

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: **88121100.7**

(51) Int. Cl.⁴: **B21K 1/30**

(22) Anmeldetag: **16.12.88**

(30) Priorität: **19.12.87 DE 3743231**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.06.89 Patentblatt 89/26

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE ES FR GB IT LI

(71) Anmelder: **Doege, Eckart, Prof. Dr.-Ing.**
Lindenweg 40
D-3005 Hemmingen 4 (Arnum)(DE)

(72) Erfinder: **Doege, Eckart, Prof. Dr. Ing.**
Lindenweg 40
D-3005 Hemmingen 4 (Arnum)(DE)
Erfinder: **Adams, B., Dipl.-Ing.**
Herrenhäuser Strasse 62
D-3000 Hannover 21(DE)

(74) Vertreter: **Selting, Günther, Dipl.-Ing. et al**
Patentanwälte von Kreisler, Selting, Werner
Deichmannhaus am Hauptbahnhof
D-5000 Köln 1(DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Schmieden von Zahnrädern.**

(57) Beim Schmieden von Zahnrädern aus massivem Metall besteht die Schwierigkeit, daß durch Reibung des Rohlingsmaterials an der Matrize die axialen Endbereiche des Zahnrades nicht vollständig ausgeformt werden, so daß die Tragfähigkeit der Zähne in den Endbereichen begrenzt ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Schmiedeverfahren anzugeben, mit dem in einem einstufigen Herstellungsprozeß Zahnräder mit hoher Tragfähigkeit der Zähne hergestellt werden können.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren tauchen von beiden Seiten her Preßstempel (20,23) in die Matrize (12) ein, so daß der Rohling (27) von entgegengesetzten Seiten her verformt wird. Dadurch tritt ein Materialfluß auch in die Endbereiche der Verzahnungsgravur (13) ein. Bei einer einfachwirkenden Presse ist die Matrize (12) vertikal verschiebbar angeordnet und der eine Preßstempel (20) ist beim Preßvorgang feststehend. Es können Zahnräder mit und ohne Mitteloch in einem einzigen Arbeitsschritt hergestellt werden.

EP 0 321 880 A2

Verfahren und Vorrichtung zum Schmieden von Zahnrädern

Die Erfindung ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Es ist bekannt, Zahnräder durch Schmieden in einer Schmiedepresse herzustellen. Ein Verfahren der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 genannten Art ist bekannt aus DE-A-35 33 426. Bei diesem Verfahren wird eine zylindrischer Rohling in den Hohlraum einer innenverzahnten Matrize eingelegt. Anschließend werden die beiden Preßstempel von entgegengesetzten Seiten her in die Matrize hineinbewegt, während die linear geführte Matrize in vertikaler Richtung frei bewegbar ist und sich aufgrund der von den Preßstempeln aufgebrachten Kräfte frei einstellt. Das Herstellen von Zahnrädern durch Stauchen von zwei Seiten erfordert relativ große Druckspannungen an den Preßstempeln. Mit dem bekannten Verfahren, bei dem beide Preßstempel bewegt werden, ist es erforderlich den Preßkörper in warmem Zustand zu behandeln. Dennoch kann mit diesem Verfahren kein Zahnrad hergestellt werden, sondern nur der Rohling für ein Zahnrad.

In der Zeitschrift "DRAHT" 36 (1985) 11, 524-528, ist als "Formstauchen" ein Verfahren zur Herstellung von Zahnrädern beschrieben, bei dem die Matrize fest auf dem Pressentisch ruht und nicht linear bewegbar geführt ist. Die Preßkraft wird von einem einzigen Pressenstempel aufgebracht. Ein erheblicher Teil der von dem Pressenstempel erzeugten Arbeit wird in Anpreßkraft der Matrize gegen den Pressentisch umgesetzt. Daher wird die aufgebrachte Energie nur zu einem geringen Teil in Verformungsarbeit umgesetzt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art derart weiterzubilden, daß Zahnräder mit gleichmäßiger Ausfüllung bis in die axialen Endbereiche der Verzahnung hinein in einem einzigen Arbeitsgang erzeugt werden können.

Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß mit den im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmalen.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden zwei Preßstempel von entgegengesetzten Seiten her in die Matrize eingeführt, wobei jedoch einer der Preßstempel ortsfest abgestützt ist und nur der andere Preßstempel bewegt wird. Die Erfindung geht von dem Gedanken aus, daß die Verformung eines Rohlings zu einem fertigen Zahnrad eine sehr schnelle Bewegung der Preßstempel erfordert, wenn eine gleichmäßige Füllung der Verzahnungsgravur erreicht werden soll. Eine solche schnelle Bewegung ist nur mit einer Presse durchführbar, die einen einzigen bewegten Preßstempel aufweist,

z.B. mit einer schnellen Spindelpresse. Die Geschwindigkeit des bewegbaren Pressenstempels sollte mindestens etwa 500 mm/s betragen. Diese Stempelgeschwindigkeit hängt natürlich von der Größe und der Geometrie des herzustellenden Zahnrades ab.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine aufeinander abgestimmte Steuerung der beiden Preßstempel nicht benötigt, so daß der damit verbundene Zeit- und Koordinierungsaufwand entfällt. Durch schnelle Bewegung des einzigen bewegten Preßstempels wird die für die Umformung erforderliche Kraft herabgesetzt. Die hohe Stempelgeschwindigkeit ermöglicht bei gleicher Stempelpresskraft eine höhere Verformungsleistung. Durch das Bewegen beider Preßstempel relativ zur Matrize werden die Fließwege des in die Verzahnungsgravur einfließenden Rohlingmaterials verkürzt. Ferner wird die Wandreibung zwischen Rohling und Matrize dadurch herabgesetzt, daß die axiale Länge des Wandreibungsbereichs im Vergleich zur Verwendung eines einzigen Preßstempels halbiert wird. Infolge der Verkürzung des Wandreibungsweges und der Fließwege wird eine bessere und gleichmäßigere Ausfüllung der Verzahnungsgravur, auch an den axialen Endbereichen, erzielt. Die nach dem Verfahren hergestellten Zahnräder sind an beiden Enden in hohem Maße verdichtet, so daß sich gerade an diesen Endbereichen eine hohe Festigkeit und Tragfähigkeit der Zähne ergibt.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich sowohl für die Kalt- als auch für die Warmverformung. Als Rohlinge werden entweder hohl- oder vollzylindrische Rohrteile benutzt, zu denen auch Sinter-, Guß- und spanend hergestellte Teile gehören. Ein besonderer Vorteil besteht darin, daß Zahnräder mit Mittelloch in einem einzigen Arbeitsgang geschmiedet werden können, ohne daß eine Nachbearbeitung erforderlich wäre. Man benutzt zu diesem Zweck einen rohrförmigen Rohling, in den ein von einem Preßstempel abstehender Dorn hineinragt. Dieser Dorn hält bei dem Schmiedevorgang die Mittelöffnung des Zahnrades von Material frei.

Nach Anspruch 7 ist der verwendete Dorn an einem Preßstempel verschiebbar. Beim Preßvorgang steht der Dorn auf dem gegenüberliegenden Werkzeug auf, um dabei teilweise in dem ihn haltenden Preßstempel zurückgedrängt zu werden. Durch einen geeigneten Antrieb wird der Dorn nach dem Umformvorgang in diesen Preßstempel eingezogen, so daß das Werkstück vom Dorn abgestreift wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist mit einer einfach wirkenden Presse durchführbar, wobei die

Matrize vertikal verschiebbar gehalten wird und einer der Preßstempel feststeht. Während des Schmiedevorgangs stellt sich die Matrize selbsttätig axial ein, um der Bewegung des bewegbaren Preßstempels zu folgen. Beide Preßstempel bewegen sich, bezogen auf die Matrize, in die Verzahnungsgravur der Matrize hinein. Diese Bewegungen müssen nicht gleichmäßig oder synchron erfolgen; wichtig ist nur, daß beide Preßstempel nach Beendigung des Preßvorgangs in dem erforderlichen Ausmaß in die Matrize eintauchen und zwischen sich nur noch den Abstand haben, der der axialen Länge der herzustellenden Zahnrades entspricht. Die Eintauchtiefen beider Preßstempel sollten einander etwa gleich sein, so daß - bezogen auf die Matrize - von beiden Seiten her das gleiche Maß an axialer Verformung des Rohlings aufgebracht wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht die Herstellung von Zahnrädern mit zylindrischer Hüllfläche in einem einstufigen Schmiedevorgang, wobei die Zähne über ihre gesamte Länge voll tragfähig sind. Hierzu gehören auch schrägverzahnzte Zahnräder, bei deren Herstellung die beiden Preßstempel gegenläufig gedreht werden.

Im folgenden wird, unter Bezugnahme auf die einzige Fig. der Zeichnung, ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

In der Zeichnung ist ein schematischer Längsschnitt durch eine Schmiedepresse zur Herstellung von Zahnrädern dargestellt.

Die Schmiedepresse weist eine starre Basisplatte 10 auf, auf der die Führungsvorrichtung 11 für die Matrize 12 fest montiert ist. Die Matrize 12 besteht aus einem massiven Block, der einen durchgehenden axialen Kanal mit der Verzahnungsgravur 13 enthält. Dieser Kanal hat über die gesamte Länge konstanten Querschnitt.

Die Matrize 12 ist in der Führungsvorrichtung 11 seitlich geführt, so daß sie sich nur in vertikaler Richtung bewegen kann. Zu diesem Zweck weist die Führungsvorrichtung 11 aufragende Seitenwände 14 auf, an deren Innenseiten vorgespannte Kugelhülsen 15 bekannter Bauart vorgesehen sind. Die Kugelhülsen 15 enthalten zahl reiche Kugeln, die bei einer Vertikalbewegung der Matrize 12 zwischen deren Außenwand und der Seitenwand 14 abrollen und in einem geschlossenen Kreislauf an das andere Ende einer Kugelreihe zurückgeführt werden. Mit solchen Kugelhülsen ist eine präzise Linearführung der Matrize 12 möglich. Auf dem an der Basisplatte 10 anliegenden Boden 16 der Führungsvorrichtung 11 ist über Federn 17 oder über eine andere nachgiebige Druckvorrichtung die Matrize 12 abgestützt. Die Federn 17 drücken die Matrize 12 entgegen dem Matrizengewicht gegen eine Anschlagvorrichtung 18 am oberen Ende der Führungsvorrichtung 11, so daß die Matrize 12

normalerweise im angehobenen Zustand gehalten wird. In diesem Zustand ragt der untere Preßstempel 20, der mit einem Kragen 21 auf der Basisplatte 10 abgestützt ist, ein kurzes Stück in das untere Ende des Kanals der Matrize 12 hinein, wobei die Außenverzahnung 22 des Preßstempels 20 sich passend in die Verzahnungsgravur 13 einfügt.

Der obere Preßstempel 23 ist mit einem Halter 33 an dem bewegbaren Stempel 34 der einfachwirkenden Presse befestigt. Auch der obere Preßstempel 23 hat eine die Hohlräume der Verzahnungsgravur 13 ausfüllende Außenverzahnung 24.

Die in der Zeichnung dargestellte Vorrichtung dient zur Herstellung von Zahnrädern mit Mittelloch. Daher steht von dem unteren Ende des oberen Preßstempels 23 ein zylindrischer Dorn 25 nach unten ab. Das untere Ende des Dornes 25 ragt in eine Sackbohrung 26 des unteren Preßstempels 20 hinein.

In den Kanal der Matrize 12 wird bei angehobenem oberen Preßstempel 23 der rohrförmige Rohling 27 aus massivem Stahl eingesetzt. Der Innendurchmesser des Rohlings 27 ist etwas größer als der Außendurchmesser des Dornes 25 und der Außendurchmesser des Rohlings ist etwas kleiner als der Kopfdurchmesser der Verzahnungsgravur 13, so daß der Rohling ohne Krafteinwirkung in die Matrize 12 eingesetzt werden kann.

Wenn die Matrize durch Absenken des oberen Preßstempels 23 geschlossen wurde, beginnt der Verformungsvorgang, bei dem - bezogen auf die Basisplatte 10 - ausschließlich der obere Preßstempel 23 bewegt wird. Dabei stützt sich der Rohling 27 zunächst auf dem unteren Preßstempel 20 ab. Das Material des Rohlings 27 fließt radial in die Hohlräume der Verzahnungsgravur 13 hinein. Infolge der dabei auftretenden Wandreibung zwischen Rohling und Matrize, wird die Matrize 12 im weiteren Verlauf des Preßvorgangs mitgenommen und die Federn 17 werden zusammengedrückt. Hierbei dringt der feststehende untere Preßstempel 20 zunehmend in die Matrize 12 ein, während der obere Preßstempel 23 ebenfalls eindringt. Auf diese Weise wird der im Mittelbereich seiner Länge durch Wandreibung an der Verzahnungsgravur 13 festgeklemmte Rohling von beiden Seiten her gestaucht.

Da die Verschiebebewegung der Matrize 12 entscheidend von der Reibung zwischen Rohling 27 und Matrize abhängt, ist an der Matrize 12 eine Anschlagvorrichtung 30 vorgesehen, die nach Erreichen der vorgesehenen Eindringtiefe des Preßstempels 23 in die Matrize mit dem Halter 33 zusammenwirkt, um ein weiteres Eindringen zu verhindern. Wenn im Falle einer geringen Wandreibung der Halter 33 gegen die Anschlagvorrichtung 30 stößt, wird die Matrize 12 im weiteren Verlauf vom Halter 33 nach unten bewegt.

Eine zweite Anschlagvorrichtung 31 ist am Bo-

den 16 der Führungsvorrichtung 11 angeordnet. Im Falle zu großer Wandreibung zwischen Rohling 27 und Matrize 12, wird die Matrize 12 durch diese Wandreibung mitgenommen, jedoch verhindert die Anschlagvorrichtung 31, daß der untere Preßstempel 20 über das vorgesehene Maß hinaus in die Matrize 12 eindringt. Die freien Weglängen zwischen der Anschlagvorrichtung 30 und dem Halter 33 einerseits und der Matrize 12 und dem Anschlag 31 andererseits sind einander gleich. Die Summe dieser freien Weglängen ist gleich dem axialen Verformungsweg des Rohlings 27. Aus dem Vorstehenden ergibt sich, daß auch bei extrem großer oder extrem kleiner Reibung zwischen Rohling und Matrize die Eindringbewegungen der Preßstempel 20 und 23 in die Matrize durchgeführt werden, wobei in den genannten Fällen lediglich beide Eindringbewegungen nacheinander erfolgen.

Zum Auswerfen des fertigen Zahnrades aus der Matrize 12 wird der untere Preßstempel 20 benutzt. Dieser Preßstempel ist zusammen mit dem Kragen 21 an einer Auswerferstange 32 befestigt, die durch eine Bohrung der Basisplatte 10 verläuft und hochgefahren werden kann. Nach dem Auswerfen des Werkstücks befindet sich die Matrize 12 in ihrer oberen Endstellung in Anlage an der Anschlagvorrichtung 18. Die axiale Länge des Preßstempels 20 entspricht etwa derjenigen der Matrize 12, so daß das Werkstück vollständig ausgeschoben werden kann.

Bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel dient der Dorn 25 zum Freihalten des Mittel Lochs des herzustellenden Zahnrades. Da der Dorn bereits vor Beginn des Verformungsvorgangs mit seinem unteren Ende in die Bohrung 26 hineinragt, wird er über den gesamten Verformungsweg von dem unteren Preßstempel 20 seitlich abgestützt und geführt. In dem Zahnrad steht kein dünnwandiger Spiegel, der in einem separaten Herstellungsvorgang entfernt werden müßte. Vielmehr bleibt das Mittel Loch, das von Anfang an schon im Rohling vorhanden ist, völlig frei.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wurden Zahnräder auf einer sehr schnellen Maschine gefertigt, bei der die Stempelgeschwindigkeit $v = 500 \text{ mm/s}$ betrug. Die Zähnezahzahl des herzustellenden Zahnrades betrug 13, der Modul 1,25 und der Innenlochdurchmesser 10 mm. Die gemessene Spannung auf den Preßstempeln betrug ca. 1500 N/mm^2 . Die Rohlinge waren erwärmt. Bei kalten Rohlingen würde sich die Spannung auf den Preßstempeln um etwa den Faktor 2 bis 3 vergrößern.

Ansprüche

1. Verfahren zum Schmieden von Zahnrädern, bei welchem ein im wesentlichen zylindrischer Rohling (27) in einer linear bewegbar geführten Matrize (12) durch von beiden Enden, her in die Matrize (12) eintauchende Preßstempel (20,23) verformt wird,

dadurch gekennzeichnet,

daß einer der Preßstempel (20) ortsfest abgestützt und nur der andere Preßstempel (23) bewegt wird.

2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einer Presse, die zwei Preßstempel (20,23) aufweist, und einer Matrize (12), die in der Presse in Hubrichtung verschiebbar an einer linearen Führungsvorrichtung (11) angebracht ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Matrize (12) in Richtung auf den bewegbaren Preßstempel (23) nachgiebig vorgespannt ist und daß der andere Preßstempel (20) fest an der Presse abgestützt ist und eine Verzahnung (22) aufweist, die in eine Verzahnungsgravur (13) der einteiligen Matrize (12) hineinragt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die maximale Eintauchtiefe des bewegbaren Preßstempels (23) in die Matrize (12) durch eine Anschlagvorrichtung (30) begrenzt ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die maximale Eintauchtiefe des festen Preßstempels (20) in die Matrize (12) durch eine Anschlagvorrichtung (31) begrenzt ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der feste Preßstempel (20) etwa dieselbe Länge hat wie die Matrize (12) und daß die Führungsvorrichtung (11) eine Anschlagvorrichtung (18) aufweist, welche das Zurückweichen der Matrize vom festen Preßstempel (20) beim Auswerfen des Zahnrades begrenzt.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß an einem der Preßstempel ein axialer Dorn (25) vorgesehen ist, der in einen axialen Kanal (26) des anderen Preßstempels (20) eintaucht.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß an einem der Preßstempel ein axialer Dorn vorgesehen ist, der in einem axialen Kanal dieses Preßstempels einziehbar ist.

