

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK



(12) Ausschließungspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

PATENTCHRIFT

(19) DD (11) 219 562 A5

4(51) G 01 B 5/20
A 61 C 3/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) AP G 01 B / 263 913 4
(31) P3320905.7

(22) 07.06.84
(32) 09.06.83

(44) 06.03.85
(33) DE

(71) siehe (73)

(72) van de Löcht, Heinrich, Dr. Dipl.-Ing., DE

(73) BHS-Dr. Ing. Höfler Maschinenbau GmbH, 7505 Ettlingen-Oberweier, DE

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Messung eines Zahnprofils

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Messung eines Zahnprofils, wobei ein Meßtaster 5 während eines Meßvorganges das Zahnprofil abtastet. Hierbei ist die Eingriffslinie E als geometrischer Ort aller Berührungspunkte von Meßtaster 5 und Zahnprofil eine nicht lineare Kurve. Fig. 1

ISSN 0433-6461

6 Seiten

Erfindungsansprüche:

1. Verfahren zur Messung eines Zahnprofils, wobei ein Meßtaster während eines Meßvorganges das sich drehende Zahnprofil abtastet, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Eingriffslinie (E) als geometrischer Ort alle Berührungspunkte von Meßtaster (5) und Zahnprofil eine nichtlineare Kurve ist.
2. Zahnprofilmeßgerät zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1, wobei der Meßtaster auf einem Schlitten geführt und das zu prüfende Zahnrad auf einem drehbar gelagerten Tisch angeordnet ist, **gekennzeichnet dadurch**, daß der in einem Meßkopf (K) gelagerte Meßtaster (5) auf dem Schlitten (S₃) stets normal zum theoretischen Zahnprofil geführt ist.
3. Zahnprofilmeßgerät nach Punkt 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Meßtaster (5) auf dem Schlitten (S₃) mit sich veränderndem Radius (r₂) bezüglich des Drehwinkels (φ₂) zum Drehpol (Z) des Meßgerätes geführt ist.
4. Zahnprofilmeßgerät nach den Punkten 2 und 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Meßkopf (K) mit dem Schlitten (S₃) auf einem im Maschinengestell gelagerten, höhenverstellbaren Schlitten (S₁) angeordnet ist.
5. Zahnprofilmeßgerät nach den Punkten 2 und 4, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Meßkopf (K) einen Winkelgeber (3) und ein Wegmeßsystem (1 a) aufweist, welche mit einer Steuer- und Auswerteinheit (6) verbunden sind.
6. Zahnprofilmeßgerät nach Punkt 5, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Drehwinkel (φ₁) des drehbar gelagerten Tisches (T) über ein mit der Steuer- und Auswerteinheit (6) verbundenes Winkelmeßsystem (4) erfaßbar ist.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Verfahren und Vorrichtung zur Messung eines Zahnprofils

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Messung eines Zahnprofils, wobei ein Meßtaster während eines Meßvorganges das sich drehende Zahnprofil abtastet.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Als Stand der Technik ist hierbei bereits die lineare Verschiebung eines Meßtasters vom Fußkreis bis zum Kopfkreis eines zu prüfenden Zahnrades bekannt. Nachteilig sind hierbei die langen Wege und die dazu erforderlichen langen Schlittenführungen.

Zum Stand der Technik zählt weiterhin ein Zahnprofilmeßgerät, bei welchem ein Schlitten zwei Translationsbewegungen ausführt. Hierbei steht das zu prüfende Zahnrad fest, woraus sich der Nachteil einer entsprechenden Umrechnung ergibt. Bei dem Meßverfahren mit kreuzschlittengeführter Tasterbewegung ist es systembedingt nicht möglich, den korrekten Meßwert zu erfassen, sondern diesen nur über eine entsprechende Umrechnung anzunähern.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die vorgenannten Nachteile zu vermeiden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, bei welchem eine möglichst genaue Messung auf einfache Weise durchführbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Eingriffslinie als geometrischer Ort aller Berührungspunkte von Meßtaste und Zahnprofil eine nicht lineare Kurve ist. Hierbei findet ein Meßtaster Anwendung, welcher auf einem Schlitten angeordnet ist; dieser Schlitten koppelt zwei Bewegungen des Meßkopfes, d. h. des Meßtasters, nämlich Rotation und Translation. Damit ergibt sich vorteilhafterweise, daß eine sehr genaue Messung von Zahnprofilen durchführbar ist. Weiterhin können die Schlittenführungen infolge der Kombination von Rotation und Translation wesentlich kürzer ausgebildet sein. Das Meßprinzip mit nicht linearer Eingriffslinie läßt sich demnach über eine kompakte Feinmechanik besonders vorteilhaft verwirklichen.

Der in einem Meßkopf gelagerte Meßtaster wird auf dem Schlitten stets normal zum theoretischen Zahnprofil geführt. Der Meßtaster ist auf dem Schlitten mit sich veränderndem Radius bezüglich des Drehwinkels zum Drehpol des Meßgerätes geführt. Der Meßkopf ist mit dem Schlitten auf einem im Maschinengestell gelagerten, höhenverstellbaren Schlitten angeordnet und weist einen Winkelgeber und ein Wegmeßsystem auf, welche mit einer Steuer- und Auswerteinheit verbunden sind. Der Drehwinkel des drehbar gelagerten Tisches ist über ein mit der Steuer- und Auswerteinheit verbundenes Winkelmeßsystem erfaßbar.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1: eine nicht lineare Eingriffslinie E bezüglich eines zu messenden Zahnprofils,

Fig. 2: eine schematische, perspektivische Ansicht eines Zahnprofilmeßgerätes und

Fig. 3: einen Meßkopf K des Zahnprofilmeßgerätes.

In Fig. 1 ist die Eingriffslinie E dargestellt, welche der Meßtaster 5 beim Prüfen des sich drehenden Zahnprofils abtastet. Das erfindungsgemäße Verfahren wird im folgenden am Beispiel einer Evolventenverzahnung erläutert. Gemäß Fig. 1 wird die nichtlineare Eingriffslinie E in bezug auf den Drehpol Z der Meßeinrichtung durch die Polarkoordinaten r₂ und φ₂ definiert. Bezogen auf den Drehpol Z₂ des Zahnprofils sind es die Koordinaten φ₁ und r₁ sowie die theoretische Evolventenfunktion. Weiterhin ist Fig. 1 zu entnehmen, daß die Normale an die Evolvente an beliebiger Stelle der Eingriffslinie den Grundkreis r_b tangiert: Der Meßtaster ist also stets normal zum theoretischen Zahnprofil geführt.

Der funktionelle Zusammenhang zwischen dem Drehwinkel φ₁ und φ₂ läßt sich folgendermaßen darstellen:

$$\varphi_1 = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{a}{r_b} \cdot \sin \varphi_2 - \varphi_2 \quad (1)$$

Der Abstand r_2 vom Drehpol Z zum momentanen Berührungspunkt auf der Evolvente beträgt:

$$r_2(\varphi_2) = a \cdot \cos \varphi_2 - r_b \quad (2)$$

- mit: a = Abstand der beiden Drehpole
 Z und Z_2 (Achsabstand)
 r_b = Grundkreisradius
 φ_1 = Drehwinkel der Polarkoordinate r_1
 bzw. des Prüflings
 φ_2 = Drehwinkel der Polarkoordinate r_2
 bzw. der Meßeinrichtung.)

Ein praktisches Ausführungsbeispiel zum vorgenannten Meßverfahren zeigt Fig. 2. Der in Fig. 4 vergrößert dargestellte Meßkopf K ist auf einem in Z-Richtung verfahrbaren Schlitten S_1 aufgesetzt. Hierdurch können beliebige Stirnschnittebenen eines zu prüfenden Zahnrades P, im vorliegenden Fall ein Evolventenzahnrad, angefahren werden.

Wie aus Fig. 2 bzw. Fig. 3 hervorgeht, besteht der Meßkopf K im wesentlichen aus einem um die Z-Achse schwenkbar gelagerten Schlitten S_3 , sowie den beiden Meßsystemen 1 a und 3 zur Bestimmung der Lagekoordinaten r_2 und φ_2 des Meßtasters 5.

Zur Aufnahme des Zahnrades P dient der um die Z_2 -Achse drehbar gelagerte Tisch T. Sein Drehwinkel φ_1 wird über das Winkelmeßsystem 4 erfaßt. Über den in Y-Richtung positionierbaren Werkstückschlitten S_2 läßt sich entsprechend dem Zahnradradius der Achsabstand einstellen:

Der aktuelle Achsabstand wird über das Wegmeßsystem 1 b erfaßt.

Vor jedem Meßvorgang werden die beiden Achsen Z_1 und Z_2 über Meß- und Stellglieder räumlich parallel ausgerichtet. Die hierzu notwendigen Freiheitsgrade sind mit $F_1 \dots F_3$ gekennzeichnet. Die gleichen Parallelitätsanforderungen gelten für die beiden Achsen Z und Z_1 .

Zum Einrichten des Meßkopfes K ist die Nulllage des Drehwinkels φ_1 zu bestimmen. Sie ist definiert durch die theoretische Verbindungslinie zwischen den Drehachsen Z und Z_2 . Die Messung von rechter bzw. linker Flanke läuft symmetrisch zu dieser Linie ab, wobei sich nur die Vorzeichen für die Drehwinkel umkehren.

Zur Vorbereitung der Profilmessung müssen zunächst die Koordinaten der Startposition des Meßkopfes K gemäß folgendem Formelsatz berechnet werden:

$$\varphi_2 \text{ Start} = \arcsin \left[\frac{r_f^2 - r_b^2}{a} \right] \quad (3)$$

$$r_2 \text{ Start} = a \cdot \cos \varphi_2 \text{ Start} - r_b \quad (4)$$

- mit: r_f = Evolventenfußkreisradius
 (bzw. gewünschter Radius am Werkstück
 bei Beginn der Evolventenmessung)
 a = Achsabstand
 r_b = Grundkreisradius

Die berechneten Startkoordinaten werden dem Lagerregelkreis des Meßkopfes K als Sollwerte vorgegeben. Über die servoelektrisch gesteuerten Antriebe des Meßkopfes K wird der Meßtaster 5 danach auf die theoretische Eingriffslinie E entsprechend positioniert. Hierbei ist vorausgesetzt, daß sich der Meßtaster 5 in einer Zahnflanke befindet und nicht mit der Zahnflanke kollidiert. Anschließend wird das Zahnrad P um seine Drehachse Z_2 gegen den Meßtaster gedreht, bis Berührung erfolgt, und der Startwinkel $\varphi_{1 \text{ Start}}$ des Werkstückes definiert über:

$$\varphi_{1 \text{ Start}} = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{a}{r_b} \cdot \sin \varphi_2 \text{ Start} - \varphi_2 \text{ Start}.$$

Beim eigentlichen Meßvorgang dreht sich das Zahnrad kontinuierlich um die Tischachse Z_2 , wobei der Meßkopf K bzw. der Meßtaster 5 entsprechend den Beziehungen (1) und (2) nachgeführt wird.

Abweichungen von der theoretischen Evolvente werden hierbei vom Meßtaster 5 erfaßt und können wie üblich in Form eines sogenannten Evolventendiagramms ausgegeben werden.

Ein Grenzfall des vorgestellten Meßverfahrens liegt beim Vermessen von Zahnstangenprofilen vor. Hier werden die ansonsten nichtlineare Eingriffslinie zu einer Geraden und ist identisch mit dem Zahnprofil.

Der in Fig. 2 gezeigte Meßaufbau kann auch für Flankenlinienmessungen ohne Einschränkungen eingesetzt werden.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich, stellen die Positionszahlen 1 b die Zustellbewegung und 1 a die Meßbewegung bezüglich des Wegmeßsystems Y dar. Die Positionszahl 2 betrifft das Wegmeßsystem Z, die Positionszahl 3 den Winkelgeber des Meßkopfes K, die Positionszahl 4 den Winkelgeber des Werkstückes P. Hierbei sind die Winkelgeber 3 und 4 sowie die vorgenannten Wegmeßsysteme über die Steuer- und Auswerteinheit 6 miteinander verbunden, wobei der gesamte Meßvorgang von dem Winkelgeber 4 ausgelöst wird. In jedem Fall durchläuft hierbei der Meßtaster 5 eine Eingriffslinie E, welche gemäß Fig. 1 als nichtlineare Kurve ausgeführt ist. Damit ergibt sich auf einfache Weise eine erhebliche Verbesserung der Meßgenauigkeit eines Zahnprofils.

Fig. 1

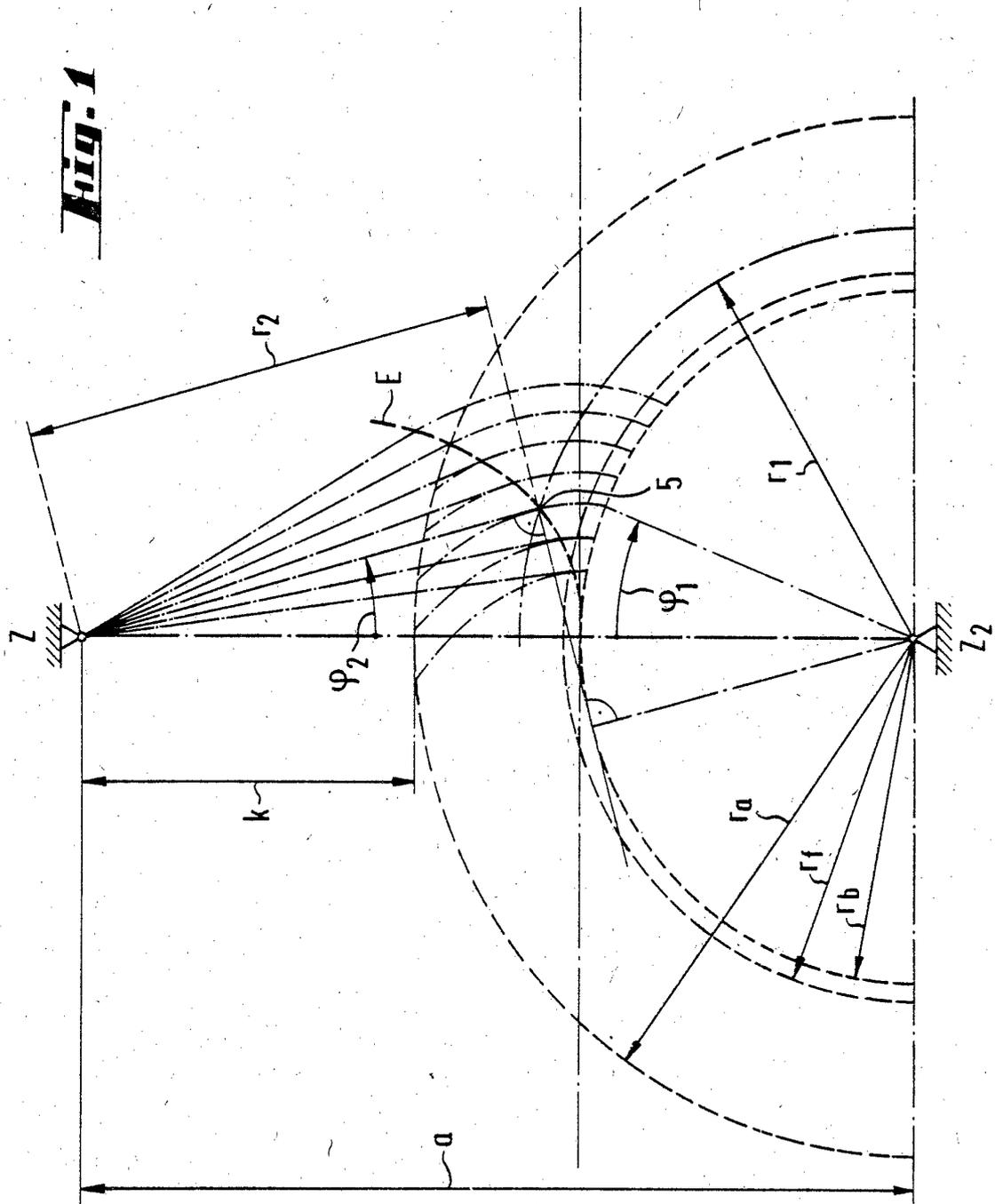


Fig. 2

