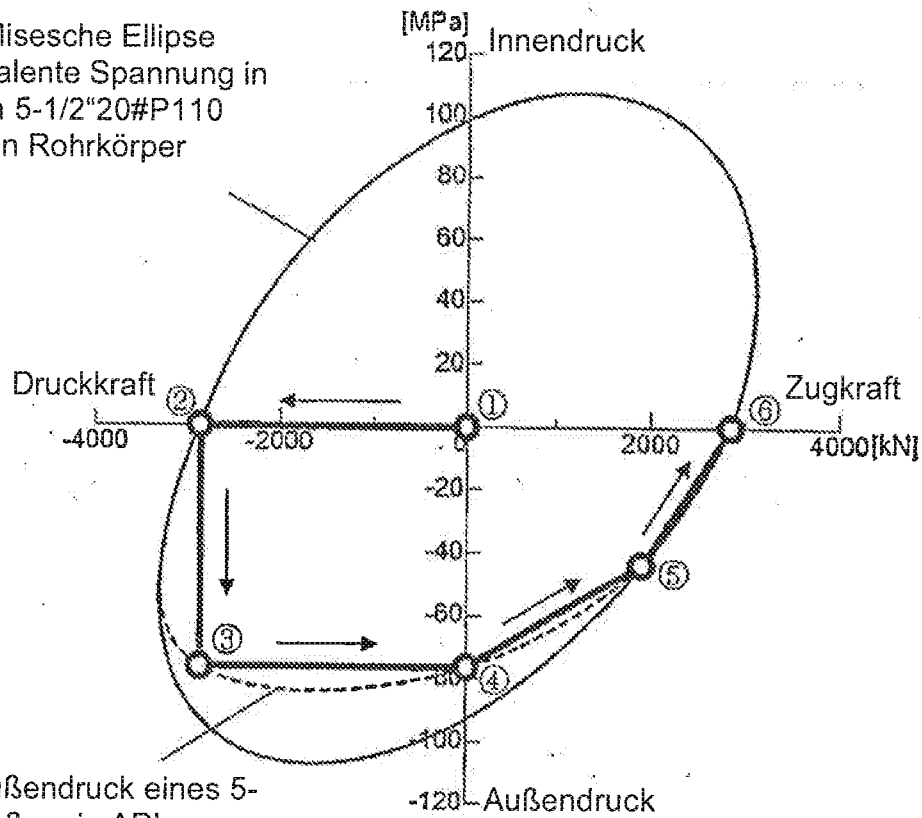


Fig. 11

7/8

von Misesche Ellipse
äquivalente Spannung in
einem 5-1/2"20#P110
großen Rohrkörper



Einbeulender Außendruck eines 5-
1/2"20#P110 großen, in API-
Spezifikation 5C3 festgelegten
Rohrkörpers

Fig. 12

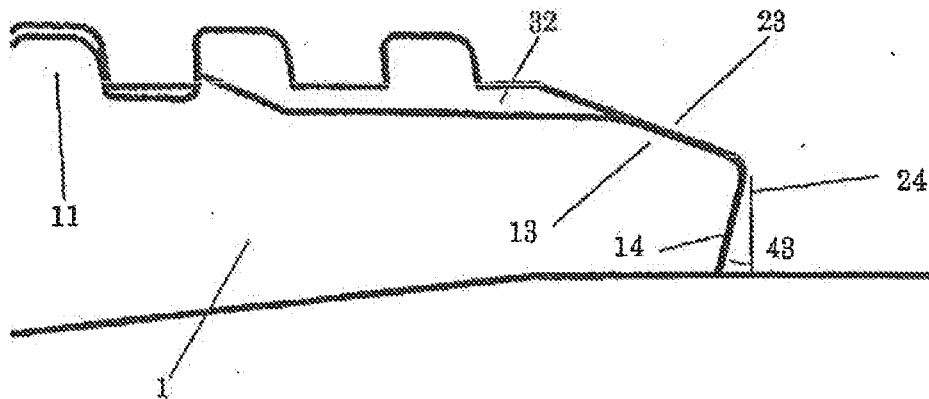


Fig. 13

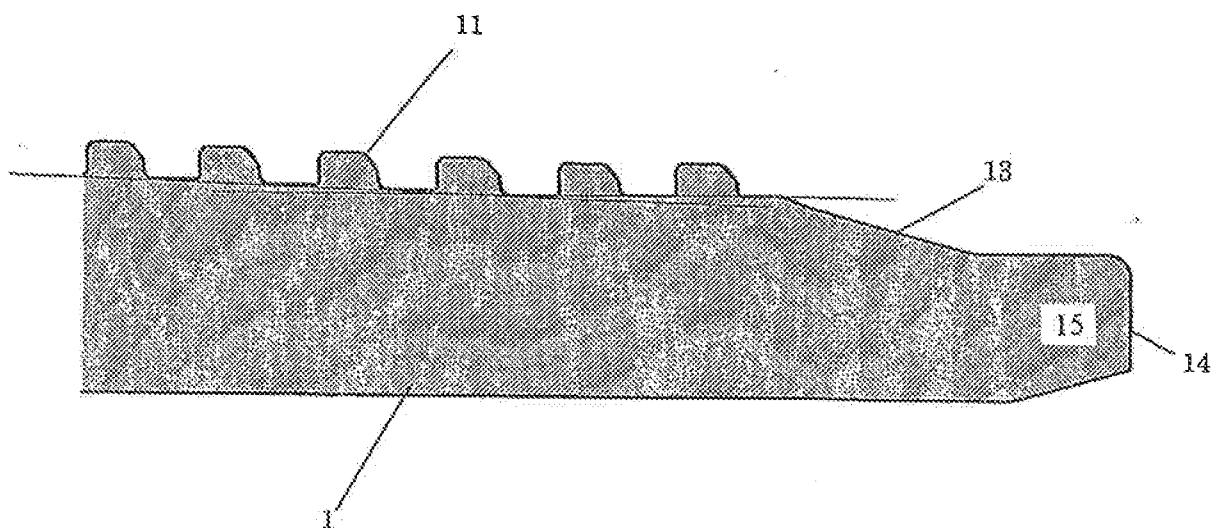


Fig. 14

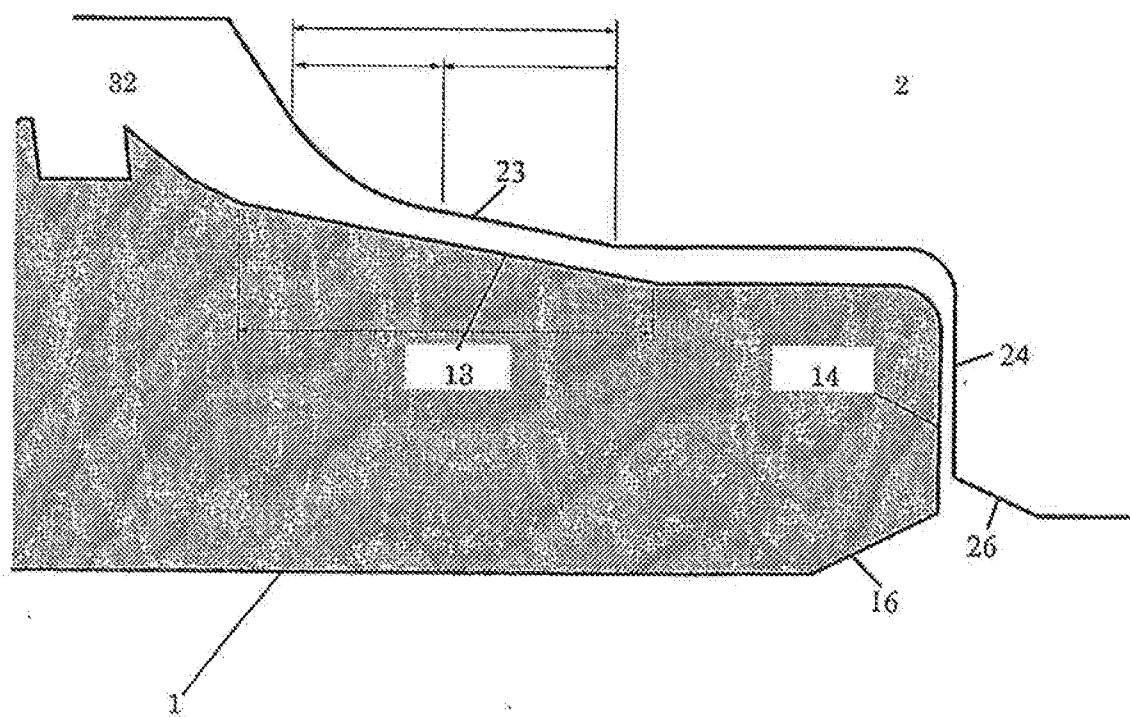


Fig. 15