

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK



(12) Wirtschaftspatent

Teilweise bestätigt gemäß § 18 Absatz 1
Patentgesetz

PATENTSCHRIFT

(19) **DD** (11) **147 216 B1**

4(51) **B 23 Q 15/06**

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21) WP B 23 Q / 217 076 7

(22) 22.11.79

(45) 08.04.87

(44) 25.03.81

(71) siehe (72)

(72) Drews, Dieter, Dipl.-Ing., 1120 Berlin, Otto-Brahm-Straße 16; Lenz, Sieghart, Dipl.-Ing.; Thyssen, Wolfgang, Dr.-Ing., DD

(54) **Verfahren zur adaptiven Steuerung des Zahnflankenschleifens**

ISSN 0433-6461

3 Seiten

Erfindungsanspruch

Verfahren zur Steuerung des Zahnflankenschleifens auf einer Teilwalzschleifmaschine, bei der ein doppelkegelförmiger Schleifkörper eine Hubbewegung ausführt und bei der die beiden Zahnflanken einer Zahnlucke nacheinander bearbeitet werden, **gekennzeichnet dadurch**, daß die jeweils im Verlauf zweier aufeinanderfolgender Hube unterschiedlicher Richtung auftretenden Maximalwerte für die Schnittkraft oder Stützkraft in an sich bekannter Weise, bezogen auf den Aufwärts- und Abwärtshub, erfaßt und gespeichert werden und daß aus diesen unterschiedlichen Maximalwerten ein Mittelwert gebildet wird, der mit einem vorgegebenen Sollwert für die Schnittkraft oder Stützkraft verglichen wird, und daß das Vergleichsergebnis dergestalt zur Steuerung der Geschwindigkeit der Walzbewegung verwendet wird, daß der während des nächsten Aufwärts- und Abwärtshubes auftretende, der Geschwindigkeit der Walzbewegung proportionale Maximalwert der Schnittkraft oder Stützkraft nahe dem Sollwert liegt.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur adaptiven Steuerung des Zahnflankenschleifens auf Teilwalzschleifmaschinen, bei denen ein doppelkegelförmiger Schleifkörper eine Hubbewegung ausführt und bei denen die beiden Zahnflanken einer Zahnlucke nacheinander bearbeitet werden

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bekannterweise wird bei solchen Teilwalzschleifmaschinen, deren doppelkegelförmiger Schleifkörper dem Zahn einer mit dem zu schleifenden Zahnrad im Eingriff befindlichen Zahnstange entspricht, die evolventenformige Zahnflanke durch eine sich aus einem rotatorischen und einem translatorischen Anteil zusammensetzende Walzbewegung des Zahnrades und eine annähernd in Richtung der Erzeugenden verlaufende Bewegung des Schleifkörpers erzeugt. Diese Bewegung des Schleifkörpers erfolgt als periodische Hubbewegung mit im allgemeinen über die Hublänge veränderlicher Geschwindigkeit. Damit entsteht die Evolvente am Zahnrad näherungsweise durch eine Folge von Hüllschnitten als Hüllschnittpolygon.

Wird die Anzahl der Hube des Schleifkörpers je Zeiteinheit und der Zustellbetrag für einen Schleifumlauf konstant gehalten, so ist für gegebene Verzahnungsparameter die mittlere Größe der Hüllschnitte nur noch von der Geschwindigkeit der Walzbewegung abhängig. Auf Grund der geometrischen Verhältnisse nimmt bei der Walzbewegung vom Zahnfuß zum Zahnkopf hin die Größe der Hüllschnitte zu.

Die Schnittkraft und die ihr proportionale, senkrecht zur Zahnflanke wirkende Stützkraft entstehen primär über jedem Hub des Schleifkörpers und erreichen von Null beginnend zum Hubende hin Maximalwerte, um mit dem beginnenden Ausschneiden des Schleifkörpers schnell wieder auf Null abzusinken. Die jeweiligen Maximalwerte pro Hub nehmen beim Schleifen vom Zahnfuß zum Zahnkopf hin unter der Voraussetzung konstanter Geschwindigkeit der Walzbewegung entsprechend der Zunahme der Hüllschnittgröße zu und erreichen wiederum Maximalwerte, bevor der Schleifkörper am Kopfkreis des Zahnrades auszuschneiden beginnt.

Weiterhin ist bekannt, daß sich sowohl die thermische Überbeanspruchung des Zahnradwerkstoffes in Form von Schleifbrand und/oder Schleifrissen als auch die auffederungsbedingte Profil-Formabweichung und der Schleifkörperverschleiß auf die Schnittkraft bzw. Stützkraft zurückführen lassen und damit dem Hüllschnittverlauf über der Evolvente prinzipiell entsprechen. Dabei entsteht der Nachteil, daß die zulässige Größe der üblicherweise während eines Schleifumlauftes konstanten Geschwindigkeit der Walzbewegung durch die infolge des genannten doppelten Ausschneidens des Schleifkörpers in Hub- und Evolventenrichtung nur in einem eng begrenzten Bereich der Zahnflanke wirkenden Maximalwerte der Schnittkraft, die zur Vermeidung thermischer Überbeanspruchungen, des Zahnradwerkstoffes gerade noch zulässig sind, bestimmt wird. Dadurch wird wegen des unmittelbaren Einflusses der Geschwindigkeit der Walzbewegung auf die Schleifzeit die Leistung der Teilwalzschleifmaschine begrenzt.

Weiterhin besteht ein Nachteil darin, daß durch den beschriebenen Verlauf der der Schnittkraft proportionalen Stützkraft über der Evolvente beim Schleifen vom Zahnfuß zum Zahnkopf hin eine entsprechende auffederungsbedingte Profil-Formabweichung entsteht und gleichzeitig ein ungleichmäßiger Verschleiß der den einzelnen Evolventenabschnitten zugeordneten Schleifkörperkontaktflächen eintritt, der seinerseits wieder Profil-Formabweichungen aber auch eine Verschlechterung des Schleifverhaltens des Schleifkörpers verursacht.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die Leistung der Teilwalzschleifmaschinen zu erhöhen und die Qualität der geschliffenen Zahnradprofile zu verbessern.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur adaptiven Steuerung des Zahnflankenschleifens zu schaffen, mit dem erreicht wird, daß beim Schleifen einer Zahnflanke vom Zahnfuß zum Zahnkopf hin annähernd gleiche Maximalwerte für die Schnittkraft bzw. Stützkraft bezogen auf einen Hub des Schleifkörpers auftreten.

Erfindungsgemäß wird das dadurch erreicht, daß der jeweils während eines Hubes des Schleifkörpers auftretende Maximalwert für die Schnittkraft bzw. Stutzkraft direkt oder indirekt über die Schleifmotorantriebsleistung oder den Schleifmotorstrom erfaßt und gespeichert, aus den gespeicherten Maximalwerten zweier aufeinanderfolgender Hube ein Mittelwert gebildet, dieser mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen und das Vergleichsergebnis dergestalt zur Steuerung der Geschwindigkeit der Walzbewegung verwendet wird, daß der während des nächsten Hubes auftretende Maximalwert nahe dem Sollwert liegt wobei ein ebenfalls vorgegebener Grenzwert für die Geschwindigkeit der Walzbewegung nicht überschritten wird. Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens zur adaptiven Steuerung des Zahnflankenschleifens liegt darin, daß beim Schleifen einer Zahnflanke vom Zahnfuß zum Zahnkopf hin die jeweils während eines Hubes des Schleifkörpers auftretenden Maximalwerte der Schnittkraft bzw. Stutzkraft annähernd gleich sind und daß dadurch zum einen durch die mögliche Erhöhung der Geschwindigkeit der Walzbewegung während des Schleifens eines Großteils der Evolvente die Leistung der Teilwalzschleifmaschine gesteigert und zum anderen infolge der gleichmäßigeren auffederungsbedingten Profil-Formabweichung und durch den gleichmäßigeren Verschleiß des Schleifkörpers die Qualität des Zahnrades verbessert werden kann.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend näher erläutert werden. Das Schleifen einer Zahnflanke beginnt an deren Zahnfuß mit einer Geschwindigkeit der Walzbewegung, die einem vorgegebenen Grenzwert entspricht. Dieser Grenzwert ist im allgemeinen gleich der maschinentechnisch zulässigen maximalen Geschwindigkeit.

Die während eines Hubes auftretenden Schnittkräfte bzw. Stutzkräfte werden durch an sich bekannte Meßeinrichtungen direkt oder indirekt über die Schleifmotorantriebsleistung bzw. den Schleifmotorstrom gemessen und ihr Maximalwert erfaßt und gespeichert. Aus den gespeicherten Maximalwerten zweier aufeinanderfolgender Hube wird ein Mittelwert gebildet und dieser mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen. Dieser Sollwert für die Schnittkraft bzw. Stutzkraft oder für die Schleifmotorantriebsleistung bzw. den Schleifmotorstrom wird so bestimmt, daß er unterhalb eines Wertes liegt, bis zu dem einerseits thermische Überbeanspruchungen des Zahnradwerkstoffes vermieden werden und andererseits die auffederungsbedingte Profil-Formabweichung und der Schleifkörperverschleiß in zulässigen Grenzen bleiben. Solange beim Schleifen vom Zahnfuß an dieser Sollwert größer als der auftretende Mittelwert ist, wird mit der anfänglichen, dem vorgegebenen Grenzwert entsprechenden Geschwindigkeit der Walzbewegung gearbeitet. Wird der Sollwert überschritten, so wird die Geschwindigkeit der Walzbewegung so weit verringert, daß der während des nächsten Hubes auftretende Maximalwert nahe dem Sollwert liegt.

Dieser Vorgang wiederholt sich solange, bis der Schleifkörper beginnt, am Zahnkopf auszuschneiden. Wird dabei der Sollwert unterschritten, so wird die Geschwindigkeit der Walzbewegung soweit erhöht, daß der während des nächsten Hubes auftretende Maximalwert wieder nahe dem Sollwert liegt.

Die Erhöhung der Geschwindigkeit der Walzbewegung kann solange erfolgen, bis deren vorgegebener Grenzwert erreicht ist, mit dem dann die Zahnflanke fertigbearbeitet wird.