



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 02 801 T2 2004.03.18**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 081 481 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 02 801.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 117 746.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **17.08.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.03.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **21.05.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **18.03.2004**

(51) Int Cl.⁷: **G01L 5/00**

G01L 5/06, G01L 5/10, G01M 13/02

(30) Unionspriorität:

23278599 19.08.1999 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, IT, NL

(73) Patentinhaber:

Bando Chemical Industries Ltd., Kobe, Hyogo, JP

(72) Erfinder:

**Kido, Ryuichi, Kobe-shi, Hyogo 652-0883, JP;
Takahashi, Mitsuhiro, Kobe-shi, Hyogo 652-0883,
JP**

(74) Vertreter:

**Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel,
80538 München**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit eines Treibriemens und Verfahren zur Unterstützung des designs eines Riemenantriebssystems**

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

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

(a) TECHNISCHES GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit eines Treibriemens, und ein Verfahren zur Unterstützung des Designs eines Riemenantriebssystems.

(b) STAND DER TECHNIK

[0002] Wenn die Leistungsübertragungsfähigkeit eines Treibriemens ermittelt wird, ist eine wichtige Charakteristik in der Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens eine Charakteristik, die eine Beziehung zwischen der Wellenlast (anfängliche Treibriemensspannung) für die Schlupfrate des Treibriemens und das Lastmoment anzeigt. Im konkreten Fall wird die Leistungsübertragungsfähigkeit eines Treibriemens, wenn die Schlupfrate bei ihrer zulässigen Grenze (gewöhnlich 1%) erreicht ist, während die Wellenlast vermindert wird und das Lastmoment erhöht wird, als hoch bewertet. Eine Kurve der Leistungsübertragungsfähigkeit, die durch eine derartige zulässige Schlupfrate dargestellt ist, ist aus dem Stand der Technik bekannt, bei der die Wellenlast auf der Abszisse aufgetragen ist, während der ST-Faktor durch die Standardisierung des Lastmoments auf der Ordinate aufgetragen ist. Auf der Grundlage einer derartigen Kurve wird eine Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens durchgeführt.

[0003] Es wird nun auf **Fig. 4** eingegangen, die ein Layout für die Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit eines Treibriemens veranschaulicht. Ein Treibriemen **c** ist um eine antreibende Riemenscheibe **a** und eine angetriebene Riemenscheibe **b** gelegt. Eine Last **W** mit unterschiedlichen Werten wird auf die angetriebene Riemenscheibe **b** ausgeübt, um eine Treibriemenspannung hervorzurufen, indem der Abstand der Achsen zwischen den Riemenscheiben **a** und **b** verändert wird. Anschließend wird für jeden Wert der Last **W** die Schlupfrate des Treibriemens für das Eingangsdrehmoment ermittelt, um eine wie in **Fig. 5** gezeigte Kurve zu erhalten. Allerdings gibt eine derartige Kurve die Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens lediglich für ein und dasselbe Layout wieder, und ist damit nicht allgemeingültig, da sich das übertragene Drehmoment beispielsweise bei Änderungen des Übersetzungsverhältnisses und der Riemenscheibendurchmesser ändert.

[0004] Um diesem Problem zu begegnen, wird auf der Abszisse der ST-Faktor anstelle des Eingangsdrehmoments abgetragen, wodurch sich ein wie in **Fig. 6** gezeigtes ST-Diagramm ergibt. Der ST-Faktor ist die effektive Spannkraft des Treibriemens pro Kontaktlängeneinheit. Wenn der Treibriemen **B**, wie in **Fig. 7** gezeigt, über einen Berührungswinkel θ (Einheit: Radian) um die Riemenscheibe **a(b)** mit einem Radius r (Einheit: m) gelegt ist und seine effektive Spannkraft durch T_q ($= T_1$ (Spannung auf der straffen Seite) – T_2 (Spannung auf der schlaffen Seite)) repräsentiert ist, ergibt sich für den ST-Faktor:

$$ST = (T_q/r)/r\theta = T_q/r2\theta = (T_1 - T_2)/r\theta$$

, mit T_q gleich übertragenes Drehmoment (Einheit: N·m).

[0005] Anschließend werden gemäß **Fig. 6** für eine vorgegebene Schlupfrate (beispielsweise eine Schlupfrate von 1% oder 2%) Schnittpunkte der entsprechenden Lasten mit dem ST-Diagramm ermittelt, um dadurch eine Beziehung zwischen dem ST-Faktor und der Wellenlast (Einheit: N) zu finden, die sich für eine beliebig gewählte Schlupfrate aufrecht erhalten lässt, wie in **Fig. 8** gezeigt. Diese wird als eine Kurve (d. h. ein Diagramm) für die Leistungsübertragungsfähigkeit bezeichnet, die eine für den Treibriemen spezifische Charakteristik der Leistungsübertragungsfähigkeit durch einen Wert des ST-Faktors wiedergibt, der bei einer vorgegebenen Schlupfrate für die Wellenlast übertragbar ist.

[0006] Allerdings besteht bei dem obigen herkömmlichen Verfahren, auch wenn derselbe Treibriemen verwendet wird, das Problem, dass die Kurve der Leistungsübertragungsfähigkeit abhängig von dem Layout der Riemenscheiben (dem Riemenscheibendurchmesser und dem Übersetzungsverhältnis) variiert. Beispielsweise wird derselbe Treibriemen betrieben, um Kurven der Leistungsübertragungsfähigkeit für drei verschiedene Übersetzungsverhältnisse zu erstellen (d. h. unter einer "Unteren" Bedingung, in welcher der Riemenscheibendurchmesser der antreibenden Riemenscheibe kleiner ist als derjenige der angetriebenen Riemenscheibe, unter einer "Mittleren" Bedingung, in der die antreibende und die angetriebene Riemenscheibe den gleichen Durchmesser aufweisen, und unter einer "Höheren" Bedingung, in welcher der Durchmesser der antreibenden Riemenscheibe größer ist als derjenige der angetriebenen Riemenscheibe). Die unter den jeweiligen Bedingungen gefundenen Kurven der Leistungsübertragungsfähigkeit unterscheiden sich, wie in den **Fig. 9–11** gezeigt. Die **Fig. 9–11** veranschaulichen jeweils die Untere Bedingung, die Mittlere Bedingung bzw. die Höhere Bedingung. In den **Fig. 9–11** ist die antreibende Riemenscheibe mit **Dr** bezeichnet und die angetriebene Riemenscheibe ist mit **Dn** bezeichnet.

[0007] Für das Design einer Kraftübertragungsbedingung (Betriebsbedingung) in einem Riemenantriebssystem für einen Treibriemen, dessen Kurve der Leistungsübertragungsfähigkeit abhängig von dem Layout der Riemenscheiben variiert, ist es daher erforderlich, einen gewissen Korrekturfaktor einzuführen.

[0008] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit eines Treibriemens und das Design der Kraftübertragungsbedingung eines Riemenantriebssystems zu erleichtern, indem eine Kurve für die Leistungsübertragungsfähigkeit eines Treibriemens ermittelt wird, die nicht von dem Layout der Riemenscheiben abhängt und für die keinerlei Korrekturfaktor eingeführt werden muss.

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0009] Um die oben beschriebene Aufgabe zu verwirklichen, wurde die vorliegende Erfindung auf der Grundlage der nachfolgenden Erkenntnisse erstellt. D. h., für die Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit eines Treibriemens wird anstelle der Wellenlast jener Wert an der Abszisse abtragen, der sich aus der Summe einer Spannung auf der straffen Seite des Treibriemens und einer Spannung auf der schlaffen Seite des Treibriemens dividiert durch den Riemenscheibendurchmesser errechnet, d. h. die auf die Riemenscheibe pro Längeneinheit ausgeübte Druckkraft des Treibriemens (im folgenden als WD-Faktor bezeichnet), wobei sich für jeden Treibriemen, unabhängig von dem Layout der Riemenscheiben, nur eine einzige Kurve der Leistungsübertragungsfähigkeit ergibt. Auf der Grundlage der Kurve der Leistungsübertragungsfähigkeit wird eine Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit eines Treibriemens durchgeführt.

[0010] Die Erfindung schafft zur Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit eines Treibriemens, der um Riemenscheiben gelegt ist, um Energie zu übertragen, ein Verfahren, bei dem eine mathematische Beziehung zwischen dem WD-Faktor, der die Druckkraft wiedergibt, die auf die Riemenscheiben pro Längeneinheit des Treibriemens ausgeübt wird (d. h. der durch Division der Summe der Spannungen durch den Riemenscheibendurchmesser errechnete Wert), und dem ST-Faktor, der eine effektive Spannkraft des Treibriemens pro Kontaktlängeneinheit darstellt (der Wert, der sich als Quotient der effektiven Spannkraft des Treibriemens und der Riemenscheibenkontaktlänge ergibt), für den Treibriemen ermittelt wird. Anschließend wird anhand der gefundenen mathematischen Beziehung eine Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens durchgeführt.

[0011] Wenn ein Treibriemen um eine Riemenscheibe mit einem effektiven Riemenscheibendurchmesser D (Einheit: m) gelegt ist, ergibt sich der WD-Faktor (Einheit: N/m) aus dem Ausdruck:

$$WD = (T1 + T2)/D$$

, wobei T1 für die Spannung auf der straffen Seite des Treibriemens und T2 für die Spannung auf der schlaffen Seite des Treibriemens steht.

[0012] Die oben erwähnte mathematische Beziehung zwischen den Faktoren WD und ST führt zu einer Leistungsübertragungsfähigkeitskurve, die für den Treibriemen spezifisch ist, jedoch unabhängig von dem Layout der Riemenscheiben ist, so dass es möglich wird, die Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit eines Treibriemens genau und problemlos durchzuführen, wodurch das Design der Kraftübertragungsbedingungen eines Riemenantriebssystems auf der Grundlage der Leistungsübertragungsfähigkeit unterstützt wird.

[0013] Der Treibriemen ist als ein Flachriemen, ein gerippter Keilriemen oder ein nicht gerippter Keilriemen ausgebildet. Ferner ist dieser Keilriemen ein Keilriemen für Hochleistungskraftübertragung, der ein endloses Spannelement und eine Vielzahl von Blöcken umfasst, die mit dem endlosen Spannelement in formschlüssigem Eingriff stehen. Diese Anordnungen stellen einen optimalen Treibriemen zur Verfügung, der geeignet ist, um die Wirkungen der vorliegenden Erfindung effizient aufzuzeigen.

[0014] Die Erfindung schafft ein Verfahren zur Unterstützung des Designs eines Riemenantriebssystems, das Riemenscheiben und einen Treibriemen umfasst, der um die Riemenscheiben gelegt ist, um Energie zu übertragen. Das Verfahren umfasst die Schritte:

Aufstellen einer mathematischen Beziehung zwischen WD und ST für den Treibriemen, wobei WD der Faktor ist, der eine auf die Riemenscheiben pro Längeneinheit des Treibriemens ausgeübte Druckkraft repräsentiert, und ST der Faktor ist, der eine effektive Spannkraft des Treibriemens bezogen auf die Treibriemenkontaktlänge wiedergibt;

Ermitteln der Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens auf der Grundlage der gefundenen mathematischen Beziehung; und

Vorausberechnen einer Kraftübertragungsbedingung für das Riemenantriebssystem, das die Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens verwendet, auf der Grundlage der ermittelten Leistungsübertragungsfähigkeit eines Treibriemens. Als Ergebnis einer derartigen Anordnung nach der obigen Erfindung ist es möglich, eine mathematische Beziehung zwischen dem WD-Faktor und dem ST-Faktor aufzustellen, die für den Treibriemen spezifisch ist, jedoch unabhängig von dem Layout der Riemenscheiben ist, wodurch das Design von Kraftübertragungsbedingungen eines Riemenantriebssystems auf der Grundlage der Leistungsübertragungs-

fähigkeit eines Treibriemens unterstützt wird.

[0015] Als Kraftübertragungsbedingung wird ein Layout der Riemenscheiben-Treibriemen-Anordnung vorausgerechnet. Ferner ist der Treibriemen ein für variable Übersetzungsverhältnisse ausgelegter Keilriemen und es wird für den für variable Übersetzungsverhältnisse geeigneten Keilriemen ein Bereich für die Veränderung des Übersetzungsverhältnisses als die Kraftübertragungsbedingung vorausgerechnet. In Übereinstimmung mit diesen Erfindungen, lassen sich Kraftübertragungsbedingungen als die Auswirkungen der obigen Erfindung effizient vorführen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0016] **Fig. 1** zeigt ein charakteristisches Diagramm, das die Beziehung zwischen dem WD-Faktor und dem ST-Faktor für eine Schlupfrate von 1% bzw. für eine Schlupfrate von 2% für einen für die Hochleistungskraftübertragung geeigneten Treibriemen veranschaulicht.

[0017] **Fig. 2** zeigt eine vergrößerte perspektivische Ansicht eines Treibriemens für die Hochleistungskraftübertragung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0018] **Fig. 3** veranschaulicht schematisch einen Querschnitt einer Antriebseinrichtung mit einem stufenlos variablen Übersetzungsverhältnis gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0019] **Fig. 4** veranschaulicht schematisch ein Layout, in dem ein Treibriemen um Riemenscheiben gelegt ist, um die Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens zu ermitteln.

[0020] **Fig. 5** stellt in einem Graphen die Charakteristik der Schlupfrate eines Treibriemens gegenüber dem Eingangsdrehmoment dar.

[0021] **Fig. 6** stellt in einem Graphen die Charakteristik der Treibriemenschlupfrate gegenüber dem ST-Faktor dar.

[0022] **Fig. 7** zeigt in einem Diagramm Elemente, mittels derer der ST-Faktor ermittelt wird.

[0023] **Fig. 8** stellt in einem Graphen die Charakteristik des ST-Faktors gegenüber der Wellenlast anhand eines Beispiels aus dem Stand der Technik dar.

[0024] **Fig. 9** stellt in einem Graphen die Charakteristik des ST-Faktors gegenüber der Wellenlast dar, wenn sich das Layout in einer Unteren Bedingung befindet.

[0025] **Fig. 10** zeigt einen Graphen, der jenem in **Fig. 9** ähnelt, jedoch ist hier die Charakteristik gezeigt, die sich ergibt, wenn sich das Layout in einer Mittleren Bedingung befindet.

[0026] **Fig. 11** zeigt einen Graphen, der jenem in **Fig. 9** ähnelt, jedoch ist hier die Charakteristik gezeigt, wie sie sich ergibt, wenn sich das Layout in einer Höheren Bedingung befindet.

BEVORZUGTE AUSFÜHRUNGSFORM

[0027] Anhand der Zeichnungen wird im folgenden ein Beispiel einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung als ein bevorzugtes konkretes Beispiel der Erfindung beschrieben. Zunächst wird ein Treibriemen, auf den ein gemäß der vorliegenden Erfindung durchgeführtes Verfahren angewendet wird, in Verbindung mit einem Riemenantriebssystem erläutert, das einen derartigen Treibriemen verwendet. **Fig. 2** zeigt einen für eine Hochleistungskraftübertragung geeigneten Treibriemen **B** (einen Blocktreibriemen), der als Keilriemen für variable Übersetzungsverhältnisse dient. Der Hochleistungstreibriemen **B** umfasst ein Paar endloser Spannelemente **1**, die in Richtung der Breite des Treibriemens eingebaut sind, und eine Vielzahl von Blöcken **7**, die sich in Richtung der Länge des Treibriemens in formschlüssigem Eingriff mit dem Paar von Spannelementen **1** befinden und endlos angeordnet sind. Jedes Spannelement **1** weist mehrere spiralig gewundene Kerndrähte **1b** auf, die im Inneren einer die Form bewahrenden Schicht **1a** aus Hartgummi eingebettet sind. Der Kerndraht **1b** ist aus einem Werkstoff gefertigt, der hohe Festigkeit und ein hohes Elastizitätsmodul aufweist, wie z. B. ein Alamidfaserstoff. Auf der Oberseite eines jeden Spannelements **1** sind in gleichbleibendem Abstand obere, rillenförmig ausgeformte Abschnitte **2** ausgebildet, von denen sich ein jeder in Richtung der Breite des Treibriemens in einer zugeordnete Weise mit seinem entsprechenden Block **7** erstreckt. Auf der Oberfläche der Unterseite eines jeden Spannelements **1** sind in gleichbleibendem Abstand wiederum untere, ausgeformte Abschnitte **3** ausgebildet, von denen sich ein jeder in Richtung der Breite des Treibriemens in einer zugeordneten Weise mit dem oberen, ausgeformten Abschnitt **2** erstreckt. Ferner ist, beispielsweise im Hinblick auf eine Verbesserung der Verschleißfestigkeit der Spannelemente **1**, auf die Fläche der Oberseite und die Fläche der Unterseite eines jeden Spannelements **1** eine Leinwand **4** geklebt.

[0028] Jeder Block **7** weist an seinen seitlichen Bereichen einen bezüglich der Richtung der Breite des Treibriemens gekerbten, rillenförmigen Einpassbereich **8** auf, so dass es möglich ist, jedes Spannelement **1** in Richtung der Breite abnehmbar einzupassen. An den nicht von dem Einpassbereich **8** belegten Seitenflächen eines jeden Blocks **7** ist ein Berührungsabschnitt **11** ausgebildet, der gegen die Fläche der (nicht gezeigten) Riemenscheibenrille in Anlage kommt. Die Spannelemente **1** sind in die Einpassbereiche **8** der Blöcke **7** eingepasst, so dass sich die Blöcke **7** in der Längsrichtung des Treibriemens laufend mit den Spannelementen **1** in festem

Eingriff befinden.

[0029] Ein oberer, vorspringender Abschnitt **9**, der eine vorspringende Rippe bildet, die mit ihrem zugehörigen oberen, ausgenommenen Abschnitt **2** auf der Oberseite des Spannelements **1** eingreift, ist auf einer oberen Fläche der Wand des Einpassbereichs **8** in jedem Block **7** ausgebildet. Auf einer unteren Fläche der Wand des Einpassbereichs **8** ist wiederum ein unterer, vorspringender Abschnitt **10** ausgebildet, der eine vorspringende Rippe bildet, die mit ihrem entsprechenden auf der Fläche der Unterseite des Spannelements **1** ausgebildeten, unteren, ausgenommenen Abschnitt **3** eingreift. Die oberen und unteren vorspringenden Abschnitte **9** und **10** verlaufen zueinander parallel. Wenn die oberen und unteren vorspringenden Abschnitte **9** und **10** eines jeden Blocks **7** mit den oberen bzw. unteren ausgenommenen Abschnitten **2** bzw. **3** des Spannelements **1** eingreifen, befinden sich die Blöcke **7** mit den Spannelementen **1** in Längsrichtung des Treibriemens in einem formschlüssigen Eingriff. In einem solchen Zustand eines Eingriffs werden die Berührungsabschnitte **11**, welche die Seitenflächen eines jeden Blocks **7** bilden, in Berührung mit der Fläche der Riemenscheibenrinne gebracht.

[0030] Jeder der Blöcke **7** ist aus einem Hartharzwerkstoff gefertigt. Ein nicht in den Figuren gezeigtes, verstärkendes Element mit einem im Wesentlichen H-förmigen Querschnitt, das beispielsweise aus einer leichtgewichtigen Aluminiumlegierung gefertigt ist, ist so im Innern des Blocks **7** eingebettet, das es sich in etwa in dessen Mitte befindet. An den oberen und unteren vorspringenden Abschnitten **9** und **10** (d. h. dort, wo der Block **7** in das Spannelement **1** eingreift) und an den Berührungsabschnitten **11** der Seitenflächen (d. h. dort, wo der Block **7** in gleitende Berührung mit der Fläche der Riemenscheibenrinne gebracht wird) ist das verstärkende Element in das Hartharz so eingebettet, dass es nicht an der Oberfläche des Blocks **7** hervortritt (da diese Abschnitte aus Hartharz gefertigt sind). Allerdings kann das verstärkende Element so angeordnet sein, dass es an anderen Abschnitten der Oberfläche des Blocks **7** offen liegt.

[0031] Das Riemenantriebssystem stellt eine Antriebseinrichtung mit einem stufenlos variablen Übersetzungsverhältnis dar. Wie **Fig. 3** schematisch zeigt, umfasst das Antriebssystem mit einem stufenlos variablen Übersetzungsverhältnis eine antreibende und eine angetriebene Welle **14** und **16**, die parallel zueinander verlaufen, wobei an der antreibenden Welle **14** eine antreibende Riemenscheibe **15** befestigt ist und an der angetriebenen Welle **16** eine angetriebene Riemenscheibe **17** befestigt ist. Die Riemenscheibe **15** wird durch eine Riemenscheibenanordnung für variable Übersetzungsverhältnisse gebildet mit einer feststehenden Riemenscheibenhälfte **15a**, die drehfest an der antreibenden Welle **14** befestigt ist, um mit dieser zu rotieren, und mit einer verschiebbaren Riemenscheibenhälfte **15b**, die sich zu der feststehenden Riemenscheibenhälfte **15a** hin oder von dieser weg bewegen lässt. Desgleichen wird die Riemenscheibe **17** durch eine Riemenscheibenanordnung für variable Übersetzungsverhältnisse gebildet, die eine feststehende Riemenscheibenhälfte **17a**, die drehfest an der angetriebenen Welle **16** befestigt ist, um mit dieser zu rotieren, und eine verschiebbare Riemenscheibenhälfte **17b** aufweist, die sich zu der feststehenden Riemenscheibenhälfte **17a** hin oder von dieser weg bewegen lässt. Der Hochleistungstreibriemen **B** ist um die antreibende und angetriebene Riemenscheibe **15** und **17** gelegt. Die verschiebbare Riemenscheibenhälfte **15b** (**17b**) der Riemenscheibenanordnung **15** (**17**) wird nun hin zu der feststehenden Riemenscheibenhälfte **15a** (**17a**) oder von dieser weg bewegt, so dass sich das Übersetzungsverhältnis zwischen den Riemenscheiben **15** und **17** (d. h. zwischen der antreibenden und der angetriebenen Welle **14** und **16**) während der Übertragung von Energie zwischen der antreibenden Welle **14** und der angetriebenen Welle **16** stufenlos ändert.

[0032] Bei der Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens **B** für Hochleistungskraftübertragung und der Vorausberechnung des variablen Geschwindigkeitsbereichs des Treibriemens **B** in dem Riemenantriebssystem (das eine Antriebseinrichtung mit stufenlos variablem Übersetzungsverhältnis ist) auf der Grundlage der Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens, wird in der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zunächst eine mathematische Beziehung zwischen dem WD-Faktor und dem ST-Faktor für den Hochleistungstreibriemen **B** erstellt, in der WD die Druckkraft ist, die auf eine Riemenscheibe pro Längeneinheit des Treibriemens ausgeübt wird, während ST die auf eine Riemenscheibe (die Riemenscheiben **15** und **17**) ausgeübte, effektive Spannkraft des Treibriemens **B** dividiert durch die Kontaktlängeneinheit des Treibriemens ist.

[0033] Der ST-Faktor (Einheit: N/m) ist ein Wert, der sich durch Division der auf eine Riemenscheibe (die Riemenscheiben **15** und **17**) ausgeübten, effektiven Spannkraft des Treibriemens **B** durch die Kontaktlänge des Treibriemens ergibt. Wie im vorausgehenden beschrieben, ist der Treibriemen **B** um die Riemenscheiben **15** und **17** gelegt, die einen effektiven Riemenscheibenradius r (Einheit: m) mit einem Kontaktwinkel θ (Einheit: Radian) aufweisen. Der ST-Faktor ergibt sich aus dem Ausdruck:

$$ST = (Tq/r)/r\theta = Tq/r^2\theta = (T_1 - T_2)/r\theta$$

mit T_1 gleich der Spannung auf der strafften Seite des Treibriemens **B**, T_2 gleich der Spannung auf der schlaffen Seite des Treibriemens **B**, $y (= T_1 - T_2)$ gleich der effektiven Spannkraft des Treibriemens **B** und Tq (Einheit: N·m) gleich dem übertragenen Drehmoment (siehe **Fig. 4 bis 8**).

[0034] Der WD-Faktor wiederum ist ein Wert (Einheit: N/m), der sich durch Division der Summe der Spann-

gen $(T1 + T2)$ (Einheit: N) durch den effektiven Durchmesser D (Einheit: m) der Riemenscheiben **15** und **17** errechnet. Der WD-Faktor ergibt sich aus:

$$WD = (T1 + T2)/D$$

[0035] Falls die vorausgehende mathematische Beziehung grafisch dargestellt wird, so dass an der Abszisse der WD-Faktor abgetragen wird und an der Ordinate der ST-Faktor abgetragen wird, ergeben sich für jede Schlupfrate unterschiedliche Kraftübertragungskurven, wie in **Fig. 1** gezeigt. Die Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens **B** wird anhand der vorausgehenden mathematischen Beziehung ermittelt.

[0036] Anschließend wird auf der Grundlage der auf diese Weise gefundenen Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens **B** der variable Übersetzungsbereich des Hochleistungstreibriemens **B** als eine Kraftübertragungsbedingung (Betriebsbedingung) für das obige Riemenantriebssystem vorausberechnet.

[0037] Daher ist in der vorliegenden Ausführungsform die mathematische Beziehung des WD-Faktors und des ST-Faktors (d. h. die Leistungsübertragungsfähigkeitskurve) des Treibriemens **B** spezifisch für den Hochleistungstreibriemen **B**, mit anderen Worten, die zwischen WD und ST bestehende mathematische Beziehung ist unabhängig von dem Layout der Riemenscheiben **15** und **17**. Die Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens **B** wird anhand der mathematischen Beziehung ermittelt, die es ermöglicht, die Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens **B** genau zu berechnen, ohne dass irgend ein Korrekturfaktor erforderlich ist. Darüber hinaus gestaltet sich die Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit eines Treibriemens ohne Hindernisse. Außerdem lässt sich auf der Grundlage der Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens **B** problemlos eine Vorausberechnung des variablen Übersetzungsbereichs für das Riemenantriebssystem durchführen.

[0038] In der obigen Ausführungsform ist der Treibriemen als ein Treibriemen **B** für Hochleistungskraftübertragung (Block Treibriemen) ausgebildet, der ein für veränderliche Übersetzungsverhältnisse ausgelegter Keilriemen ist, und das Riemenantriebssystem stellt eine Antriebseinrichtung dar, dessen Übersetzungsverhältnis stufenlos variabel ist. Allerdings kann die vorliegende Erfindung auf andere Arten von Treibriemen und Riemenantriebssysteme angewendet werden, die beliebige Typen solcher Treibriemen verwenden. Außer den üblicherweise verwendeten Keilriemen, können auch Flachriemen und gerippte Keilriemen als Treibriemen verwendet werden, solange diese der Bauart nach für eine reibschlüssige Kraftübertragung ausgelegt sind. Weiter kann das Riemenantriebssystem ein Keilriemenantriebssystem, ein Flachriemenantriebssystem oder ein Antriebssystem mit gerippten Keilriemen sein.

[0039] Darüber hinaus wird in der oben beschriebenen Ausführungsform der variable Übersetzungsbereich des Riemenantriebssystems (Antriebssystems mit einem stufenlos variablen Übersetzungsverhältnis) aus der Leistungsübertragungsfähigkeit des Hochleistungstreibriemens **B** vorausberechnet. Allerdings kann ein Treibriemen-Riemenscheiben-Layout als eine Kraftübertragungsbedingung vorausberechnet werden. In einem derartigen Fall ist das Verfahren der vorliegenden Erfindung auch für ein Riemenantriebssystem mit mehreren Wellen geeignet, bei dem der Treibriemen um drei oder mehr Riemenscheiben gelegt ist.

[0040] Im folgenden werden konkrete Beispiele erläutert, bei denen die vorliegende Erfindung praktisch angewendet wird. Insbesondere wurden vier verschiedene Versuchsbedingungen (Layouts) vorgegeben, bei denen für die antreibenden und angetriebenen Riemenscheiben des Riemenantriebssystems unterschiedliche Riemenscheibendurchmesser und unterschiedliche Werte für den Abstand der Achsen verwendet wurden. Die Hochleistungstreibriemen desselben Typs wurden für den Betrieb um die antreibende und die angetriebene Riemenscheibe gelegt. Die vier verschiedenen Versuchsbedingungen sind in der nachfolgenden TABELLE wiedergegeben.

TABELLE

VERSUCHSBEDINGUNG	1	2	3	4
DURCHMESSER DER ANTREIBENDEN RIEMENSCHLEIBE (mm)	60	90	54,56	137,3
DURCHMESSER DER ANGETRIEBENEN RIEMENSCHLEIBE (mm)	60	90	136,40	68,6
ÜBERSETZUNGSVERHÄLTNISS	1,0	1,0	0,4	2,0
ACHSENABSTAND (mm)	250,80	203,60	190,61	180,00
TREIBRIEMEN-TEILUNG-UMFANGSLÄNGE (mm)	690	←	←	←
DREHZAHL DER ANTREIBENDEN RIEMENSCHLEIBE (U/Min)	2600	←	←	←
DREHMOMENT DER ANGETRIEBENEN RIEMENSCHLEIBE (Nm)	5-90	5-130	5-190	5-140
WELLENLAST (kN)	1,0 2,0 3,0 4,0	←	←	←
UMGEBUNGSTEMPERATUR	RAUM-TEMP.	←	←	←

[0041] Ein herkömmliches Verfahren wurde verwendet, um Kurven für die Leistungsübertragungsfähigkeit für eine Bedingung 1 (Mittlere Bedingung), eine Bedingung 3 (Untere Bedingung) bzw. eine Bedingung 4 (Höhere Bedingung) zu erstellen. Die **Fig. 9–11** zeigen diese Kurven. Die **Fig. 9–11** repräsentieren die Bedingung 3 (Untere Bedingung), die Bedingung 1 (Mittlere Bedingung) bzw. die Bedingung 4 (Höhere Bedingung). In den **Fig. 9 bis 11** bezeichnen **Dr** und **Dn** die antreibende Riemenscheibe bzw. die angetriebene Riemenscheibe.

[0042] Wie aus den **Fig. 9 bis 11** zu entnehmen, variiert die Leistungsübertragungsfähigkeitskurve abhängig von dem Layout des Treibriemens in Bezug auf die Riemenscheiben. Die Mittlere Bedingung zeigt die höchste Leistungsübertragungsfähigkeit. Die Höhere Bedingung zeigt die zweithöchste Leistungsübertragungsfähigkeit. Die Untere Bedingung zeigt die niedrigste Leistungsübertragungsfähigkeit. Der einsichtige Grund hierfür ist, dass, da diesen Leistungsübertragungsfähigkeitskurven ein zwischen dem Treibriemen und jeder Riemenscheibe auftretender Schlupf (Reibung) zugeordnet ist, die Druckkraft und die Zugkraft, die auf beide Riemenscheiben wirken, vorherrschende Faktoren darstellen, so dass die auf der Abszisse abgetragene Wellenlast eine zu der Druckkraft alternative Charakteristik darstellt und der auf der Ordinate abgetragene ST-Faktor eine zu der Zugkraft alternative Charakteristik ist. Da sich der an der Ordinate abgetragene ST-Faktor durch eine Division der effektiven Spannkraft des Treibriemens durch die Kontaktlänge errechnet, ist der ST-Faktor darüber hinaus ein Index, der sich universell auch bei einem veränderten Layout ermitteln lässt. Die Wellenlast ist dagegen kein allgemeingültiger Index, da die Druckkraft mit dem Layout variiert. Dementsprechend leuchtet ein, dass die Leistungsübertragungsfähigkeitskurve des Treibriemens mit dem Layout variiert.

[0043] Bei dem Einsatz des Verfahrens der vorliegenden Erfindung wurden für jede der vier Versuchsbedingungen Daten für eine Schlupfrate von 1% und Daten für eine Schlupfrate von 2% für drei verschiedene Stufen der Wellenlast gewonnen. Wenn diese auf diese Weise gewonnenen Daten durch ein Koordinatensystem wiedergegeben wurden, in dem der WD-Faktor an der Abszisse und der ST-Faktor an der Ordinate abgetragen ist, ergab sich das in **Fig. 1** gezeigte Resultat und die Regressionskurve dieser Daten wurde als eine Leistungsübertragungsfähigkeitskurve erlangt. Es ist zu beachten, dass bei den herkömmlichen Verfahren, in dem Fall dass sich die antreibende und die angetriebene Riemenscheibe in ihrem Durchmesser unterscheiden, lediglich der auf der Grundlage der Riemenscheibe mit dem kleineren Durchmesser berechnete ST-Faktor verwendet wird; das Verfahren der vorliegenden Erfindung hingegen ist dahingehend konzipiert, dass die WD- und ST-Faktoren der antreibenden und der angetriebenen Riemenscheiben berechnet werden, wobei der Mittelwert der berechneten WD-Faktoren und der Mittelwert der berechneten ST-Faktoren als deren stellvertretende Werte verwendet werden. Aus **Fig. 1** geht offensichtlich hervor, dass sich die Daten in einer einzigen Regressionskurve (Leistungsübertragungsfähigkeitskurve.) darstellen lassen, die unabhängig von dem Layout des Treibriemens in Bezug auf die Riemenscheiben ist.

[0044] In dem Verfahren der vorliegenden Erfindung kann eine Leistungsübertragungsfähigkeitskurve für ei-

nen Treibriemen erstellt werden, die nicht von dem Layout eines Treibriemens in Bezug auf die Riemenscheiben abhängt, indem eine mathematische Beziehung zwischen dem WD-Faktor und dem ST-Faktor des Treibriemens gewonnen wird. Dementsprechend ist nachgewiesen, dass sich, bei einer Durchführung der Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit eines Treibriemens unter Verwendung der gewonnenen Leistungsübertragungsfähigkeitskurve, die Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit eines Treibriemens vereinfacht und dadurch außerdem das Design der Kraftübertragungsbedingung in einem Riemenantriebssystem auf der Grundlage des Ergebnisses der Ermittlung unterstützt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit eines Treibriemens, der um Riemenscheiben gelegt ist, um Energie zu übertragen, wobei zu dem Verfahren die Schritte gehören:
Ermittlung eines Vergleichsausdrucks zwischen WD und ST für den Treibriemen, wobei WD der Faktor der Andruckkraft an die Riemenscheiben pro Längeneinheit des Treibriemens ist, und ST der Faktor ist, der eine effektive Spannkraft des Treibriemens pro kontaktierter Länge repräsentiert; und
Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens mittels des gefundenen Vergleichsausdrucks.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Treibriemen ein Flachriemen ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Treibriemen ein gerippter Keilriemen ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Treibriemen ein Keilriemen ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem der Keilriemen ein für Hochleistung ausgelegter Keilriemen ist, der ein endloses Spannelement und mehrfache Blöcke umfasst, die in formschlüssigem Eingriff mit dem endlosen Spannelement stehen.

6. Verfahren zur Unterstützung des Designs für ein Treibriemenantriebssystem mit Riemenscheiben und einem Treibriemen, der um die Riemenscheiben gelegt ist, um Energie zu übertragen, wobei zu dem Verfahren die Schritte gehören:

Finden eines Vergleichsausdrucks zwischen WD und ST für den Treibriemen, wobei WD der Faktor der Andruckkraft an die Riemenscheiben pro Längeneinheit des Treibriemens ist, und ST der Faktor ist, der eine effektive Spannung des Treibriemens pro kontaktierter Länge repräsentiert;

Ermittlung der Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens mittels des gefundenen Vergleichsausdrucks; und

auf der Grundlage der bewerteten Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens, Vorherberechnung einer Kraftübertragungsbedingung für das Riemenantriebssystem, wobei die Leistungsübertragungsfähigkeit des Treibriemens eingesetzt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem ein Scheiben-Treibriemen-Layout als die Kraftübertragungsbedingung vorherberechnet ist.

8. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem der Treibriemen ein Keilriemen für variable Geschwindigkeiten ist; und bei dem ein Bereich der variablen Geschwindigkeiten für den für variable Geschwindigkeiten ausgelegten Keilriemen als die Kraftübertragungsbedingung vorherberechnet wird.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

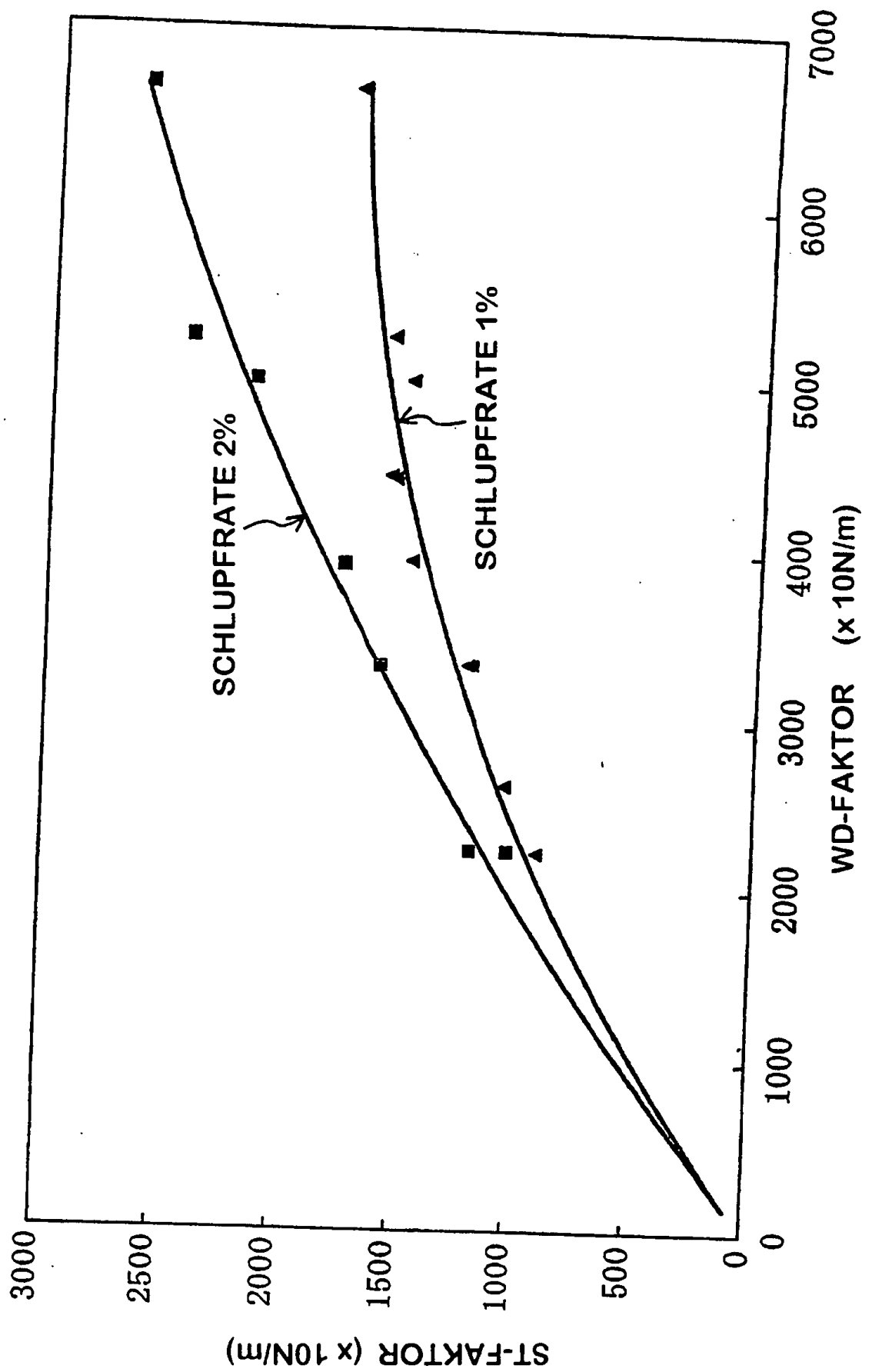


Fig. 2

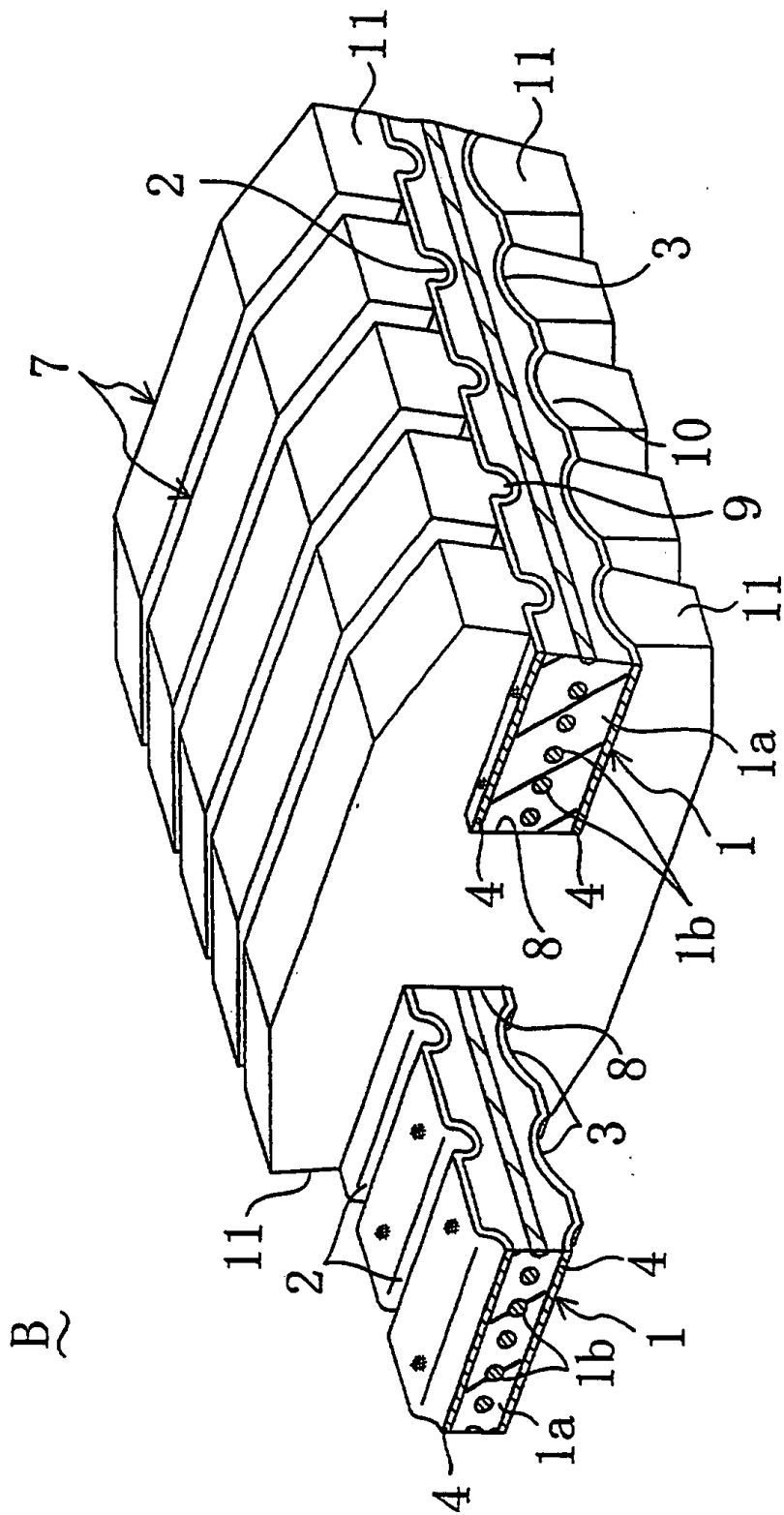


Fig. 3

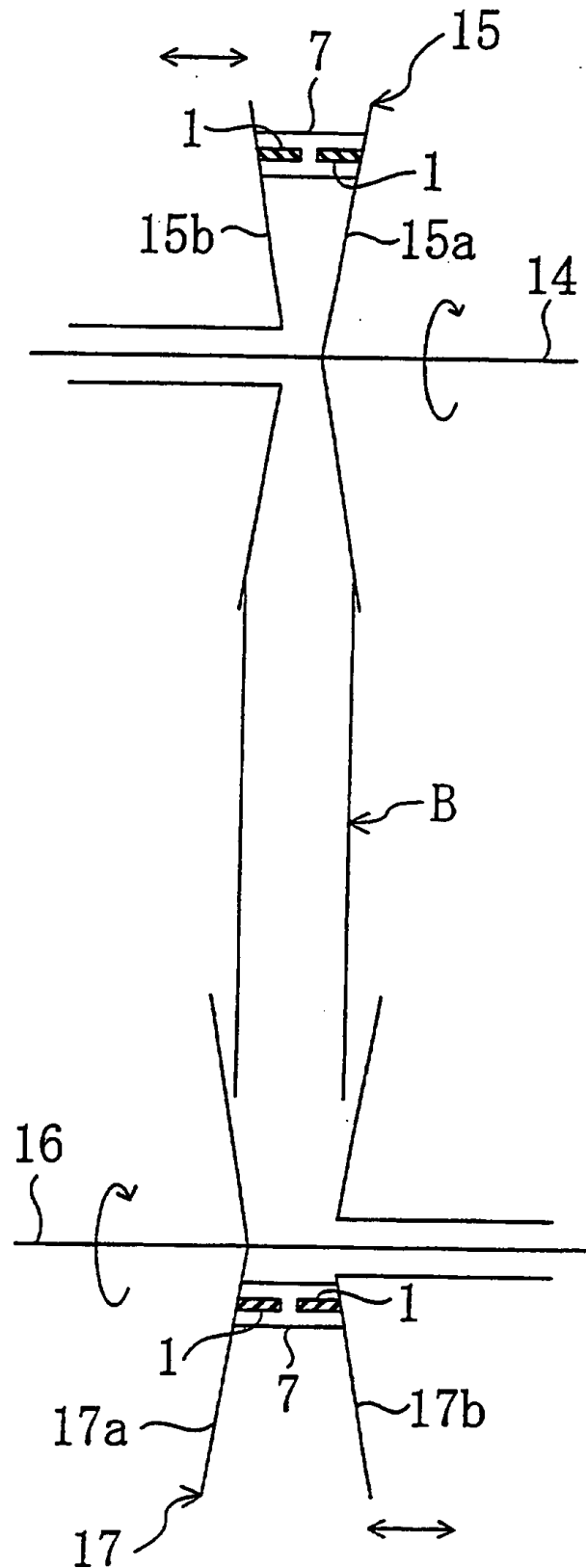


Fig. 4

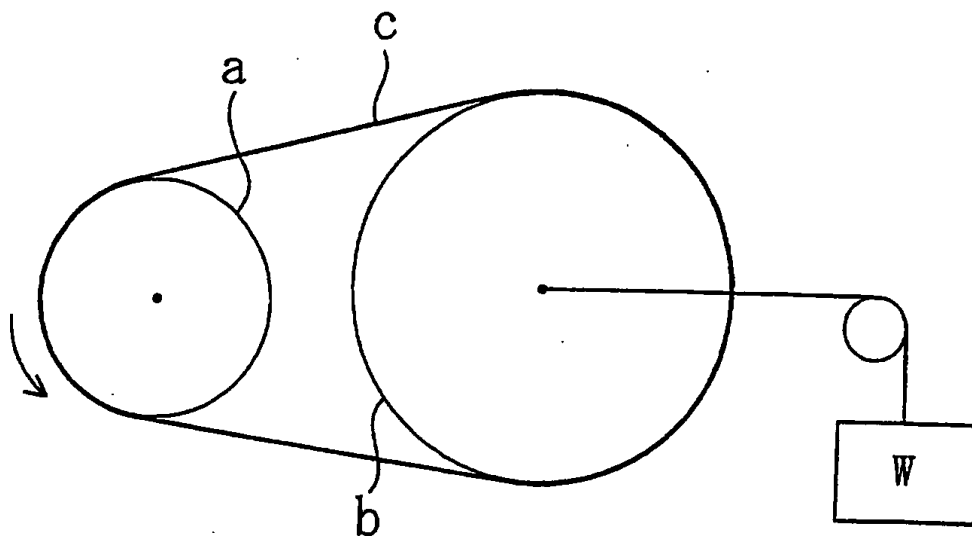


Fig. 5

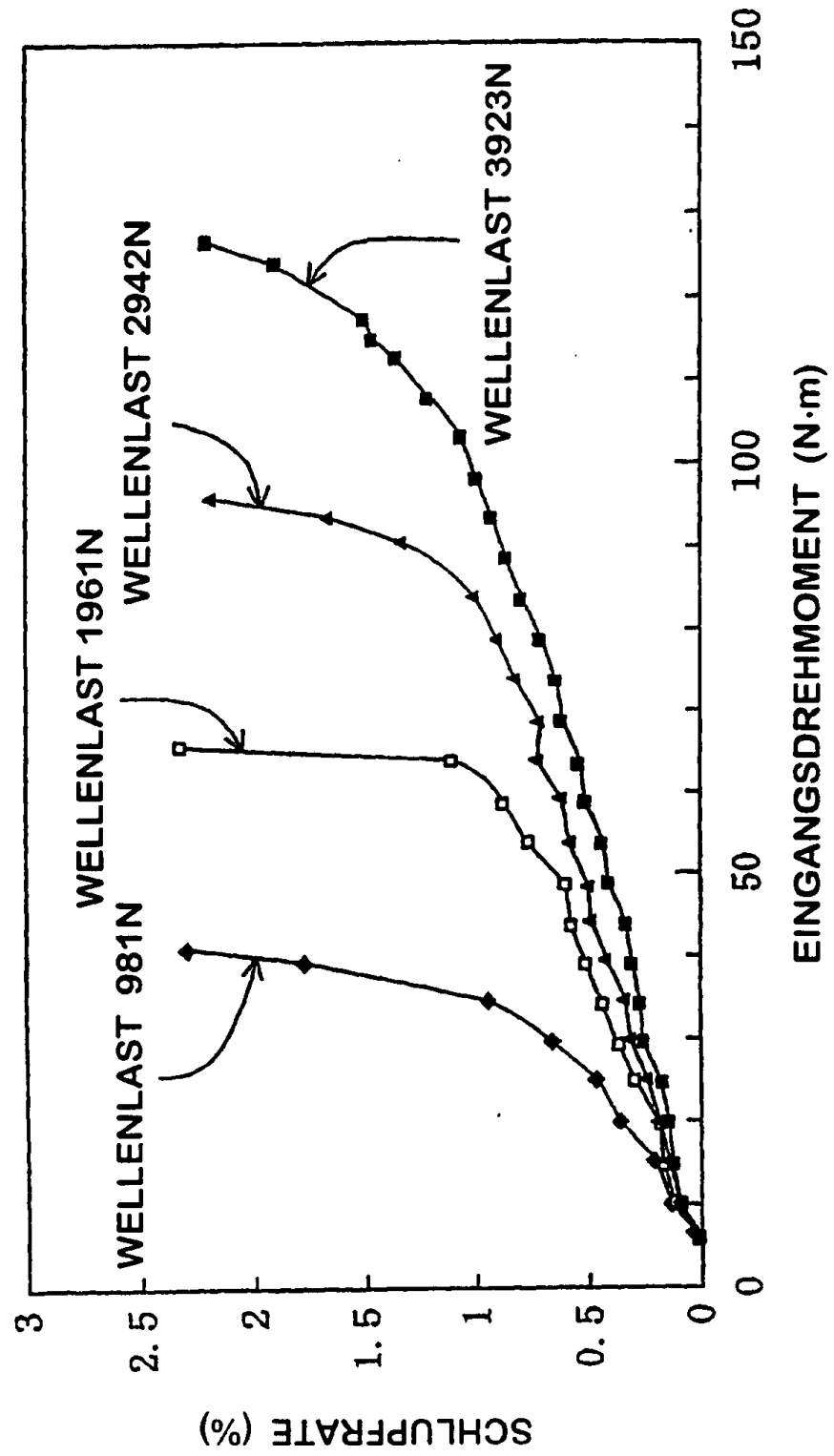


Fig. 6

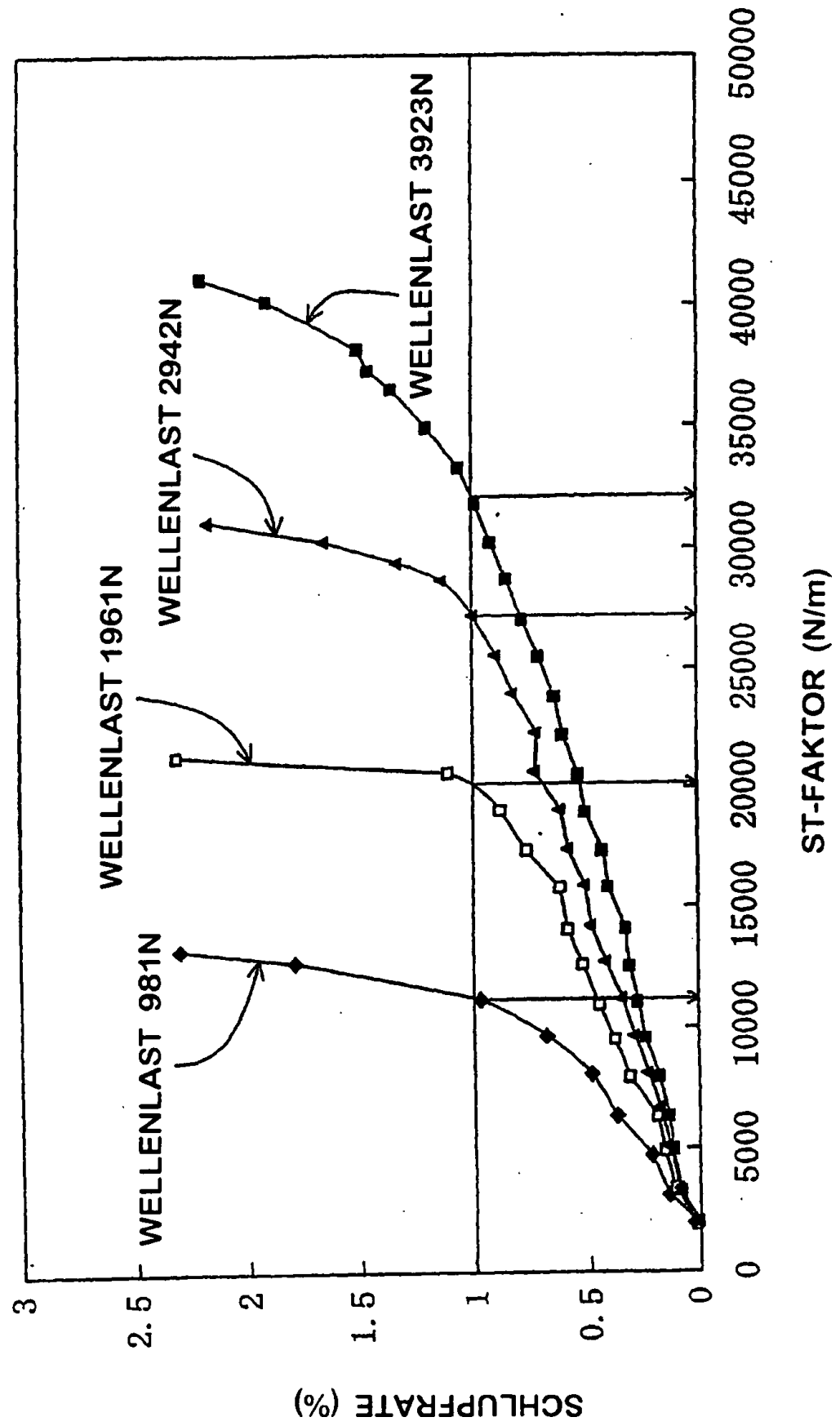


Fig. 7

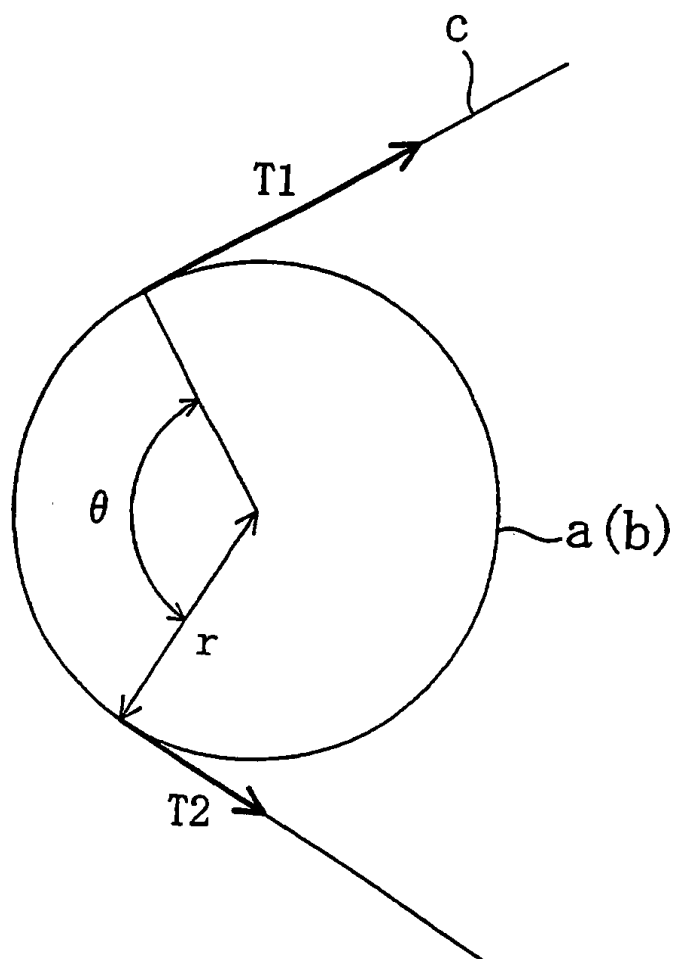


Fig. 8

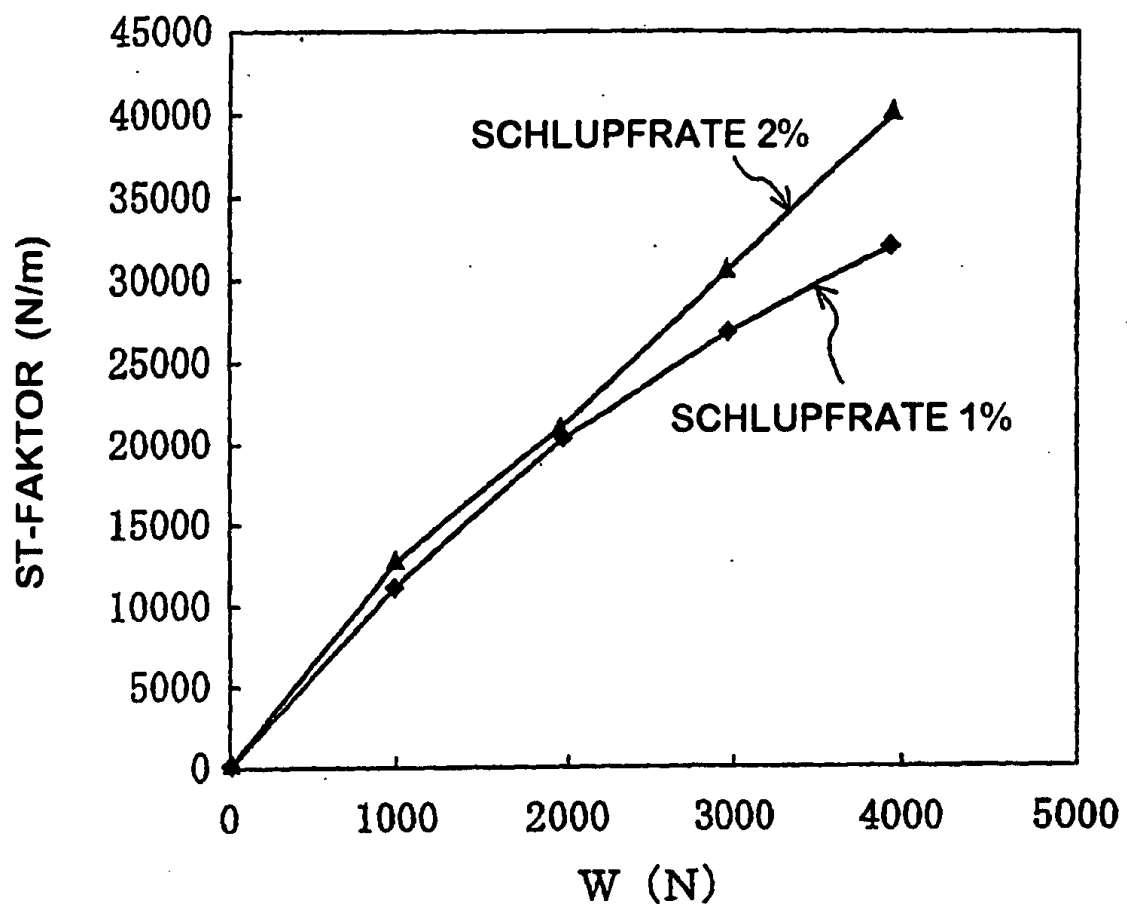


Fig. 9

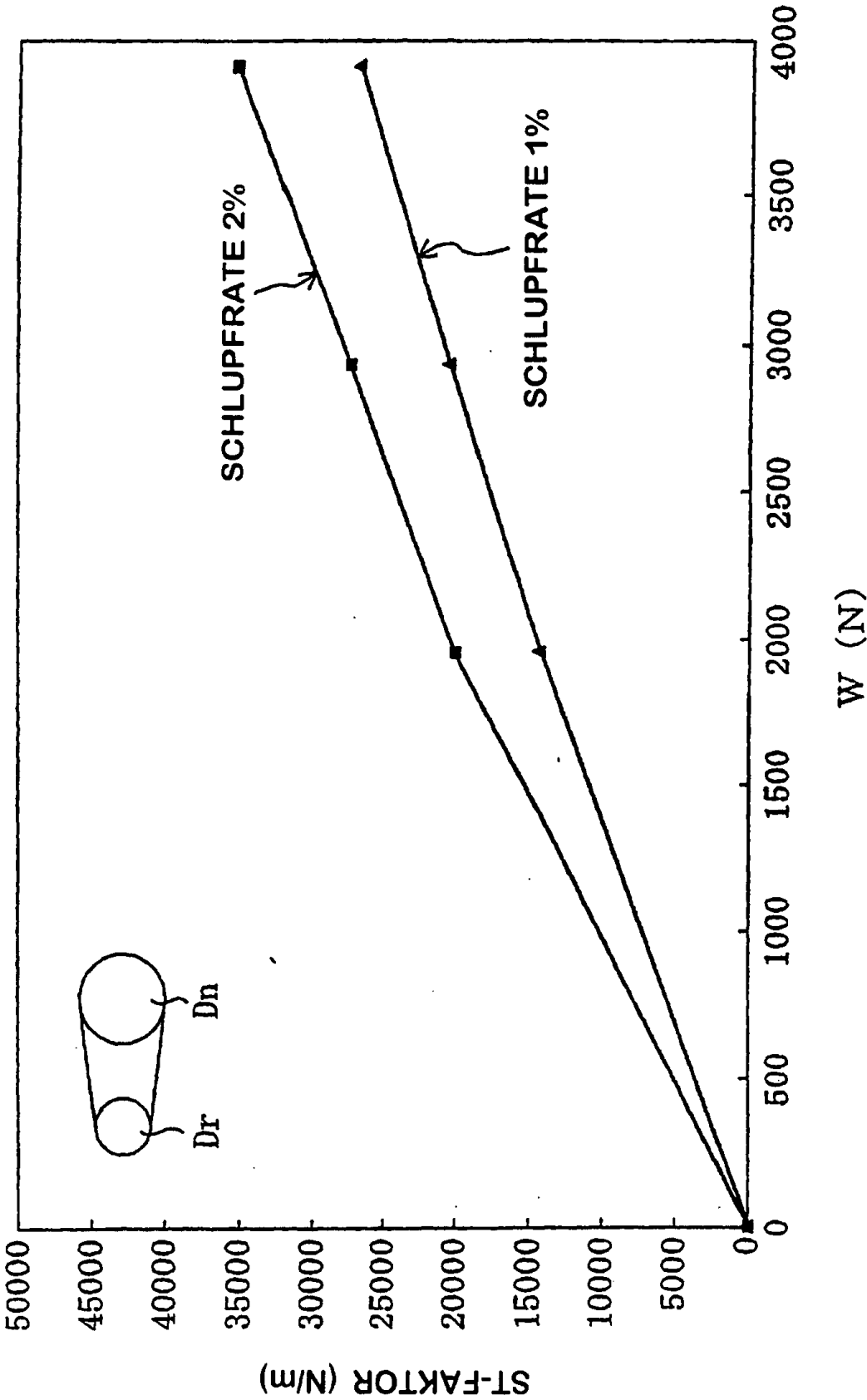


Fig. 10

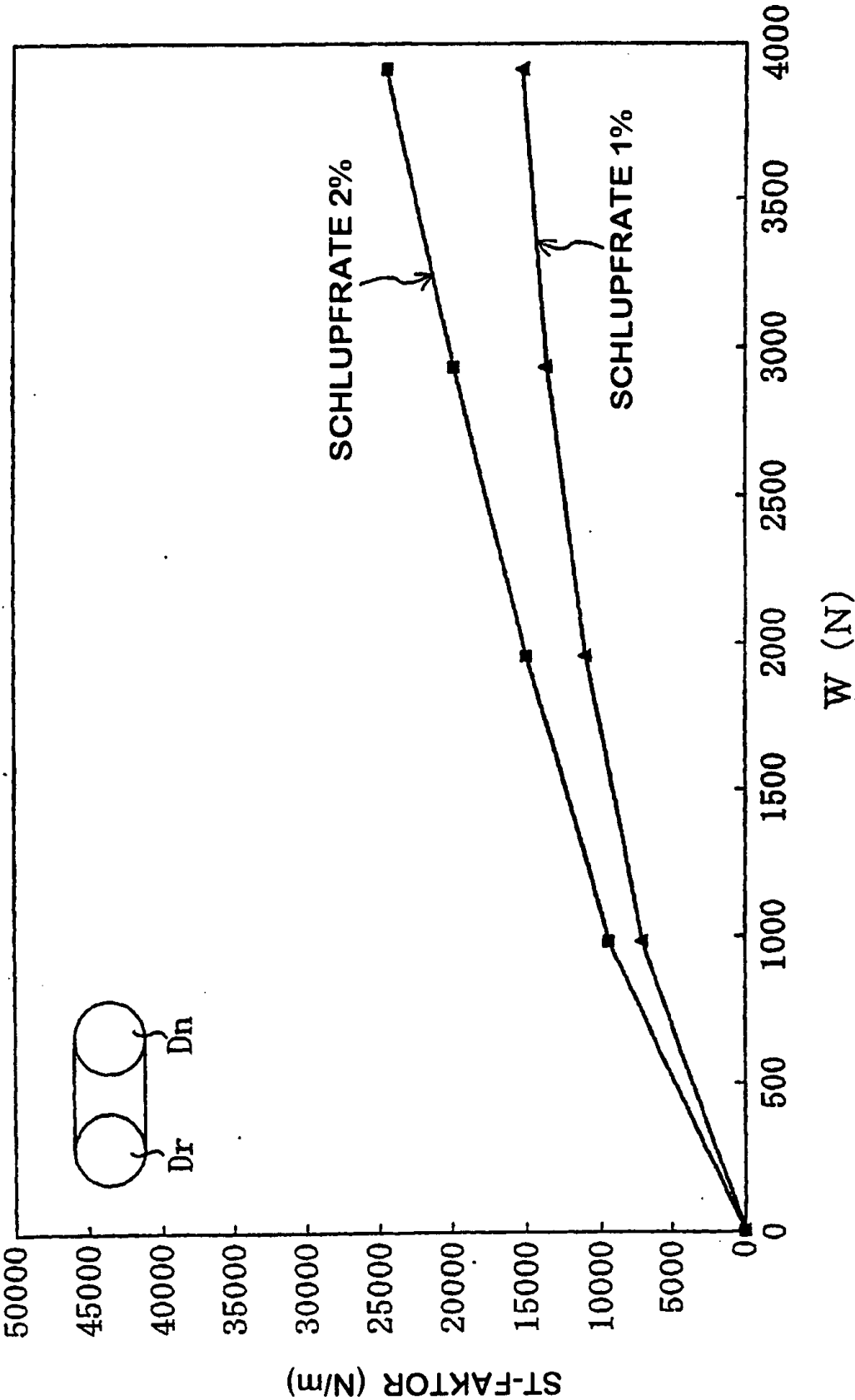


Fig. 11

