



(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 2365/83

(51) Int.Cl.⁵ : B21B 13/22
B21B 1/46

(22) Anmeldetag: 28. 6.1983

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 5.1990

(45) Ausgabetag: 12.11.1990

(30) Priorität:

30. 6.1982 JP 57-114362 beansprucht.
10. 2.1983 JP 58-20753 beansprucht.

(73) Patentinhaber:

SUMITOMO METAL INDUSTRIES LTD.
OSAKA (JP).

(56) Entgegenhaltungen:

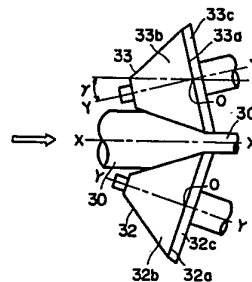
DE-PS 82001 DE-OS3013127 DE-OS2910445 DE-OS1602153
FR-PS1207526

(72) Erfinder:

CHIHIRO HAYASHI
HYOGO (JP).
KAZUYUKI NAKASUJI
HYOGO (JP).

(54) SCHRÄGWALZWERK ZUR HERSTELLUNG VON RUNDPROFILIEN

(57) Schrägwalzwerk zur Herstellung von Rundprofilen, mit einem Walzgerüst, in dem drei oder vier um die Walzachse angeordnete Arbeitswalzen (31, 32, 33) mit ihren Achsen (Y-Y) derart angeordnet sind, daß in einer ersten Ansicht senkrecht zur Walzachse (X-X) die Achse einer jeden Arbeitswalze einen spitzen Walzwinkel Γ mit der Walzachse und in einer senkrecht zur ersten Ansicht gerichteten zweiten Ansicht einen spitzen Vorschubwinkel β mit der Walzenachse bildet. Um die Umfangsscherbeanspruchung möglichst niedrig zu halten und so ein Auftreten vom Materialzentrum ausgehenden Rissen weitgehend zu unterbinden, wird der Walzwinkel θ positiv gewählt. Bei rotierendem Rundprofil und feststehendem Walzgerüst gilt: $0^\circ < \Gamma < 15^\circ$, $3^\circ < \beta < 20^\circ$, $5^\circ < \Gamma + \beta < 30^\circ$. Bei stillstehendem Rundprofil und umlaufendem Walzgerüst gilt: $0^\circ < \Gamma < 60^\circ$, $3^\circ < \beta < 45^\circ$.



Die Erfindung bezieht sich auf ein Schrägwalzwerk zur Herstellung von Rundprofilen, mit einem Walzgerüst, in dem drei oder vier um die Walzachse angeordnete Arbeitswalzen mit ihren Achsen derart angeordnet sind, daß in einer ersten Ansicht senkrecht zur Walzachse die Achse einer jeden Arbeitswalze einen spitzen Walzwinkel (γ) mit der Walzachse und in einer senkrecht zur ersten Ansicht gerichteten zweiten Ansicht einen spitzen Vorschubwinkel (β) mit der Walzenachse bildet.

Rundstahlstäbe werden im allgemeinen über die Stufe des Walzens mittels Kalibrierwalzen hergestellt. In neuerer Zeit wurden Versuche unternommen, ein Schrägwalzwerk für die Rundstahlstab-Herstellung unter dem Gesichtspunkt der Senkung der Anlagekosten einzusetzen.

Ein Schrägwalzwerk mit geneigten Walzen ist in der DE-OS 16 02 153 offenbart und als Hochleistungswalzwerk wohlbekannt, das in wirksamer Weise den Querschnitt massiver Materialien in einem einzigen Durchgang reduzieren kann. Fig. 1 der hier angeschlossenen Zeichnungen zeigt eine Vorderansicht eines solchen Schrägwalzwerks, gesehen von der Austrittsseite des Werkstücks (10). Fig. 2 zeigt einen Schnitt längs der Linie (II - II) in der Fig. 1. Fig. 3 zeigt eine Seitenansicht, die den Vorschubwinkel (β) erkennen läßt. Das Walzwerk umfaßt drei jeweils am einen Ende gelagerte Kegelwalzen (11), (12) und (13) (deren Achsen jeweils mit (Y - Y) bezeichnet sind), die in Verbindung mit einem Walzenständer (nicht eingezeichnet) um eine Walzbahn (X - X) drehbar angeordnet sind, wobei jede Walze auf der Eintrittsseite des Werkstücks (10) einen wesentlich größeren Durchmesser besitzt als auf der Werkstück-Austrittsseite. In der erwähnten Veröffentlichung werden über den Schrägwinkel (γ) (α) in der Veröffentlichung), der in der vorliegenden Erfindung ein bedeutsamer Faktor ist, keine speziellen Angaben gemacht, jedoch ist die Walzenanordnung anscheinend eine solche, daß der Schrägwinkel (γ) variabel ist zwischen -50° und -60° . (Anmerkung: Der Schrägwinkel (γ) wird positiv bezeichnet, wenn die Wellenenden auf einer Walzenseite dicht am Werkstück (10) auf dessen Eintrittsseite bleiben, und er wird negativ bezeichnet, wenn sie dicht am Werkstück (10) auf dessen Austrittsseite bleiben). Demgegenüber ist der Vorschubwinkel (β) variabel von 3° bis 6° (gemäß der DE-OS 16 02 153 von 6 bis 12°). Mit einer solchen Walzenanordnung wird beansprucht, daß das Schrägwalzwerk dahingehend vorteilhaft sei, daß die auf das Werkstück einwirkende Scherspannung aufgrund einer Oberflächenverdrillung, wenn überhaupt eine solche auftritt, unerheblich ist. Jedoch haben Versuche seitens der Anmelderin gezeigt, daß eine derartige Anordnung der Walzen irgendwelche wesentlichen Korrekturen innerer Fehler wie Porosität nicht erlaubt und eine beträchtliche Scherspannung in Umfangsrichtung erzeugt, so daß es für die Zwecke der Herstellung von Rundstahlstäben hoher Güte ungeeignet ist.

In "Plasticity and Working" (einer in Japan veröffentlichten Zeitschrift), Band 7, Nr. 67, und Band 10, Nr. 104, erschien ein Artikel unter der Überschrift "Study on Helical Rolling" in zwei Teilen, Nr. 1 und Nr. 2, die ein Walzverfahren behandelten, bei dem drei an beiden Enden gelagerte, um das Werkstück (20) herum angeordnete Kegelwalzen (21), (22), (23) sich drehen, um das Werkstück (20) zu walzen, wobei das letztere gleichzeitig gedreht wird, wie dies in den Fig. 4 bis 6 dargestellt ist, die den Darstellungen der Fig. 1 bis 3 ähneln (mit der Abweichung, daß die Fig. 4 die Walzenanordnung so zeigt, wie sie von der Eintrittsseite des Werkstückes (20) gesehen wird), und die über die Ergebnisse von Versuchen mit einer Walzenanordnung berichteten, bei der der Schrägwinkel (γ) 0° ist und der Vorschubwinkel (β) $0^\circ \sim 14^\circ$ ist. Anscheinend ist diese Walzenanordnung in der Lage, im Vergleich zu dem vorher erwähnten bekannten Verfahren eine geringere Scherspannung in Umfangsrichtung zu erzeugen, wohingegen die Scherspannung aufgrund einer Oberflächenverdrillung größer sein kann. Aufgrund der Ergebnisse von Versuchen, die seitens der Anmelderin auch mit dieser Anordnung durchgeführt wurden, ist keine zufriedenstellende Korrektur innerer Fehler wie Porosität erzielbar. Weiterhin wurde gefunden, daß der Wirkungsgrad des Walzens mit einer solchen Anordnung niedrig ist und eine Zugkraft nach vorn aufgewandt werden sollte.

Wie oben erwähnt sind mit den konventionellen Herstellungsverfahren für Rundstäbe unter Einsatz eines "Schrauben-Walzwerks" (Helical Rolling Mill) eine Reihe von noch ungelösten Problemen verbunden, und tatsächlich sind sie von einer praktischen Anwendung noch weit entfernt.

Ungeachtet solcher Probleme besteht im Hinblick auf eine Steigerung der Produktionsleistung das Bedürfnis, von einer Stranggießmaschine erzeugte Gußstücke oder Stahl-Vorblöcke, die von einem Vorwalzwerk erzeugt sind, unmittelbar ohne vorheriges Schneiden in ein Schrägwalzwerk zum Strecken einzuspeisen. Wenn ein solches Bedürfnis befriedigt werden soll, ist es erforderlich, daß das Werkstück sich nicht dreht. Zu diesem Zweck wurde ein Schrägwalzwerk mit einer solchen Anordnung geneigter Walzen vorgeschlagen, wie sie in den Fig. 7 bis 9 dargestellt ist (JP-Patent Kokai Nr. 91806 von Showa 57). Fig. 7 zeigt eine Vorderansicht eines solchen Schrägwalzwerks. Fig. 8 zeigt eine Schnittansicht längs der Linie (VIII - VIII) in der Fig. 7. Fig. 9 zeigt eine Seitenansicht von der Linie (IX - IX) in der Fig. 7. In den Abbildungen bezeichnet die Bezugszahl (10') ein Werkstück, und (11'), (12') und (13') bezeichnen drei jeweils einseitig gelagerte kegelförmige Walzen. Das Werkstück (10') wird längs einer Walzbahn (X - X) in Richtung des breiteren Pfeils bewegt. Die Kegelwalzen (11'), (12') und (13') sind axial in einem Walzengerüst (nicht eingezeichnet) gelagert, das um die Walzbahn (X - X) drehbar ist, und ihre einzelnen Achsen (Y - Y) sind unter einem Winkel (γ) (dem Schrägwinkel) relativ zu der Walzbahn (X - X) und unter einem Winkel (β) (dem Vorschubwinkel) in der Umfangsrichtung der Walzbahn (X - X) geneigt, wobei die Enden der Seiten mit dem kleineren Durchmesser der Walzen (11'), (12') und (13') stromabwärts in Richtung der Bewegung des Werkstücks (10') weisen, sodaß die einzelnen Kegelwalzen um ihre jeweiligen Achsen und um die Walzbahn (X - X) gedreht werden können, um das

Werkstück (10') zu walzen. Die Winkeleinstellungen der Walzen (11'), (12') und (13') sind gewöhnlich so, daß der Schrägwinkel (γ) -50° bis -60° beträgt (wobei anzumerken ist, daß der Schrägwinkel (γ) positiv bezeichnet wird, wenn die Wellenenden auf einer Seite der Walzen dicht am Werkstück (10') auf der Eintrittsseite desselben verbleiben, und negativ bezeichnet wird, wenn sie dicht am Werkstück (10') an der Austrittsseite desselben verbleiben), während der Vorschubwinkel (β) bei 3° bis 6° liegt.

Versuche der Anmelderin haben jedoch ergeben, daß das Verfahren zwar den Vorteil aufweist, daß die damit gewalzten Materialien keiner großen Scherspannung aufgrund einer Oberflächenverdrillung ausgesetzt werden, daß jedoch die Möglichkeit ihres Beitrags zur Korrektur innerer Fehler wie Porosität und dergleichen zweifelhaft ist. Außerdem wurde gefunden, daß das Verfahren weder einen nennenswerten Wirkungsgrad des Walzens erlaubt noch eine hinreichende Maßgenauigkeit in bezug auf den Außendurchmesser des Erzeugnisses liefert.

Aus der DE-OS 2 910 445 ist ein Schrägwalzwerk mit umlaufenden Walzen und Planetenantrieb bekannt, das zum Rohraufweiten dient. Die Geometrie des verwendeten Aufweitdornes ergibt einen positiven Walzwinkel (γ). Beim Reduzieren des Außendurchmessers würde sich dagegen ein bislang üblicher negativer Walzwinkel (γ) ergeben (siehe auch die DE-PS 82001 - Walzwerk zur Herstellung und Profilierung von Röhren und Wellen).

Bei einem aus der DE-OS 3 013 127 bekannten, als Assel-Walzwerk ausgeführten Schrägwalzwerk zum Herstellen nahtloser Rohre ergibt sich infolge der Walzgeometrie auch ein positiver Walzwinkel. Diese Technologie ist jedoch auf das Schrägwalzen von vollen Rundprofilen nicht übertragbar.

Schließlich sei noch erwähnt, daß beim Schrägwalzen von Rohren gelegentlich auf der Eintritts- oder Austrittsseite zusätzlich eine Druck- oder Zugkraft auf das Rohr aufgebracht wird (FR-PS 1 207 526).

Ziel der Erfindung ist ein Schrägwalzwerk zur Herstellung von Rundprofilen, dem die aufgezeigten Nachteile nicht anhaften, bei dem also der sog. Mannesmann-Effekt (Auftreten von Rissen im Rundmaterial infolge von Umfangsscherspannungen) auch bei starker Reduzierung nicht auftritt.

Dieses Ziel wird mit einem Schrägwalzwerk der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß bei rotierendem Rundprofil und feststehendem Walzgerüst die zweite durch den Walzwinkel (γ) gekennzeichnete Neigung der Achsen (Y-Y) der Arbeitswalzen (31), (32), (33) so verläuft, daß das der Walzrichtung entgegengesetzte Ende der Arbeitswalzen (31), (32), (33) zur Walzachse (X-X) hin geneigt ist, wobei der Walzwinkel (γ) und der Vorschubwinkel (β) folgende Bedingungen erfüllen:

$$\begin{aligned} 0^\circ < \gamma < 15^\circ, \\ 3^\circ < \gamma < 20^\circ, \\ 5^\circ < \gamma + \beta < 30^\circ. \end{aligned}$$

Alternativ läßt sich dieses Ziel auch dadurch erreichen, daß bei stillstehendem Rundprofil und um das Rundprofil rotierendem Walzgerüst die zweite durch den Walzwinkel gekennzeichnete Neigung der Achsen (Y-Y) der Arbeitswalzen (31), (32), (33) so verläuft, daß das der Walzrichtung entgegengesetzte Ende der Arbeitswalzen (31), (32), (33) zur Walzachse (X-X) hin geneigt ist, wobei der Walzwinkel und der Vorschubwinkel folgende Bedingungen erfüllen:

$$\begin{aligned} 0^\circ < \gamma < 60^\circ, \\ 3^\circ < \beta < 45^\circ. \end{aligned}$$

Das Wesen der Erfindung besteht darin, daß im Gegensatz zu bisher der Walzwinkel (γ) nunmehr positiv gewählt wird. Hiedurch wird die Umfangsscherbeanspruchung in Nähe des Materialzentrums nahezu zur Gänze zum Verschwinden gebracht. Da beim Mannesmann-Effekt die Risse von Porositäten und Einschlüssen in Nähe des Materialzentrums ihren Ausgang nehmen, nunmehr in diesem Bereich aber keine nennenswerte Scherbeanspruchung auftritt, lassen sich auch bei starken Querschnittsverkleinerungen und/oder schlecht bearbeitbaren Materialien (z. B. stranggegossene Knüppel) fehlerfrei Produkte mit hoher Produktionsleistung herstellen.

Um einerseits gleichbleibende Walzverhältnisse zu gewährleisten, andererseits auch starke Reduzierungen zu ermöglichen, ist es von Vorteil, wenn die Achsen der Arbeitswalzen an beiden Enden gelagert sind. Dies ergibt eine robustere Bauweise als die weitverbreitete, einseitige Lagerung der Walzen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Vorderansicht, die schematisch die Konstruktion eines konventionellen Schrägwalzwerks mit geneigten Walzen veranschaulicht.

Fig. 2 zeigt eine Schnittansicht entlang der Linie (II - II) in der Fig. 1.

Fig. 3 zeigt eine Seitenansicht zur Darstellung des Vorschubwinkels (β) darin.

Fig. 4 zeigt eine Vorderansicht, die schematisch die Konstruktion eines konventionellen Walzwerks zum Schraubwalzen (helical rolling) eines Rundstahl-Einsatzgutes veranschaulicht.

Fig. 5 zeigt eine Schnittansicht entlang der Linie (V - V) in der Fig. 4.

Fig. 6 zeigt eine Seitenansicht zur Darstellung des Vorschubwinkels (β) darin.

Fig. 7 zeigt eine Vorderansicht, die die Walzenanordnung in einem anderen konventionellen Schrägwalzwerk veranschaulicht.

- Fig. 8 zeigt eine Schnittansicht entlang der Linie (VIII - VIII) in der Fig. 7.
 Fig. 9 zeigt eine Seitenansicht entlang der Linie (IX - IX) in der Fig. 7.
 Fig. 10 zeigt eine schematische Vorderansicht im Aufriß, die die Konstruktion des erfindungsgemäßen Schrägwalzwerks veranschaulicht.
- 5 Fig. 11 zeigt eine Schnittansicht entlang der Linie (XI - XI) in der Fig. 10.
 Fig. 12 zeigt eine Seitenansicht zur Darstellung des Vorschubwinkels (β) darin.
 Fig. 13 zeigt eine Schnittansicht eines Probestücks zur Messung der Umfangsscherspannung.
 Fig. 14 zeigt eine Schnittansicht des Probestücks nach dem Walzen.
 Fig. 15 zeigt eine schematische Darstellung der Umfangsscherspannung.
- 10 Die Fig. 16 (a), 16 (b) und 16 (c) zeigen graphische Darstellungen der Wirkungen des Vorschubwinkels und des Schrägwinkels auf das Schrumpfvverhalten künstlicher Löcher.
 Fig. 17 zeigt eine photographische Darstellung der Wirkungen des Vorschubwinkels und des Schrägwinkels auf die Schrumpfung der inneren Porosität in stranggegossenen Rundknüppeln.
 Die Fig. 18 (a) und 18 (b) zeigen die Vorderansicht und die Seitenansicht von Probestücken für die Messung der Scherspannung aufgrund von Oberflächenverdrillung.
- 15 Fig. 19 zeigt eine Seitenansicht der Konfiguration der Rille darin nach dem Walzen.
 Fig. 20 zeigt eine graphische Darstellung der Scherspannung aufgrund von Oberflächenverdrillung.
 Die Fig. 21 (a), 21 (b) und 21 (c) zeigen graphische Registrierungen von Meßwerten der Maßgenauigkeit in Längsrichtung.
- 20 Fig. 22 zeigt eine graphische Darstellung von Messungen der Walzgeschwindigkeit.
 Die Fig. 23 und 24 zeigen erläuternde Darstellungen des Mannesmann-Bruchs.
 Fig. 25 ist eine Vorderansicht, die schematisch die Konstruktion eines Schrägwalzwerks veranschaulicht, das bei der praktischen Durchführung des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird.
- 25 Fig. 26 zeigt eine Schnittansicht entlang der Linie (XXVI - XXVI) in der Fig. 25.
 Fig. 27 zeigt eine Schnittansicht entlang der Linie (XXVII - XXVII) in der Fig. 25.
 Fig. 28 zeigt eine schematische Darstellung der Umfangsscherspannung.
 Die Fig. 29 (a) und 29 (b) zeigen graphische Darstellungen der Wirkungen des Vorschubwinkels und des Schrägwinkels auf das Schrumpfvverhalten künstlicher Löcher.
- 30 Fig. 30 zeigt eine photographische Darstellung der Wirkungen des Vorschubwinkels und des Schrägwinkels auf die Konsolidierung der inneren Porosität in stranggegossenen Rundknüppeln.
 Fig. 31 zeigt eine graphische Darstellung der Scherspannung aufgrund von Oberflächenverdrillung.
 Fig. 32 zeigt eine graphische Registrierung von Meßwerten der Maßgenauigkeit in Längsrichtung.
 Fig. 33 zeigt eine graphische Darstellung von Messungen der Walzgeschwindigkeit.
- 35 Das erfindungsgemäße Walzwerk wird nunmehr im einzelnen beschrieben, und zwar zunächst in der Ausführungsform, in der ein Werkstück oder ein in Bearbeitung befindliches Material gedreht wird.
 Die Fig. 10 zeigt eine Vorderansicht des sich im Walzvorgang befindenden Werkstücks, gesehen von der Eintrittsseite des Werkstücks her. Hierbei wird eine Anordnung aus drei Walzen gemäß der vorliegenden Erfindung eingesetzt. Die Fig. 11 zeigt eine Schnittansicht entlang der Linie (XI - XI) in der Fig. 10, und die Fig. 12 zeigt eine Seitenansicht zur Darstellung des in der Walzenanordnung verwendeten Winkels (β). Die drei
- 40 Walzen (31), (32) und (33) besitzen Kehlen (31a), (32a) bzw. (33a) in der Nähe ihrer Enden auf der Austrittsseite des Werkstücks. Von der Kehle als Grenze her ist bei jeder Walze der Durchmesser geradlinig in Richtung zu ihrer Welle auf der Eintrittsseite des Werkstücks hin vermindert und ihr Durchmesser geradlinig oder in Form einer gekrümmten Linie zur Austrittsseite des Werkstücks hin vergrößert. Infolgedessen haben die Walzen (31), (32) und (33) im wesentlichen die Form von Kegelstümpfen mit Eintrittsflächen (31b), (32b) und (33b) und Austrittsflächen (31c), (32c) und (33c). Die Walzen (31), (32) und (33) sind in solcher Weise angeordnet, daß ihre Eintrittsflächen (31b), (32b) und (33b) auf der stromaufwärts gelegenen Seite der Bewegungsstrecke des Werkstücks (30) liegen und daß Schnittpunkte (O) jeweils zwischen der Geraden der Walzenachse (Y - Y) und der Ebene durch die Kehlen (31a), (32a) und (33a) (der betreffende Schnittpunkt (O) wird im folgenden als Einstellmittelpunkt der Walze bezeichnet; in ähnlicher Weise auch in den Fig. 1 bis 6 dargestellt) in im wesentlichen gleichem Abstand um die Walzbahn (X - X) herum und auf einer Ebene liegen, die die Walzbahn (X - X) senkrecht schneidet. Die Achsen (Y - Y) der Walzen (31), (32) und (33) sind schräg (geneigt) unter einem Schrägwinkel (γ) in ihren jeweiligen Einstellmittelpunkten der Walze (O) relativ zu der Walzbahn (X - X), so daß ihre vorderen Wellenenden in der Nähe der Walzbahn (X - X) verbleiben, wie in der Fig. 11 dargestellt ist, und gleichzeitig sind ihre vorderen Wellenenden unter einem Vorschubwinkel (β) gegen die gleiche Umfangsseite des Werkstücks (30) geneigt, wie die Fig. 10 und 12 zeigen. Die Walzen (31), (32) und (33) sind mit einer nicht dargestellten Antriebsquelle verbunden und werden in Richtung der in der Fig. 10 eingezeichneten Pfeile gedreht, so daß ein heißes Werkstück (30), das zwischen den Walzen eingefädelt ist, in axialer Richtung fortbewegt wird und sich dabei um seine Achse dreht. Das heißt, daß das Werkstück (30) mit hoher Geschwindigkeit eine Verringerung seines Durchmessers erleidet, während es schraubenartig vorwärtsbewegt wird.
- 60 Die Querschnittsform des heißen Werkstücks ist vorzugsweise kreisförmig; sie kann jedoch auch hexagonal oder höher-polygonal sein. Da das Werkstück (30) dem Walzen unter Drehung unterworfen wird, kann ein

Werkstück mit niedrigerer Kantenzahl beträchtliche Schläge auf das Walzwerk ausüben, was für den Walzvorgang nicht zweckmäßig ist. Ein quadratischer Querschnitt ist unerwünscht, da ein solches Werkstück verdrillt wird. Das Positionieren des Arbeitsganges der Erzeugung von Stangen- oder Knüppelmaterial oder des Schrittes des Längens des Materials mittels des in den Fig. 10 bis 12 dargestellten Drehwalzwerks wird anschließend beschrieben.

Wie bereits weiter oben erwähnt, werden für die Walzwinkel (γ), (β) und (γ) + (β) besondere Bedingungen festgesetzt. Auf der Seite der oberen Grenze wird der Schrägwinkel (γ) kleiner als 15° gesetzt. Der Grund hierfür ist, daß es wahrscheinlich ist, wenn (γ) über diesem Grenzwert liegt, daß einige Störungen auftreten auf der stromabwärtigen Seite der Bewegungsrichtung zwischen den Walzenenden und denjenigen Teilen des Walzengerüsts, die der Walzbahn benachbart sind. Auf der Seite der unteren Grenze wird (γ) größer als 0° gesetzt, da ein Schrägwinkel (γ) $\leq 0^\circ$ es unmöglich macht, die Umfangsscherverformung an den in der Nachbarschaft des Zentrums des Werkstückes gelegenen Stellen auszuschalten, um eine zufriedenstellende Maßgenauigkeit in der Längsrichtung zu erhalten.

Die obere Grenze für den Vorschubwinkel (β) ist mit 20° definiert. Der Grund hierfür ist der gleiche wie im Falle der oberen Grenze für (γ). Die untere Grenze für (β) ist $> 3^\circ$. Wenn (β) kleiner ist als 3° , ist es unmöglich, die Umfangsscherverformung an den in der Nachbarschaft des Zentrums des Werkstückes gelegenen Stellen auf ein Minimum zu senken und eine gute Konsolidierungswirkung auf die innere Porosität von durch Strangguß erzeugten Knüppeln (Vorblöcken) zu erzeugen.

Die obere Grenze des Wertes (γ) + (β) ist 30° . Wenn dieser Grenzwert überschritten wird, treten beträchtliche Störungen zwischen dem Walzengerüst und den Walzen auf, wie oben erwähnt wurde. Darüber hinaus wird es schwierig, die Lager für die Walzen in dem Walzgerüst unterzubringen. Dieses alles macht es praktisch undurchführbar, eine beidseitige Lagerung der Walzen aufrechtzuerhalten. Die untere Grenze für (γ) + (β) ist 5° . Überall unterhalb dieses Grenzwerts ist es unmöglich, eine praktische Walzleistung (Geschwindigkeit) sicherzustellen, und weiterhin ist es schwierig, die von der Stranggießstufe herrührende Porosität in dem Werkstück zu konsolidieren.

Die hier definierten Bedingungen für (γ) und (β) sind dahingehend beträchtlich verschieden von denjenigen des Standes der Technik, daß die (γ)-Werte positiv sind. Tatsächlich hat die Einstellung des Schrägwinkels (γ) auf der positiven Seite günstige Auswirkungen auf die Konsolidierung der inneren Porosität und die Steuerung der Umfangsscherbeanspruchung. Die Bauweise der Lagerung der Walzen an beiden Enden zielt auf eine Erhöhung der Steifigkeit des Walzwerks und eine Verhinderung des Auftretens schraubenförmiger Markierungen ab. Derartige Halterungen sind bekannt von dem oben zitierten Artikel "Study on Helical Rolling".

Verschiedenartige Versuche wurden durchgeführt, um die Vorteile der vorliegenden Erfindung zu klären. Die Ergebnisse dieser Versuche werden im folgenden erläutert. Die Stücke des für das Walzen verwendeten Materials bestanden aus einem Stahl mit mittlerem Kohlenstoff-Gehalt (Kohlenstoff: 0,45 %). Sämtliche Stücke wurden auf 1200°C erhitzt und dem Walzen unterworfen.

Beispiel 1: Umfangsscherspannung

5 Nadeln (40) (mit jeweils 2,5 mm Durchmesser) wurden in jedes Stück des Ausgangsmaterials mit einem Durchmesser von 70 mm und einer Länge von 300 mm parallel zur Achse so eingebettet, daß sie alle auf dem gleichen Radius angeordnet waren, wie dies in der Fig. 13 dargestellt ist. Nach dem Walzen wurde der Verformungsweg der Nadeln (40) (der die Verformung des Metalls repräsentiert) geprüft, um Aufschluß über die Umfangsscherspannung in einem Querschnitt des bearbeiteten Materials zu gewinnen.

Die Walzbedingungen waren die folgenden: Der Vorschubwinkel wurde bei (β) = 7° festgehalten; der Schrägwinkel (γ) wurde in drei Varianten untersucht, nämlich mit 9° innerhalb des hier angegebenen Bereichs und mit 0° und -9° , die beide außerhalb dieses Bereichs liegen; für die Flächenverminderung wurden vier Varianten gewählt, nämlich um 60 %, 70 %, 75 % und 80 % für jeden der eingestellten Schrägwinkel (γ).

Die Ergebnisse der Tests sind in der Fig. 15 dargestellt, in der der Verformungsweg der Nadeln in jedem Fall durch eine ausgezogene Linie bezeichnet wird. Aus den Ergebnissen ist zu ersehen, daß mit der Zunahme der Verminderung des Querschnitts die Umfangsscherspannung beachtlich wird, und zwar in Abhängigkeit vom eingestellten Schrägwinkel. Mit (γ) = 9° ist die Umfangsscherspannung am geringsten, obwohl keine großen Unterschiede in den verschiedenen Fällen auftreten, in denen die Flächenverringerng klein ist. Weiterhin ist zu erkennen, daß im Fall (γ) = 9° keine Umfangsscherspannung an einer Stelle auftritt, die dem Mittelpunkt des Querschnitts des Werkstückes benachbart ist (das heißt, daß dort der Metallfluß eine gerade Linie zeigt), wohingegen im Falle (γ) = -9° eine beachtliche Umfangsscherspannung über die gesamte Querschnittsfläche hinweg, einschließlich des zentralen Teils derselben, entwickelt wird. Im Falle (γ) = 0° scheint der Zustand irgendwo zwischen den beiden anderen Fällen zu liegen. Somit erweisen die Testergebnisse, daß es durch Einstellen des Schrägwinkels auf (γ) $> 0^\circ$ oder vorzugsweise durch Anwendung eines größeren Wertes von (γ) möglich ist, das Auftreten einer Scherspannung an einer Stelle zu verhindern, die in der Nähe des Zentrums des Querschnitts des Werkstückes liegt. Die Abwesenheit einer Umfangsscherspannung bedeutet, daß kein Feld einer Umfangsscherbeanspruchung vorliegt. Aus diesem Grunde treten beim Walzen mit dem erfindungsgemäßen Walzwerk keine Risse aufgrund innerer Porosität und folglich auch kein Mannesmann-Bruch auf.

Beispiel 2: Schrumpfungsverhalten künstlicher Löcher

Stücke des Ausgangsmaterials mit jeweils einem Durchmesser von 70 mm und einer Länge von 300 mm mit künstlich eingebohrten Löchern (die die Mittenporosität simulierten) der Durchmesser 2 mm, 4 mm und 6 mm wurden als Werkstücke verwendet. Nachdem die Werkstücke dem Walzen unterworfen worden waren, wurde die Auswirkung auf das Schließverhalten der künstlichen Löcher durch das Walzen untersucht. Für den Arbeitsgang des Walzens wurde der Vorschubwinkel (β) auf sechs Weisen innerhalb eines Bereichs von 3° bis 13° variiert, und der Schrägwinkel (γ) wurde auf drei Weisen variiert wie in Beispiel 1, d. h. (γ) = 9° innerhalb des hier angegebenen Bereichs und (γ) = 0° und (γ) = -9° , beide außerhalb dieses Bereichs. Das Durchmesser-Verringerungsverhältnis wurde auf 53 % eingestellt (Verringerung von 70 mm Durchmesser auf 33 mm Durchmesser). Die Ergebnisse der Tests sind in den Fig. 16 (a), 16 (b) und 16 (c) dargestellt.

Die folgenden Tatsachen sind den Ergebnissen deutlich zu entnehmen: Wenn (γ) = 9° ist, können künstliche Löcher bis zu 4 mm Durchmesser zum Schrumpfen gebracht werden, falls (β) = 13° ist. Wenn (γ) = -9° ist, werden auch die kleinsten Löcher von 2 mm Durchmesser nicht zum Schrumpfen gebracht, auch dann nicht, wenn (β) = 13° ist. Im Falle von (γ) = 0° liegt die erzielbare Wirkung irgendwo zwischen den beiden Fällen; künstliche Löcher von 2 mm Durchmesser werden zum Schrumpfen gebracht, wenn (β) = 13° ist. Unabhängig von dem eingestellten Schrägwinkel (γ) hat der Vorschubwinkel (β) einen Einfluß auf das Schrumpfungsverhalten künstlicher Löcher: Je größer der Vorschubwinkel (β) ist, desto größer ist seine Wirkung auf das Schrumpfungsverhalten.

Somit läßt sich sagen, daß in bezug auf die innere Porosität eine größere Konsolidierungswirkung dadurch erzielbar ist, daß (γ) > 0° ist und daß der Schrägwinkel und der Vorschubwinkel auf größere Werte eingestellt werden.

Beispiel 3: Charakteristik der Konsolidierung der inneren Porosität in stranggegossenen Knüppeln

Die Konsolidierungswirkung auf die innere Porosität wurde untersucht an Werkstücken, die durch Stranggießen hergestellt worden waren.

Die verwendeten Werkstücke waren geschnittene Rundstäbe mit einem Durchmesser von 70 mm und einer Länge von 300 mm aus dem Mittelteil eines durch Strangguß gewonnenen großflächigen Knüppels mit einem Durchmesser von 380 mm. Das Werkstück wurde mit einer Flächenverminderung von 78 % (von 70 mm Durchmesser auf 33 mm Durchmesser) gewalzt. Die Walzbedingungen waren: Vorschubwinkel (β) auf drei Weisen variiert zu 4° , 8° und 12° , und Schrägwinkel (γ) auf drei Weisen variiert zu 9° , 0° und -9° , d. h. insgesamt 9 Varianten. Während des Walzvorgangs wurde das Walzwerk angehalten, so daß halbgewalzte Stücke erhalten wurden. Diese Stücke wurden längs in zwei Hälften zerschnitten, und die Schnittstücke wurden auf ihren Zustand hinsichtlich der inneren Porosität untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind photographisch in der Fig. 17 dargestellt. Sie lassen folgende Punkte erkennen:

i) Bei einem Schrägwinkel (γ) = -9° entwickeln sich Fehler, ausgelöst durch die Porosität des Ausgangsmaterials, unter dem Einfluß der Umfangsscherbeanspruchung. Das heißt, es tritt das Phänomen des sogenannten Mannesmann-Bruchs auf. Je größer der Vorschubwinkel (β) ist, desto niedriger ist der Grad solcher Brüche. Es ist jedoch schwierig, eine gesunde Konfiguration im Inneren zu erhalten.

ii) Bei einem Schrägwinkel (γ) = 9° ist die Porosität völlig konsolidiert (zum Verschwinden gebracht), selbst dann, wenn der Vorschubwinkel (β) auf einen niedrigen Wert eingestellt ist.

iii) Bei einem Schrägwinkel (γ) = 0° ist der Zustand irgendwo zwischen den beiden vorgenannten Fällen. Bei größerem Vorschubwinkel (β) ist die Konsolidierung der inneren Porosität günstig.

Daraus folgt, daß es für das Walzen von durch Strangguß erzeugten Knüppeln zweckmäßig ist, unter dem Gesichtspunkt der Konsolidierung der inneren Porosität einen Schrägwinkel (γ) > 0° , vorzugsweise einen größeren Schrägwinkel, sowie einen relativ großen Vorschubwinkel einzustellen.

Beispiel 4: Scherspannung aufgrund einer Oberflächenverdrillung

Die Scherspannung aufgrund einer Oberflächenverdrillung ist der einzige Faktor, bei dem die vorliegende Erfindung ungünstiger abschneidet im Vergleich zu den beiden bekannten Arbeitsweisen, auf die im Vorstehenden Bezug genommen wurde.

Die Werkstücke wurden hergestellt durch Formen einer in Längsrichtung verlaufenden Rille (41) auf der Oberfläche des Mutter-Materials von 1 mm Tiefe und 1 mm Breite, wie sie in den Fig. 18 (a) und 18 (b) dargestellt ist. Jedes Werkstück wurde gewalzt mit einer Flächenverringerung um 78 % (von einem Durchmesser von 70 mm auf einen Durchmesser von 33 mm). Die Messungen des Verdrillungswinkels der Rille (41) nach dem Walzen sind in der Fig. 20 dargestellt. (Der Begriff "Verdrillungswinkel" bezeichnet einen Winkel zwischen einer Geraden auf der Oberfläche parallel zur Achse des Werkstücks und zur Spur der Rille (41), wie in der Fig. 19 dargestellt ist). Die Walzbedingungen waren: der Vorschubwinkel (β) wurde auf sechs Weisen innerhalb des Bereichs von 3° bis 13° variiert, und der Schrägwinkel (γ) wurde auf drei Weisen, 9° , 0° und -9° , variiert, so daß insgesamt 18 Varianten untersucht wurden. Die Ergebnisse lassen folgende Punkte erkennen:

i) Bei einem Schrägwinkel (γ) = -9° ist die Scherspannung aufgrund der Oberflächenverdrillung unbedeutend.

ii) Bei einem Schrägwinkel (γ) = 9° ist die Scherspannung aufgrund der Oberflächenverdrillung beträchtlich. Dieser Fehler kann jedoch durch Einstellung eines größeren Vorschubwinkels (β) verringert werden.

iii) Bei einem Schrägwinkel (γ) = 0° ist der Zustand irgendwo zwischen den beiden vorgenannten Fällen.

Es läßt sich somit sagen, daß es unter dem Gesichtspunkt der Verringerung der Scherspannung aufgrund einer Oberflächenverdrillung zweckmäßig ist, den Vorschubwinkel (β) relativ groß einzustellen.

5 Beispiel 5: Maßgenauigkeit in Längsrichtung

Stücke des Ausgangs-Materials, jeweils mit einem Durchmesser von 70 mm und einer Länge von 300 mm, wurden mit einer Flächenverringerng um 67 % (von 70 mm Durchmesser auf 40 mm Durchmesser) gewalzt. Die Änderungen der Längenabmessungen wurden untersucht. Die Walzbedingungen waren: Vorschubwinkel (β) = 4°; Schrägwinkel in drei Varianten 9°, 0° und -9°. Die Ergebnisse sind in den Fig. 21 (a), 21 (b) und 21 (c) dargestellt. Bei (γ) = 9° betrug der Grad der Änderungen $\pm 0,10$ %; und bei (γ) = -9° betrug er $\pm 0,75$ %. Mit (γ) = 0° lag die Änderung irgendwo zwischen den beiden vorgenannten Fällen. Es ist offenkundig, daß ein Schrägwinkel (γ) > 0° sich auf die Maßgenauigkeit günstig auswirkt.

15 Beispiel 6: Walzgeschwindigkeit

Die Walzgeschwindigkeiten wurden untersucht in dem Fall, in dem ein Ausgangs-Material von 70 mm Durchmesser auf eine Flächenverminderung von 78 % (von 70 mm Durchmesser auf 33 mm Durchmesser) gewalzt wurde. Walzbedingungen: Umdrehungsgeschwindigkeit der Walzen 100 min⁻¹; Durchmesser der Walzenkehle 250 mm; Vorschubwinkel (β) in sechs Varianten von 3° bis 13°; Schrägwinkel (γ) in drei Varianten 9°, 0° und -9°, insgesamt also 18 Winkel-Varianten. Die Ergebnisse sind in der Fig. 22 dargestellt. Bei (γ) = 9° steht eine höhere Walzgeschwindigkeit zur Verfügung. Die Walzgeschwindigkeit tendiert zu einer Zunahme mit wachsendem Vorschubwinkel (β). Demnach ist es zur Erhöhung der Walzleistung zweckmäßig, den Schrägwinkel auf (γ) > 0°, vorzugsweise größer, und den Vorschubwinkel (β) auf einen sinnvoll hohen Wert einzustellen.

25 Beispiel 7: Beispiele für die Anwendung des erfindungsgemäßen Walzwerks zum Walzen schwer bearbeitbarer Materialien

Hochlegierte Ni- und Cr-Stähle, wie sie in der nachstehenden Tabelle aufgeführt sind, wurden auf ihre Bearbeitbarkeit in der Stufe des Längens gemäß der vorliegenden Erfindung untersucht. Jedes Werkstück wurde auf eine spezielle Temperatur erhitzt, bei der seine Verformbarkeit niedrig ist, und dann dem Walzen unterworfen. Es wurde gefunden, daß ein Walzen mit einer hohen Flächenverminderung möglich ist, wobei die Flächenverminderung pro Durchgang 40 bis 80 % betrug. Wenn die Verminderung mehr als 80 % beträgt, wird die Temperatur des Werkstücks übermäßig hoch bis zu einem Ausmaß, bei dem die Verformbarkeit des Werkstücks während des Walzens verloren geht, bis es zu Stücken zerkleinert wird.

Probe Nr.	Ni	Cr	Mo	Beheizungs-Temperatur
1	49,2	24,4	5,8	1210 °C
2	6,84	25,8	3,0	1240 °C
3	9,20	18,1	0,16	1200 °C
4	11,7	17,0	2,3	1200 °C
5	36,5	26,4	3,2	1210 °C
6	40,5	30,5	3,2	1210 °C

Das oben beschriebene Walzwerk kann für die Herstellung verschiedener Erzeugnisse aus Stahl in folgender Weise eingesetzt werden:

Eine Anwendungsmöglichkeit besteht darin, daß das erfindungsgemäße Walzwerk zur Vorblock-Herstellung bei der Fertigung von Stahlerzeugnissen eingesetzt wird. Das heißt, daß Knüppel, die in einer Stranggußmaschine gegossen werden, in das erfindungsgemäße Walzwerk eingespeist werden, und die darin gewalzten Materialien anschließend einem Rohrwalzwerk, einer Stabstahlstraße, einer Drahtstraße oder einer Formstahlstraße zugeführt werden können.

Es ist ebenfalls möglich, daß die zu Barren gegossenen Materialien als Werkstücke der Stufe des Längens zugeführt werden oder daß Barren durch ein Vorblockwalzwerk hindurchgeschickt werden, wodurch Knüppel gebildet werden, die ihrerseits der Stufe des Längens zugeführt werden.

Eine andere Anwendungsform besteht darin, daß das erfindungsgemäße Walzwerk eingesetzt wird als Vorwalzstufe zur Materialversorgung einer Stabstahl- oder Drahtstraße. Das heißt, daß Knüppel, die in einer Stranggußmaschine gegossen werden, in das erfindungsgemäße Walzwerk zum Vorwalzen eingespeist werden, und die darin vorgewalzten Materialien anschließend einem Vorwalzwerk einer Zwischen- oder Endstufe der Fertigung von Stabstahl oder Walzdraht zugeführt werden. Es ist auch möglich, daß Vorblöcke, die von einer

Stranggußmaschine gegossen werden, dem Vorblockwalzen unterworfen werden und dann in die Stufe des Längens zum Vorwalzen in dieser eingeführt werden, wobei die auf diese Weise vorgewalzten Materialien dann einem Walzwerk für eine Zwischen- oder Endstufe der Fertigung von Stäben oder Walzdraht zugeführt werden. Weiterhin ist es möglich, daß Knüppel, die aus Barren erhalten werden, in das erfindungsgemäße Walzwerk zum Vorwalzen eingeführt werden, wobei die Produkte dann einem Walzwerk für eine Zwischen- oder Endstufe der Fertigung von Stäben oder Walzdraht zugeführt werden.

Eine weitere Anwendungsform besteht darin, daß das erfindungsgemäße Walzwerk eingesetzt wird zum Stabstahlwalzen. Das heißt, daß Knüppel, die von einer Stranggußmaschine hergestellt werden, in das erfindungsgemäße Walzwerk in Form von Stäben eingespeist werden. Oder Vorblöcke, die in einer Stranggußmaschine gegossen wurden, werden zu Knüppeln gewalzt, und die so erzeugten Knüppel werden der Stufe der Fertigung von Stäben zugeführt. Es ist auch möglich, Knüppel, die aus Barren erhalten wurden, der betreffenden Stufe der Fertigung von Stäben zu unterwerfen.

Als nächstes werden die Gründe dafür erläutert, daß der sogenannte Mannesmann-Bruch durch den Einsatz eines Drehwalzwerks mit drei oder vier Walzen vermindert werden kann. Wenn, wie in den Fig. 23 und 24 dargestellt ist, Kräfte von Walzen auf ein massives Material mit kreisförmigem Querschnitt in zwei oder drei Richtungen ausgeübt werden, entwickelt sich eine Zugspannung, als Sekundärspannung ("secondary tension") bezeichnet, in dem zentralen Teil des Materials in dem Fall, in dem zwei Walzen eingesetzt werden, oder in einem radial zentralen Teil in dem Fall, in dem drei Walzen eingesetzt werden, wie dies allgemein durch die schrägen Linien in den Abbildungen dargestellt ist. Diese Sekundärspannung löst einen Mannesmann-Bruch aus. Wenn zwei Walzen eingesetzt werden, entwickelt sich infolgedessen ein solcher Bruch in dem zentralen Teil. Wenn nun drei Walzen eingesetzt werden und wenn der Schrägwinkel (γ) und der Vorschubwinkel (β) in der Weise wie oben beschrieben gewählt werden, entwickelt sich keine Sekundärspannung, wodurch jeglicher Mannesmann-Bruch verhindert werden kann. Es ist anzumerken, daß die für einen Mannesmann-Bruch anfällige Fläche in dem Fall, in dem vier Walzen eingesetzt werden, kleiner ist als beim Vorliegen von nur drei Walzen, wobei die bruchverhütenden Wirkungen, die für drei Walzen erwiesen sind, auch für vier Walzen zutreffen. Eine Verwendung von fünf oder mehr Walzen ist jedoch vom Standpunkt der Auslegung des Walzwerks nicht realistisch, und aufgrunddessen ist die Zahl der Walzen auf drei oder vier beschränkt.

Als nächstes wird eine andere Ausführungsform des Walzwerks gemäß der vorliegenden Erfindung im einzelnen erläutert, bei der das Werkstück oder das in Bearbeitung befindliche Material nicht gedreht wird.

Die Fig. 25 zeigt eine schematische Vorderansicht der Walzenanordnung in einem Drehwalzwerk, das bei der praktischen Durchführung des Verfahrens eingesetzt wird. Die Fig. 26 zeigt eine Schnittansicht entlang der Linie (XXVI - XXVI) in der Fig. 25. Die Fig. 27 zeigt eine Seitenansicht entlang der Linie (XXVII - XXVII) in der Fig. 25. In den Abbildungen bezeichnet die Zahl (30) das Werkstück, und die Zahlen (31), (32) und (33) bezeichnen Walzen. Das Werkstück (30), erzeugt von einer Stranggießmaschine, wird dem Drehwalzwerk mit der gleichen Geschwindigkeit, mit der es gegossen wird, in der Richtung des breiteren Pfeils zugeführt. Die Walzen (31), (32) und (33) des Drehwalzwerks besitzen Kehlen (31a), (32a) bzw. (33a) in der Nähe ihrer Enden auf der Austrittsseite des Werkstücks. Von der Kehle als Grenze her ist bei jeder Walze der Durchmesser geradlinig in Richtung zu ihrer Welle auf der Eintrittsseite des Werkstücks hin vermindert und ihr Durchmesser geradlinig oder in Form einer gekrümmten Linie zur Austrittsseite des Werkstücks hin vergrößert. Infolgedessen haben die Walzen (31), (32) und (33) im wesentlichen die Form von Kegelstümpfen mit Eintrittsflächen (31b), (32b) und (33b) und Austrittsflächen (31c), (32c) und (33c). Die Walzen (31), (32) und (33) sind in solcher Weise angeordnet, daß ihre Eintrittsflächen (31b), (32b) und (33b) auf der stromaufwärts gelegenen Seite der Bewegungsstrecke des Werkstücks (30) liegen und daß Schnittpunkte (O) jeweils zwischen den Geraden der Walzenachse (Y - Y) und der Ebene durch die Kehlen (31a), (32a) und (33a) (der betreffende Schnittpunkt (O) wird im folgenden als Einstellmittelpunkt der Walze bezeichnet) in im wesentlichen gleichen Abstand um die Walzbahn (X - X) herum und auf einer Ebene liegen, die die Walzbahn (X - X) senkrecht schneidet. Die Achsen (Y - Y) der Walzen (31), (32) und (33) sind schräg (geneigt) unter einem Schrägwinkel (γ) in ihren jeweiligen Einstellmittelpunkten der Walze (O) relativ zu der Walzbahn (X - X), so daß ihre vorderen Wellenenden in der Nähe der Walzbahn (X - X) verbleiben, wie dies die Fig. 26 zeigt, und gleichzeitig sind ihre vorderen Wellenenden unter einem Vorschubwinkel (β) gegen die gleiche Umfangsseite des Werkstücks (30) geneigt, wie dies die Fig. 25 und 27 zeigen. Die Walzen sind an ihren beiden Wellenenden in einem Walzengerüst (nicht eingezeichnet) gehalten, das um das Werkstück (30) drehbar ist. Das Walzengerüst und die Walzen (31), (32) und (33) sind mit einer nicht dargestellten Antriebsquelle verbunden. Während sie angetrieben werden und sich in Richtung der in der Fig. 25 eingezeichneten Pfeile drehen, werden die Walzen (31), (32) und (33) dazu gebracht, mittels des Walzengerüsts sich um das Werkstück (30) in der eingezeichneten Pfeilrichtung zu drehen, wobei das Werkstück (30) gewalzt wird.

In der vorstehenden Beschreibung sind die Walzen an jeweils beiden Wellenenden in dem Walzengerüst gelagert, jedoch erübrigt es sich zu sagen, daß es auch möglich ist, sie nur an einem Ende in solcher Weise zu halten, daß ihre jeweiligen Wellenenden auf der Austrittsseite des Werkstücks in dem Walzengerüst gelagert sind.

Die Querschnittsform des heißen Werkstücks (30) ist vorzugsweise kreisförmig; sie kann jedoch auch hexagonal oder mehrfach-polygonal sein. Da das Walzen unter Drehung des Walzengerüsts durchgeführt wird, kann ein Werkstück mit niedrigerer Kantenzahl beträchtliche Schläge auf das Walzwerk ausüben, was für den

Walzvorgang nicht zweckmäßig ist. Ein quadratischer Querschnitt ist unerwünscht, da ein solches Werkstück verdrillt wird.

Der Schrägwinkel und der Vorschubwinkel werden so eingestellt, daß die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

$$\begin{array}{ll} 5 & 0^\circ < \gamma < 60^\circ & (1); \\ & 3^\circ < \beta < 45^\circ & (2). \end{array}$$

Die obere Grenze des Schrägwinkels sollte (γ) $< 60^\circ$ sein, da sich bei einem (γ) oberhalb dieses Grenzwertes die Walzen gegenseitig stören, so daß der vorgegebene Sollwert des Produkt-Durchmessers möglicherweise nicht erreicht werden kann. Auf der Seite der unteren Grenze sollte (γ) größer als 0° sein, da ein Schrägwinkel ($\gamma \leq 0^\circ$) es unmöglich macht, die Umfangsscherverformung an den in der Nachbarschaft des Zentrums des Werkstückes gelegenen Stellen auszuschalten, um eine zufriedenstellende Maßgenauigkeit in der Längsrichtung zu erhalten.

Die obere Grenze für den Vorschubwinkel (β) sollte (β) $< 45^\circ$ betragen, da im Falle eines größeren (β) die Wellenhalterung, die erforderlich ist, um eine hinreichende Steifigkeit des Walzwerks sicherzustellen, übermäßig groß ausfallen müßte; hierdurch würde es praktisch unmöglich, eine ausreichende Walzgeschwindigkeit zu erreichen, bei der das Walzen mit dem sich drehenden Walzgerüst durchgeführt wird. Die untere Grenze für (β) sollte (β) $> 3^\circ$ sein. Wenn (β) 3° oder kleiner ist, ist es unmöglich, die Umfangsscherverformung an den in der Nachbarschaft des Zentrums des Werkstückes gelegenen Stellen auf ein Minimum zu senken und eine gute Konsolidierungswirkung auf die innere Porosität von durch Strangguß erzeugten Knüppeln (Vorblöcken) zu erzeugen.

Die hier definierten Bedingungen für (γ) und (β) sind dahingehend beträchtlich verschieden von denjenigen des Standes der Technik, daß die (γ)-Werte positiv sind und die (β)-Werte größer sind. Dies ist ein Faktor, der signifikant zu einer verbesserten Konsolidierung der Porosität und der Steuerung der Umfangsscherspannung beiträgt.

Anschließend werden verschiedenartige Versuche erläutert, die zur Klärung der Vorteile der vorliegenden Erfindung durchgeführt wurden. Die Stücke des für das Walzen verwendeten Materials bestanden aus einem Stahl mit mittlerem Kohlenstoff-Gehalt (Kohlenstoff: 0,45 %). Sämtliche Stücke wurden auf 1200°C erhitzt. Für den Walzvorgang wurden die Drehgeschwindigkeit des Walzengerüsts auf 150 min^{-1} und die Drehgeschwindigkeiten der Walzen auf 50 min^{-1} eingestellt.

Beispiel 8: Umfangsscherspannung

5 Nadeln (40) (mit jeweils 2,5 mm Durchmesser) wurden in jedes Stück des Ausgangsmaterials mit einem Durchmesser von 70 mm und einer Länge von 300 mm parallel zu Achse so eingebettet, daß sie alle auf dem gleichen Radius angeordnet waren, wie dies in der Fig. 13 dargestellt ist. Nach dem Walzen wurde der Verformungsweg der Nadeln (40) (der den Materialfluß repräsentiert) geprüft, um Aufschluß über die Umfangsscherspannung in einem Querschnitt des bearbeiteten Materials zu gewinnen.

Die Walzbedingungen waren die folgenden: Der Vorschubwinkel (β) wurde bei (β) = 7° festgehalten; der Schrägwinkel (γ) wurde in zwei Varianten untersucht, nämlich mit 9° innerhalb des hier angegebenen Bereichs und mit -9° , außerhalb dieses Bereichs; für die Flächenverminderung wurden vier Varianten gewählt, nämlich 60 %, 70 %, 75 % und 80 % für jeden der eingestellten Schrägwinkel (γ). Die Ergebnisse der Tests sind in der Fig. 28 dargestellt, in der der Verformungsweg in jedem Fall durch eine ausgezogene Linie bezeichnet wird. Aus den Ergebnissen ist zu ersehen, daß mit der Zunahme der Verminderung des Querschnitts die Umfangsscherspannung beachtlich wird, und zwar in Abhängigkeit vom eingestellten Schrägwinkel. Mit (γ) = 9° ist die Umfangsscherspannung am geringsten, obwohl keine großen Unterschiede in den verschiedenen Fällen auftreten, in denen die Flächenverringerng klein ist. Weiterhin ist zu erkennen, daß im Fall (γ) = 9° keine Umfangsscherspannung an einer Stelle auftritt, die dem Mittelpunkt des Querschnitts des Werkstückes benachbart ist (das heißt, daß dort der Metallfluß eine gerade Linie zeigt), wohingegen im Falle (γ) = -9° eine beachtliche Umfangsscherspannung über die gesamte Querschnittsfläche hinweg, einschließlich des zentralen Teils derselben, entwickelt wird. Mit anderen Worten: Durch Einstellen des Schrägwinkels auf (γ) $> 0^\circ$, vorzugsweise durch Anwendung eines größeren Wertes von (γ), ist es möglich, das Auftreten einer Scherspannung an einer Stelle zu verhindern, die in der Nähe des Zentrums des Querschnitts des Werkstückes liegt. Die Abwesenheit einer Umfangsscherspannung bedeutet, daß kein Feld einer Umfangsscherbeanspruchung vorliegt. Aus diesem Grunde treten bei der Anwendung des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung keine Risse aufgrund innerer Porosität und folglich auch kein Mannesmann-Bruch auf.

Beispiel 9: Schrumpungsverhalten künstlicher Löcher

Stücke des Ausgangsmaterials mit jeweils einem Durchmesser von 70 mm und einer Länge von 300 mm mit künstlich eingebohrten Löchern (die die Mittenporosität simulierten) der Durchmesser 2 mm, 4 mm und 6 mm wurden als Werkstücke verwendet. Nachdem die Werkstücke dem Walzen unterworfen worden waren, wurde die Auswirkung auf das Schrumpfverhalten der künstlichen Löcher durch das Walzen untersucht. Für den Arbeitsgang des Walzens wurde der Vorschubwinkel (β) auf sechs Weisen innerhalb eines Bereichs von 3° bis 13° variiert, und

der Schrägwinkel (γ) wurde auf zwei Weisen variiert, d. h. (γ) = 9° innerhalb des hier angegebenen Bereichs und (γ) = -9° außerhalb dieses Bereichs wie im Fall des Beispiels 8. Das Verringerungsverhältnis des äußeren Durchmessers wurde auf 53 % eingestellt (Verringerung von 70 mm Durchmesser auf 33 mm Durchmesser). Die Ergebnisse der Tests sind in den Fig. 29 (a) und 29 (b) dargestellt.

5 Die folgenden Tatsachen sind den Ergebnissen deutlich zu entnehmen: Wenn (γ) = 9° ist, können künstliche Löcher bis zu 4 mm Durchmesser zum Schrumpfen gebracht werden, falls (β) = 13° ist. Wenn (γ) = -9° ist, werden auch die kleinsten Löcher von 2 mm Durchmesser nicht zum Schrumpfen gebracht, auch dann nicht, wenn (β) = 13° ist. Unabhängig von dem eingestellten Schrägwinkel (γ) hat der Vorschubwinkel (β) eine
10 Auswirkung auf das Schrumpfungsverhalten künstlicher Löcher: Je größer der Vorschubwinkel (β) ist, desto größer ist seine Wirkung auf das Schrumpfungsverhalten.

Somit läßt sich sagen, daß in bezug auf die innere Porosität eine größere Konsolidierungswirkung dadurch erzielbar ist, daß (γ) > 0° ist und daß der Schrägwinkel und der Vorschubwinkel auf größere Werte eingestellt werden.

15 Beispiel 10: Charakteristik der Konsolidierung der inneren Porosität in stranggegossenen Knüppeln

Die Konsolidierungswirkung auf die innere Porosität wurde untersucht an Werkstücken aus Ausgangsmaterial, die durch Stranggießen hergestellt worden waren.

Die verwendeten Werkstücke waren geschnittene Rundstäbe mit einem Durchmesser von 70 mm und einer Länge von 300 mm aus dem Mittelteil eines durch Strangguß gewonnenen großflächigen Knüppels mit einem
20 Durchmesser von 380 mm. Das Werkstück wurde mit einer Flächenverminderung von 78 % (von 70 mm Durchmesser auf 33 mm Durchmesser) gewalzt. Die Walzbedingungen waren: Vorschubwinkel (β) auf drei Weisen variiert zu 4°, 8° und 12°, und Schrägwinkel (γ) auf zwei Weisen variiert zu 9° und -9°, d. h. insgesamt 6 Varianten. Während des Walzvorgangs wurde das Walzwerk angehalten, so daß halbgewalzte Stücke erhalten wurden. Diese Stücke wurden längs in zwei Hälften zerschnitten, und die Schnittstücke wurden auf ihren Zustand
25 hinsichtlich der inneren Porosität untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind photographisch in der Fig. 30 dargestellt. Sie lassen folgende Punkte erkennen:

i) Bei einem Schrägwinkel (γ) = -9° entwickeln sich Fehler, ausgelöst durch die Porosität des Mutter-Materials, unter dem Einfluß der Umfangsscherbeanspruchung. Das heißt, es tritt das Phänomen des sogenannten Mannesmann-Bruchs auf. Je größer der Vorschubwinkel (β) ist, desto niedriger ist der Grad solcher Brüche. Es ist
30 jedoch schwierig, eine gesunde Konfiguration im Inneren zu erhalten.

ii) Bei einem Schrägwinkel (γ) = 9° ist die Porosität völlig konsolidiert (zum Verschwinden gebracht), selbst dann, wenn der Vorschubwinkel (β) auf einen niedrigen Wert eingestellt ist.

Daraus folgt, daß es für das Walzen von durch Strangguß erzeugten Knüppeln zweckmäßig ist, unter dem Gesichtspunkt der Konsolidierung der inneren Porosität einen Schrägwinkel (γ) > 0°, vorzugsweise einen
35 größeren Schrägwinkel, sowie einen relativ großen Vorschubwinkel einzustellen.

Beispiel 11: Scherspannung aufgrund einer Oberflächenverdrillung

Die Scherspannung aufgrund einer Oberflächenverdrillung ist der einzige Faktor, bei dem die vorliegende Erfindung ungünstiger abschneidet im Vergleich zu den beiden bekannten Arbeitsweisen, auf die im Vorstehenden
40 Bezug genommen wurde. Die Werkstücke wurden hergestellt durch Formen einer in Längsrichtung verlaufenden Rille (41) auf der Oberfläche des Ausgangs-Materials von 1 mm Tiefe und 1 mm Breite, wie sie in den Fig. 18 (a) und 18 (b) dargestellt ist. Jedes Werkstück wurde gewalzt mit einer Flächenverringerung um 78 % (von einem Durchmesser von 70 mm auf einen Durchmesser von 33 mm). Die Messungen des Verdrillungswinkels der Rille (41) nach dem Walzen sind in der Fig. 31 dargestellt. (Der Begriff "Verdrillungswinkel" bezeichnet einen Winkel
45 zwischen einer Geraden auf der Oberfläche parallel zur Achse des Werkstücks und zur Spur der Rille (41), wie in der Fig. 19 dargestellt ist). Die Walzbedingungen waren: der Vorschubwinkel (β) wurde auf sechs Weisen innerhalb des Bereichs von 3° bis 13° variiert, und der Schrägwinkel (γ) wurde auf zwei Weisen, 9° und -9°, variiert, so daß insgesamt 12 Varianten untersucht wurden. Die Ergebnisse lassen folgende Punkte erkennen:

i) Bei einem Schrägwinkel (γ) = -9° ist die Scherspannung aufgrund der Oberflächenverdrillung unbedeutend.

50 ii) Bei einem Schrägwinkel (γ) = 9° ist die Scherspannung aufgrund der Oberflächenverdrillung beträchtlich. Dieser Fehler kann jedoch durch Einstellung eines größeren Vorschubwinkels (β) verringert werden.

Es läßt sich somit sagen, daß es unter dem Gesichtspunkt der Verringerung der Scherspannung aufgrund einer Oberflächenverdrillung zweckmäßig ist, beim Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung den Vorschubwinkel (β) relativ groß einzustellen.

55 Beispiel 12: Maßgenauigkeit in Längsrichtung

Stücke des Ausgangs-Materials, jeweils mit einem Durchmesser von 70 mm und einer Länge von 300 mm, wurden mit einer Flächenverringerung um 67 % (von 70 mm Durchmesser auf 40 mm Durchmesser) gewalzt. Die Änderungen der Längenabmessungen wurden untersucht. Die Walzbedingungen waren: Vorschubwinkel
60 (β) = 4°; Schrägwinkel in zwei Varianten 9° und -9°. Die Ergebnisse sind in den Fig. 32 (a) und 32 (b) dargestellt. Bei (γ) = 9° betrug der Grad der Änderungen $\pm 0,05$ %; und bei (γ) = -9° betrug er $\pm 0,4$ %. Es ist offenkundig, daß ein Schrägwinkel (γ) > 0° sich auf die Maßgenauigkeit günstig auswirkt.

Beispiel 13: Walzgeschwindigkeit

Die Walzgeschwindigkeiten wurden untersucht in dem Fall, in dem ein Ausgangs-Material von 70 mm Durchmesser auf eine Flächenverminderung von 78 % (von 70 mm Durchmesser auf 33 mm Durchmesser) gewalzt wurde.

Walzbedingungen: Umdrehungsgeschwindigkeit der Walzen 100 min^{-1} ; Durchmesser der Walzenkehle 250 mm; Vorschubwinkel (β) in sechs Varianten von 3° bis 13° ; Schrägwinkel (γ) in zwei Varianten 9° und -9° , insgesamt also 12 Winkel-Varianten. Die Ergebnisse sind in der Fig. 33 dargestellt. Bei (γ) = 9° steht eine höhere Walzgeschwindigkeit zur Verfügung. Die Walzgeschwindigkeit tendiert zu einer Zunahme mit wachsendem Vorschubwinkel (β). Demnach ist es zur Erhöhung der Walzleistung zweckmäßig, den Schrägwinkel auf (γ) > 0° , vorzugsweise größer, und den Vorschubwinkel (β) auf einen sinnvoll hohen Wert einzustellen.

Beispiel 14: Verhältnis der Drehgeschwindigkeit des Walzengerüsts zur Drehgeschwindigkeit der Walzen

Die Beziehung zwischen der Drehgeschwindigkeit des Walzengerüsts (N_H) (min^{-1}) und der Drehgeschwindigkeit der Walzen (N_R) (min^{-1}), d. h. das Verhältnis (N_H/N_R), wurde für den Arbeitsgang des Walzens von Material mit einem Durchmesser von 70 mm untersucht. Die Walzbedingungen waren folgende: Längung in fünf Varianten zwischen 2 und 10, (N_H/N_R) in sechs Varianten zwischen 1,5 und 6,5, also 30 Varianten insgesamt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt, in der das Zeichen "+" eine Drehrichtung des Werkstücks bezeichnet, die der Drehrichtung der Walzen entgegengesetzt ist, und das Zeichen "-" eine Drehrichtung des Werkstücks in der Drehrichtung der Walzen bezeichnet.

		L ä n g u n g					
		N_H/N_R	2	4	6	8	10
		1,5	+	+	+	+	+
		2,0	+	+	+	+	-
		3,3	+	+	+	-	-
		4,7	+	+	+	-	-
		6,0	+	-	-	-	-
		6,5	-	-	-	-	-

Wie aus der vorstehenden Tabelle hervorgeht, lassen sich dann, wenn (N_H/N_R) die nachstehende Beziehung erfüllt, entsprechend der Längung (im Bereich von 2 bis 10) selektiv Werte einstellen, bei denen das Werkstück sich nicht dreht.

$$2 < N_H/N_R < 6 \quad (3)$$

Wie im Vorstehenden beschrieben wurde, ist es möglich, metallische Materialien mit kreisförmigem Querschnitt in hoher Güte zu fertigen durch Einsatz des erfindungsgemäßen Walzwerks, bei dem das Werkstück nicht gedreht wird. Bei verschiedenen Verfahren der Herstellung von Stahlprodukten kann das hier beschriebene Walzwerk in folgender Weise eingesetzt werden:

Eine Anwendungsmöglichkeit besteht darin, daß Knüppel, die von einer Stranggußmaschine gegossen werden, unmittelbar ohne vorheriges Schneiden in das Walzwerk eingespeist werden. Dieses Walzwerk kann zur Vorblock-Herstellung eingesetzt werden, so daß die darin gewalzten Materialien anschließend einem Rohrwalzwerk, einer Stabstahlstraße, einer Drahtstraße oder einem Formwalzwerk zugeführt werden können. Das Walzwerk kann auch eingesetzt werden als Vorwalzstufe, wobei die auf diese Weise vorgewalzten Materialien dann einem Walzwerk für eine Zwischen- oder Endstufe der Fertigung von Stäben oder Walzdraht zugeführt werden. Weiterhin ist es möglich, die Stufe des Längens einzusetzen als Endwalzstufe zur Herstellung von Stabstählen.

Eine andere Anwendungsform besteht darin, daß Materialien, die von einem Vorblockwalzwerk gewalzt sind, in das hier beschriebene Walzwerk eingespeist werden, um dort vorgewalzt zu werden, und anschließend die Werkstücke weiteren verschiedenartigen Walzwerken zuzuführen.

Eine weitere Anwendungsform besteht darin, daß Materialien, die von einem Vorblockwalzwerk gewalzt sind, ohne Schneiden in das hier beschriebene Walzwerk zur Herstellung eines Fertigprodukts oder eines Zwischenprodukts, das einer weiteren Zwischen- oder Endstufe des Walzens zugeführt wird, eingespeist werden.

5

PATENTANSPRÜCHE

10

1. Schrägwalzwerk zur Herstellung von Rundprofilen, mit einem Walzgerüst, in dem drei oder vier um die Walzachse angeordnete Arbeitswalzen mit ihren Achsen derart angeordnet sind, daß in einer ersten Ansicht senkrecht zur Walzachse die Achse einer jeden Arbeitswalze einen spitzen Walzwinkel mit der Walzachse und in einer senkrecht zur ersten Ansicht gerichteten zweiten Ansicht einen spitzen Vorschubwinkel mit der Walzenachse bildet, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei rotierendem Rundprofil und feststehendem Walzgerüst die zweite durch den Walzwinkel (γ) gekennzeichnete Neigung der Achsen (Y-Y) der Arbeitswalzen (31, 32, 33) so verläuft, daß das der Walzrichtung entgegengesetzte Ende der Arbeitswalzen (31, 32, 33) zur Walzachse (X-X) hin geneigt ist, wobei der Walzwinkel (γ) und der Vorschubwinkel (β) folgende Bedingungen erfüllen:

20

$$\begin{aligned} 0^\circ < \gamma < 15^\circ, \\ 3^\circ < \beta < 20^\circ, \\ 5^\circ < \gamma + \beta < 30^\circ. \end{aligned}$$

25

2. Schrägwalzwerk zur Herstellung von Rundprofilen mit einem Walzgerüst, in dem drei oder vier um die Walzachse angeordnete Arbeitswalzen mit ihren Achsen derart angeordnet sind, daß in einer ersten Ansicht senkrecht zur Walzachse die Achse einer jeden Arbeitswalze einen spitzen Walzwinkel mit der Walzachse und in einer senkrecht zur ersten Ansicht gerichteten zweiten Ansicht einen spitzen Vorschubwinkel mit der Walzenachse bildet, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei stillstehendem Rundprofil und um das Rundprofil rotierendem Walzgerüst die zweite durch den Walzwinkel gekennzeichnete Neigung der Achsen (Y-Y) der Arbeitswalzen (31, 32, 33) so verläuft, daß das der Walzrichtung entgegengesetzte Ende der Arbeitswalzen (31, 32, 33) zur Walzachse (X-X) hin geneigt ist, wobei der Walzwinkel und der Vorschubwinkel folgende Bedingungen erfüllen:

35

$$\begin{aligned} 0^\circ < \gamma < 60^\circ, \\ 3^\circ < \beta < 45^\circ. \end{aligned}$$

40

3. Schrägwalzwerk nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Achsen (Y-Y) der Arbeitswalzen (31, 32, 33) an beiden Enden gelagert sind.

45

Hiezu 21 Blatt Zeichnungen

FIG. 3

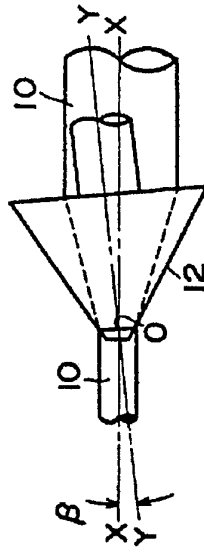


FIG. 2

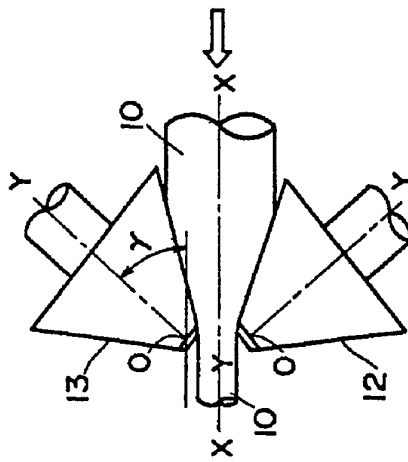
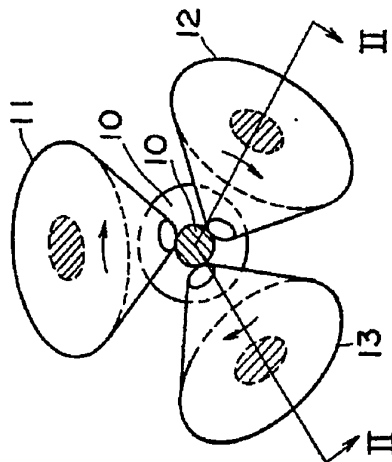


FIG. 1



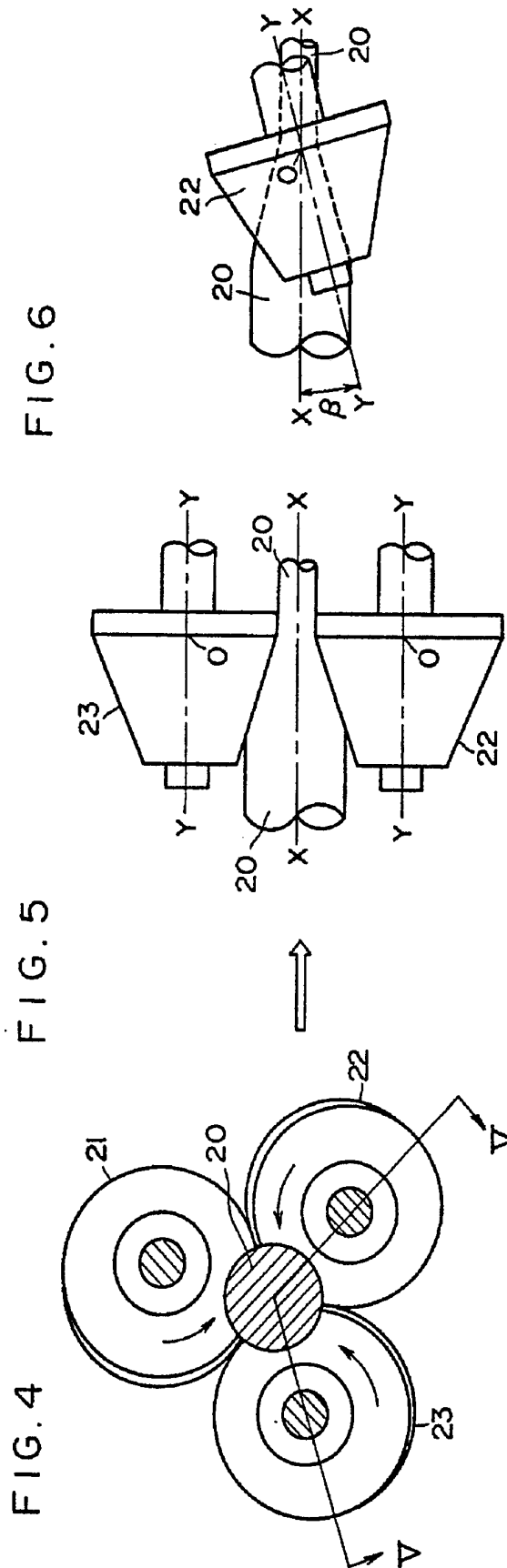


FIG. 7

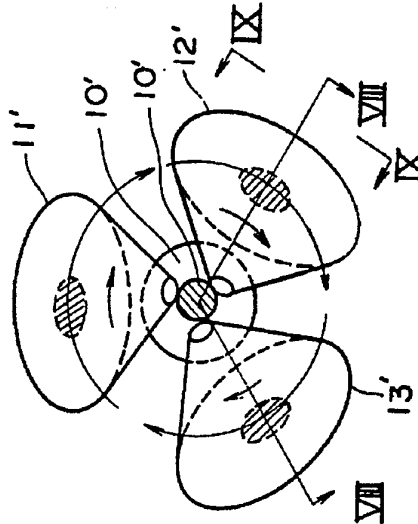


FIG. 8

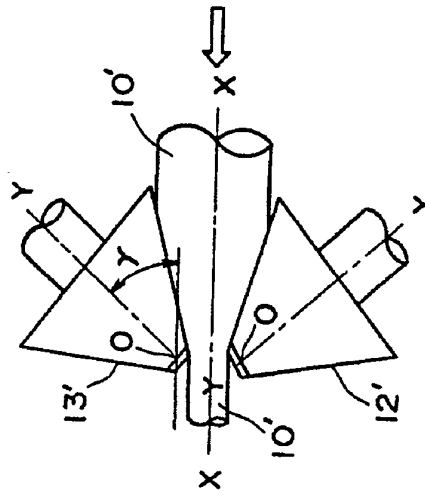


FIG. 9

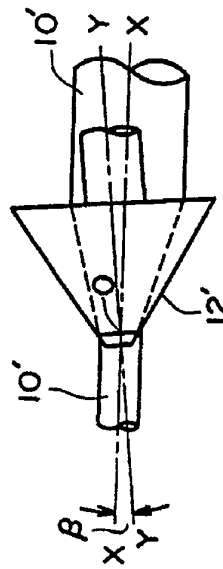


FIG. 12

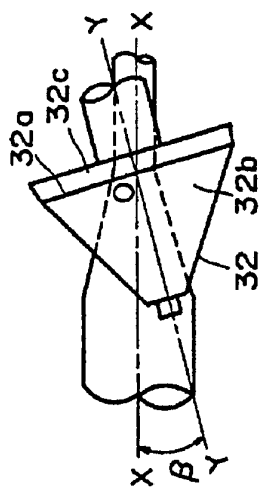


FIG. 11

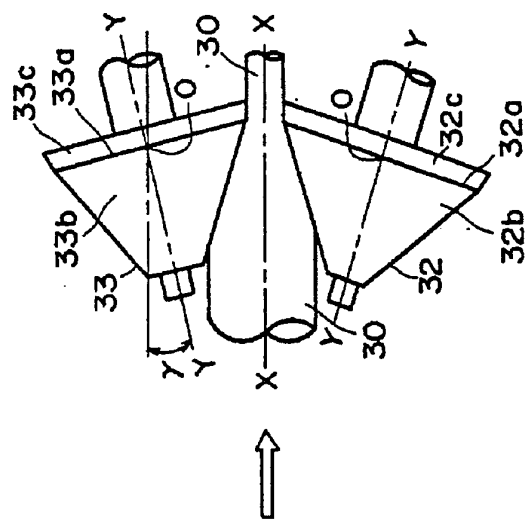


FIG. 10

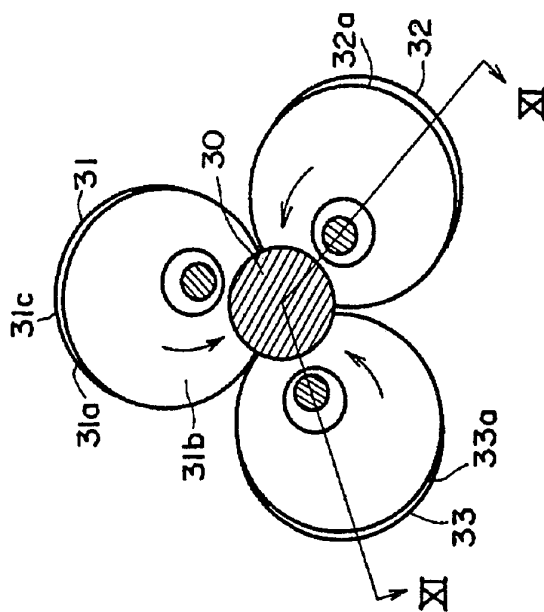


FIG.14

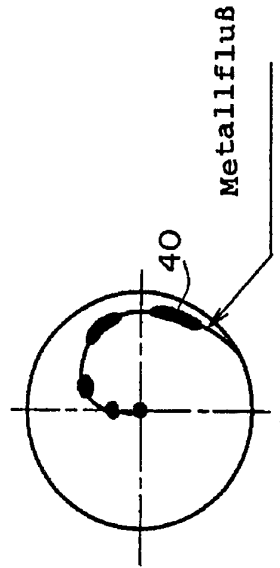


FIG.13

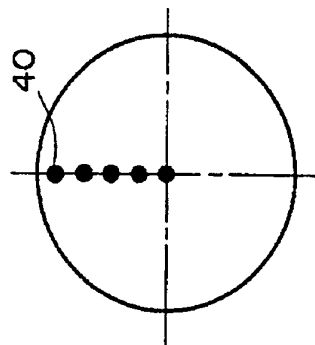


FIG. 15

Vorschubwinkel=7°

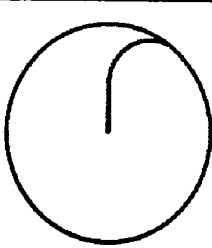
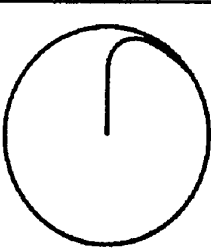
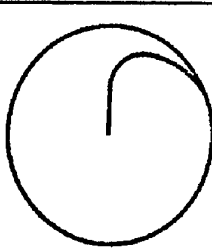
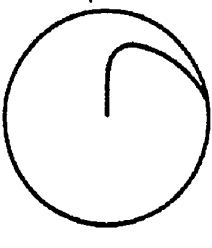
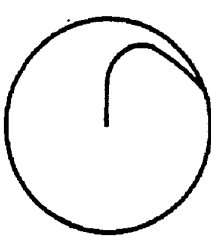
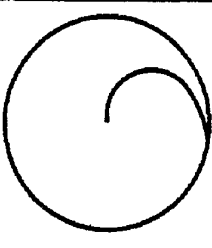
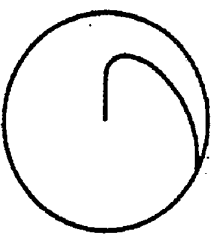
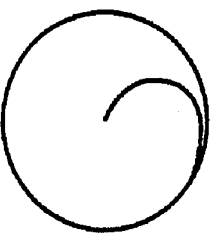
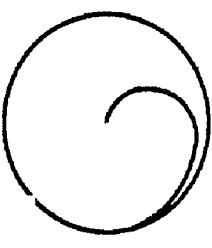
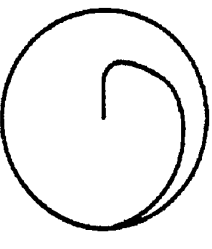
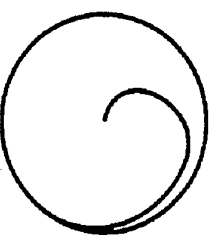
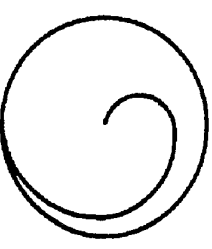
		Schrägwinkel		
		9°	0°	-9°
Verminderung	60%			
	70%			
	75%			
	80%			

FIG. 16

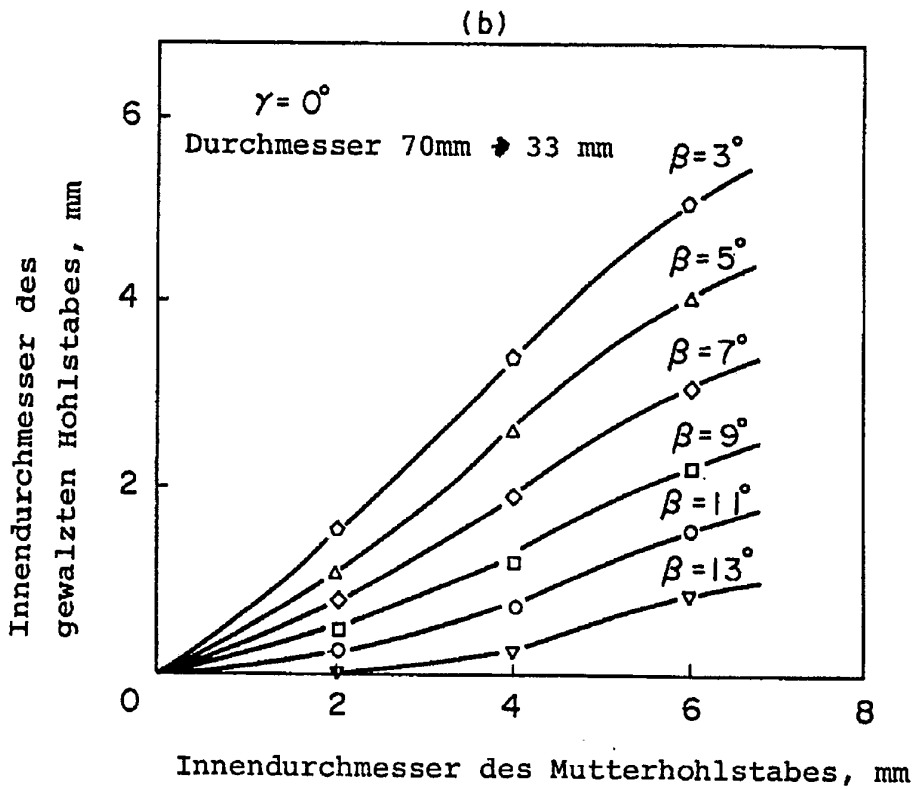
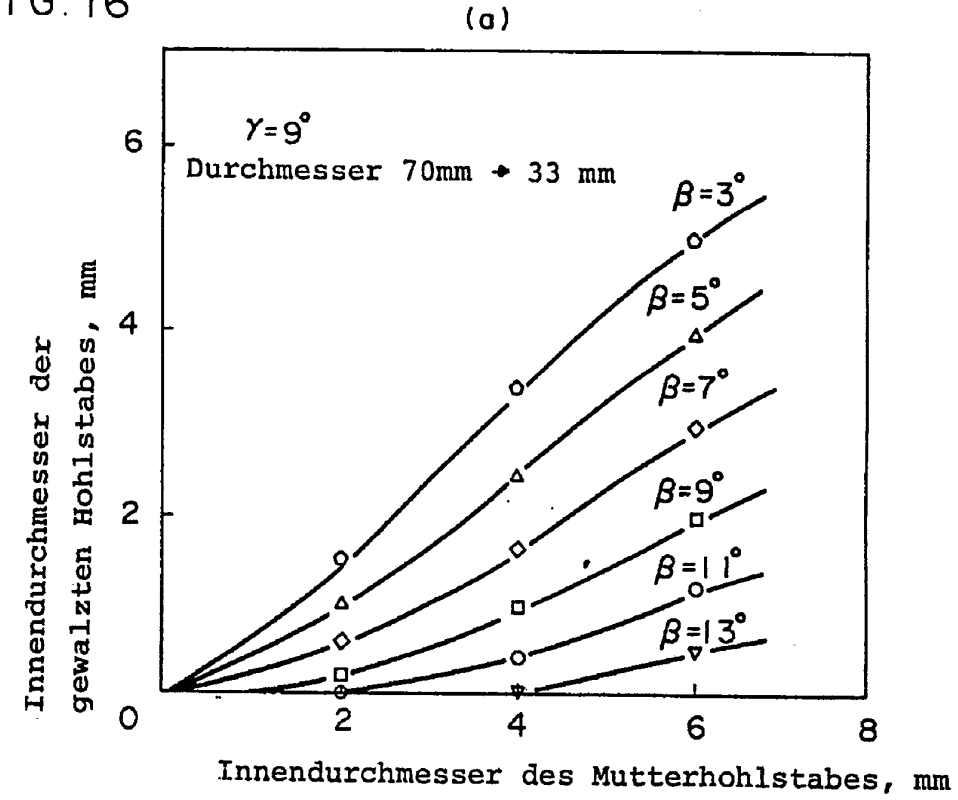
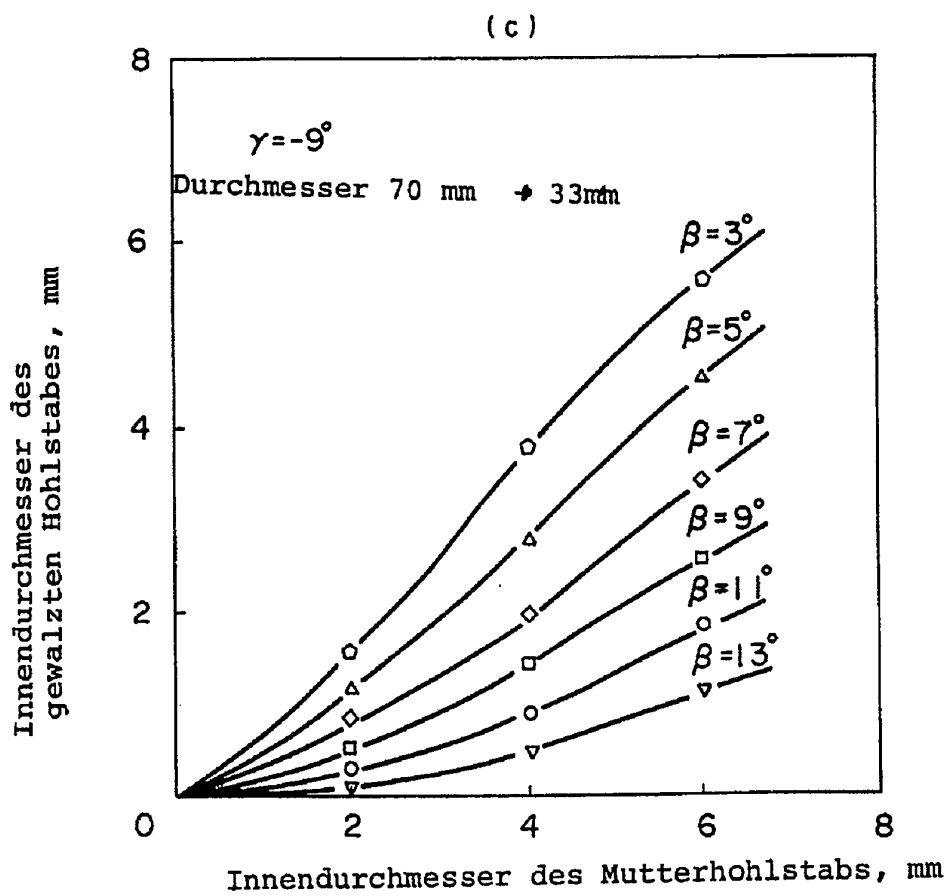


FIG. 16



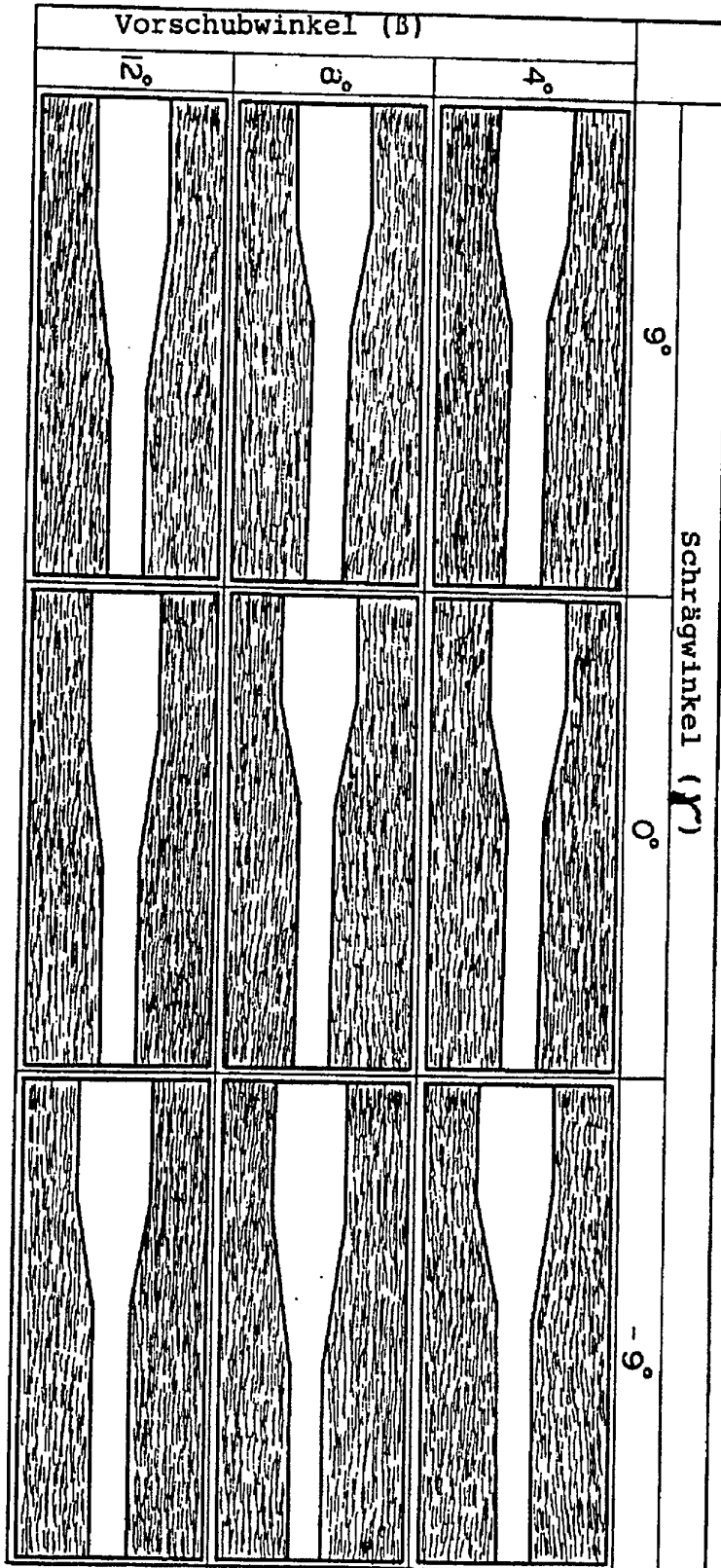


FIG. 17

FIG. 18

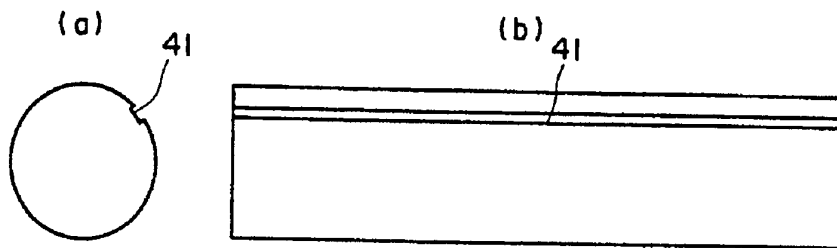


FIG. 19

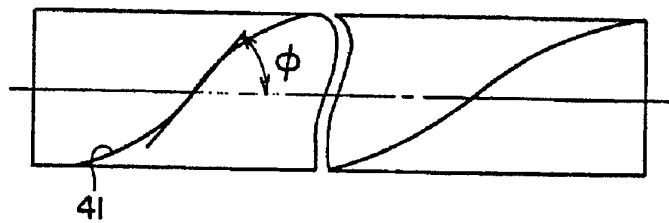


FIG. 20

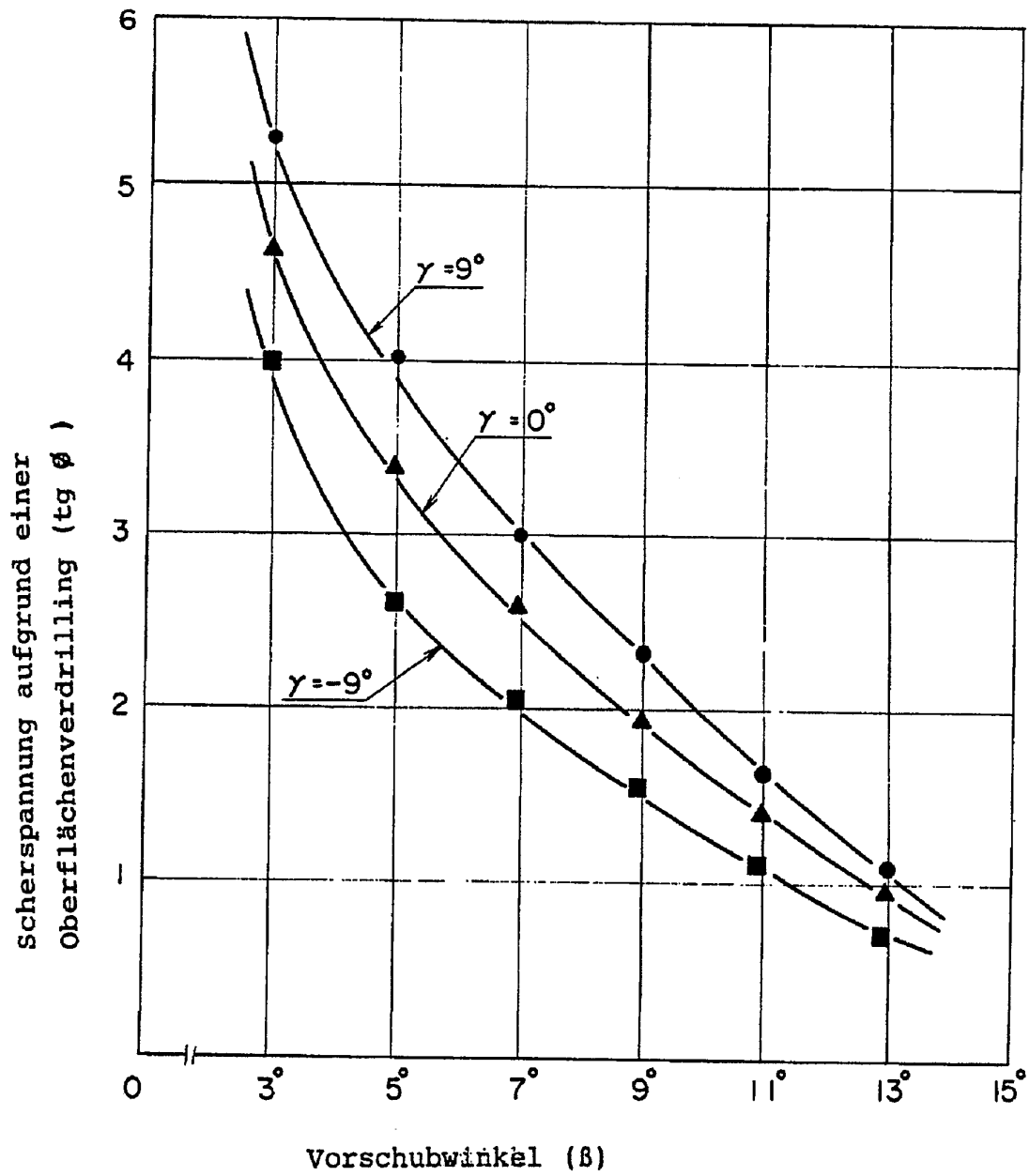
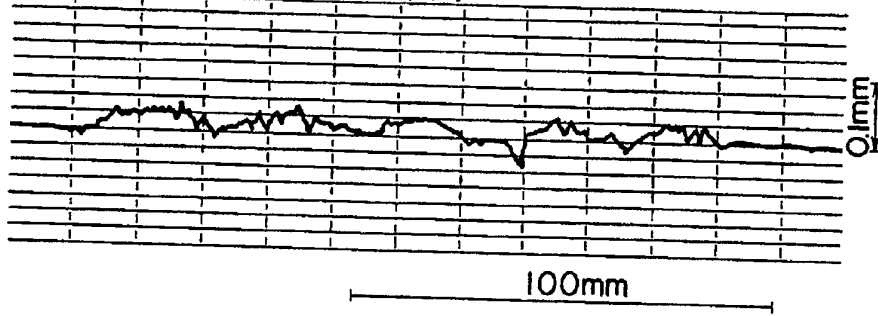
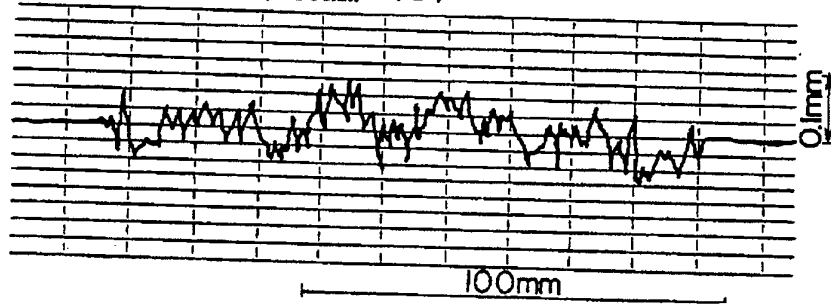


FIG. 21

$\gamma=9^\circ, \beta=4^\circ$
Durchmesser 70mm \rightarrow 40mm (a)



$\gamma=0^\circ, \beta=4^\circ$
Durchmesser 70 mm \rightarrow 40mm (b)



$\gamma=-9^\circ, \beta=4^\circ$
Durchmesser 70 mm \rightarrow 40mm (c)

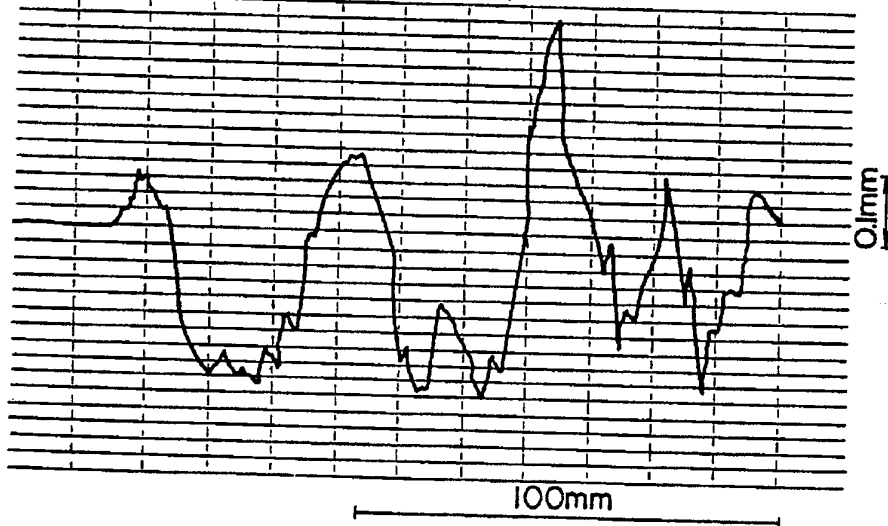
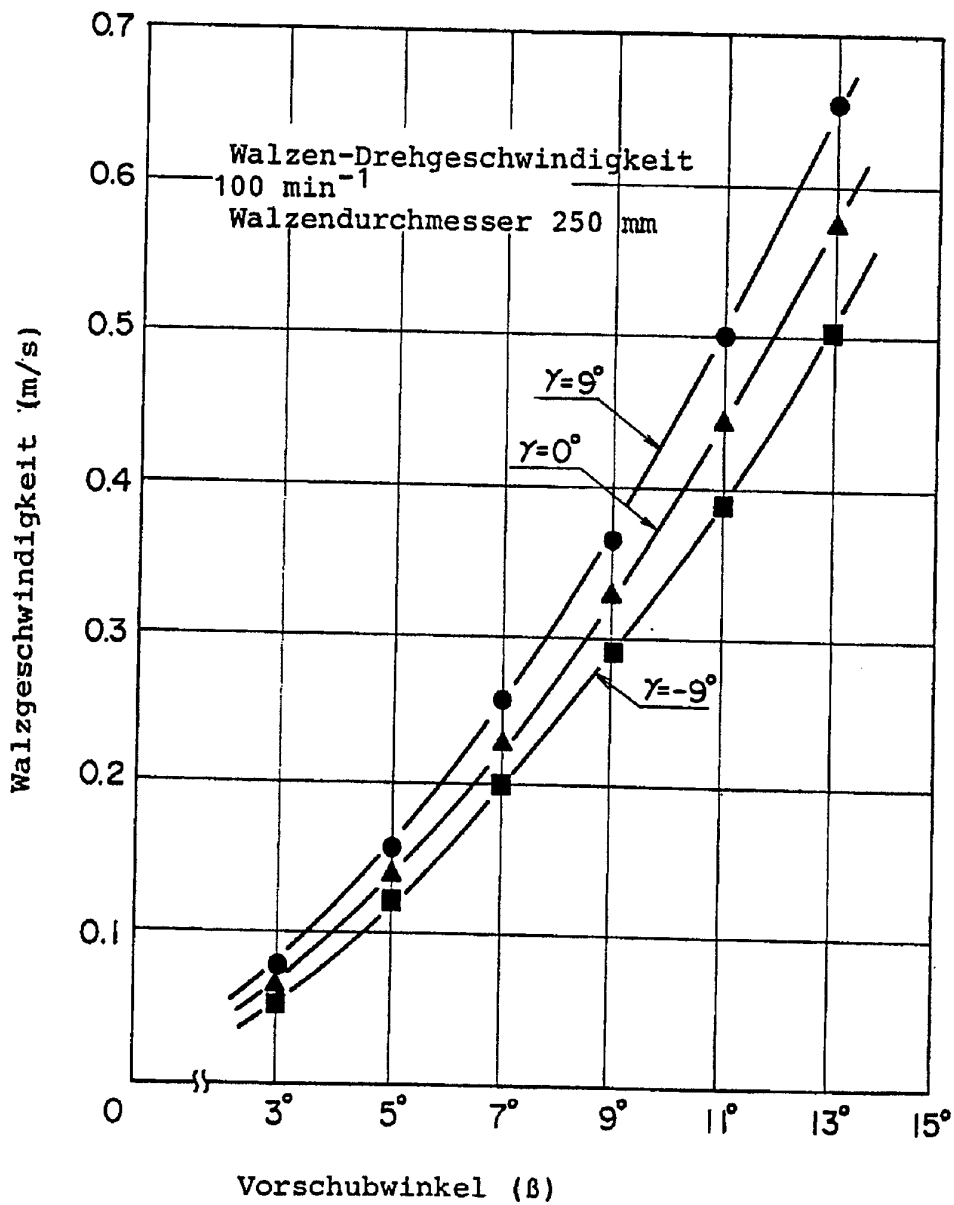


FIG. 22



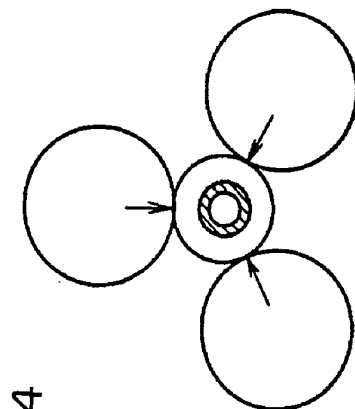


FIG. 24

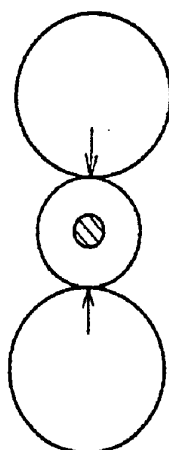


FIG. 23

FIG.25

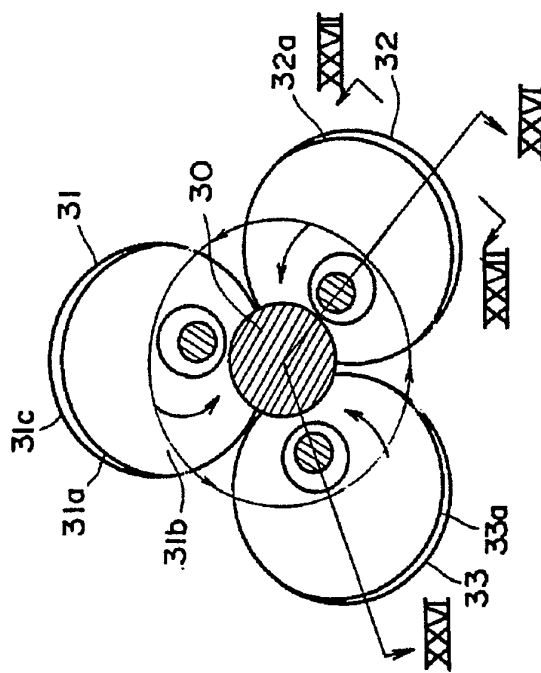


FIG.26

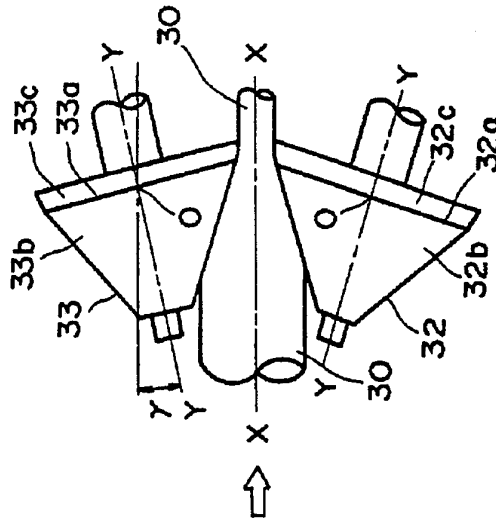


FIG.27

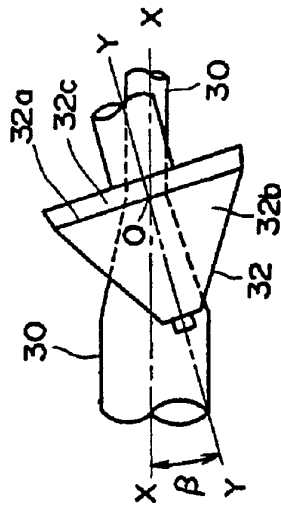
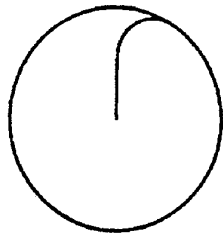
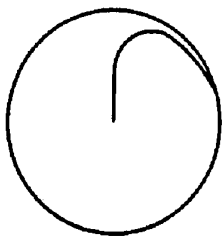
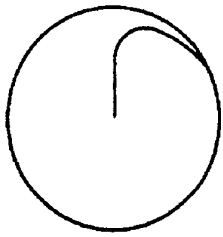
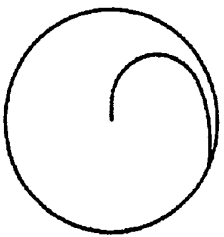
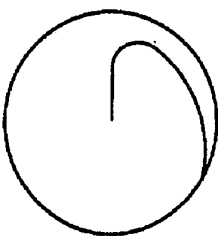
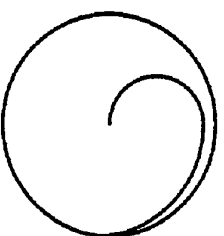
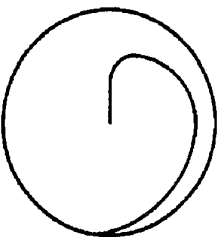
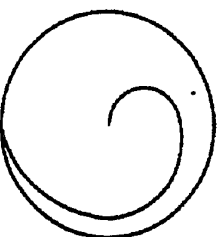


FIG. 28

		Schrägwinkel	
		+ 9°	- 9°
Verminderung	60%		
	70%		
	75%		
	80%		

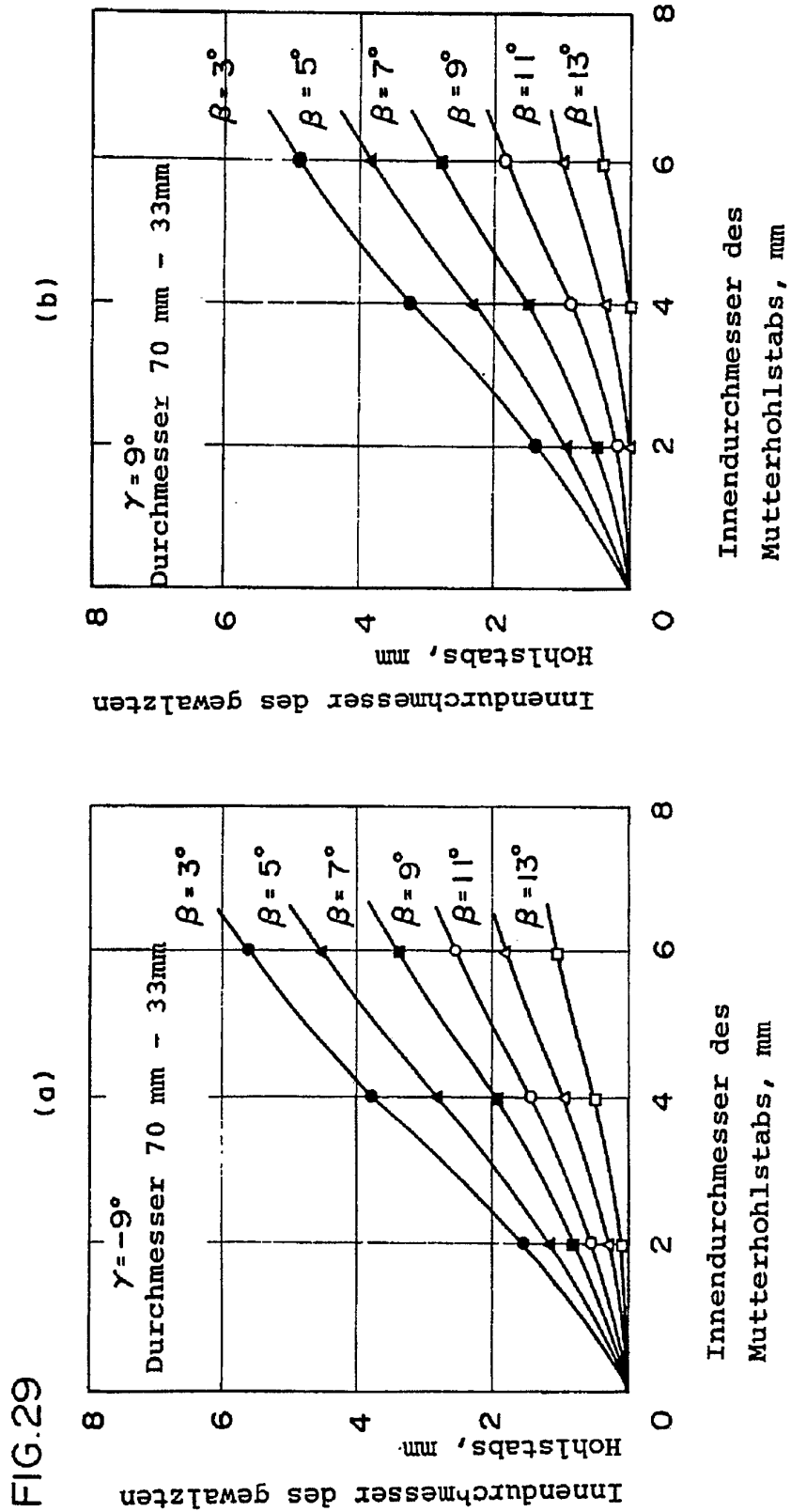


FIG. 30

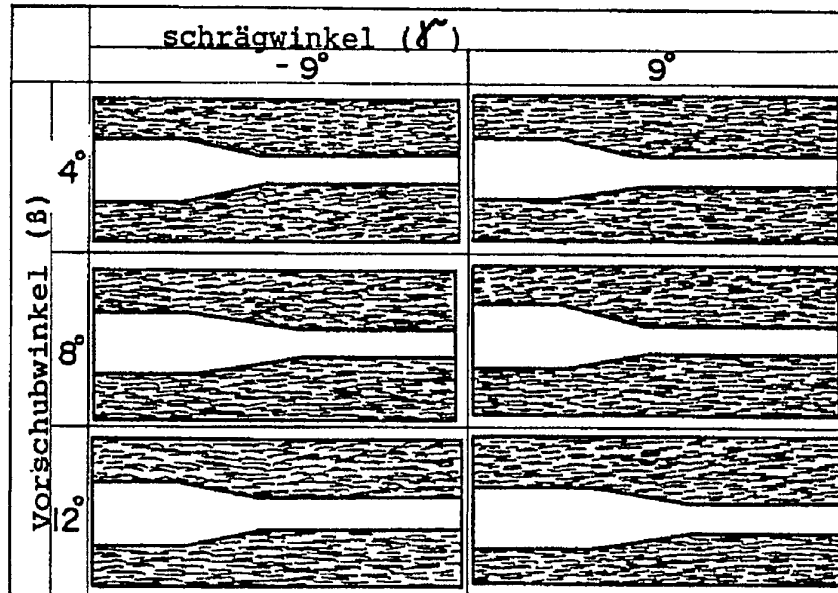


FIG.3I

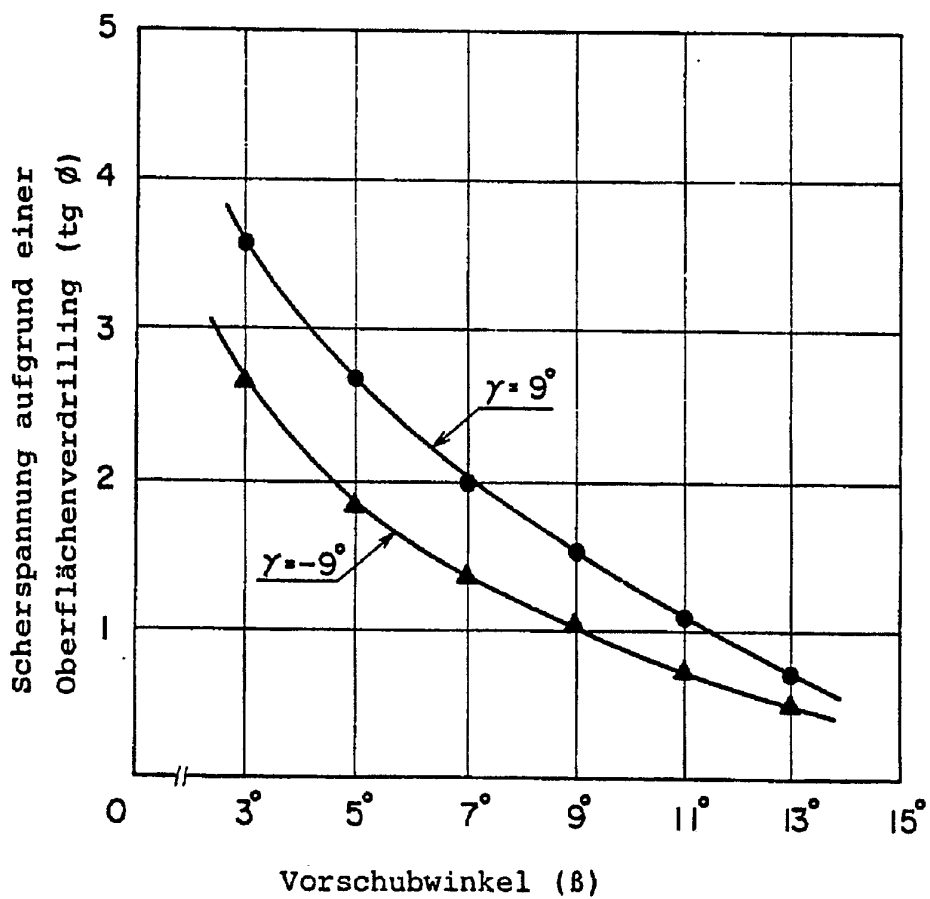


FIG.32

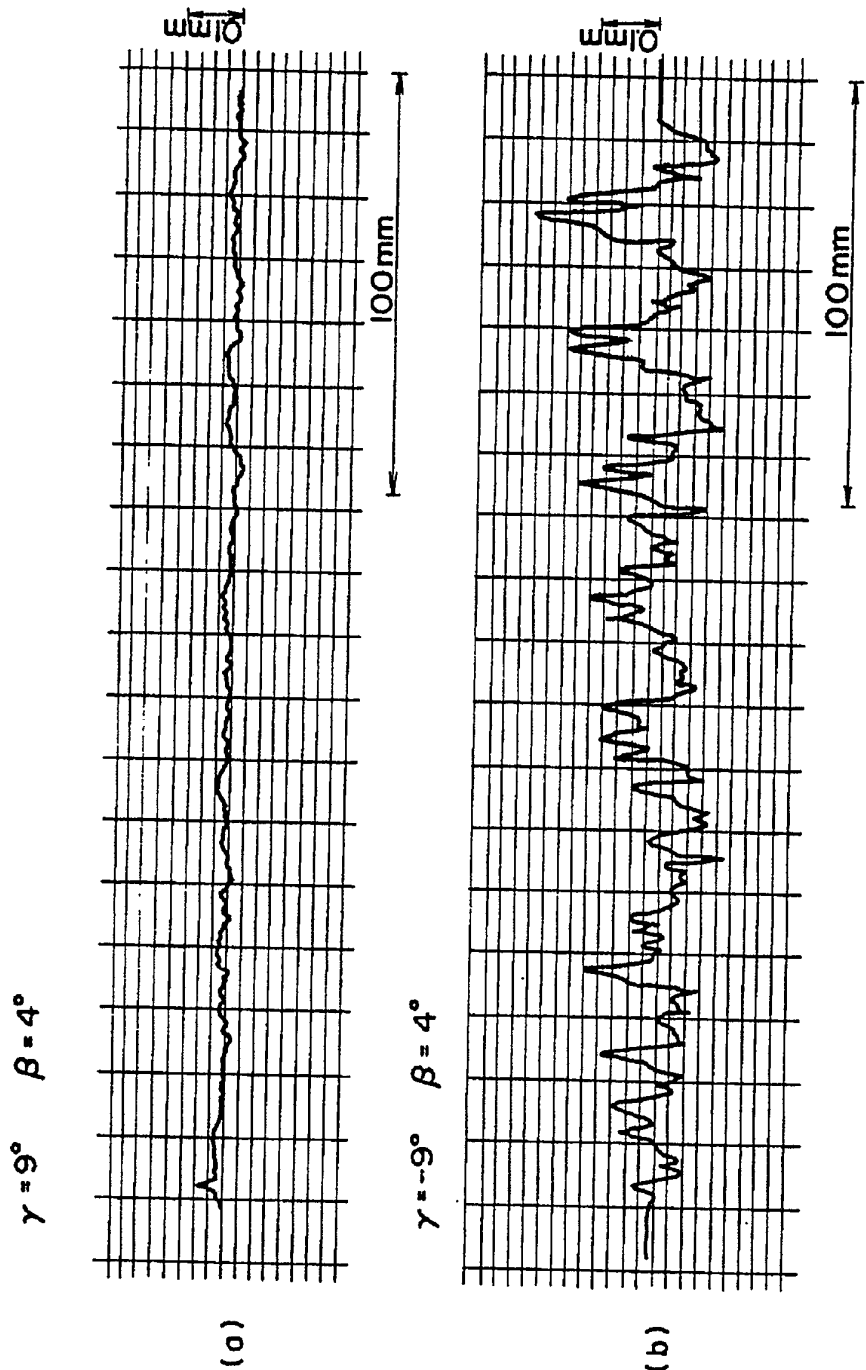


FIG.33

