



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 647 439 A5

⑤① Int. Cl.⁴: B 23 F 5/02

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳① Gesuchsnummer:	8663/80	⑦③ Inhaber: VEB Werkzeugmaschinenkombinat "7. Oktober" Berlin, Berlin (DD)
⑳② Anmeldungsdatum:	24.11.1980	
⑳③ Priorität(en):	22.11.1979 DD 217076	⑦② Erfinder: Drews, Dietrich, Berlin (DD) Lenz, Sieghart, Berlin (DD) Thyssen, Wolfgang, Magdeburg (DD)
⑳④ Patent erteilt:	31.01.1985	
④⑤ Patentschrift veröffentlicht:	31.01.1985	⑦④ Vertreter: Bovard AG, Bern 25

⑤④ **Verfahren zur adaptiven Steuerung des Zahnflankenschleifens.**

⑤⑦ Um die Leistung der Teilwälzschleifmaschinen zu erhöhen und die Qualität der geschliffenen Zahnräder zu verbessern, werden beim Schleifen einer Zahnflanke vom Zahnfuß zum Zahnkopf hin annähernd gleiche Maximalwerte für die Schnittkraft bzw. Stützkraft, bezogen auf einen Hub des Schleifkörpers, gewährleistet. Das wird erreicht, indem der während eines Hubes auftretende Maximalwert für die Schnittkraft bzw. Stützkraft erfasst und gespeichert wird. Aus den gespeicherten Werten zweier aufeinanderfolgender Hübe wird ein Mittelwert gebildet, dieser mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen. Das Vergleichsergebnis wird dergestalt zur Steuerung der Geschwindigkeit der Wälzbewegung verwendet. Der während des nächsten Hubes auftretende Maximalwert liegt nahe dem Sollwert, wobei ein ebenfalls vorgegebener Grenzwert für die Geschwindigkeit der Wälzbewegung nicht überschritten wird.

PATENTANSPRUCH

Verfahren zur adaptiven Steuerung des Zahnflankenschleifens auf Teilwälzschleifmaschinen, bei denen ein doppelkegelförmiger Schleifkörper eine Hubbewegung ausführt und bei denen die beiden Zahnflanken einer Zahnücke nacheinander bearbeitet werden, gekennzeichnet dadurch, dass der jeweils während eines Hubes des Schleifkörpers auftretende Maximalwert für die Schnittkraft bzw. Stützkraft direkt oder indirekt über die Schleifmotorantriebsleistung oder den Schleifmotorstrom erfasst und gespeichert, aus den gespeicherten Maximalwerten zweier aufeinanderfolgender Hübe ein Mittelwert gebildet, dieser mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen und das Vergleichsergebnis dergestalt zur Steuerung der Geschwindigkeit der Wälzbewegung verwendet wird, dass der während des nächsten Hubes auftretende Maximalwert nahe dem Sollwert liegt, wobei ein ebenfalls vorgegebener Grenzwert für die Geschwindigkeit der Wälzbewegung nicht überschritten wird.

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

Bekannterweise wird bei solchen Teilwälzschleifmaschinen deren doppelkegelförmiger Schleifkörper dem Zahn einer mit dem zu schleifenden Zahnrad im Eingriff befindlichen Zahnstange entspricht, die evolventenförmige Zahnflanke durch eine sich aus einem rotatorischen und einem translatorischen Anteil zusammensetzende Wälzbewegung 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 Hübe 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 Wälzbewegung abhängig. Auf Grund der geometrischen Verhältnisse nimmt bei der Wälzbewegung 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 Wälzbewegung 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 Schleifband 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 Schleifumlaufes konstanten Geschwindigkeit der Wälzbewegung 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 Wälzbewegung auf die Schleifzeit die Leistung der Teilwälzschleifmaschine begrenzt.

Weiterhin besteht ein Nachteil darin, dass durch den beschriebenen Vorlauf der der Schnittkraft proportionalen Stützkraft über der Evolvente beim Schleifen von 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 ist es, die Leistung der Teilwälzschleifmaschinen zu erhöhen und die Qualität der geschliffenen Zahnräder zu verbessern.

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. Stützkraft direkt oder indirekt über die Schleifmotorantriebsleistung oder den Schleifmotorstrom erfasst und gespeichert, aus den gespeicherten Maximalwerten zweier aufeinanderfolgender Hübe ein Mittelwert gebildet, dieser mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen und das Vergleichsergebnis dergestalt zur Steuerung der Geschwindigkeit der Wälzbewegung verwendet wird, dass der während des nächsten Hubes auftretende Maximalwert nahe dem Sollwert liegt, wobei ein ebenfalls vorgegebener Grenzwert für die Geschwindigkeit der Wälzbewegung 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. Stützkraft annähernd gleich sind und dass dadurch zum einen durch die mögliche Erhöhung der Geschwindigkeit der Wälzbewegung während des Schleifens eines Grossteils der Evolvente die Leistung der Teilwälzschleifmaschine gesteigert und zum anderen infolge der gleichmässigen auffederungsbedingten Profil-Formabweichung und durch den gleichmässigeren Verschleiss des Schleifkörpers die Qualität des Zahnrades verbessert werden kann.

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

Die während eines Hubes auftretenden Schnittkräfte bzw. Stützkkräfte werden durch an sich bekannte Messeinrichtungen direkt oder indirekt über die Schleifmotorenantriebsleistung bzw. den Schleifmotorstrom gemessen und ihr Maximalwert erfasst und gespeichert. Aus den gespeicherten

Maximalwerten zweier aufeinanderfolgender Hübe wird ein Mittelwert gebildet und dieser mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen. Dieser Sollwert für die Schnittkraft bzw. Stützkraft 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 Wälzbewegung gearbeitet. Wird der

Sollwert überschritten, so wird die Geschwindigkeit der Wälzbewegung so weit verringert, dass der während des nächsten Hubes auftretende Maximalwert nahe dem Sollwert liegt.

- 5 Dieser Vorgang wiederholt sich solange, bis der Schleifkörper beginnt, am Zahnkopf auszuschneiden. Wird dabei der Sollwert unterschritten, so wird die Geschwindigkeit der Wälzbewegung soweit erhöht, dass der während des nächsten Hubes auftretende Maximalwert wieder nahe dem Sollwert liegt. Die Erhöhung der Geschwindigkeit der Wälzbewegung kann solange erfolgen, bis deren vorgegebener Grenzwert erreicht ist, mit dem dann die Zahnflanke fertigbearbeitet wird.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65