



Wirtschaftspatent

ISSN 0433-6461

(11)

2000 734

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes  
zum PatentgesetzInt.Cl.<sup>3</sup>

3(51) B 23 F 5/02

## AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veroeffentlicht

21) WP B 23 F / 2321 934

(22) 30.07.81

(44) 16.03.83

- [71] siehe (72)  
 [72] BRANDNER, GERHARD, DR.-ING.; KIESS, WERNER, DR.-ING.; GLUECK, ALFRED; DD;  
 [73] siehe (72)  
 [74] DIETER SEERIG, FORSCHUNGZENTRUM WERKZEUGMASCHINEN, 9010 KARL-MARX-STADT,  
 KARL-MARX-ALLEE 4

## (54) VERFAHREN ZUM SCHLEIFEN VON ZAHNFLANKEN

[57] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schleifen von Zahnlängen an schrägverzahnten Stirnrädern, bei dem die Schleifscheibe mit einem Zahnformprofil abgerichtet ist und über die Zahnlänge geführt wird. Ziel der Erfindung ist eine Erhöhung der Arbeitsproduktivität sowie die Einsparung von Material- und Fertigungskosten für Teileinrichtungen. Aufgabengemäß soll die schrittweise Weiterteilung von Zahnlücke zu Zahnlücke durch eine kontinuierliche Drehbewegung ersetzt werden. Die Lösung der Erfindung sieht vor, mehrere Schleifscheiben nacheinander auf einer zur Werkstückachse parallel verlaufenden Bewegungsbahn so zu bewegen, daß jede Schleifscheibe, infolge einer vom Werkstück gleichzeitig ausgeführten Drehbewegung, in einer anderen Zahnlücke zum Arbeitskontakt gelangt. Figur

232193 4

**Titel der Erfindung**

**Verfahren zum Schleifen von Zahnflanken**

**Anwendungsgebiet der Erfindung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schleifen von Zahnflanken an schrägverzahnten Stirnrädern, bei dem die Schleifscheibe mit einem Zahnformprofil abgerichtet ist und über die Zahnflanke geführt wird.

**Charakteristik der bekannten technischen Lösungen**

Bei allen bisher bekannt gewordenen Zahnflankenschleifmaschinen, die nach dem Einzelteilverfahren arbeiten, wird die Schleifscheibe jeweils in einer Zahnlücke über den Verlauf der Zahnflanke hin- und herbewegt. Eine vollendete Hin- und Herbewegung wird als Doppelhub bezeichnet. Zur Ausführung dieser Bewegung sind die bekannten Zahnflankenschleifmaschinen mit einem Hubschlitten als Träger der Schleifspindel versehen, welcher durch Kreuzschleifenantriebe oder hydraulische Antriebe in Tätigkeit gesetzt wird.

Als Beispiel wird auf die DD-PS 142 855, B 23 F 5/02 verwiesen.

Bei der auf die Hin- und Herbewegung orientierten Verfahrensweise ergibt sich zwangsläufig eine Veränderung der Vorschubgeschwindigkeit der Schleifscheibe über den Verlauf der Zahnflanke.

Da die Vorschubbewegung des hin- und hergehenden Hubschlittens durch ein abwechselndes Verzögern und Beschleunigen gekennzeichnet ist, führt eine angestrebte Steigerung der Arbeitsproduktivität durch Erhöhung der Doppelhubzahl sehr bald zu maschinentechnischen Grenzen, die dadurch gesetzt sind, daß die auftretenden Massenkräfte nicht mehr beherrschbar sind. Da die Massenkräfte auch Störbewegungen erzeugen, sind umfangreiche Aufwendungen notwendig, um die Verzahngeschwindigkeit in der erforderlichen Qualität zu halten.

Da die erreichbare maximale Vorschubgeschwindigkeit bei dem bekannten Verfahren nicht über die ganze Werkstückbreite konstant gehalten werden kann, ergibt sich insgesamt ein Mehraufwand an Verzahnungszeit. Dieser ist um so größer, je kürzer die Wegstrecke ausfällt, über welche es gelingt, die Vorschubgeschwindigkeit konstant zu halten. Bei dem oftmals, insbesondere für schmale Werkstücke eingesetzten Kreuzschleifenantrieb, mit seinem reinen sinusförmigen Geschwindigkeitsverlauf, wird die Weg-Zeit-Bilanz besonders ungünstig.

Bei dem bekannten Verfahren gestaltet sich die Arbeitsproduktivität auch unterschiedlich innerhalb der verschiedenen Werkstückbreiten.

Im Gebiet kleiner Radbreiten dominiert bei der Wahl der Doppelhubzahl die zulässige Grenzbeschleunigung, so daß die an sich technologisch mögliche Vorschub-Grenzgeschwindigkeit nicht anwendbar ist. Dadurch müssen Werkstücke mit kleinen Radbreiten auf unproduktive Art verzahnt werden.

Es ist nun ein Verfahren zum Schleifen von Zahnflanken an gerade oder schräg verzahnten Stirnrädern, bei dem die Schleifscheibe mit geradlinig abgerichteten Bezugsprofil durch Einzelteilen von Zahnlücke zu Zahnlücke zum Arbeitskontakt gelangt, wobei zwischen dem Werkstück und dem Verzahnwerkzeug eine Wälzbewegung stattfindet, vorgeschlagen worden, bei dem mehrere Schleifscheiben nacheinander in gleicher Vorschubrichtung mit gleichbleibender Vorschubgeschwindigkeit auf einer Bewegungsbahn über den Verlauf der Zahnflanke geführt werden, wobei die außer Eingriff gelangte Schleifscheibe am Ende der Bewegungsbahn des Vorschubes aus dieser entfernt und dem Anfangspunkt dieser Bewegungsbahn wieder zugeführt wird.

Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß durch die gleichbleibende Vorschubrichtung der Schleifscheibe jede Hin- und Herbewegung entfällt und deshalb auch alle damit verbundenen Nachteile ausgeräumt werden. Dabei ergeben sich als Vorteile die frei nach rein technologisch optimalen Gesichtspunkten wählbare Vorschubgeschwindigkeit, und damit eine Steigerung der Arbeitsproduktivität, vor allem bei schmalen Werkstücken. Die ständige Schleifwirkung im Gleichlauf trägt wesentlich zur Verbesserung der Oberflächengüte bei.

Die Grenzen, welche diesem Verfahren hinsichtlich einer weiteren Verbesserung der Bearbeitungszeitökonomie gesetzt sind, liegen darin begründet, daß in an sich bekannter Weise im Einzelteilverfahren gearbeitet wird. Dadurch, daß nach Fertigstellung jeder einzelnen Zahnlücke die Schleifscheibe aus der Zahnlücke ausgefahren werden muß, eine Teildrehung des Werkstückes erfolgt und ein Wiedereinfahren der Schleifscheibe in die nächste Zahnlücke unumgänglich ist, ergibt sich insgesamt ein Zeitaufwand, welcher einen großen Teil der Bearbeitungszeit in Anspruch nimmt.

Die zur Durchführung des Einzelteilens maschinentechnisch erforderlichen hochgenauen Teileinrichtungen und notwendiger Getriebeaufwand in Form eines Differentialgetriebes, stellen weitere Faktoren dar, welche das Einzelteilen als ein ökonomisch verbesserungswürdiges Verfahrensbestandteil erscheinen lassen.

Bei einer bekannten Vorrichtung, wie sie in der DE-PS 931 027; 49 d 1/01 beschrieben ist, werden ebenfalls mehrere Schleifscheiben nacheinander durch die Zahnlücke geführt. Diese Vorrichtung ist jedoch in ihrem Aufbau so gestaltet, daß sich ein Arbeitsablauf ergibt, der es notwendig macht, im Einzelteilverfahren zu arbeiten.

Eine weitere Beschränkung ergibt sich aus dem Zwang, daß das Schleifaufmaß nach genau einer vollen Umdrehung der die Schleifscheiben tragenden Vorrichtung abgearbeitet sein muß. Eine Optimierung der technologischen Parameter ist somit nicht möglich.

#### Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist eine weitere Erhöhung der Arbeitsproduktivität beim Zahnflankenschleifen mit mehreren in gleicher Richtung über die Zahnflanken bewegten Schleifscheiben sowie eine verfahrensbedingte Einsparung an Material- und Fertigungskosten bezüglich des Maschinenaufbaues.

#### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Schleifen von Zahnflanken an schräg verzahnten Stirnrädern, bei dem die Schleifscheibe mit einem Zahnformprofil abgerichtet ist und über die Zahnflanke geführt wird, zu schaffen, bei dem die schrittweise Weitereilung von Zahnlücke zu Zahnlücke durch eine Drehbewegung des Werkstückes ersetzt ist.

Erfindungsgemäß wird das dadurch erreicht, daß sich mehrere Schleifscheiben auf einer zur Werkstückachse parallel verlaufenden, geradlinigen Bewegungsbahn, in einem Abstand voneinander und zur Normalen der Bewegungsbahn unter einem Winkel geneigt, mit gleichbleibender Vorschubgeschwindigkeit bewegen und dabei jede Schleifscheibe in einer anderen Zahnlücke zum Arbeitskontakt gelangt, wobei das Werkstück eine Drehbewegung ausführt, durch welche das gesamte Zahnprofil des Verzahnwerkzeuges während des Arbeitskontaktees über die gesamte Bewegungsbahn der Schleifscheiben entsprechend dem Schrägungswinkel der Verzahnung der Zahnlängslinie folgt.

Nach einem Merkmal der Erfindung ist der Winkel, den die Achsen der Schleifscheiben mit der Normalen der Bewegungsbahn bilden, gleich dem Schrägungswinkel der Verzahnung bemessen.

Nach weiteren Merkmalen der Erfindung ist die Drehbewegung des Werkstückes außerhalb des Arbeitskontaktees der Schleifscheiben, von der Drehbewegung während des Kontaktes, bezüglich ihrer Geschwindigkeit schneller oder langsamer bemessen, so daß die Bedingung, nach welcher jede Schleifscheibe in einer anderen Zahnlücke zum Arbeitskontakt gelangt, erfüllt ist.

#### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung ist nachstehend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die zugehörige Zeichnung zeigt eine schematische Darstellung des Verfahrensablaufes.

In der Zeichnung sind symbolisch vereinfacht dargestellt: Das Werkstück 1, in einer Abwicklung des Wälzkreiszylinders, die Zahnlücke 2, versinnbildlicht durch die Symmetrie-  
linie innerhalb der Zahnlücke 2, die Werkstückachse 3,

die Schleifscheiben 4; 5; 6 und die Bewegungsbahn 7, auf welcher sich die Schleifscheiben 4; 5; 6 fortbewegen. Die Bewegungsbahn 7 verläuft parallel zur Werkstückachse 3, so daß in der schematischen Darstellung die Werkstückachse 3 deckungsgleich hinter der Bewegungsbahn 7 verläuft. Alle Schleifscheiben 4; 5; 6 folgen einander auf der Bewegungsbahn 7 in gleichen Abständen  $a$  und die Achsen der Schleifscheiben 4; 5; 6 schließen mit der Normalen der Bewegungsbahn 7 einen Winkel  $\gamma$  ein. Das Werkstück 1 führt eine Drehbewegung aus, welche durch eine Umfangsgeschwindigkeit  $V_w$  am Wälzkreis gekennzeichnet ist. Die Schleifscheiben 4; 5; 6 bewegen sich auf der Bewegungsbahn 7, mit einer Vorschubgeschwindigkeit  $V_s$ .

Der Verfahrensablauf und die Verfahrensbedingungen sind dabei folgende:

Der Winkel  $\gamma$ , also die Neigung der Achsen der Schleifscheiben 4; 5; 6 zur Normalen der Bewegungsbahn 7 ergibt sich aus der Bedingung:

$$\gamma = \beta_0$$

Die Vorschubgeschwindigkeit  $V_s$  wird nach technologischen Gesichtspunkten frei gewählt, woraus sich während des Kontaktes einer Schleifscheibe mit dem Werkstück die Umfangsgeschwindigkeit  $V_w$  des Werkstückes 1 im Wälzkreis nach der Bedingung:

$$V_w = V_s \cdot \sin \gamma$$

ergibt.

Bei Einhaltung dieser verfahrensgemäß bedingten Einstell- und Bewegungsparameter, werden die Schleifscheiben 4; 5; 6 auf der Bewegungsbahn 7 über den Verlauf der Zahnflanken so geführt, daß jede Schleifscheibe 4; 5; 6 in eine nach-

232193

- 7 -

folgende Zahnlücke 2 zum Arbeitskontakt gelangt, so daß nach einer vollen Umdrehung des Werkstückes 1 alle Zahnlücken 2 bearbeitet sind.

Der technisch-ökonomische Effekt der Erfindung liegt darin begründet, daß durch die in einem Abstand aufeinanderfolgende Führung mehrerer Schleifscheiben hintereinander in gleicher Vorschubrichtung, der Erfindungsgedanke darauf orientiert, jede Schleifscheibe in eine andere, vorzugsweise nachfolgende Zahnlücke einzuführen, das Werkstück dabei zu drehen und dadurch eine kontinuierliche Teilbewegung zu erhalten. Dadurch ist eine beachtliche Steigerung der Arbeitsproduktivität erreichbar. Der Aufwand für die Herstellung und Installation der Einzelteileinrichtung entfällt.

232193 4

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zum Schleifen von Zahnflanken an schräg verzahnten Stirnrädern, bei dem die Schleifscheibe mit einem Zahnformprofil abgerichtet ist und über die Zahnflanke geführt wird,  
gekennzeichnet dadurch,  
daß sich mehrere Schleifscheiben (4; 5; 6) auf einer zur Werkstückachse (3) parallel verlaufenden, geradlinigen Bewegungsbahn (7), in einem Abstand (a) voneinander und zur Normalen der Bewegungsbahn (7) unter einem Winkel ( $\gamma$ ) geneigt, mit gleichbleibender Vorschubgeschwindigkeit ( $V_s$ ) bewegen, und dabei jede Schleifscheibe (4; 5; 6) in einer anderen Zahnlücke (2) zum Arbeitskontakt gelangt, wobei das Werkstück (1) eine Drehbewegung ausführt, durch welche das gesamte Zahnformprofil des Verzahnwerkzeuges während des Arbeitskontaktees über die gesamte Bewegungsbahn der Schleifscheiben (4; 5; 6) entsprechend dem Schräglungswinkel ( $\beta_0$ ) der Verzahnung der Zahnlängslinie folgt.
2. Verfahren nach Punkt 1,  
gekennzeichnet dadurch,  
daß der Winkel ( $\gamma$ ), den die Achsen der Schleifscheiben (4; 5; 6) mit der Normalen der Bewegungsbahn (7) bilden, gleich dem Schräglungswinkel ( $\beta_0$ ) der Verzahnung bemessen ist.
3. Verfahren nach Punkt 1 oder 1 und 2,  
gekennzeichnet dadurch,  
daß die Drehbewegung des Werkstückes (1) außerhalb des Arbeitskontaktees der Schleifscheiben (4; 5; 6) von der Drehbewegung während des Kontaktes, bezüglich ihrer Geschwindigkeit schneller oder langsamer erfolgt, so daß die Bedingung, nach welcher jede Schleifscheibe (4; 5; 6) in einer anderen Zahnlücke (2) zum Arbeitskontakt gelangt, erfüllt wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

