



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
31.05.2006 Patentblatt 2006/22

(51) Int Cl.:
B21H 1/00 (2006.01) B21H 3/00 (2006.01)
B21H 5/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05025308.7**

(22) Anmeldetag: **19.11.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(72) Erfinder:
• **Hartmann, Gunther, Dr.**
36304 Alsfeld (DE)
• **Sommer, Wolfgang, Dipl.-Ing.**
35285 Gemünden (Wohra) (DE)
• **Braun, Mario, Dipl.-Ing.**
35325 Mücke (DE)
• **Becker, Matthias**
36304 Alsfeld-Billertshausen (DE)

(30) Priorität: **25.11.2004 DE 102004056921**

(74) Vertreter: **Rehberg Hüppe + Partner**
Nikolausberger Weg 62
37073 Göttingen (DE)

(71) Anmelder: **Kamax-Werke**
Rudolf Kellermann GmbH & Co. KG
37520 Osterode am Harz (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Präzisionsrollen von rotationssymmetrischen Bauteilen**

(57) Eine Vorrichtung (1) zum Präzisionsrollen der Mantelfläche (2) eines rotationssymmetrischen Bauteils (3) weist mindestens zwei beabstandete Rollwerkzeuge (4, 5) auf. Es ist ferner eine Messeinrichtung (9) zum Messen des Ist-Rohteildurchmessers des Bauteils (3) und eine Auswerteeinrichtung (10) zum Vergleichen des gemessenen Ist-Rohteildurchmessers des Bauteils (3) mit einem vorgegebenen Rohteildurchmesser und zum Bestimmen eines Korrekturwerts aus dem Ergebnis des Vergleichs des Ist-Rohteildurchmessers des Bauteils (3) mit dem vorgegebenen Rohteildurchmesser vorgesehen. Eine Steuerung (11) dient zum Einstellen des Abstands zwischen den mindestens zwei Rollwerkzeugen (4, 5) in Abhängigkeit von dem Korrekturwert. Bei dem zugehörigen Verfahren wird zunächst der Ist-Rohteildurchmesser des Bauteils (3) gemessen. Dann wird der Ist-Rohteildurchmesser des Bauteils (3) mit einem vorgegebenen Rohteildurchmesser verglichen und ein Korrekturwerts aus dem Ergebnis des Vergleichs des Ist-Rohteildurchmessers des Bauteils (3) mit dem vorgegebenen Rohteildurchmesser bestimmt. Daraufhin wird der Abstand zwischen den mindestens zwei Rollwerkzeugen (4, 5) in Abhängigkeit von dem Korrekturwert eingestellt.

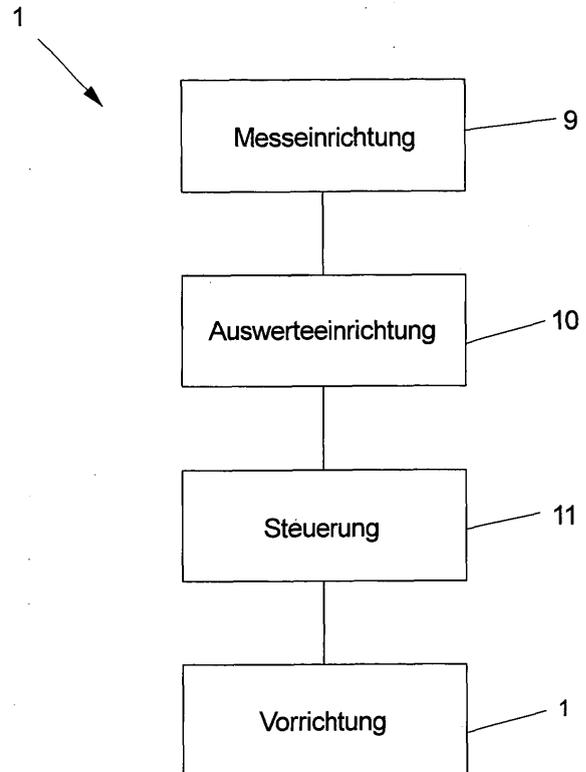


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Präzisionsrollen von rotationssymmetrischen Bauteilen. Damit werden insbesondere profilierte Abschnitte des Bauteils hergestellt oder nachbearbeitet, z. B. durch Kalibrieren. Bei dem rotationssymmetrischen Bauteil kann es sich z. B. um Schneckenräder, Einspritzventile oder Passwellenabschnitte handeln. Vorzugsweise handelt es sich um ein Verbindungselement in der Form einer Schraube. Bei dem profilierten Abschnitt kann es sich z. B. um ein Gewinde, ein Wendel, ein Rändel, ein Rillenprofil, ein Schneckenprofil oder auch eine Verzahnung handeln. Neben dem Herstellen oder Nachbearbeiten von profilierten Abschnitten ist auch das Herstellen oder Nachbearbeiten von nicht profilierten Abschnitten möglich, insbesondere durch Glatrollen der Mantelfläche des Bauteils bzw. Werkstücks.

[0002] Bei all diesen Rollverfahren wird das zu bearbeitende Bauteil zwischen mindestens zwei beabstandeten Rollwerkzeugen aufgenommen und entsprechend deren Geometrie formgebend bearbeitet. Während der Bearbeitung der Mantelfläche des Bauteils tritt das Problem auf, dass die Rollwerkzeuge aufgrund der durch das Bauteil ausgeübten Gegenkraft auseinandergedrückt werden. Dies führt im Stand der Technik dazu, dass der Ist-Fertigteildurchmesser des Bauteils von dem gewünschten Soll-Fertigteildurchmesser des Bauteils teilweise derart stark abweicht, dass die erforderliche Prozesssicherheit nicht erreicht wird.

STAND DER TECHNIK

[0003] Eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Präzisionsrollen der Mantelfläche eines rotationssymmetrischen Bauteils mit mindestens zwei beabstandeten Rollwerkzeugen und einer Einrichtung zum Bestimmen des Ist-Rohteildurchmessers des Bauteils sind aus der **DE 31 10 433 A1** bekannt. Der Vergleich des Ist-Rohteildurchmessers des Bauteils mit einem Soll-Rohteildurchmesser des Bauteils wird dabei als Entscheidungskriterium für die jeweilige Aussage "Werkstück - gut" oder "Werkstück - Ausschuss" verwendet.

[0004] Eine Profilrollmaschine zum Umformen der Mantelfläche rotationssymmetrischer Bauteile ist aus der **CH 692 382 A5** bekannt. Die Profilrollmaschine weist ein Maschinenbett auf, an dem Führungsschienen für Schlitten befestigt sind. Die Schlitten tragen Rollwerkzeuge in der Form von Rollköpfen und sind entlang der Führungsschienen so verschieblich gelagert, dass der Abstand zwischen den Rollwerkzeugen durch eine Relativbewegung der Schlitten zueinander entlang der Führungsschienen einstellbar ist. Die Profilrollmaschine weist ferner einen Kraftrahmen mit zwei endseitig angeordneten Jochplatten auf. Der Kraftrahmen ist dabei in der Bewegungsrichtung der Schlitten auf dem Maschinenbett derart beweglich angeordnet, dass das Maschinenbett vom

Kraftrahmen entkoppelt ist und somit möglichst geringe Rollkräfte beim Umformen eines Bauteils aufnehmen soll. Die Profilrollmaschine weist eine an dem Maschinenbett angeordnete Längenmesseinrichtung auf, mit der die Position des beweglichen Schlittens relativ zu dem Maschinenbett messbar ist. Ferner ist eine Steuerung vorgesehen, die in Abhängigkeit einer möglichen Längendehnung des Kraftrahmens die Position der Rollwerkzeuge zueinander korrigiert. Insgesamt liegt der bekannten Profilrollmaschine somit das Konzept zugrunde, die Maschinenbasis inklusive der Längenmesseinrichtung von dem Kraftrahmen inklusive den Rollwerkzeugen derart zu entkoppeln, dass eine Nachregelung des Abstands zwischen den Rollwerkzeugen in Abhängigkeit von dem während der Rollbearbeitung mit der Längenmesseinrichtung gemessenen Abstand zwischen den Rollwerkzeugen möglich ist.

[0005] Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Glatwalzen rotationssymmetrischer Bauteile sind aus **der DD 288 787 A5** bekannt. Die NC-Werkzeugmaschine weist dabei im Werkzeughalter ein federbelastetes Walzwerkzeug auf, an dessen Schaft eine Längenmesseinrichtung mit Schaltkontakten befestigt ist. Die Längenmesseinrichtung ist mit der Steuerung der NC-Werkzeugmaschine verbunden. Die werkstück- und werkstoffabhängige Walzkraft wird unter Berücksichtigung der Federkennlinie des Walzwerkzeugs im gewünschten Toleranzbereich im Längenmessgerät eingestellt. Die Verformung des Federelements im Walzwerkzeug beim Walzprozess wird als indirektes Maß für die auftretende Walzkraft verwendet und vom Längenmessgerät erfasst. Bei Überschreiten des eingestellten Toleranzbereichs werden Schaltimpulse ausgelöst, die zur Steuerung der Walzkraft genutzt werden. Ziel ist somit die Erreichung einer möglichst konstanten Walzkraft unabhängig von der Rohteilgeometrie des Bauteils.

AUFGABE DER ERFINDUNG

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Präzisionsrollen der Mantelfläche eines rotationssymmetrischen Bauteils auf einer Rollmaschine bereitzustellen, mit denen eine erhöhte Genauigkeit der Fertigteilgeometrie des Bauteils erreicht wird.

LÖSUNG

[0007] Die Aufgabe der Erfindung wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche 1 und 10 gelöst.

BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0008] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Präzisionsrollen der Mantelfläche eines rotationssymmetrischen Bauteils weist mindestens zwei beabstandete Rollwerkzeuge auf. Es ist ferner eine Einrichtung zum

Bestimmen des Ist-Rohteildurchmessers des Bauteils und eine Einrichtung zum Vergleichen des Ist-Rohteil-
durchmessers des Bauteils mit einem vorgegebenen
Rohteil Durchmesser und zum Bestimmen eines Korrektur-
werts aus dem Ergebnis des Vergleichs des Ist-Rohteil-
durchmessers des Bauteils mit dem vorgegebenen
Rohteil Durchmesser vorgesehen. Eine Steuerung dient
zum Einstellen des Abstands zwischen den mindestens
zwei Rollwerkzeugen in Abhängigkeit von dem Korrekturwert.

[0009] Bei der Einrichtung zum Bestimmen des Ist-Rohteil-
durchmessers des Bauteils kann es sich um eine
Messeinrichtung handeln. Es kann sich dabei aber auch
um eine Schnittstelle der Vorrichtung zu einer separaten
Messeinrichtung handeln. Bei der Einrichtung zum Ver-
gleichen des Ist-Rohteil durchmessers des Bauteils mit
einem vorgegebenen Rohteil Durchmesser und zum Be-
stimmen eines Korrekturwerts aus dem Ergebnis des
Vergleichs des Ist-Rohteil durchmessers des Bauteils mit
dem vorgegebenen Rohteil Durchmesser kann es sich
um eine Auswerteeinrichtung handeln. Es kann sich da-
bei aber auch um eine Schnittstelle der Vorrichtung zu
einer Auswerteeinrichtung handeln. Die Vorrichtung
selbst muss also keine Messeinrichtung oder Auswerte-
einrichtung aufweisen. Sie muss lediglich so ausgebildet
sein, dass Daten einer Messeinrichtung an eine Auswerte-
einrichtung und von dieser an die Steuerung der Vor-
richtung übermittelt werden können.

[0010] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum
Präzisionsrollen der Mantelfläche eines rotationssym-
metrischen Bauteils auf einer Rollmaschine mit minde-
stens zwei beabstandeten Rollwerkzeugen wird zu-
nächst der Ist-Rohteil durchmessers des Bauteils gemes-
sen. Dann wird der Ist-Rohteil Durchmesser des Bauteils
mit einem vorgegebenen Rohteil Durchmesser vergli-
chen und ein Korrekturwert aus dem Ergebnis des Ver-
gleichs des Ist-Rohteil durchmessers des Bauteils mit
dem vorgegebenen Rohteil Durchmesser bestimmt. Dar-
aufhin wird der Abstand zwischen den mindestens zwei
Rollwerkzeugen in Abhängigkeit von dem Korrekturwert
eingestellt.

[0011] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde,
dass die bisherigen Bestrebungen im Stand der Technik,
einen möglichst konstanten Abstand zwischen den Roll-
werkzeugen im Sinne einer nahezu konstanten Bearbei-
tungsendposition der Rollmaschine und eine große Stei-
figkeit der Rollmaschine zu realisieren, nicht zu der er-
forderlichen Genauigkeit der Fertigteildurchmesser des
Bauteils führt. Die Erfindung geht ganz bewusst von die-
sem Konzept ab und ersetzt es durch eine Regelung des
Abstands zwischen den Rollwerkzeugen in Abhängigkeit
von dem Ergebnis der Messung des Ist-Rohteil durch-
messers des Bauteils vor dessen Bearbeitung.

[0012] Dieses neue Konzept der Regelung des Ab-
stands zwischen den Rollwerkzeugen in Abhängigkeit
von einem auf dem gemessenen Ist-Rohteil Durchmesser
des Bauteils basierenden Korrekturwert beruht u. a. auf
den folgenden Erkenntnissen: wenn ein Los von n Bau-

teilen präzisionsgerollt werden soll und m Bauteile davon
einen Ist-Rohteil Durchmesser im Bereich der unteren To-
leranz besitzen - also vergleichsweise dünn sind - kann
man beobachten, dass diese m Bauteile auch nach dem
Präzisionsrollen einen kleineren Durchmesser aufwei-
sen als die anderen dickeren Bauteile. Anders gesagt
bleibt ein dünnes Bauteil auch nach dem Präzisionsrollen
vergleichsweise dünn und ein dickes Bauteil bleibt ver-
gleichsweise dick. Die Durchmesser der Bauteile bleiben
im Verhältnis zueinander etwa gleich, wobei das Streu-
band, in dem sich die Bauteile befinden, durch das Prä-
zisionsrollen verringert wird. Diese Verringerung des
Streubands liegt z. B. bei einer Streuung im Bereich von
0,1 mm der Rohteil Durchmesser bei weniger als etwa
0,02 mm der Fertigteildurchmesser der Bauteile. Dieses
lässt darauf schließen, dass die elastische Auffederung
der Bauteile während der Umformung während des Rol-
lens zunimmt.

[0013] Die Auswerteeinrichtung kann den gemes-
senen Ist-Rohteil Durchmesser des Bauteils einer definier-
ten Gruppe einer Mehrzahl von Gruppen vorgegebener
Rohteil Durchmesser zuweisen, wobei jeder der Gruppen
ein bestimmter Korrekturwert zugeordnet ist. Diese Lö-
sung hat den Vorteil, dass der Regelungs- und Einstell-
aufwand bei ausreichender Genauigkeit der Fertigteil-
durchmesser der Bauteile minimiert ist. So muss nicht
für jedes Bauteil eine andere Position der Rollwerkzeuge
angefahren werden. Die Anzahl und Einteilung der Grup-
pen erfolgt in Abhängigkeit von der Toleranz der Aus-
gangsdurchmesser sowie der zulässigen Fertigteil-
durchmesser des Bauteils. Alternativ kann der Korrektur-
wert aber auch gemäß einer maschinen- und werk-
stoffspezifischen mathematischen Funktion bestimmt
werden.

[0014] Die Auswerteeinrichtung kann die Korrektur-
werte anhand eines Vergleichs des gemessenen Ist-Fer-
tigteil durchmessers eines Bauteils mit einem vorgege-
benen Soll-Fertigteildurchmesser für jede der Gruppen
vorgegebener Rohteil Durchmesser festlegen. In ande-
ren Worten wird eine Kennlinie der jeweiligen Rollma-
schine, des jeweiligen Werkstoffs und der jeweiligen
Geometrie des Bauteils bestimmt. Zur Vereinfachung
wird dabei auf die Gruppeneinteilung der Rohteil durch-
messer zurückgegriffen.

[0015] Die Messeinrichtung kann z. B. in einer auto-
matischen Zuführeinrichtung für die Bauteile angeordnet
sein. Es ist also durchaus eine bauliche und räumliche
Trennung der Messeinrichtung von der eigentlichen Vor-
richtung zum Präzisionsrollen (Rollmaschine) möglich.
Die Messeinrichtung muss nicht unmittelbarer Bestand-
teil der Vorrichtung sein. Wesentlich ist lediglich, dass
die Messeinrichtung der Auswerteeinrichtung so zuge-
ordnet und mit dieser zur elektronischen Weiterleitung
der Messdaten verbunden ist, dass die Auswerteeinrich-
tung auf Basis der Messdaten den Korrekturwert bestim-
men und an die Steuerung zum Einstellen des Abstands
zwischen den mindestens zwei Rollwerkzeugen weiter-
geben kann. Entsprechend kann auch die Auswerteein-

richtung baulich und räumlich von der Vorrichtung getrennt sein.

[0016] Es kann sich bei der Messeinrichtung um eine mechanische oder optische Messeinrichtung handeln. Bei der mechanischen Messeinrichtung wird der Durchmesser des Bauteils z. B. mittels eines mechanischen Tasters erfasst. Bei der optischen Messeinrichtung finden beispielsweise Lichtschranken oder Kameras Verwendung.

[0017] Es kann sich bei dem Bauteil um ein Verbindungselement, insbesondere eine Schraube, handeln. Bei Schrauben ist insbesondere das Rollen profilierter Abschnitte ein besonders häufiger Anwendungsfall. So wird der Schaft einer Schraube durch Rollen teilweise kalt umgeformt, um z. B. ein Gewinde, ein Wendel in einem Passabschnitt oder ein Rändel zu erzeugen.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0018] Im Folgenden wird die Erfindung anhand in den Figuren dargestellter bevorzugter Ausführungsbeispiele weiter erläutert und beschrieben.

Fig. 1 zeigt eine Prinzipdarstellung einer Vorrichtung zum Präzisionsrollen der Mantelfläche eines rotationssymmetrischen Bauteils.

Fig. 2 zeigt ein Kraft-Weg-Diagramm.

Fig. 3 zeigt ein schematisches Blockdiagramm einer ersten Ausführungsform der neuen Vorrichtung zum Präzisionsrollen der Mantelfläche eines rotationssymmetrischen Bauteils.

Fig. 4 zeigt ein schematisches Blockdiagramm einer zweiten Ausführungsform der neuen Vorrichtung zum Präzisionsrollen der Mantelfläche eines rotationssymmetrischen Bauteils.

Fig. 5 zeigt ein schematisches Blockdiagramm einer dritten Ausführungsform der neuen Vorrichtung zum Präzisionsrollen der Mantelfläche eines rotationssymmetrischen Bauteils.

Fig. 6 zeigt ein Diagramm der Rohteildurchmesser über den Fertigteildurchmessern für das neue Verfahren im Vergleich zum Stand der Technik.

Fig. 7 zeigt eine Prinzipdarstellung einer weiteren Vorrichtung zum Präzisionsrollen der Mantelfläche eines rotationssymmetrischen Bauteils.

Fig. 8 zeigt eine Prinzipdarstellung einer weiteren Vorrichtung zum Präzisionsrollen der Mantelfläche eines rotationssymmetrischen Bauteils.

FIGURENBESCHREIBUNG

[0019] Fig. 1 zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer Vorrichtung 1 zum Präzisionsrollen der Mantelfläche 2 eines rotationssymmetrischen Bauteils 3. Die Vorrichtung 1 weist zwei beabstandete Rollwerkzeuge 4, 5 auf. Weiterhin ist eine Auflage 6 vorgesehen, die zur Auflagerung des Bauteils 3 dient. Die Rollwerkzeuge 4, 5 weisen eine der zu erzeugenden Geometrie der Mantelfläche 2 des Bauteils 3 entsprechende Gestalt auf. Die Rollwerkzeuge 4, 5 werden gleichsinnig gemäß der Pfeile 7, 8 mittels eines nicht dargestellten Antriebs angetrieben. Mindestens eines der Rollwerkzeuge 4, 5 ist derart beweglich angeordnet, dass der Abstand zwischen den Rollwerkzeugen 4, 5 einstellbar ist. Es ist ebenfalls möglich, dass beide Rollwerkzeuge 4, 5 derart beweglich angeordnet sind. Auch die Anordnung von drei Rollwerkzeugen, zwischen denen das Bauteil aufgenommen ist, ist möglich. Die Werkstückauflage 6 kann außer in der dargestellten feststehenden Form zur Erhöhung der Verarbeitungsgeschwindigkeit auch als bewegliche Auflage z. B. in Form eines Rollkorbes ausgeführt sein. Die grundsätzliche Funktionsweise der Vorrichtung 1 bzw. einer Rollmaschine ist aus dem Stand der Technik hinlänglich bekannt und wird daher hierin nicht weiter beschrieben. Die neuen Aspekte der Funktionsweise der Vorrichtung 1 werden insbesondere unter Bezugnahme auf Figuren 3 bis 6 beschrieben.

[0020] Fig. 2 zeigt ein Kraft-Weg-Diagramm zur Verdeutlichung der der Erfindung zugrunde liegenden Erkenntnisse. In dem Diagramm ist die Durchmesser- bzw. Wegänderung S eines Bauteils in Abhängigkeit von der durch die Rollwerkzeuge 4, 5 aufgebrachten Kraft F aufgetragen. Das bearbeitete Bauteil besteht dabei aus einem Werkstoff ohne ausgeprägte Streckgrenze. Dem Diagramm ist zu entnehmen, dass das Bauteil bei einer Deformierung unterhalb der Streckgrenze R_e bzw. R_p nach der Entlastung entsprechend der Hookeschen Gerade wieder elastisch auf das Ausgangsmaß zurückfedert. Wenn das Bauteil jedoch über R_p hinaus belastet wird, treten plastische Verformungen auf. Da der E-Modul eines Werkstoffs konstant ist, vollzieht sich die elastische Rückfederung entsprechend der Hookeschen Geraden. Für den in Fig. 2 gekennzeichneten Punkt 1 bedeutet dies, dass die mit S_{el1} bezeichnete elastische Rückfederung auftritt. Wenn ein Bauteil bis zu dem Punkt 2 belastet wird und entsprechend der Hookeschen Geraden um S_{el2} zurückfedert, ist erkennbar, dass der Betrag der Rückfederung S_{el2} um ΔS_{el} abweicht.

[0021] Übertragen auf das Verfahren des Präzisionsrollens (Fig. 1) bedeutet dies Folgendes: ein erstes Bauteil 3 mit einem ersten Rohteildurchmesser wird in der Vorrichtung 1 mittels der Rollwerkzeuge 4, 5 bis zum Erreichen des Punkts 1 elastisch-plastisch verformt und federt nach der Entlastung elastisch um den Betrag S_{el1} zurück. Wenn nun ein zweites Bauteil 3 mit einem größeren Rohteildurchmesser in der Vorrichtung 1 mittels der Rollwerkzeuge 4, 5 in derselben Position elastisch-

plastisch umgeformt wird, tritt eine höhere Umformkraft entsprechend Punkt 2 auf. Die elastische Rückfederung S_{el2} ist um den Betrag ΔS_{el} größer als die Rückfederung S_{el1} des ersten Bauteils 3 mit kleinerem Rohteildurchmesser. Entsprechend ist der Fertigteildurchmesser des zweiten Bauteils 3 um ΔS_{el} größer als der des ersten Bauteils 3. Man erkennt also, dass unabhängig von der verwirklichten Steifigkeit der Vorrichtung 1 unterschiedliche Fertigteildurchmesser bei unterschiedlichen Rohteildurchmessern auftreten, wenn die selbe Relativposition der Rollwerkzeuge 4, 5 zueinander beibehalten wird. Auf dieser Erkenntnis setzt nun die vorliegende Erfindung auf.

[0022] Das neue Regelungsprinzip der Vorrichtung 1 und des mit dieser durchgeführten Verfahrens zum Präzisionsrollen der Mantelfläche 2 eines rotations-symmetrischen Bauteils 3 wird im Folgenden anhand der **Fig. 3** genauer beschrieben. Die Vorrichtung 1 weist eine Messeinrichtung 9 zum Messen des Ist-Rohteildurchmessers des Bauteils 3 auf. Die Messeinrichtung 9 ist mit einer Auswerteeinrichtung 10 verbunden. Die Auswerteeinrichtung 10 dient zum Vergleichen des gemessenen Ist-Rohteildurchmessers des Bauteils 3 mit einem vorgegebenen Rohteildurchmesser und zum Bestimmen eines Korrekturwerts aus dem Ergebnis des Vergleichs des Ist-Rohteildurchmessers des Bauteils 3 mit dem vorgegebenen Rohteildurchmesser. Die Auswerteeinrichtung 10 ist wiederum mit einer Steuerung 11 verbunden. Die Steuerung 11 dient zum Einstellen des Abstands zwischen den Rollwerkzeugen 4, 5 in Abhängigkeit von dem Korrekturwert.

[0023] Es ist aber auch möglich, dass die eigentliche Vorrichtung 1 baulich und räumlich getrennt von der Messeinrichtung 9 und/oder von der Auswerteeinrichtung 10 ausgebildet ist. In diesem Fall besitzt die Vorrichtung 1 bzw. deren Steuerung 11 entsprechende Schnittstellen. Die Messeinrichtung 9 muss nicht unmittelbarer Bestandteil der Vorrichtung 1 sein. Wesentlich ist lediglich, dass die Messeinrichtung 9 der Auswerteeinrichtung 10 so zugeordnet und mit dieser zur elektronischen Weiterleitung der Messdaten verbunden ist, dass die Auswerteeinrichtung 10 auf Basis der Messdaten den Korrekturwert bestimmen und an die Steuerung 11 zum Einstellen des Abstands zwischen den mindestens zwei Rollwerkzeugen 4, 5 weitergeben kann.

[0024] Ein erstes solches Beispiel ist in **Fig. 4** schematisch dargestellt. Die Steuerung 11 weist als Einrichtung 12 eine Schnittstelle 13 zu der Messeinrichtung 9 und als Einrichtung 14 eine Schnittstelle 15 zu der Auswerteeinheit 10 auf. Es versteht sich, dass **Fig. 4** nicht die genaue elektronische Verbindung der einzelnen Komponenten, sondern lediglich die logische Zuordnung wiedergibt.

[0025] Ein weiteres Beispiel ist in **Fig. 5** schematisch dargestellt. Die Vorrichtung 1 bzw. deren Steuerung 11 weist als Einrichtung 12 eine Schnittstelle 13 zu der Messeinrichtung 9 auf. Die Einrichtung 14 ist hier in die Steuerung 11 integriert, so dass die Schnittstelle 15 vorzugs-

weise als Softwareschnittstelle ausgebildet ist.

[0026] Vorzugsweise wird zunächst eine bauteilbezogene Kennlinie in der jeweiligen Vorrichtung 1 ermittelt, indem das Umformverfahren ohne Variierung des Abstands zwischen den Rollwerkzeugen 4, 5 durchgeführt wird. Dafür werden Bauteile 3 verschiedener Rohteildurchmesser in der Vorrichtung 1 durch Rollen bearbeitet und die resultierenden Fertigteildurchmesser mittels einer Messeinrichtung gemessen und bestimmt. Aus den Abweichungen von dem Soll-Fertigteildurchmesser werden dann Korrekturwerte ermittelt. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, die unterschiedlichen Rohteildurchmesser in mehrere Durchmesserklassen einzuteilen und jeder Durchmesserklasse einen anderen Korrekturwert zuzuordnen. Je nach zulässiger Toleranzbreite für den Fertigteildurchmesser im Verhältnis zur Toleranzbreite des Rohteildurchmessers wird der Rohteildurchmesser in mehr oder weniger viele Klassen eingeteilt. Z. B. wird man bei einer großen Schwankung des Rohteildurchmessers und/oder einer engen Toleranz des Fertigteildurchmessers eine größere Anzahl von Klassen bilden.

[0027] Als Fertigteildurchmesser wird bevorzugt der Außendurchmesser des Fertigteils gemessen. Je nach Anforderung an das Bauteil ist aber auch möglich, die Messung an einer anderen Stelle des Bauteils 3 vorzunehmen und beispielsweise den Flankendurchmesser oder den Kerndurchmesser eines Gewindes oder eines Profils des Bauteils 3 zu verwenden.

[0028] Durch die bewusste Regelung des Abstands zwischen den mindestens zwei Rollwerkzeugen 4, 5 in Abhängigkeit von einem aus dem Rohteildurchmesser entwickelten Korrekturwert ist es möglich, größere Toleranzen des Rohteildurchmessers zuzulassen, da die niemals auf Null reduzierbare Elastizität der Vorrichtung 1 durch den Regelungsvorgang nahezu vollständig kompensiert werden kann. Weiterhin ist es denkbar, vergleichsweise komplizierte Versteifungs- oder Entkoppelungsmaßnahmen der Vorrichtung 1 entfallen zu lassen, wodurch sich die Kosten für die üblichen Bestandteile der Vorrichtung 1 reduzieren.

[0029] Die im Vergleich zum Stand der Technik mit der Erfindung erzielten Vorteile sind besonders gut in dem Diagramm gemäß **Fig. 6** zu erkennen. In **Fig. 6** ist der Rohteildurchmesser des Bauteils 3 über dessen Fertigteildurchmesser aufgetragen. Bei der mit "Stand der Technik" gekennzeichneten Geraden ist erkennbar, dass der Fertigteildurchmesser bei anwachsendem Rohteildurchmesser in etwa linear mit einer relativ großen Steigung ansteigt. Dieser unerwünschte Effekt wird mittels der Erfindung wesentlich reduziert, wie dies gut anhand der zweiten, mit "Erfindung" gekennzeichneten Geraden erkennbar ist.

[0030] In dieser Weise ist es nun möglich, ohne besondere Maßnahmen betreffend die Steifigkeit der Vorrichtung 1 hohe Genauigkeiten der Fertigteildurchmesser des Bauteils 3 bei vergleichsweise großen Schwankungen der Rohteildurchmesser zu erreichen. Somit wird den Anforderungen der Prozesssicherheit Rechnung ge-

tragen. Beispielsweise ist bei einem Außendurchmesser des Bauteils 3 von 22 mm eine Genauigkeit von $\pm 10 \mu\text{m}$ des Fertigteildurchmessers des Bauteils 3 erreichbar. Bei einem Außendurchmesser des Bauteils 3 von 8,5 mm kann sogar eine Genauigkeit von $\pm 5 \mu\text{m}$ des Fertigteildurchmessers des Bauteils 3 prozesssicher erzielt werden.

[0031] Fig. 7 zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer weiteren Vorrichtung 1 zum Präzisionsrollen der Mantelfläche 2 eines rotationssymmetrischen Bauteils 3 in der Form einer Schraube. Die Vorrichtung 1 weist in diesem Fall als Rollwerkzeuge 4, 5 profilierte Flachbacken 16, 17 auf, von denen die bewegliche Flachbacke 16 relativ zu der ortsfesten Flachbacke 17 translatorisch zur Erzeugung des Gewindes der Schraube bewegt wird. Der Abstand zwischen den Flachbacken 16, 17 senkrecht zu der Bewegungsrichtung wird mittels der erfindungsgemäßen Regelung variiert.

[0032] Fig. 8 zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer weiteren Vorrichtung 1 zum Präzisionsrollen der Mantelfläche 2 eines rotationssymmetrischen Bauteils 3 in der Form einer Schraube. Die Vorrichtung 1 weist in diesem Fall als Rollwerkzeuge 4, 5 ein profiliertes Segment 18 und eine profilierte Rolle 19 auf, von denen die Rolle 19 relativ zu dem ortsfesten Segment 18 gemäß Pfeil 20 rotatorisch zur Erzeugung des Gewindes der Schraube bewegt wird. Der Abstand zwischen der Rolle 19 und dem Segment 18 wird mittels der erfindungsgemäßen Regelung variiert.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0033]

1	Vorrichtung
2	Mantelfläche
3	Bauteil
4	Rollwerkzeug
5	Rollwerkzeug
6	Auflage
7	Pfeil
8	Pfeil
9	Messeinrichtung
10	Auswerteeinrichtung
11	Steuerung
12	Einrichtung
13	Schnittstelle
14	Einrichtung
15	Schnittstelle
16	Flachbacke
17	Flachbacke
18	Segment
19	Rolle
20	Pfeil

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Präzisionsrollen der Mantelfläche eines rotationssymmetrischen Bauteils, mit mindestens zwei beabstandeten Rollwerkzeugen (4, 5);
5 einer Einrichtung (12) zum Bestimmen des Ist-Roh-teildurchmessers des Bauteils (3);
10 einer Einrichtung (14) zum Vergleichen des Ist-Roh-teildurchmessers des Bauteils (3) mit einem vorgegebenen Rohteildurchmesser und zum Bestimmen eines Korrekturwerts aus dem Ergebnis des Vergleichs des Ist-Roh-teildurchmessers des Bauteils (3) mit dem vorgegebenen Rohteildurchmesser; und
15 einer Steuerung (11) zum Einstellen des Abstands zwischen den mindestens zwei Rollwerkzeugen (4, 5) in Abhängigkeit von dem Korrekturwert.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der Einrichtung (12) zum Bestimmen des Ist-Roh-teildurchmessers des Bauteils (3) um eine Messeinrichtung (9) handelt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der Einrichtung (12) zum Bestimmen des Ist-Roh-teildurchmessers des Bauteils (3) um eine Schnittstelle (13) zu einer Messeinrichtung (9) handelt.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der Einrichtung (14) zum Vergleichen des Ist-Roh-teildurchmessers des Bauteils (3) mit einem vorgegebenen Rohteildurchmesser und zum Bestimmen eines Korrekturwerts aus dem Ergebnis des Vergleichs des Ist-Roh-teildurchmessers des Bauteils (3) mit dem vorgegebenen Rohteildurchmesser um eine Auswerteeinrichtung (10) handelt.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der Einrichtung (14) zum Vergleichen des Ist-Roh-teildurchmessers des Bauteils (3) mit einem vorgegebenen Rohteildurchmesser und zum Bestimmen eines Korrekturwerts aus dem Ergebnis des Vergleichs des Ist-Roh-teildurchmessers des Bauteils (3) mit dem vorgegebenen Rohteildurchmesser um eine Schnittstelle (15) zu einer Auswerteeinrichtung (10) handelt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswerteeinrichtung (10) den gemessenen Ist-Roh-teildurchmesser des Bauteils (3) einer definierten Gruppe einer Mehrzahl von Gruppen vorgegebener Rohteildurchmesser zuweist, wobei jeder der Gruppen ein bestimmter Korrekturwert zugeordnet ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auswerteeinrichtung (10) die Korrekturwerte anhand eines Vergleichs des gemessenen Ist-Fertigteildurchmessers eines Bauteils (3) mit einem vorgegebenen Soll-Fertigteildurchmesser für jede der Gruppen vorgegebener Rohteildurchmesser festlegt. 5
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung (9) in einer automatischen Zuführeinrichtung für die Bauteile (3) angeordnet ist. 10
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der Messeinrichtung (9) um eine mechanische oder optische Messeinrichtung handelt. 15
10. Verfahren zum Präzisionsrollen der Mantelfläche eines rotationssymmetrischen Bauteils auf einer Rollmaschine mit mindestens zwei beabstandeten Rollwerkzeugen, mit den Schritten: 20
- Bestimmen des Ist-Rohteildurchmessers des Bauteils (3); 25
- Vergleichen des Ist-Rohteildurchmessers des Bauteils (3) mit einem vorgegebenen Rohteildurchmesser;
- Bestimmen eines Korrekturwerts aus dem Ergebnis des Vergleichs des Ist-Rohteildurchmessers des Bauteils (3) mit dem vorgegebenen Rohteildurchmesser; und 30
- Einstellen des Abstands zwischen den mindestens zwei Rollwerkzeugen (4, 5) in Abhängigkeit von dem Korrekturwert. 35
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ist-Rohteildurchmesser des Bauteils (3) einer definierten Gruppe einer Mehrzahl von Gruppen vorgegebener Rohteildurchmesser zugewiesen wird, wobei jeder der Gruppen ein bestimmter Korrekturwert zugeordnet ist. 40
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Korrekturwerte anhand eines Vergleichs des gemessenen Ist-Fertigteildurchmessers eines Bauteils (3) mit einem vorgegebenen Soll-Fertigteildurchmesser für jede der Gruppen vorgegebener Rohteildurchmesser festgelegt werden. 45
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem Bauteil (3) um ein Verbindungselement, insbesondere eine Schraube, handelt. 50
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein profilierter Abschnitt des Verbindungselements gerollt wird. 55

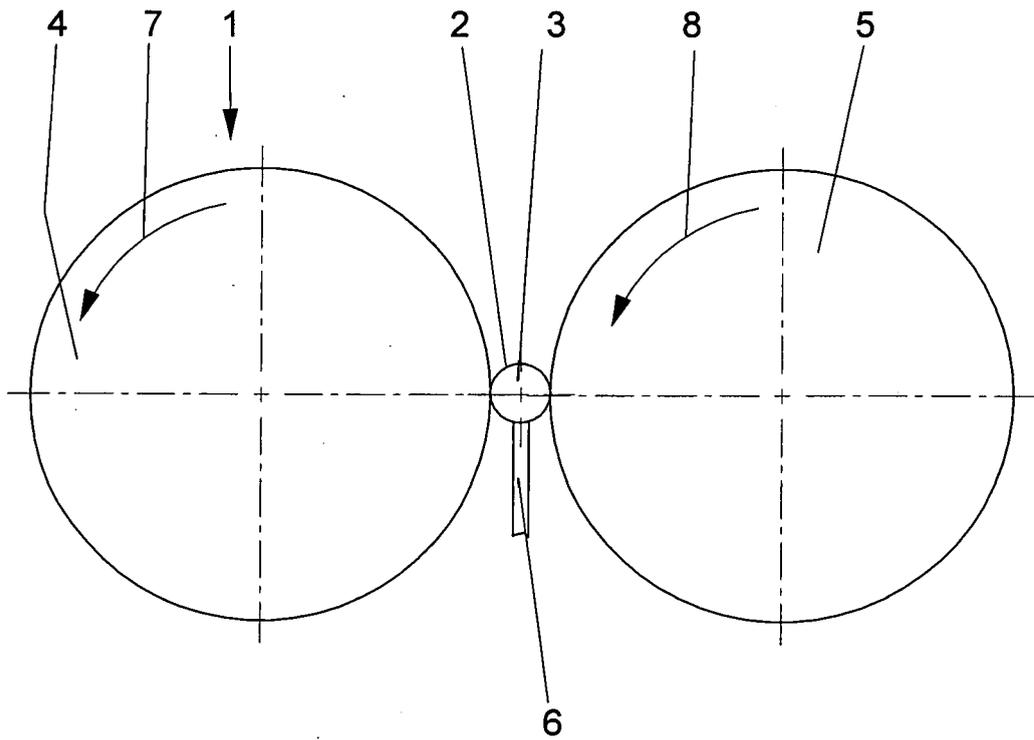


Fig. 1

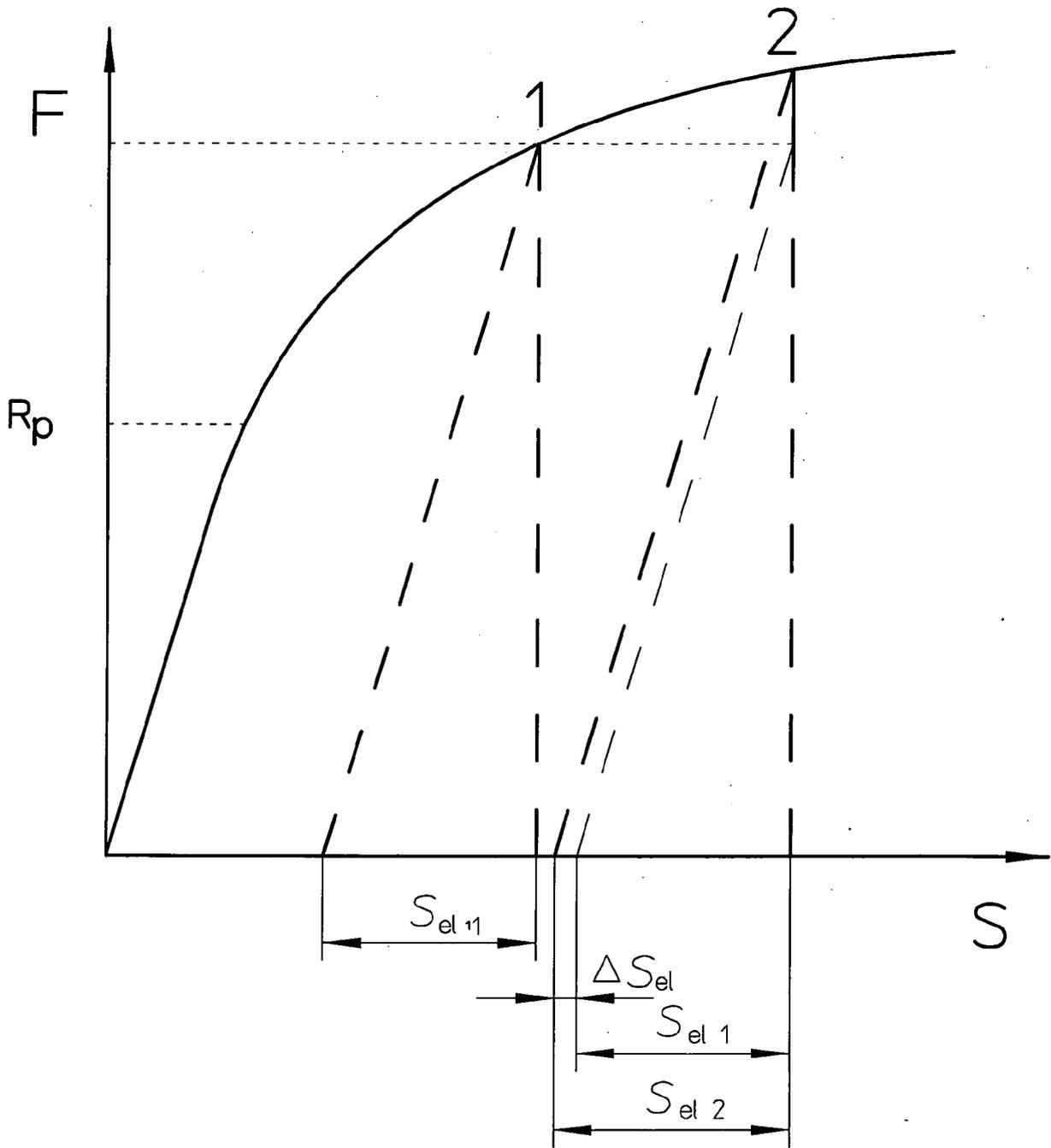


Fig. 2

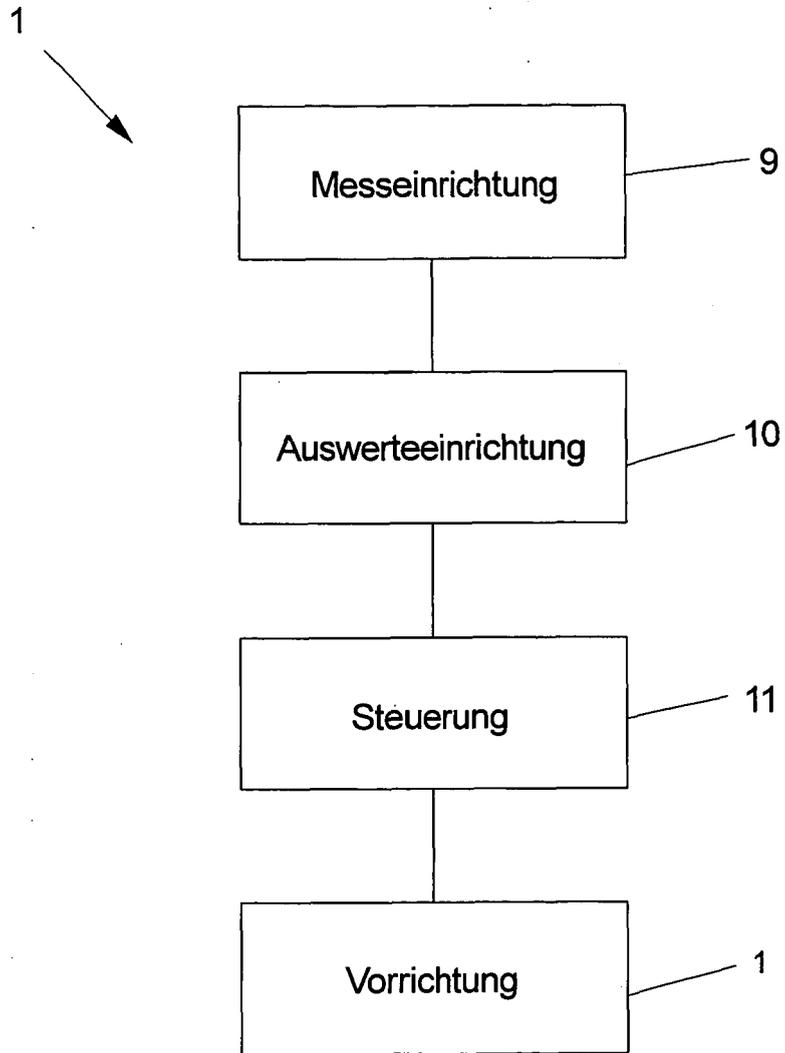


Fig. 3

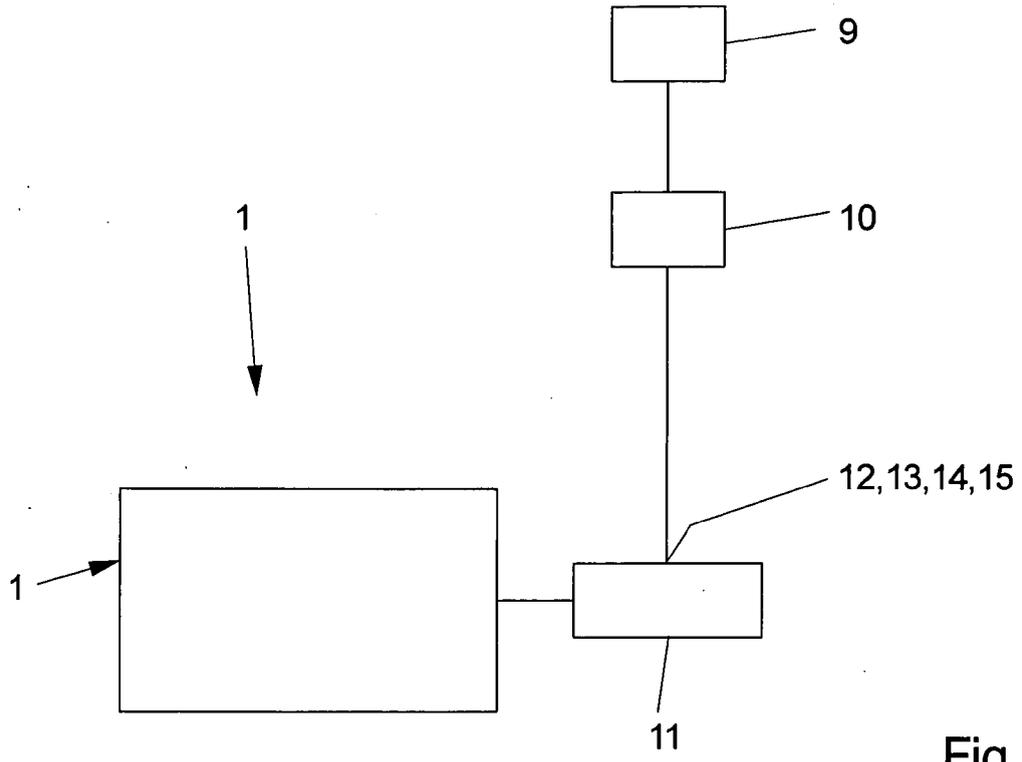


Fig. 4

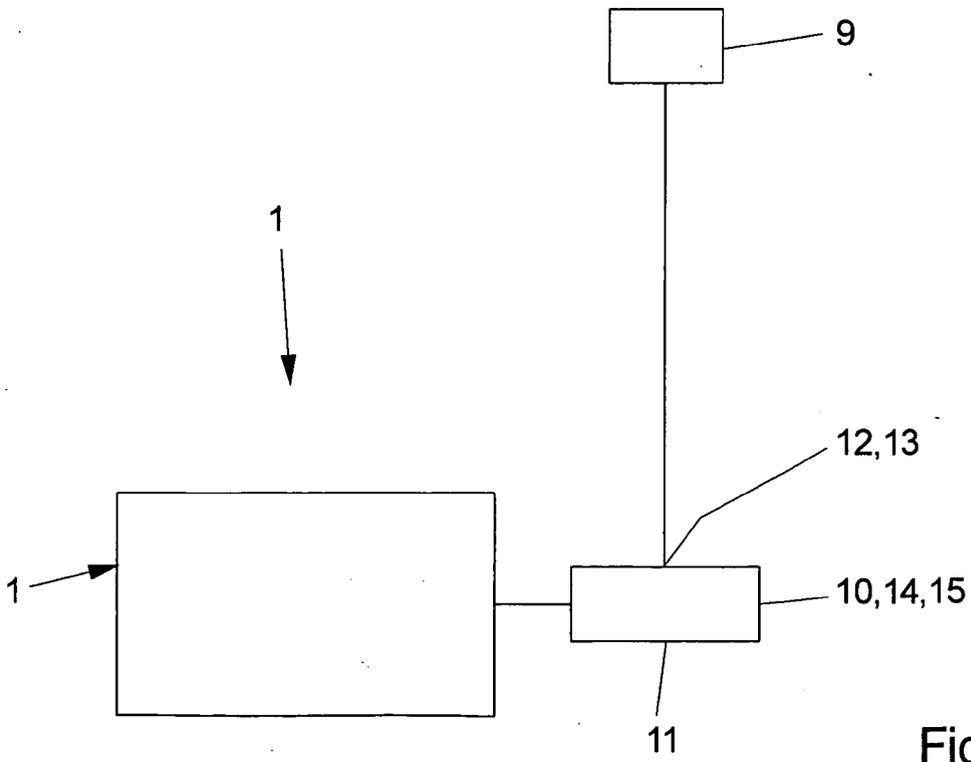


Fig. 5

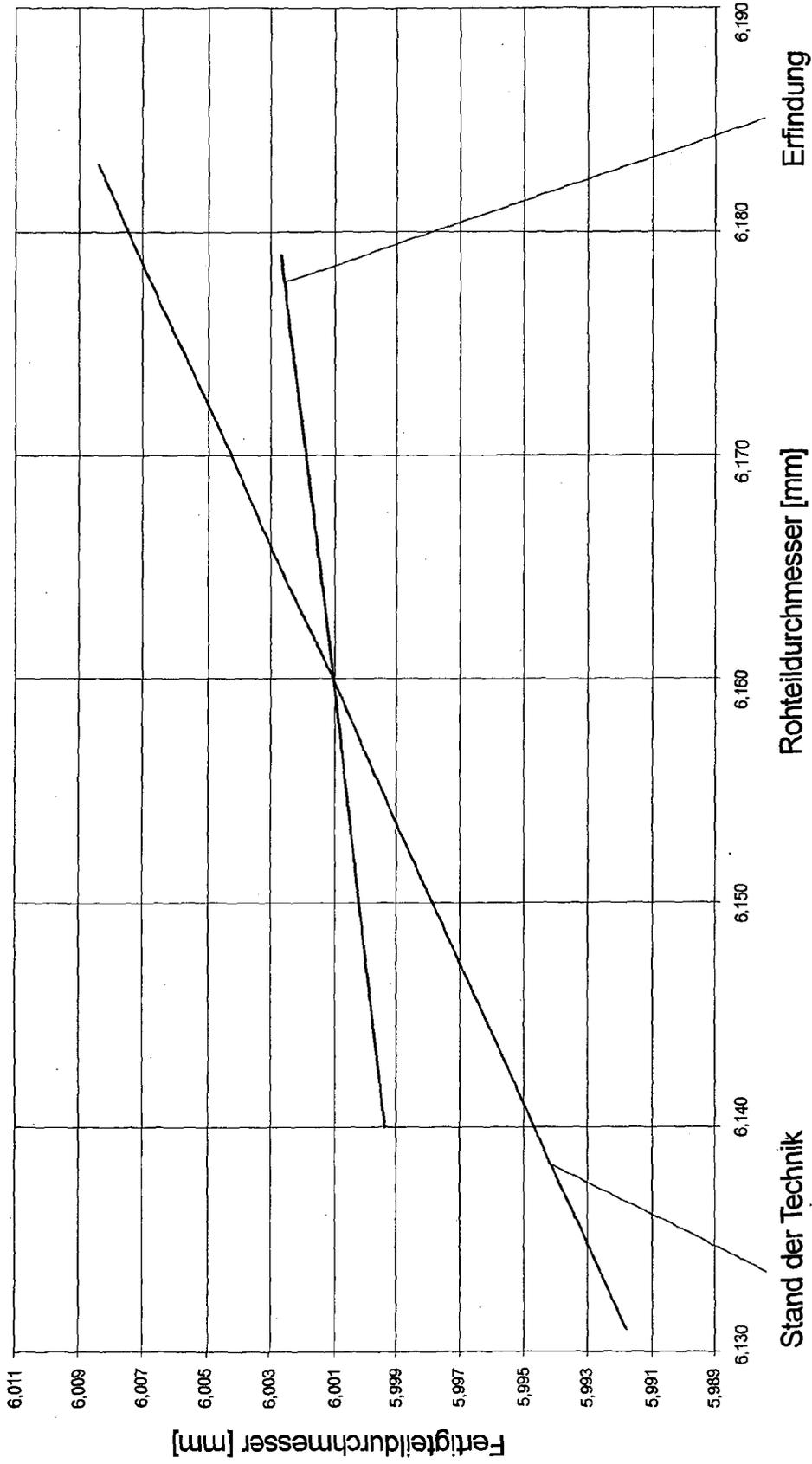


Fig. 6

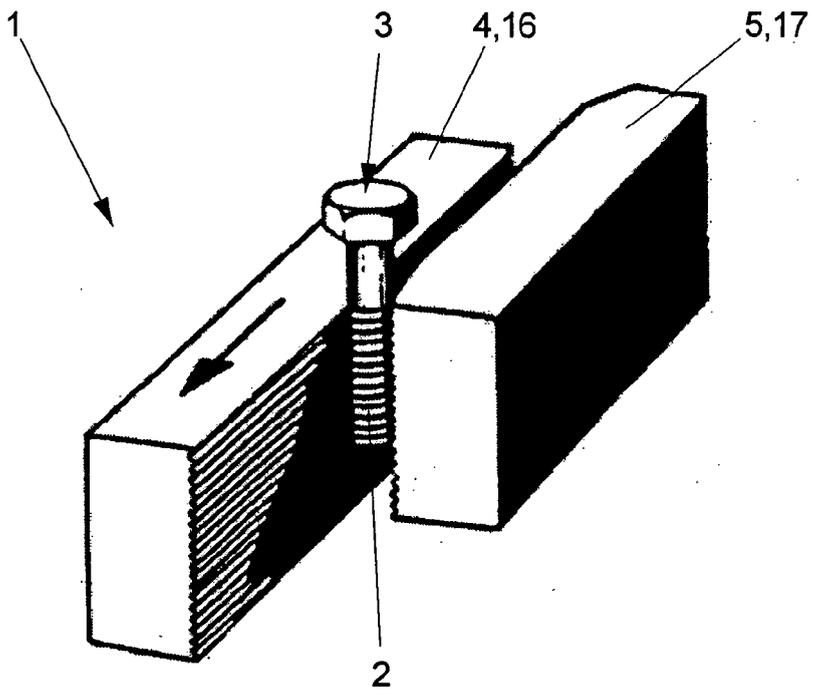


Fig. 7

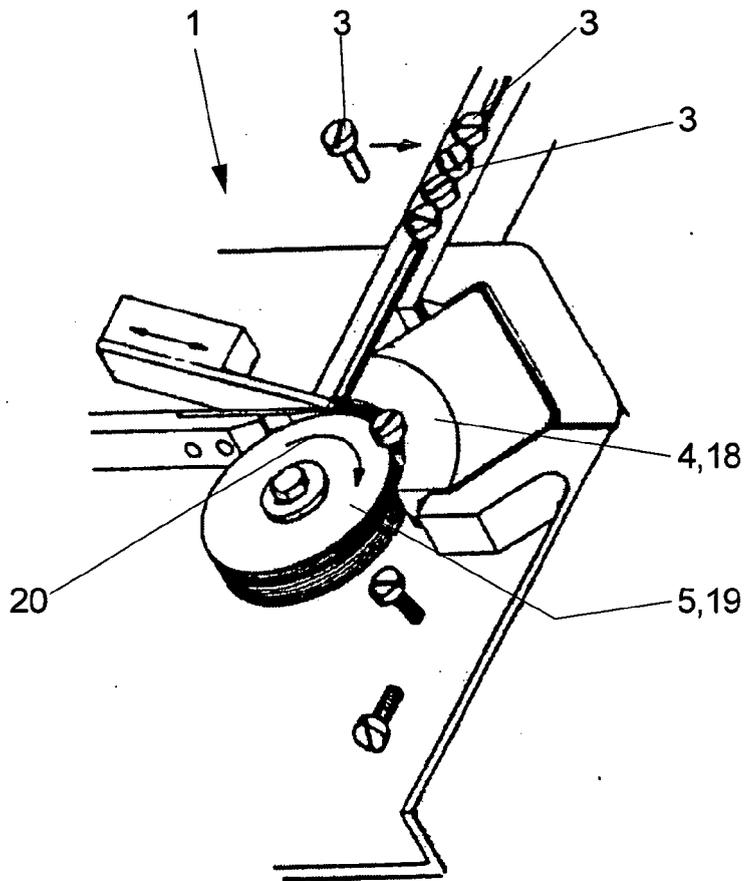


Fig. 8