



(10) DE 10 2010 000 767 A1 2011.07.14

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 000 767.6**

(22) Anmeldetag: **11.01.2010**

(43) Offenlegungstag: **14.07.2011**

(51) Int Cl.: **B21H 5/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:
Universität Bremen, 28359, Bremen, DE

(74) Vertreter:
**von Ahlsen, Erwin-Detlef, Dipl.-Ing., 85354,
Freising, DE**

(72) Erfinder:
**Kuhfuß, Bernd, Prof. Dr.-Ing., 28359, Bremen,
DE; Piwek, Volker, Dr.-Ing., 28201, Bremen, DE;
Schenck, Christian, Dr.-Ing., 28359, Bremen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	29 43 968	A1
DE	82 05 946	U1
JP	63-1 37 534	A

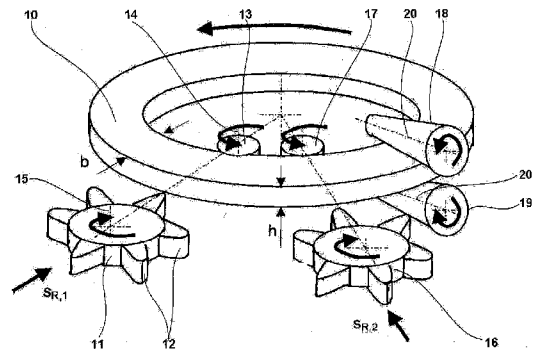
**GROCHE, P., FRITSCHKE, D.: Inkrementelle
Massivumformung. wt Werkstattstechnik online,
Jahrgang 95 (2005) H. 10, S. 798-802**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen von Maschinenelementen, insbesondere
Zahnradern**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen von Maschinenelementen, insbesondere (Groß-)Zahnradern. Um die Herstellung zu vereinfachen und damit kostengünstiger zu gestalten, ist das erfindungsgemäße Verfahren und die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Maschinenelement mindestens bis in einen endformnahen Zustand durch Umformen, insbesondere Walzen mittels einer ersten Walze (11), gebracht wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen von Maschinenelementen, insbesondere (Groß-)Zahnradern.

[0002] Die Erfindung befasst sich in erster Linie mit der Herstellung von Zahnradern, obwohl sie selbstverständlich auch für die Herstellung anderer, vergleichbarer Maschinenelemente einsetzbar ist. Besonders bevorzugtes Einsatzgebiet für die Erfindung ist die Herstellung von Großverzahnungen, wie sie zum Beispiel für Windenergieanlagen, aber auch für andere Anwendungen, benötigt werden. Solche Zahnradern werden aus Schmiederohlingen oder gewalzten Ringen hergestellt. Nach dem Erkalten wird die Verzahnung in einer Weichbearbeitung durch spanabhebende Bearbeitung erzeugt. Dieses erfolgt beispielsweise durch Wälzfräsen, Wälzstoßen oder Wälzhobeln. Diese und andere Fertigungsverfahren sind zum Beispiel in „Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau“, 14. Auflage, Springer-Verlag 1981, Seiten 1050 bis 1060 beschrieben. Im Anschluss an die spanabhebende Bearbeitung muss die Verzahnung oft noch einer Wärmebehandlung, beispielsweise einer Vergütungsbehandlung, unterzogen werden, um bestimmte Materialeigenschaften einzustellen.

[0003] Diese Art der Zahnradfertigung ist insbesondere bei der Herstellung von Großverzahnungen sehr aufwendig und damit teuer.

[0004] Hiervon ausgehend liegt der Erfindung das Problem zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Maschinenelementen vorzuschlagen, mit dem/der sich Maschinenelemente, wie beispielsweise Großzahnradern, einfach und kostengünstig herstellen lassen.

[0005] Zur Lösung dieses Problems ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass das Maschinenelement mindestens bis zu einem endformnahen Zustand durch Umformen, insbesondere Walzen mittels einer ersten Walze, gebracht wird. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist zur Lösung dieses Problems durch ein erstes Walzenpaar mit einer Formwalze, durch welche eine spezifische Form des Maschinenelementes durch Umformen formbar ist, und einer Gegenwalze zum Stützen des Maschinenelementes während der Umformung gekennzeichnet. Umformen heißt dabei nach DIN 8580, die gegebene Form eines festen Werkstücks in eine bestimmte, andere Form unter Beibehaltung von Masse und Stoffzusammensetzung zu überführen. Spanabhebende Fertigungsverfahren sind damit also nicht gemeint. Mit endformnah ist gemeint, dass nur noch eine geringe Nachbearbeitung, gegebenenfalls auch spanabhebend, erforderlich ist, um das Maschinenelement in seine endgültige Form zu bringen.

[0006] Durch das erfindungsgemäße Fertigungsverfahren wird das Maschinenelement, beispielsweise ein Großzahnrad, durch Umformen in eine endformnahe Geometrie gebracht. Eine spanende Nachbearbeitung ist deshalb, wenn überhaupt, nur noch in einem geringen Maß erforderlich. Die Fertigung wird damit erheblich vereinfacht und kostengünstiger. Wird das Maschinenelement warm umgeformt, was im Zusammenhang mit der Erfindung die Regel sein dürfte, kann die vorhandene Bauteilwärme durch gezielte Temperaturführung (Abkühlkurve) gleichzeitig dazu dienen, Materialeigenschaften zu erreichen, die bei den vorbekannten Fertigungsverfahren erst durch eine nachgelagerte Wärmebehandlung erzeugt werden müssen. Das vorgeschlagene Fertigungsverfahren integriert damit neben der Erzeugung der Bauteilgeometrie auch eine Wärmebehandlung und stellt dadurch eine weitere wesentliche Vereinfachung der Fertigung und damit einen weiteren wesentlichen wirtschaftlichen Vorteil dar. Dieses schließt aber nicht aus, dass das Maschinenelement nachfolgend doch noch einer weiteren Wärmebehandlung, insbesondere einer Oberflächenhärtung unterzogen wird, um beispielsweise seine Verschleißigenschaften zu verbessern.

[0007] Vorzugsweise wird das Maschinenelement durch Ringwalzen bis mindestens in den endformnahen Zustand bearbeitet. Das Ringwalzen bietet sich insbesondere bei der Herstellung von Großzahnradern an. Dabei sollte das Maschinenelement nur durch inkrementelles Zustellen des Umformwerkzeuges umgeformt werden, um die erforderlichen Kräfte für das Umformen in einem vertretbaren Rahmen zu halten.

[0008] Ist das Maschinenelement, wie gesagt, ein Großzahnrad, bietet sich das Ringwalzen an. In diesem Fall wird das Großzahnrad durch Zustellen des Umformwerkzeuges auf der Innenseite und/oder Außenseite umgeformt. Gleichzeitig kann das Maschinenelement durch eine weitere Walze in einer zur Umformrichtung des ersten Umformwerkzeuges verschiedenen Richtung, insbesondere senkrecht hierzu, umgeformt werden. Das Maschinenelement wird dadurch auch in dieser zweiten Richtung mindestens in den endformnahen Zustand gebracht. Das Herstellen eines Zahnrades kann konkret erfolgen, indem die Zahnform durch eine Formwalze als erste Walze an der inneren oder äußeren Mantelfläche eines Rings umgeformt wird, während die jeweils gegenüberliegende (äußere oder innere) Mantelfläche durch eine Gegenwalze als Gegendruckorgan gestützt wird. Die axialen Stirnflächen des Ringes können dabei durch ein weiteres Walzenpaar, insbesondere mit kegelförmigen Walzen, in Axialrichtung des Ringes umgeformt werden. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist nach einer konstruktiven Ausgestaltung zu diesem Zweck mit einem weiteren Walzenpaar ausgerüstet. Hierdurch wird das Zahnrad nur in einem einzigen

Bearbeitungsschritt in mehreren Umläufen des Werkstücks in seinen endformnahen Zustand gebracht, wobei das Formwerkzeug bei jedem Umlauf inkrementell zugestellt wird. Während des Umformens des Ringes in Axialrichtung sollte die Breite des Ringes in Radialrichtung, insbesondere dadurch ein gesonderter Walzenpaar mit einer weiteren Formwalze und einer zugehörigen Gegenwalze begrenzt werden. Dieses verhindert, dass der Werkstoff des Ringes durch das Walzen in Axialrichtung zu weit in Radialrichtung nach innen und/oder außen ausweicht.

[0009] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

[0010] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung mit den Erfindungsmerkmalen in perspektivischer Ansicht.

[0011] Fig. 1 zeigt als Ausgangsmaterial zunächst einen Ring 10 als Halbzeug. Dieser Ring 10 rotiert aufgrund der Einwirkung der nachfolgend zu beschreibenden Werkzeuge im Gegenuhrzeigersinn. Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird ein Großzahnrad mit einer Außenverzahnung hergestellt. An der radialen äußeren Mantelfläche des Ringes 10 ist deshalb eine Formwalze 11 angeordnet, die mit am Umfang äquidistant verteilten Zähnen 12 versehen ist. Diese Formwalze 11 bildet mit ihren Zähnen 12 eine komplementäre Form für die Zahngeometrie des aus dem Ring 10 zu fertigenden Zahnrades, ähnlich der Paarung aus einem Zahnrad und Ritzel. In Radialrichtung des Ringes 10 gesehen ist auf der Innenseite des Ringes 10 eine Gegenwalze 13 angeordnet, welche mit ihrer Rotationsachse 14 in der gleichen Ebene wie die Rotationsachse 15 der Formwalze 11 sowie die Rotationsachse des Ringes 10 liegt und parallel zu diesen verläuft. Die jeweiligen Rotationsachsen 14, 15 fluchten also in Radialrichtung des Ringes 10 gesehen zueinander. Die Gegenwalze 13 bildet damit ein Gegendruckorgan für die Formwalze 11. Die Formwalze 11 und die Gegenwalze 13 bilden damit ein erstes Walzenpaar.

[0012] In Rotationsrichtung des Ringes 10 gesehen sind hinter der Formwalze 11 und der Gegenwalze 13 eine weitere Formwalze 16 und eine zugehörige Gegenwalze 17 als Gegendruckorgan für die weitere Formwalze 16 angeordnet. Die weitere Formwalze 16 ist dabei auf der Innenseite des Ringes 10 und die Gegenwalze 17 auf der Außenseite des Ringes 10 angeordnet. Ihre Rotationsachsen liegen wiederum in der gleichen, auch durch die Rotationsachse des Ringes 10 verlaufenden Ebene und sind parallel zueinander. Die jeweiligen Rotationsachsen fluchten also wieder in Radialrichtung des Ringes 10 gesehen zueinander. Auch die weitere Formwalze 16 und die Gegenwalze 17 bilden ein Walzenpaar analog dem

Walzenpaar aus der ersten Formwalze 11 und der ihr zugehörigen Gegenwalze 13.

[0013] In Rotationsrichtung des Ringes 10 gesehen sind dann hinter den zylindrischen Walzen 16 und 17 Kegelwalzen 18 und 19 angeordnet. Ihre Rotationsachsen 20, 21 liegen in der selben Radialebene des Ringes 10. Sie bilden ebenfalls ein Walzenpaar.

[0014] Durch die Kegelwalzen 18, 19 wird der Ring 10 in Radialrichtung umgeformt, nämlich in seiner Höhe h reduziert. Dabei wird die Breite b des Ringes 10 durch die zylindrischen Walzen 16, 17 begrenzt. Die Formwalze 11 formt durch radiales Zustellen (Zustellung $S_{R,1}$) und Rotation um ihre Rotationsachse 15 die äußere Mantelfläche des Ringes 10 entsprechend der Zahngeometrie um. Entsprechend wird auch die weitere Formwalze 16 zugestellt (Zustellung $S_{R,2}$). Dabei kann sie auf das gleiche Maß wie die erste Formwalze 11, so dass sie die durch die erste Formwalze 11 erfolgte Umformung nur stützt und den bereits umgeformten Bereich kalibriert, oder inkrementell darüber hinaus, also im Sinne einer weiteren Umformung etwas enger zugestellt werden. Dabei wird die Zahngeometrie bei jedem Umlauf des Ringes 10 nur um jeweils ein Inkrement umgeformt, wodurch die erforderlichen Kräfte in einem vertretbaren Rahmen gehalten werden können. Die Formwalze 11 wird dabei soweit zugestellt, bis mindestens eine endformnahe Zahngeometrie erreicht ist.

[0015] Der vorbeschriebene Umformprozess erfolgt bei warmer Ring 10. Der Ring 10 wird einer gezielten Temperaturführung (Abkühlkurve) unterzogen, so dass gleichzeitig die Materialeigenschaften des späteren Zahnrades eingestellt werden können.

[0016] Soweit aus dem Ring 10 nach dem oben beschriebenen Verfahren das Zahnrad nicht bereits in seine Endform gebracht wird, wird es anschließend noch durch spanabhebende Nachbearbeitung, beispielsweise Schleifen, nachbearbeitet. Gegebenenfalls kann sich daran noch eine Oberflächenhärtung, beispielsweise eine Nitrierbehandlung, anschließen, um die Verschleißfestigkeit der Zahnflanken zu erhöhen.

[0017] Die Reihenfolge der vorbeschriebenen Walzenpaare 11, 13; 16, 17; 18, 19 ist willkürlich. Insbesondere kann der Ring 10 auch im Uhrzeigersinn rotieren, so dass er zunächst von den Kegelwalzen 18, 19 in seiner Höhe reduziert wird und dann erst die Formwalze 11 zum Einsatz kommt. Darüber hinaus ist es auch möglich, zwei oder mehr Formwalzen 11 einzusetzen, um so in weniger Umdrehungen des Ringes 10 das Zahnrad zu formen.

Bezugszeichenliste

10	Ring
11	Formwalze
12	Zahn
13	Gegenwalze
14	Rotationsachse
15	Rotationsachse
16	Formwalze
17	Gegenwalze
18	Kegelwalze
19	Kegelwalze
20	Rotationsachse
21	Rotationsachse
b	Breite
h	Höhe
S_R	Zustellung

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- „Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau“, 14. Auflage, Springer-Verlag 1981, Seiten 1050 bis 1060 [0002]
- DIN 8580 [0005]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Maschinenelementen, insbesondere (Groß-)Zahnradern, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Maschinenelement mindestens bis in einem endformnahen Zustand durch Umformen, insbesondere Walzen mittels einer ersten Walze (**11**), gebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Maschinenelement durch Ringwalzen bis mindestens in den endformnahen Zustand bearbeitet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Maschinenelement durch inkrementelles Zustellen eines Umformwerkzeuges (Walze **11**) umgeformt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Maschinenelement beim Ringwalzen durch Zustellen des Umformwerkzeuges (Walze **11**) auf der Innenseite und/oder Außenseite umgeformt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Maschinenelement durch eine weitere Walze (**18, 19**) gleichzeitig in einer zur Umformrichtung der ersten Walze (**11**) verschiedenen Richtung, insbesondere senkrecht hierzu, umgeformt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zum Herstellen eines Zahnrades die Zahnform durch eine Formwalze (**11**) als erste Walze an der inneren oder äußeren Mantelfläche eines Ringes (**10**) geformt wird, während die jeweils gegenüberliegende (äußere oder innere) Mantelfläche durch eine Gegenwalze (**13**) als Gegendruckorgan gestützt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die axialen Stirnflächen des Ringes (**10**) durch ein weiteres Walzenpaar, insbesondere mit kegelförmigen Walzen (**18, 19**), in Axialrichtung des Ringes (**10**) umgeformt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass während des Umformens des Ringes (**10**) in Axialrichtung die Breite (b) des Ringes (**10**) in Radialrichtung, insbesondere durch ein gesondertes Walzenpaar mit einer weiteren Formwalze (**16**) und einer zugehörigen Gegenwalze (**17**) begrenzt wird.

9. Vorrichtung zum Herstellen von Maschinenelementen, insbesondere (Groß-)Zahnradern, gekennzeichnet durch ein erstes Walzenpaar mit einer Formwalze (**11**), durch welche eine spezifische Form des Maschinenelements durch Umformen formbar ist,

und einer Gegenwalze (**13**) zum Stützen des Maschinenelementes während der Umformung.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, gekennzeichnet durch ein weiteres Walzenpaar (Walzen **18, 19**), durch welches das Maschinenelement in einer zur Umformrichtung durch das erste Walzenpaar verschiedenen Richtung, insbesondere senkrecht hierzu, gehalten und/oder umgeformt wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

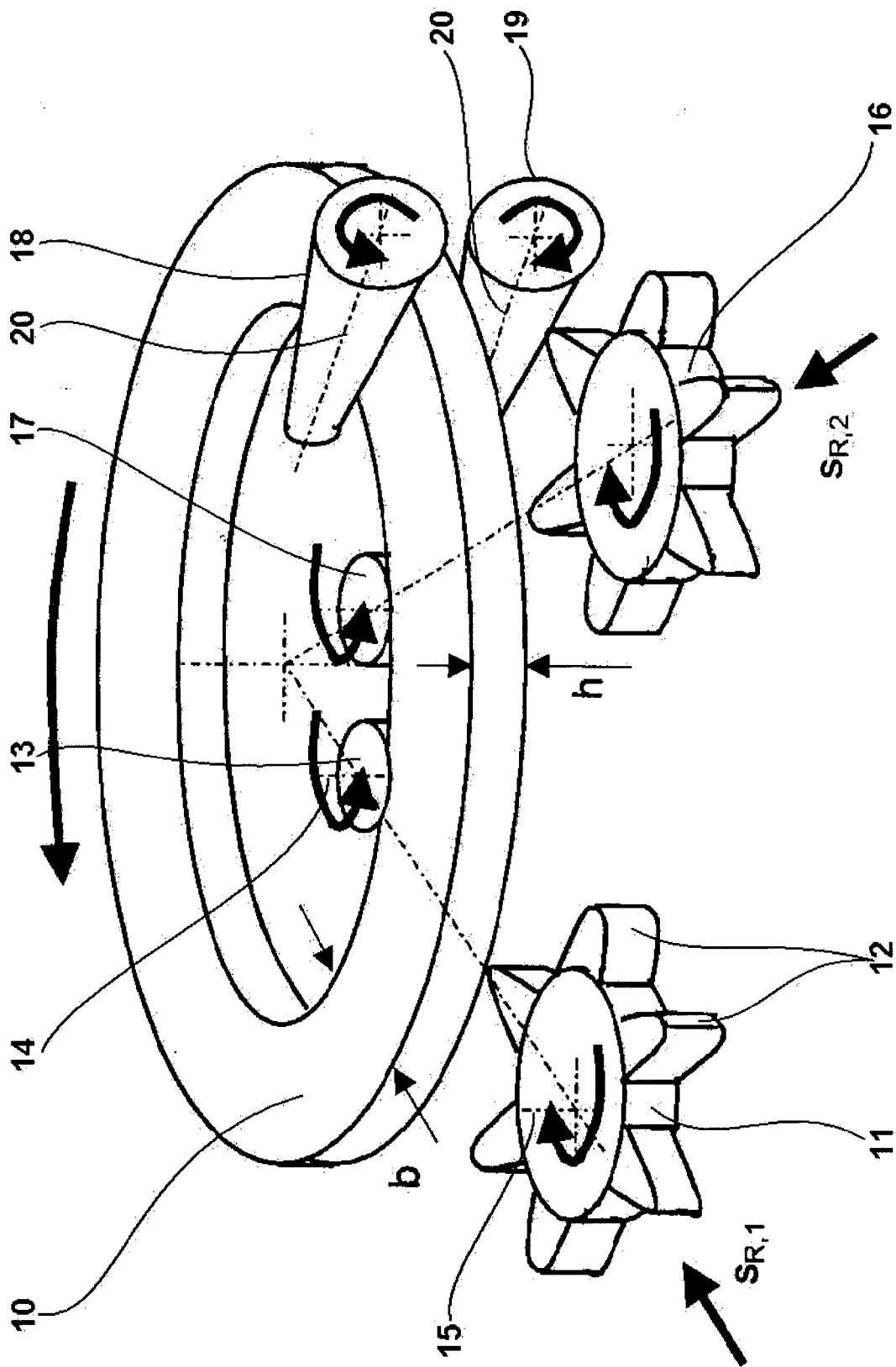


Fig. 1