

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 89105739.0

51 Int. Cl.4: **B24B 19/12**

22 Anmeldetag: 01.04.89

30 Priorität: 27.04.88 DE 3814124

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.11.89 Patentblatt 89/44

64 Benannte Vertragsstaaten:
DE GB

71 Anmelder: **Fortuna-Werke Maschinenfabrik GmbH**
Pragstrasse 140
D-7000 Stuttgart 50(DE)

72 Erfinder: **Wedeniwski, Horst Josef**
Beutelsbachstrasse 8/1
D-7064 Remshalden-Grunbach(DE)

74 Vertreter: **Witte, Alexander, Dr.-Ing. et al**
Witte, Weller & Hilgenfeldt Patent- und
Rechtsanwälte Augustenstrasse 7
D-7000 Stuttgart 1(DE)

54 **Verfahren zum Schleifen von Nocken einer Nockenwelle.**

57 Ein Verfahren dient zum Schleifen von Nocken (10) einer Nockenwelle. Die Nocken (10) werden um eine durch das Zentrum eines Grundkreises (15) der Nocken (10) verlaufende erste Achse (13) mit vorgegebener Winkelgeschwindigkeit (ω) gedreht. Eine Schleifscheibe (20) liegt mit einer zu der ersten Achse (13) parallelen Mantellinie (23) an den Nocken (10) an. Sie wird in Abhängigkeit von der Drehstellung (ϕ) der Nocken (10) relativ zur ersten Achse (13) entlang einer zweiten Achse (11) bewegt, die senkrecht auf der ersten Achse (13) steht. Dies geschieht derart, daß die Mantellinie (23) während der Drehung der Nocken (10) auf einer vorbestimmten Nockenkontur (15, 16, 17) wandert, wobei die Winkelgeschwindigkeit (ω) während der Drehung der Nocken (10) variiert wird. Auf diese Weise wandert die Mantellinie (23) entlang dem Grundkreis (15) mit höherer Winkelgeschwindigkeit (ω_G), entlang von Flanken (16) und einer Spitze (17) der Nocken (10) hingegen mit verminderter Winkelgeschwindigkeit (ω_F).

EP 0 339 293 A2

Um ohne Erhöhung der Gesamtschleifzeit die verbleibenden Nockenformfehler zu vermindern, wird die Winkelgeschwindigkeit (ω) im Bereiche der Spitze (17) auf einen Wert (ω_S) oberhalb der verminderten Winkelgeschwindigkeit (ω_F), jedoch

unterhalb der höheren Winkelgeschwindigkeit (ω_G) eingestellt.

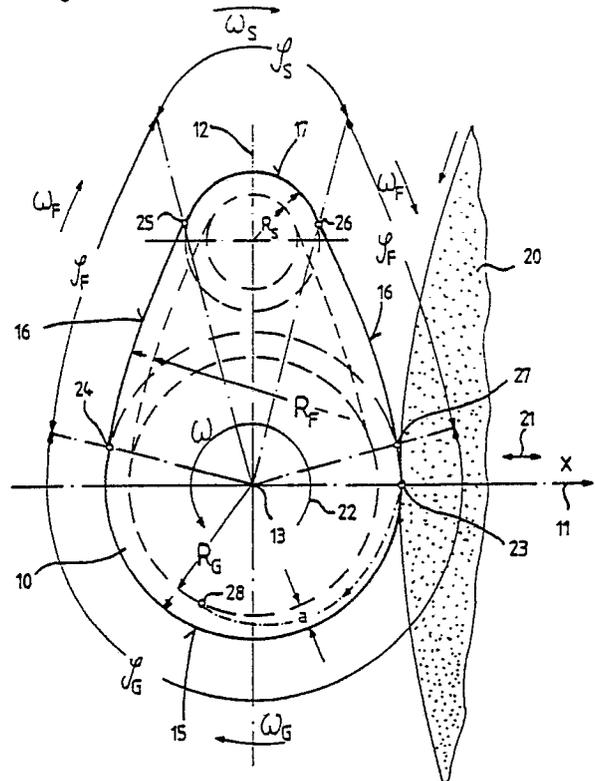


Fig.1

Verfahren zum Schleifen von Nocken einer Nockenwelle

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schleifen von Nocken einer Nockenwelle, bei dem die Nocken um eine durch das Zentrum eines Grundkreises der Nocken verlaufende erste Achse mit vorgegebener Winkelgeschwindigkeit gedreht werden und eine Schleifscheibe mit einer zu der ersten Achse parallelen Mantellinie an den Nocken anliegt und in Abhängigkeit von der Drehstellung der Nocken relativ zur ersten Achse entlang einer zweiten Achse bewegt wird, die senkrecht auf der ersten Achse steht, derart, daß die Mantellinie während der Drehung der Nocken auf einer vorbestimmten Nockenkontur wandert, wobei die Winkelgeschwindigkeit während der Drehung der Nocken variiert wird, so daß die Mantellinie entlang dem Grundkreis mit höherer Winkelgeschwindigkeit, entlang von Flanken und einer Spitze der Nocken hingegen mit verminderter Winkelgeschwindigkeit wandert.

Ein Verfahren der vorstehend genannten Art ist aus der DE-Z "Werkstatt und Betrieb", 1986, Heft 2, Seiten 133 bis 138 bekannt.

Bei dem bekannten Verfahren wird eine CNC-Nockenformschleifmaschine eingesetzt, bei der Nocken einer Nockenwelle durch insgesamt zwei Schrubb-Umdrehungen, eine Schlicht-Umdrehung sowie eine Ausfeuer-Umdrehung von einer Rohkontur auf eine vorgegebene Fertigungskontur geschliffen werden.

Ausgehend von der Rohkontur wird die Schleifscheibe am Übergang der Nockenkontur von einer Flanke zum Grundkreis an den Nocken angesetzt und dann während der ersten Drehung des Nockens um etwa 100° über das gesamte Aufmaß auf dem Grundkreis des Nockens zugestellt. Der restliche Umfang des Nockens wird dann im reinen Bahnbetrieb nach den Koordinaten der Nocken-Fertigungskontur geschliffen.

Während der Schrubb-Umdrehungen und der Schlicht-Umdrehungen wird die Winkelgeschwindigkeit der Nocken variiert und zwar mit einem trapezförmigen Verlauf über dem Drehwinkel. Im Bereiche des Grundkreises wird eine verhältnismäßig hohe Winkelgeschwindigkeit von etwa 20.000° pro Minute eingestellt. Während im Bereich der Flanken und der Spitze die Winkelgeschwindigkeit auf etwa 8.000° pro Minute abgesenkt wird. Der Übergang zwischen diesen Bereichen der Winkelgeschwindigkeit wird entlang verhältnismäßig steiler Anstiege bzw. Abfälle der Winkelgeschwindigkeit eingestellt.

Aufgrund dieser Vorgehensweise ergibt sich ein Verlauf des sogenannten bezogenen Zeitspanvolumens über dem Drehwinkel, bei dem über dem Grundkreis ein verhältnismäßig hoher und konstan-

ter Wert von etwa $40 \text{ mm}^3/\text{mm}\cdot\text{s}$ eingestellt wird. Im Bereich der ersten, auf den Grundkreis folgenden Flanke bleibt dieser Wert zunächst näherungsweise konstant und sinkt dann schlagartig auf einen Wert von etwa $5 \text{ mm}^3/\text{mm}\cdot\text{s}$ ab, um dann ebenso schlagartig am Ende der vollen Umdrehung wieder auf einen Wert von etwa $40 \text{ mm}^3/\text{mm}\cdot\text{s}$ anzusteigen.

Dieser sehr unregelmäßige Verlauf des bezogenen Zeitspanvolumens über dem Drehwinkel und insbesondere die stark schwankenden und teilweise noch sehr hohen oder wieder sehr hohen Werte im Bereich der Flanken und der Spitze führen jedoch aufgrund der unvermeidbaren Systemsteifigkeit von Nockenwelle und Schleifmaschine zu Formfehlern. Diese Formfehler haben im Bereich des Überganges vom Grundkreis auf den Nocken einen maximalen Wert.

Die vorstehend geschilderten Nockenformfehler sind, in absoluten Größen betrachtet, so klein, daß sie bei Standardanwendungen von Nocken un bemerkt bleiben. Bei zunehmenden Anforderungen an die Maßhaltigkeit, d.h. die Formtreue von Nocken, im Vergleich zu einem vom Konstrukteur gewünschten Nockenprofil, können jedoch auch diese sehr kleinen verbleibenden Nockenformfehler störend sein.

Zwar wäre es möglich, eine weitere Verminderung dieser Fehler dadurch zu erzielen, daß man die Winkelgeschwindigkeit der Nocken insgesamt vermindert, dies würde jedoch zu einem erheblichen Mehraufwand an Zeit und damit zu einer deutlichen Erhöhung der Produktionskosten führen.

Der Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art dahingehend weiterzubilden, daß die genannten Nockenformfehler ohne zusätzlichen Aufwand an Fertigungszeit noch weiter vermindert werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Winkelgeschwindigkeit im Bereich der Spitze auf einen Wert oberhalb der verminderten Winkelgeschwindigkeit, jedoch unterhalb der höheren Winkelgeschwindigkeit eingestellt wird.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird auf diese Weise vollkommen gelöst, weil sich überraschenderweise gezeigt hat, daß ein kurzzeitiges Anheben der Winkelgeschwindigkeit auf einen konstanten mittleren Wert, und zwar dann, wenn die Schleifscheibe die Spitze des Nockens schleift, eine Verminderung der Nockenformfehler bewirkt, wobei überraschenderweise sich auch die Gesamtschleifzeit der Nocken vermindert.

Die erfindungsgemäße Lehre hat damit das nicht-erwartbare Ergebnis, daß gleichzeitig die Formfehler und die Produktionszeit vermindert wer-

den, während nach herkömmlicher Denkweise diese Parameter nur gegenläufig veränderbar sind.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung nimmt die Winkelgeschwindigkeit im Bereiche des Grundkreises sowie im Bereiche der Spitze konstante Werte an, während der Bereiche der Flanken ein trapezförmiger Verlauf der Winkelgeschwindigkeit über dem Drehwinkel der Nocken eingestellt wird.

Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß durch den allmählichen Übergang des Wertes der Winkelgeschwindigkeit vom höheren auf den verminderten und dann wieder auf den mittleren Wert, und umgekehrt, dynamische Effekte vermieden werden, wie sie bei schlagartiger Umschaltung der Winkelgeschwindigkeit auftreten würden. Auch hat sich der trapezförmige Verlauf der Winkelgeschwindigkeit über dem Drehwinkel als optimal insoweit erwiesen, als dieser trapezförmige Verlauf bei Nocken üblicher Bauart an den Verlauf des Krümmungsradius der Nocken im Bereich der Flanken angepaßt ist. So führt nämlich die genannte trapezförmige Einstellung des Wertes der Winkelgeschwindigkeit über dem Drehwinkel im Bereiche der Flanken der Nocken zu einem praktisch konstanten Verlauf des bezogenen Zeitspanvolumens. Bekanntlich ändert sich das bezogene Zeitspanvolumen, unter Berücksichtigung der Systemsteifigkeit, mit dem Krümmungsradius der zu schleifenden Kontur und diese Abhängigkeit wird gerade zu einem konstanten Verlauf kompensiert, wenn die Winkelgeschwindigkeit im Bereiche der Flanken der Nocken in der genannten Weise eingestellt wird.

Besonders bevorzugt ist bei diesem Ausführungsbeispiel, wenn der Wert der Winkelgeschwindigkeit an der Spitze etwa zwei Drittel des Wertes am Grundkreis beträgt und der Wert im Bereich der Flanken auf etwa ein Drittel des Wertes am Grundkreis entlang des trapezförmigen Verlaufes abnimmt, derart, daß das bezogene Zeitspanvolumen im Bereich der Flanken sowie im Bereich der Spitze etwa konstant ist und etwa die Hälfte des bezogenen Zeitspanvolumens im Bereiche des Grundkreises beträgt.

Die vorstehend genannten Einstellwerte haben sich in der Praxis üblicher Nocken für Nockenwellen von Brennkraftmaschinen von Kraftfahrzeugen als optimal erwiesen, wobei sich versteht, daß die angegebenen Werte jeweils nur als Anhaltspunkte zu verstehen sind.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der Beschreibung und der beigefügten Zeichnung.

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den

Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht eines Nockens einer Nockenwelle mit einer abgebrochen dargestellten Schleifscheibe, die sich im Eingriff am Nocken befindet;

Fig. 2 eine perspektivische Darstellung des von einer Schleifscheibe am Nocken gemäß Fig. 1 abgespannten Materialvolumens;

Fig. 3 bis 5 Verläufe der Zustellung, der Winkelgeschwindigkeit sowie des bezogenen Zeitspanvolumens über dem Drehwinkel des Nockens gemäß Fig. 1, zur Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In Fig. 1 bezeichnet 10 insgesamt einen Nocken einer üblichen Nockenwelle für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeuges.

Der Übersichtlichkeit halber ist in den Nocken 10 ein kartesisches Koordinatensystem mit einer Abszisse 11 und einer Ordinate 12 sowie einer dazu senkrechten Achse 13 eingezeichnet. In der Fachsprache der Schleifmaschinentechnik wird die Abszisse als "X-Achse" und die zur Zeichenebene der Fig. 1 senkrechte Achse 13 als "C-Drehachse" bezeichnet.

Der Nocken 10 ist von üblicher Formgebung und weist einen Grundkreis 15, daran anschließende Flanken 16 sowie eine Spitze 17 auf. Der Grundkreisradius ist mit R_G und der Radius des sogenannten Nebenkreises im Bereiche der Spitze 17 ist mit R_S bezeichnet. Der Krümmungsradius R_F an den Flanken 16 des Nockens 10 variiert und es ist nur ein derartiger Radius R_F in Fig. 1 eingezeichnet.

Eine Schleifscheibe 20, die in Fig. 1 nur abgebrochen dargestellt ist, dreht sich um eine in Fig. 1 nicht dargestellte Achse, die üblicherweise senkrecht auf der Abszisse 11 steht, in welchem Falle eine zylindrisch geformte Schleifscheibe 20 Verwendung findet. Es sind darüberhinaus aber auch andere Anordnungen mit geneigter Schleifscheibenachse und entsprechend konisch abgerichtetem Schleifscheibenumfang bekannt. Die Schleifscheibe 20 wird in Richtung eines Pfeiles 21 in Richtung der Abszisse 11 verfahren und der Nocken 10 wird gleichzeitig in Richtung eines Pfeiles 22 um die Achse 13 gedreht.

In der Darstellung der Fig. 1 ist der Nocken 10 noch vollkommen unbearbeitet und die Schleifscheibe 20 liegt in einem ersten Punkt 23 bzw. entlang einer senkrecht durch den ersten Punkt 23 verlaufenden Mantellinie am Außenumfang, d.h. an der Rohkontur des Nockens 10 an.

Der Nocken 10 wird nun mit einer Winkelgeschwindigkeit ω , wie dies weiter unten noch im

einzelnen erläutert werden wird, in Richtung des Pfeiles 22 gedreht und die Schleifscheibe 20 wird gleichzeitig in Richtung der Abszisse x auf die Achse 13 hin zugestellt. Die Drehbewegung des Nockens 10 und die Axialbewegung der Schleifscheibe 20 entlang der Abszisse 11 sind so aufeinander abgestimmt, daß die Mantellinie bzw. der Eingriffsbereich der Schleifscheibe 20 am Werkstückrohling die gewünschte Nockenkontur erzeugt.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Beispiel ist ein Winkelbereich ϕ_G des Grundkreises bis zu einem zweiten Punkt 24 an der Rohkontur des Nockens 10 vorgesehen. Ein zweiter Winkelbereich ϕ_F der linken Flanke 16 erstreckt sich vom zweiten Punkt 24 zu einem dritten Punkt 25, ein dritter Winkelbereich ϕ_S der Spitze 17 erstreckt sich vom dritten Punkt 25 zu einem vierten Punkt 26 und ein vierter Winkelbereich ϕ_F der rechten Flanke 16 verläuft schließlich vom vierten Punkt 26 zu einem fünften Punkt 27 auf der Rohkontur des Nockens, der gleichzeitig wiederum der Anfangspunkt für den ersten Winkelbereich ϕ_G des Grundkreises 15 ist.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Beispiel beträgt der erste Winkelbereich ϕ_G des Grundkreises 15 etwas mehr als 180° , er kann jedoch auch exakt 180° betragen. Auch die Werte für die übrigen Winkelbereiche ϕ_F und ϕ_S sind lediglich beispielhaft zu verstehen.

Zum Schleifen des Nockens 10 gemäß Fig. 1 taucht die Schleifscheibe 20 vorzugsweise auf den Grundkreis 15 über das gesamte Aufmaß a von der unbearbeiteten Rohkontur auf die in Fig. 1 gestrichelt gezeichnete Fertigungskontur ein. In Fig. 1 ist ein sechster Punkt 28 auf der Fertigungskontur eingezeichnet, der dem Punkt entspricht, in dem die Schleifscheibe 20 das gesamte Aufmaß a auf den Grundkreis 15 durchgemessen hat. Vom sechsten Punkt 28 an wird die Schleifscheibe 20 relativ zum Nocken 10 im reinen sogenannten Bahnbetrieb verstellt, d.h. die Drehbewegung des Nockens 10 und die Axialbewegung der Schleifscheibe 20 sind ohne Überlagerung einer Zustellbewegung ausschließlich auf die Sollkontur des fertig zu schleifenden Nockens abgestimmt.

In Fig. 2 ist in perspektivischer Ansicht das Materialvolumen herausgezeichnet, das während des Schleifens des Nockens 10 gemäß Fig. 1 vom Werkstückrohling abzutragen ist.

Die Umfangslänge, die von der Schleifscheibe 20 im Bereiche des Grundkreises 15, der Flanken 16 sowie der Spitze 17 zu durchgemessen ist, läßt sich aus dem Produkt der jeweiligen Radien R_G , R_S bzw. R_F , und der zugehörigen Winkel ϕ_G , ϕ_S und ϕ_F , bestimmen, wobei im Falle des Krümmungsradius R_F der Flanken 16 das Integral des Radius R_{ϕ_F} über den Winkelbereich ϕ_F zu bilden ist.

Multipliziert man die so erhaltenen Umfänge mit dem Aufmaß a sowie einer Breite b des Nok-

kens 10, so erhält man die jeweiligen Zerspannungsvolumina in den vier Bereichen des Nockens 10.

Unter Berücksichtigung der jeweiligen Winkelgeschwindigkeiten ω_G , ω_F und ω_S im Bereich des Grundkreises 15, der Flanken 16 bzw. der Spitze 17 erhält man die erforderlichen Schleifzeiten für die vier Bereiche.

Aus den Zerspannungsvolumina und den Schleifzeiten läßt sich schließlich das bezogene Zeitspannvolumen für jeden der genannten Bereiche ermitteln. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, daß sich die Eingriffsbedingungen der Schleifscheibe 20 am Nocken 10 im sogenannten Erhebungsbereich, d.h. im Bereiche der Flanken 16 sowie der Spitze 17 verändern, weil die Steifigkeit des Systems, d.h. die resultierende Nachgiebigkeit der Nockenwelle und der Schleifmaschine zu berücksichtigen ist. Dies führt zu einer dynamischen Korrektur der aufgrund statischer Betrachtung ermittelten bezogenen Zeitspannvolumina.

Man kann nun durch theoretische Herleitungen zeigen, daß eine optimale Nockenformqualität erzielt wird, wenn die Winkelgeschwindigkeit ω_S im Bereiche der Spitze 17 konstant eingestellt, die Winkelgeschwindigkeit ω_F im Bereiche der Flanken 16 hingegen variiert wird. Auch kann man zeigen, daß bestimmte Verläufe der Winkelgeschwindigkeit über dem Drehwinkel bereichsweise zu konstanten Zeitspannvolumina führen.

Unter Berücksichtigung dieser Überlegungen kommt man zu Verfahrensparametern, wie sie als Verläufe über dem Drehwinkel ϕ in den Fig. 3 bis 5 dargestellt sind.

Fig. 3 zeigt dabei den Verlauf der Zustellung a über dem Drehwinkel ϕ . Wie bereits weiter oben zu Fig. 1 erläutert, wird die Zustellung a im Bereiche des Grundkreises vom ersten Punkt 23 auf den sechsten Punkt 28 vorgenommen. Dies drückt sich in einem ersten Verlauf 40 der Zustellung a in Fig. 3 aus. Die Zustellung a nimmt zunächst vom Werte Null entlang eines Anstieges 41 zu und geht dann bei einem Winkel ϕ_1 in einen flachen Bereich 42 über, der dem Endwert a des gesamten Aufmaßes des gerade vorliegenden Schleifvorganges entspricht. Der Wert a wird somit bis zum Endwert des Drehwinkels ϕ von 360° , d.h. für eine volle Umdrehung, beibehalten.

Es sei an dieser Stelle betont, daß das hier beschriebene Vorgehen entweder das Vorgehen bei einem von mehreren aufeinanderfolgenden Schleifvorgängen sein kann, wie dies beim Stand der Technik durch z.B. zwei Schruppvorgänge, einen Schlichtvorgang sowie einen Ausfeuvorgang erfolgt. Es können jedoch auch Nocken durch einen einzigen derartigen Vorgang vom Werkstückrohling auf Endmaß, geschliffen werden.

Fig. 4 zeigt einen zweiten Verlauf 50 für die

Winkelgeschwindigkeit ω , die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren angestellt wird.

Die Winkelgeschwindigkeit ω wird von einem Wert Null über einen verhältnismäßig kleinen Drehwinkel ϕ_2 von beispielsweise 20° oder 30° entlang eines steilen ersten Anstieges 51 auf einen hohen Wert ω_G eingestellt. Diesen hohen Wert ω_G behält die Schleifmaschine über einen ersten flachen Bereich 52 bis zu einem Winkel ϕ_3 von beispielsweise 180° bei. Dieser Drehwinkel von 180° entspricht im Ausführungsbeispiel der Fig. 3 bis 5 gerade dem Grundkreis-Winkelbereich ω_G .

Vom Wert ϕ_3 an wird nun die Winkelgeschwindigkeit entlang eines relativ steilen ersten Abfalles 53 vermindert, bis ein zweiter flacher Bereich 54 erreicht wird. Aus dem flachen Bereich 54 nimmt die Winkelgeschwindigkeit ω dann entlang eines zweiten Anstieges 55 wieder zu, bis ein dritter flacher Bereich 56 erreicht ist. Von diesem dritten flachen Bereich 56 nimmt die Winkelgeschwindigkeit ω dann in klappsymmetrischer Weise wieder entlang eines zweiten Abfalles 57 auf einen vierten flachen Bereich 58 ab, von dem sie dann entlang eines dritten Anstieges 59 wieder auf den hohen Wert ω_G zunimmt.

Der trapezförmige Verlauf der Bereiche 53, 54, 55 entspricht dem Winkelbereich ϕ_F der ersten Flanke 16, der dritte flache Bereich 56 entspricht dem Winkelbereich ϕ_S an der Spitze 17 und der ebenfalls trapezförmige Bereich 57, 58, 59 entspricht dem Winkelbereich ϕ_F der zweiten Flanke 16.

In dem Winkelbereich ϕ_F der Flanke 16 wird ein niedriger Wert ω_F der Winkelgeschwindigkeit ω eingestellt, während sich der dritte flache Bereich 56 im Winkelbereich ϕ_S der Spitze 17 durch einen mittleren Wert ω_S der Winkelgeschwindigkeit ω auszeichnet.

Mit 56' ist aus Gründen des Vergleiches in Fig. 4 nochmals der Winkelgeschwindigkeitsverlauf nach dem Stand der Technik aufgetragen und man erkennt, daß dort die Winkelgeschwindigkeit im Bereiche der Flanken 16 und der Spitze 17 auf einen konstanten Wert eingestellt wurde.

Fig. 4 zeigt, daß der mittlere Wert ω_S der Winkelgeschwindigkeit etwa zwei Drittel und der niedrige Wert ω_F etwas ein Drittel des Wertes ω_G im Bereiche des Grundkreises beträgt.

Fig. 5 zeigt schließlich einen dritten Verlauf 60 und zwar für das bezogene Zeitspanvolumen Q' . Das bezogene Zeitspanvolumen Q' steigt entlang eines Anstieges 61 entsprechend dem Anstieg 41 der Zustellung a in Fig. 3 an, bis beim Wert ϕ_1 des Drehwinkels ϕ von beispielsweise 100° ein Endwert Q_G' erreicht ist, der über einen ersten flachen Bereich 62 bis zum Drehwinkel ϕ_3 , beispielsweise 180° , beibehalten wird.

Bei diesem Winkelwert ϕ_3 , der zugleich dem

Ende des Winkelbereiches ϕ_G des Grundkreises 15 entspricht, vermindert sich das bezogene Zeitspanvolumen Q' wiederum entlang eines Abfalles 63, der bis zu einem Drehwinkelwert ϕ_4 andauert. Dieser Wert ϕ_4 ist dann erreicht, wenn die Winkelgeschwindigkeit ω im Verlaufe des ersten Abfalles 53 den Wert ω_S erreicht. Von dem Drehwinkelwert ϕ_4 an verläuft das bezogene Zeitspanvolumen Q' konstant entlang eines zweiten flachen Bereiches 64, dessen Wert Q_F' gleich dem Wert Q_S' ist, mit anderen Worten, das bezogene Zeitspanvolumen Q' ist auf den Flanken 16 und an der Spitze 17 konstant und gleich groß. Es wird somit über die Winkelbereiche ϕ_F , ϕ_S und ϕ_F , der Flanken 16 und der Spitze 17 konstant beibehalten.

Auch in Fig. 5 ist wiederum aus Gründen des Vergleiches mit 64' der Verlauf des bezogenen Zeitspanvolumens Q' nach dem Stand der Technik dargestellt, wie er sich also aus dem Verlauf 56' der Winkelgeschwindigkeit ω in Fig. 4 ergibt.

Aus der vorstehenden Schilderung folgt, daß die trapezförmige Einstellung der Winkelgeschwindigkeit ω in den Bereichen 53, 54, 55 bzw. 57, 58, 59 der Flanken 16 gerade die dynamische Variation des bezogenen Zeitspanvolumens Q' im Bereiche der Flanken 16 kompensiert, so daß sich der in Fig. 5 bei 64' erkennbare konstante Verlauf des bezogenen Zeitspanvolumens Q' ergibt.

Ansprüche

1. Verfahren zum Schleifen von Nocken (10) einer Nockenwelle, bei dem die Nocken (10) um eine durch das Zentrum eines Grundkreises (15) der Nocken (10) verlaufende erste Achse (13) mit vorgegebener Winkelgeschwindigkeit (ω) gedreht werden und eine Schleifscheibe (20) mit einer zu der ersten Achse (13) parallelen Mantellinie (23) an den Nocken (10) anliegt und in Abhängigkeit von der Drehstellung (ϕ) der Nocken (10) relativ zur ersten Achse (13) entlang einer zweiten Achse (11) bewegt wird, die senkrecht auf der ersten Achse (13) steht, derart, daß die Mantellinie (23) während der Drehung der Nocken (10) auf einer vorbestimmten Nockenkontur (15, 16, 17) wandert, wobei die Winkelgeschwindigkeit (ω) während der Drehung der Nocken (10) variiert wird, so daß die Mantellinie (23) entlang dem Grundkreis (15) mit höherer Winkelgeschwindigkeit (ω_G), entlang von Flanken (16) und einer Spitze (17) der Nocken (10) hingegen mit verminderter Winkelgeschwindigkeit (ω_F) wandert, dadurch gekennzeichnet, daß die Winkelgeschwindigkeit (ω) im Bereich der Spitze (17) auf einen Wert (ω_S), oberhalb der verminderten Winkelgeschwindigkeit (ω_F), jedoch unterhalb der höheren Winkelgeschwindigkeit (ω_G) eingestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Winkelgeschwindigkeit (ω) im Bereiche des Grundkreises (15) sowie im Bereiche der Spitze (17) konstante Werte (ω_G , ω_S) annimmt, während im Bereich der Flanken (16) ein trapezförmiger Verlauf der Winkelgeschwindigkeit (ω_F) über dem Drehwinkel (ϕ) der Nocken (10) eingestellt wird. 5

3 Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert (ω_S) der Winkelgeschwindigkeit (ω) an der Spitze (17) etwa zwei Drittel des Wertes (ω_G) am Grundkreis (15) beträgt und daß der Wert (ω_F) im Bereiche der Flanken (16) auf etwa ein Drittel des Wertes (ω_G) am Grundkreis (15) entlang des trapezförmigen Verlaufes abnimmt, derart, daß das bezogene Zeitspanvolumen (Q_F , Q_S) im Bereiche der Flanken (16) sowie im Bereiche der Spitze (17) etwa konstant ist und etwa die Hälfte des bezogenen Zeitspanvolumens (Q_G) im Bereiche des Grundkreises (15) beträgt. 10
15
20

25

30

35

40

45

50

55

6

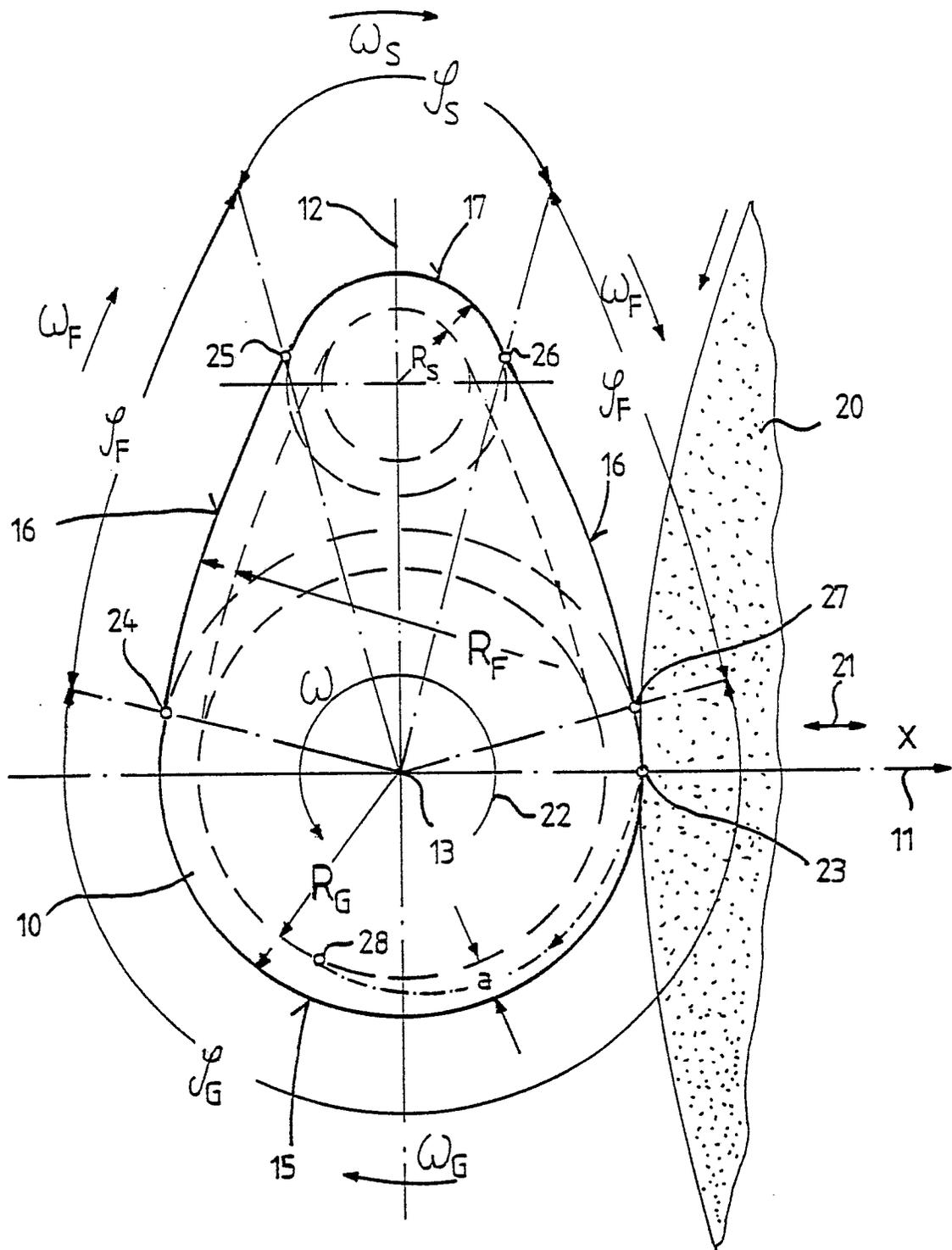


Fig.1

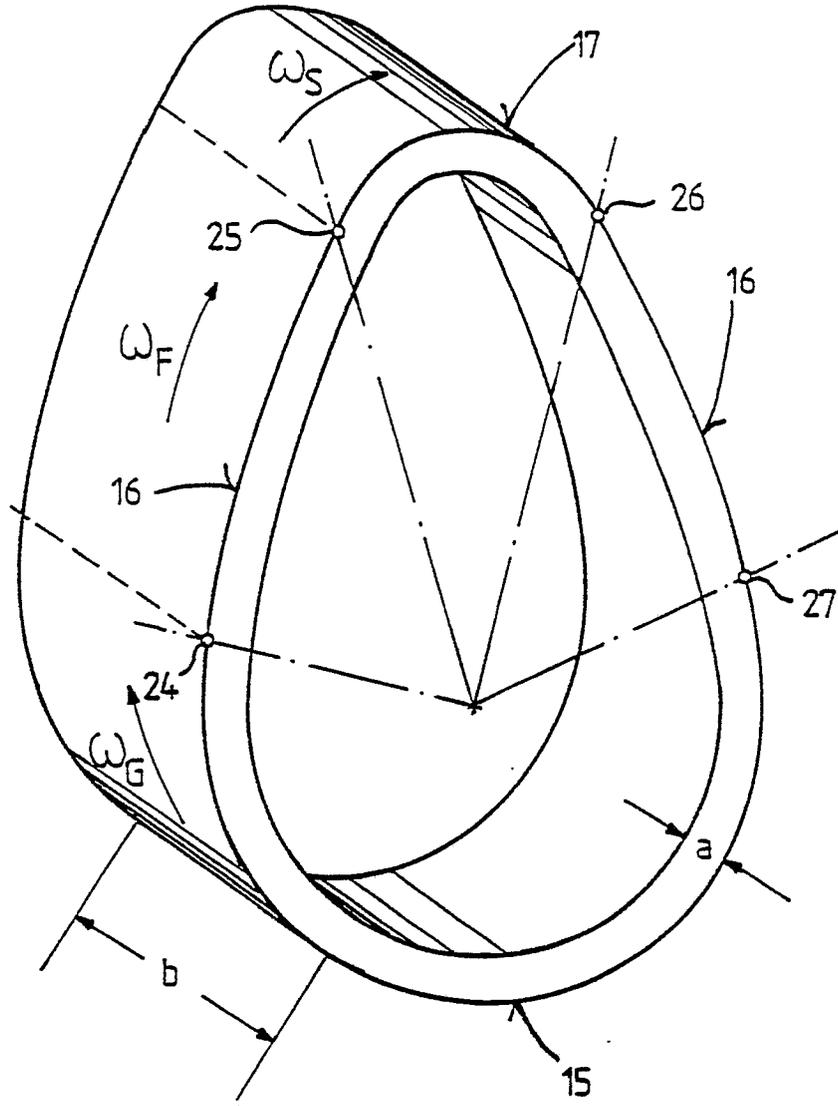


Fig.2

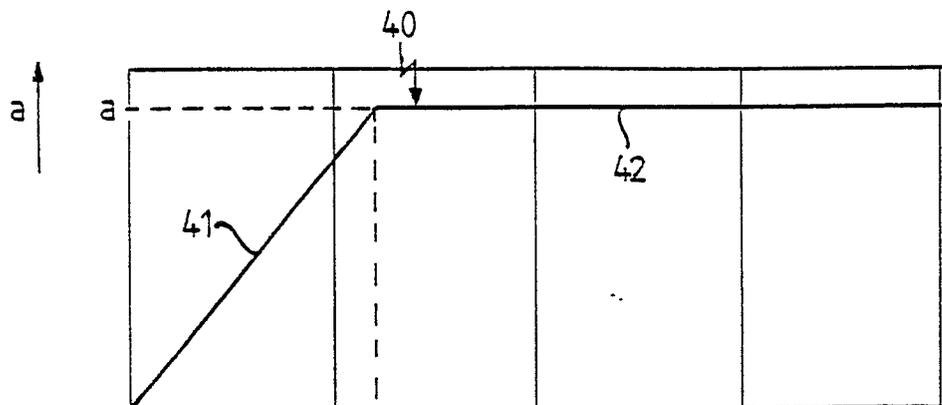


Fig.3

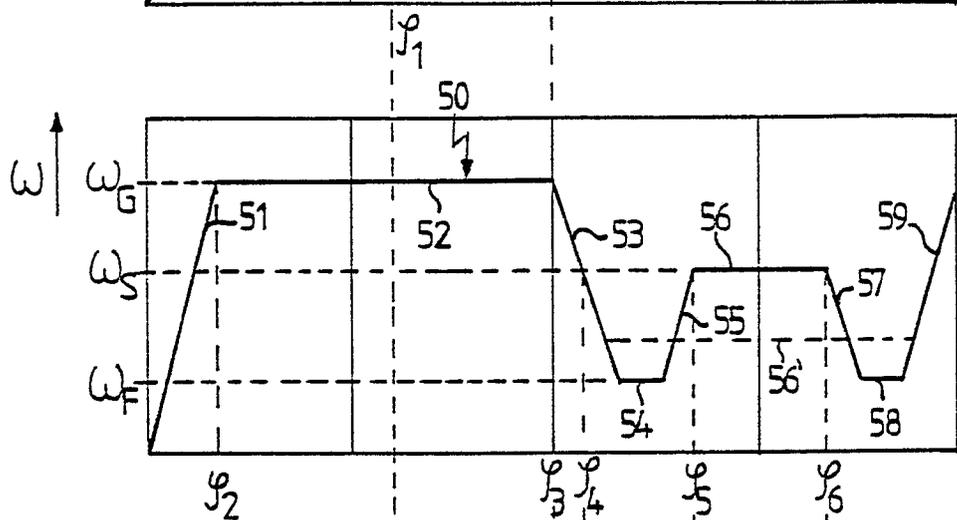


Fig.4

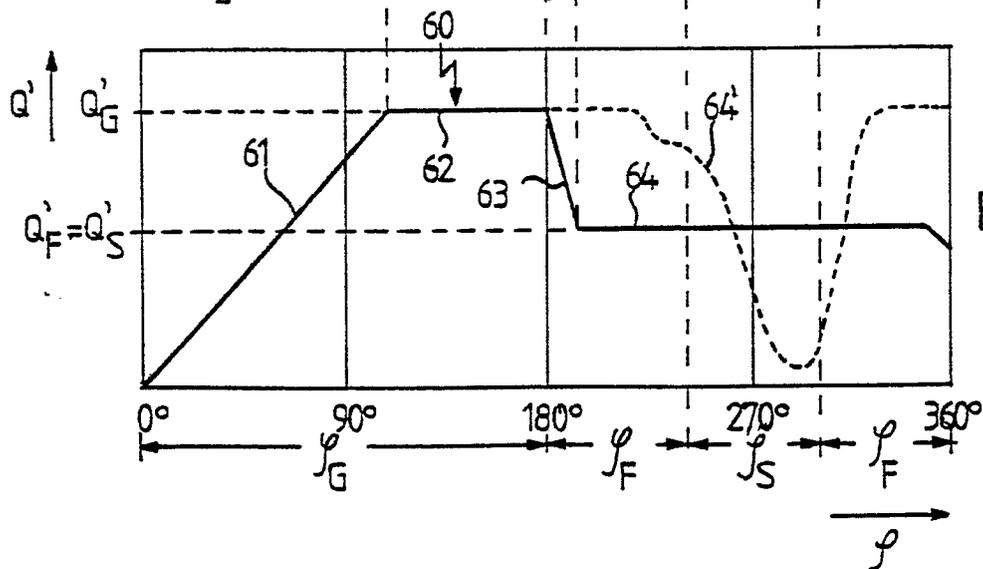


Fig.5