(11) **EP 1 125 655 A2** 

(12)

# **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag: 22.08.2001 Patentblatt 2001/34

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **B21D 53/28**, B21H 5/02

(21) Anmeldenummer: 01102738.0

(22) Anmeldetag: 07.02.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 08.02.2000 DE 10005438

(71) Anmelder: PSW Press- und Schmiedewerk GmbH 09618 Brand-Erbisdorf (DE)

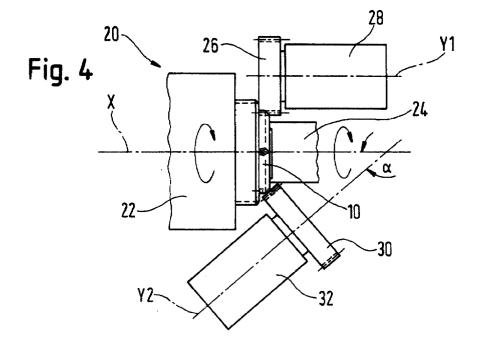
(72) Erfinder: Tittmann, Uwe 08149 Vielau (DE)

(74) Vertreter: HOFFMANN - EITLE Patent- und Rechtsanwälte Arabellastrasse 4 81925 München (DE)

# (54) Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung einer Aussenverzahnung an einem rotatorisch gelagerten Werkstück

(57) Ein Verfahren zur Herstellung eines Getrieberades (10) mit einer Kupplungsverzahnung mit axialem Hinterschnitt und einer dachförmigen Einlaufgeometrie besteht darin, den Zahnradrohling in Rotationsbewegung zu bringen und profilierte Umformwerkzeuge in

Gestalt von außenverzahnten Rollen, Zahnstangen oder innenverzahnten Hohlwalzen abwälzend in Eingriff mit dem Material zu bringen und durch radiale bzw. axiale Zustellbewegung die entsprechende Umformung einzuleiten.



# **Beschreibung**

# Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen der Kupplungsverzahnung an Gangrädern von Schaltgetrieben (Fig.1).

[0002] Zahnräder mit einer solchen Kupplungsverzahnung werden z.B. in manuell geschalteten Getrieben eingesetzt. Sie sind in der Regel drehbar auf der Getriebewelle gelagert. Eine Drehmomentübertragung von und zur Getriebewelle wird erst ermöglicht, wenn eine Schaltmuffe axial bewegt wird und in die Kupplungsverzahnung einrastet. Durch den Hinterschnitt an der Außenverzahnung wird verhindert, daß die Schaltmuffe im Fahrbetrieb außer Eingriff kommt.

Die Kupplungsverzahnungen dieser Gangräder sollen allgemein eine spezielle Geometrie zum leichten Einrasten der Schaltmuffe sowie eine Außenverzahnung mit axialem Hinterschnitt zur sicheren Drehmomentübertragung von und zur Schaltmuffe aufweisen.

# Stand der Technik

[0003] In der Technik sind mehrere Verfahren bekannt, Verzahnungen mit einer solchen Geometrie herzustellen. Dabei muss einerseits die Geometrie an der Zahnradstirnseite, die ein leichtes Einrasten ermöglicht, und andererseits der axiale Hinterschnitt zur Sicherung der Drehmomentenübertragung hergestellt werden. Insbesondere ist es bekannt, diese Geometrien durch eine spanende Formgebung zu erzielen, beispielsweise durch Wälzstoßen.

[0004] Ein Zerspanungswerkzeug, wie beispielsweise ein Schneidrad, führt eine oszillierende Bewegung in einem leichten Winkel zur Zahnradlängsachse sowie eine Zustellbewegung radial dazu aus. Gleichzeitig führen Zahnrad und Werkzeug eine Rotationsbewegung aus, so daß durch Abwälzung der beiden Körper unter Spanabtrag die erforderliche Evolventenform mit Hinterschnitt entsteht.

**[0005]** Ein anderes Verfahren besteht darin, daß eine separate Blechscheibe hergestellt wird, die eine solche Verzahnung trägt und diese Blechscheibe an den Zahnradgrundkörper angeschweißt wird. In diesem Falle wird die Verzahnung in der Regel durch Feinstanzen eingebracht.

[0006] Aus der DE 4335505 C1 ist es bekannt, gerade Außenverzahnungen durch ein Rollverfahren herzustellen, bei dem verzahnte Formrollen axial in Relation zum rotierenden Werkstück bewegt werden, wobei die Formrollen durch einen sogenannten Vorsetzer, der eine Außenverzahnung trägt, zum Werkstück synchronisiert werden. Dieses Verfahren eignet sich für Außenverzahnungen, deren Flankenlinien parallel zur Werkstückachse verlaufen, nicht jedoch für die Erzeugung der hier beschriebenen Zahnform.

[0007] Ein weiterer bekannter Lösungsansatz, der es

ermöglicht, das gesamte Zahnrad aus einem Stück zu fertigen, ist ein Kalibrieren der Zähne in einem Pressenwerkzeug, bei dem einzelne Zahnsegmente durch radiale und/oder axiale Bewegungen in das Werkstück eingeprägt werden. Solche Segmentwerkzeuge sind sehr kompliziert und teuer und haben eine geringe Standzeit. Außerdem ist es damit sehr schwierig, die meist sehr engen Verzahnungstoleranzen herzustellen. [0008] Aus der DE 22 54 460 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen von Kupplungszahnräder mit Eingriffssicherung bekannt. Dabei wird ein Rollrad mit einem Kupplungszahnrad zu einem Rollvorgang gebracht, wobei die Achsen des Rollrads und des Kupplungszahnrads parallel ausgerichtet sind. Die Form des Rollrads, einschließlich der Hinterscheidung, entspricht der Zahnform, die auf dem Zahnrad erzeugt werden soll. [0009] Aus der DE 198 09 039 A1 ist ebenfalls ein Verfahren zum Anbringen von Hinterschneidungen an einzelnen Zahnflanken in einer Innenverzahnung von Schiebemuffen bekannt. Dabei wird der metallische Werkstoff mittels plastische Umformung durch Hinterrollen und/oder Drücken verformt, so dass an der einzelnen zu hinterschneidenden Zahnflanke sowohl Teilflächen mit als auch an erstere angrenzende Teilflächen ohne Auszugssperrfunktion vorgeformt werden und anschließend beim Hinterschneiden plastifizierter Werkstoff aus den Bereichen der Teilflächen mit Sperrfunktion heraus- und in als Ausnehmung der Flächen Rücknahme ausgebildete Teilflächen ohne Sperrfunktion hineingedrückt wird.

### Darstellung der Erfindung

[0010] Ausgehend von der Tatsache, dass lineare Pressenwerkzeuge zur Herstellung des Hinterschnitts ungeeignet und Segmentwerkzeuge teuer und unpräzise sind, liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein wirtschaftliches Verfahren und eine Vorrichtung vorzuschlagen, die es ermöglichen, mit einfachen Werkzeugen durch spanlose Fertigung in hoher Qualität Außenverzahnungen herzustellen, die durch eine seitliche spezielle Einlaufgeometrie und eine axiale Hinterschneidung geeignet sind, das Ein- und Auskuppeln von Gangrädern in Schaltgetrieben darzustellen.

[0011] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 oder 3 bzw. eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 11 oder 12 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind durch die übrigen Ansprüche gekennzeichnet.

**[0012]** Die Vorrichtung umfasst eine drehbar gelagerte Spindel, auf der mittels eines Spannfutters das Werkstück eingespannt ist. Diese Spindel wird gemeinsam mit dem Futter und dem Werkstück in eine Drehbewegung versetzt.

Umformwerkzeuge in Gestalt von außenverzahnten Rollen, linear beweglichen Zahnstangen oder innenverzahnten Hohlrädern werden mit dem Werkstück in Eingriff und zu einer Abwälzbewegung auf dem Werkstück

gebracht. Durch anschließende mindestens radiale und gegebenenfalls axiale Bewegung dieser Werkzeuge zum Werkstück hin wird eine abwälzende Werkstückumformung eingeleitet. Die axiale Zustellbewegung bzw. die kombinierte axiale/radiale Zustellbewegung wird erforderlich, wenn die Drehachsen des Werkstücks und des Werkzeugs zueinander parallel verlaufen, um den Hinterschnitt zu erzeugen. Dabei kann die Drehbewegung durch Antrieb der Spindel oder durch Antrieb des Umformwerkzeuges erfolgen. Wichtig ist die mit dem Abwälzen des Zahnprofils einhergehende Zustellung des Umformwerkzeuges.

[0013] In dieser Beschreibung wird mit dem Begriff axial diejenige Richtung angesprochen, die parallel zur Werkstückdrehachse in der Werkstückdrehachse verläuft. Entsprechend wird als eine rein radiale Richtung eine Richtung angesehen, die radial zur Werkstückdrehachse verläuft. Eine kombinierte radiale und axiale Richtung liegt entsprechend dann vor, wenn das Werkzeug in Richtung auf die Werkstückdrehachse zu bewegt wird, wobei es eine Richtung folgt, die durch eine rein radiale und eine rein axiale Richtung aufgespannt wird.

[0014] Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, eine Verzahnung mit Hinterschnitt an einem Zahnrad durch ein Umformverfahren herzustellen, wobei die Verwendung eines Segmentwerkzeugs umgangen wird. Segmentwerkzeuge sind insbesondere insofern ungünstig, daß ein Preßvorgang mit Segmenten in der Regel mit hohen Toleranzen verbunden ist. Andererseits macht es die Hinterschneidung unmöglich, gewöhnliche, lineare Pressen einzusetzen. Gleichzeitig soll möglichst eine spezielle Geometrie an der Stirnseite des Zahnrads erzeugt werden, die ein leichtes Einrasten der Schaltmuffe ermöglicht. Eine solche Geometrie, die ein leichtes Einrasten ermöglicht, ist z. B. eine dachförmige Gestaltung der Stirnseite oder eine bogenförmige Abrundung.

[0015] Indem das Umformwerkzeug so an einer Zustelleinrichtung angebracht wird, daß eine kombinierte radiale und axiale Zustellbewegung des Werkzeugs zum Werkstück durchgeführt wird und gleichzeitig das Werkstück einer Drehbewegung ausgesetzt wird, ist es möglich, eine Verzahnung mit axial hinterschnittenen Zahnflanken in einem axial hinterschnittenen Bereich eines einteiligen Zahnrads herzustellen. Neben der Rotationsbewegung, die sowohl das Werkstück als auch das Umformwerkzeug um ihre jeweiligen Achsen ausführen, die entweder zueinander parallel sind oder zueinander unter einem Winkel  $\alpha$  verlaufen, der größer als 0° ist, ist es wesentlich, daß die Zustellbewegung des Werkzeugs mindestens in radialer Richtung erfolgt. Eine axiale Zustellbewegung zusätzlich zur radialen Bewegung kann entfallen, wenn die Drehachsen des Werkzeugs und des Werkstücks nicht parallel zueinander verlaufen. Weiterhin ist es möglich, daß das Werkzeug zusätzlich eine Bewegung ausführt, die senkrecht zu der Ebene ist, die durch die Rotationsachse und die

Richtung der Zustellbewegung aufgespannt ist.

[0016] Selbstverständlich können mehrere Werkzeuge gleichzeitig eingesetzt werden, die zueinander parallele Drehachsen besitzen und ähnliche Zustellbewegungen ausführen. Bei der Anordnung, in der Werkstükke und Werkzeug nicht parallele Drehachsen aufweisen, können die Drehachsen mehrerer Werkzeuge zueinander ebenfalls unter einem Winkel angeordnet sein. Eine Anordnung, die wie oben beschrieben ist, ermöglicht es, ein Zahnrad mit einem hinterschnittenen Bereich und axial hinterschnittenen Zahnflanken in dem hinterschnittenen Bereich aus einem Stück durch ein Umformverfahren herzustellen, wobei prinzipiell ein einziges Umformwerkzeug ausreichend ist, um die Einrastgeometrien und die hinterschnittene Außenverzahnung zu erzeugen. Somit kann eine Verzahnung mit geringen Toleranzen an einem Zahnrad angebracht werden, nachdem eine erste Außenverzahnung durch ein herkömmliches Verfahren gebildet worden ist.

[0017] Nach einer bevorzugten Ausführungsform ist es somit möglich, neben dem ersten Umformwerkzeug mindestens ein weiteres Umformwerkzeug an der Vorrichtung anzubringen. Dieses weitere Umformwerkzeug, auch als zweites Umformwerkzeug bezeichnet, kann dazu dienen eine spezielle Einlaufgeometrie, z. B. Dachform, an den Zahnflanken zu formen. Alternativ kann es beispielsweise das erste Umformwerkzeug beim Einbringen der axialen Hinterschneidung und der Einlaufgeometrie unterstützen. Diese spezielle Einlaufgeometrie erleichtert das Einrasten einer Schaltmuffe. Selbstverständlich ist es möglich, nicht nur ein einzelnes dieser zweiten Werkzeuge vorzusehen, sondern gegebenenfalls mehrere.

[0018] Ein zweites Werkzeug kann dabei mit dem ersten Umformwerkzeug oder aber nach bzw. vor ihm in zeitlicher Abfolge eingesetzt werden. Dies führt dazu, wenn das zweite Umformwerkzeug z. B. zum Abstellen einer Einlaufgeometrie verwendet wird, dass die Umformung der Einlaufgeometrie zeitgleich mit dem Formen der hinterschnittenen Zahnflanken durchgeführt wird, oder aber in sequentiell aufeinanderfolgenden Schritten. Das Werkzeug bzw. die Werkzeuge zum Anbringen der Einlaufgeometrie, z. B. Dachform, führen bei der Umformung ebenfalls eine Drehbewegung um eine Rotationsachse aus. Die Rotationsachse verläuft abhängig von der Einlaufgeometrie in der Regel in einem Winkel zur Rotationsachse des Zahnradrohlings, der größer als 0° ist. Ferner führt das Umformwerkzeug zusätzlich eine in der Regel radiale Zustellbewegung aus. Beim Umformverfahren zur Erzeugung der Einlaufgeometrie ist ferner eine translatorische Bewegungskomponente in der Zustellbewegung des zweiten Umformwerkzeugs enthalten, die parallel zur Rotationsachse des Zahnradrohlings ist.

[0019] Das Verfahren zur Herstellung des Zahnrads mit einem axial hinterschnittenen Bereich, in dem eine Außenverzahnung hinterschnittene Zahnflanken aufweist, kann nach einer bevorzugten Ausführungsform

den Schritt des Vorformens der Zähne im hinterschnittenen Bereich vor dem endgültigen Umformverfahren umfassen. Dies ist insofern vorteilhaft, als bei einer groben Vorformung der Verzahnung die abschließende Umformung weniger aufwendig ist und somit weniger Zeit beansprucht. Weiterhin ist in der Regel bei dem beschriebenen Umformverfahren eine grobe Vorformung und eine anschließende Ausformung kostengünstiger als eine Ausgestaltung der Verzahnung im hinterschnittenen Bereich aus einem nicht vorgeformten, kreisrunden Rohling.

[0020] Bevorzugterweise ist die Vorrichtung so gestaltet, daß eine Antriebsvorrichtung den Zahnradrohling während der Bearbeitung antreibt. In der Regel ist die Gestaltung derart, daß eine Spanneinrichtung in eine Rotationsbewegung versetzt wird, und somit der auf der Spanneinrichtung gespannte Zahnradrohling mitbewegt wird. Es ist bei einem Antreiben der Spanneinrichtung für den Zahnradrohling möglich, das oder die Werkzeuge durch eine Abwälzbewegung passiv mitzubewegen. Somit ist es nicht erforderlich, die Werkzeuge, zumindest was die Rotationsbewegung der Werkzeuge betrifft, eigenständig anzutreiben. Die Werkzeuge bzw. die Zustelleinrichtung, auf der die Werkzeuge befestigt sind, muß jedoch über einen geeigneten Mechanismus in der Lage sein, die mindestens radiale und gegebenenfalls axiale Zustellbewegung, die bei dem erfindungsgemäßen Verfahren erforderlich ist, auszufüh-

[0021] Andererseits ist nach einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform eine Antriebsvorrichtung für das oder die Umformwerkzeuge vorgesehen. Prinzipiell sind hier zwei Möglichkeiten denkbar, nämlich einerseits, daß die Antriebsvorrichtungen für die Umformwerkzeuge zusätzlich zu der Antriebsvorrichtung für die Spanneinrichtung und damit das Werkstück vorgesehen sind, oder andererseits, daß die Antriebsvorrichtung für das Umformwerkzeug oder die Umformwerkzeuge vorgesehen sind, ohne eine Antriebsvorrichtung für die Spanneinrichtung vorzusehen. Im ersten Fall ist zusätzlich vorteilhafter Weise eine Synchronisationseinrichtung vorgesehen, die es ermöglicht und sicherstellt, daß die Drehbewegungen des Werkzeugs und des Zahnradrohlings zueinander synchron ablaufen. Im anderen Fall kann das Werkstück passiv durch eine Abwälzbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück mitbewegt werden. Zwei getrennte Antriebsvorrichtungen bieten den Vorteil, daß die Zustelleinrichtung über die gleiche Antriebsvorrichtung zur Ausführung der Zustellbewegung angetrieben werden kann. In diesem Fall ist es jedoch nötig, die synchrone Drehbewegung zwischen Werkstück und Werkzeug sicherzustellen. Bei einer passiven Mitnahme von entweder dem Werkzeug oder dem Werkstück durch das jeweils andere Element entfällt die Notwendigkeit einer Synchronisationseinrichtung.

[0022] Vorteilhafterweise ist das erste Umformwerkzeug eine Walze, die ein Außenprofil aufweist. Das Au-

ßenprofil ist als Gegenstück zum gewünschten Verzahnungsprofil gebildet. Eine profilierte Walze zur Bildung der Verzahnung ist einerseits gut herzustellen, andererseits in einer entsprechenden Vorrichtung einfach einzubauen. Bei der Verwendung einer profilierten Walze, auch als Verzahnungsrolle bezeichnet, ist es ferner möglich, gleichzeitig ein zweites Umformwerkzeug, z. B. zur Erzeugung einer Einlaufgeometrie, gegebenenfalls ebenfalls in der Form einer profilierten Walze, anzubringen und das Werkstück gleichzeitig mit beiden Werkzeugen zu bearbeiten. Die Drehachse der Walze bzw. Walzen kann sowohl parallel als auch unter einen Winkel zur Drehachse des Werkstücks verlaufen.

[0023] Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das erste Umformwerkzeug eine Hohlwalze. In diesem Fall weist die Hohlwalze an ihrer Innenfläche Profilierungen auf, die dafür sorgen, daß die entsprechende gewünschte Verzahnung in den Zahnradrohling eingepreßt wird. Bei Verwendung einer Hohlwalze ist es jedoch nicht möglich, das Werkstück gleichzeitig mit einem zweiten Werkzeug zu bearbeiten. Außerdem ist es bei Verwendung einer Hohlwalze nicht günstig, mehrere erste Werkzeuge anzubringen, was einen Einfluß auf die Bearbeitungsdauer hat. Eine Einlaufgeometrie kann bei einer Hohlwalze vorteilhaft durch eine Anordnung der Achsen des Werkstücks und des Werkzeugs erzielt werden, wenn die Achsen nicht parallel zueinander verlaufen.

[0024] Während sowohl die Hohlwalze mit Profilierung an ihrem inneren Umfang als auch die rotierenden Walzen mit Profilierung an ihrem äußeren Umfang bei der Umformung eine Drehbewegung um eine Achse parallel zur Rotationsachse des Zahnradrohlings ausführen, ist bei der Verwendung von profilierten Zahnstangen für das erste und/oder das zweite Umformwerkzeug die Bewegung des Werkzeugs im wesentlichen eine linear oszillierende Bewegung. Zahnstangen sind jedoch insofern vorteilhaft, als sie sehr einfach und kostengünstig zu fertigen sind. In diesem Fall wird die Drehachse des Werkzeugs durch die translatorische Verschieberichtung der Zahnstange ersetzt.

# Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0025]** Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand der beigefügten Figuren beschrieben, in denen:

- Fig. 1 eine Querschnittsansicht eines Zahnrads mit dachförmiger Einlaufgeometrie und axialem Hinterschnitt ist;
- Fig. 2 eine Seitenansicht eines einteiligen Zahnrades mit einer axial hinterschnittenen Verzahnung ist:
- Fig. 3 Darstellungen von zwei verschiedenen Einlaufgeometrien an einer hinterschnittenen Verzahnung sind;
- Fig.4 eine Vorrichtung zur Herstellung eines einteiligen Zahnrades mit integrierter Kupplungs-

verzahnung gemäß Erfindung ist;

- Fig. 5 ein Umformwerkzeug gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;
- Fig. 6 eine Querschnittsansicht von Fig. 5 ist; und
- Fig. 7 eine Ausführung des Umformwerkzeugs mit Zahnstangen darstellt.

#### Wege zur Ausführung der Erfindung

**[0026]** Fig. 1 zeigt einen Querschnitt eines einteiligen Zahnrades mit integrierter Kupplungsverzahnung. (14). In der Seitenansicht Fig.2 ist deutlich die Zahnform einer solchen Kupplungsverzahnung zu erkennen Die nach rechts zeigende Dachform ermöglicht das Einrasten der Schaltmuffe.

[0027] Nach links verjüngt sich der Zahn (Hinterschnitt) und ermöglicht so das sichere Halten der Schaltmuffe im Fahrbetrieb. Die Ausdrücke "rechts", "links" beziehen sich dabei auf die Figuren und sind rein veranschaulichend und nicht beschränkend zu verstehen.

**[0028]** Fig. 3 zeigt vergrößert die Zahnform einer Kupplungsverzahnung, wobei sich der Zahn jeweils verjüngt. Es sind zwei verschiedene Einlaufgeometrien, nämlich eine abgerundete Zahnstirnseite und eine dachförmige Zahnstirnseite gezeigt.

**[0029]** In Fig. 4 ist beispielhaft eine Ausführungsform einer Vorrichtung zur Herstellung eines Zahnrades mit der geometrischen Konfiguration, wie sie in den Fig.1 und 2 gezeigt ist, veranschaulicht.

Die Vorrichtung umfaßt eine drehbar um die Achse X gelagerte Spindel 22 und einen Reitstock 24, die eine Spanneinrichtung bilden und mit Hilfe derer der Zahnradrohling 10 gespannt wird. Ein erstes Werkzeug 26 ist mittels einer Rollenlagerung 28 drehbar um eine Achse YI gelagert. Durch eine hier nicht gezeichnete Zustelleinrichtung kann diese Baugruppe radial zum Werkstück bewegt werden. Die Achse YI ist im wesentlichen parallel zur Drehachse X. Das Werkzeug 26 ist als Walze ausgebildet, die eine Profilierung am Außenumfang aufweist, die geeignet ist, am Werkstück die Außenverzahnung, insbesondere deren hinterschnittenen Bereich anzuformen.

[0030] In Fig. 4 ist ferner ein zweites Werkzeug 30, gelagert auf der Rollenlagerung 32, versehen mit einer hier nicht gezeichneten Zustelleinrichtung. Die Drehachse dieses Werkzeuges steht in einem Winkel  $\alpha$  zur Drehachse der Spindel.

**[0031]** Die Zustellbewegung, der Werkzeuge 26 und 30 kann sowohl radial als auch axial erfolgen.

Der Antrieb zur Rotationsbewegung von Werkstück und Werkzeugen kann sowohl durch angetriebene Spindel als auch über angetriebene Werkzeuge erfolgen.

**[0032]** In der gezeigten Ausführungsform ist ein erstes und ein zweites Umformwerkzeug vorgesehen. Je nach geforderter Zahngeometrie kann es möglich sein, mehrere Werkzeuge der ersten oder zweiten Art oder nur 1 Werkzeug der ersten oder zweiten Art zu verwen-

den.

**[0033]** In der in Fig. 4 gezeigten Ausführungsform sind beide Werkzeuge als Walzen mit einer Außenprofilierung ausgebildet. Selbstverständlich können auch andere geeignete Werkzeuge eingesetzt werden. Beispiele davon sind in den Fig. 5 bis 7 gezeigt.

**[0034]** Fig. 5 und Fig. 6 zeigen ein Hohlrad, das eine Drehbewegung um eine Drehachse Y3 ausführt, die parallel zur Drehachse des Werkstücks X ist. Alternativ können die Drehachsen auch unter einen Winkel  $0^{\circ} < \alpha < 360^{\circ}$  zueinander stehen.

[0035] Das Hohlrad 34 weist an seinem inneren Umfang eine Profilierung 35 auf, die im wesentlichen dazu beiträgt, die gewünschte Verzahnung auf dem Werkstück 10 durch Umformen zu erzeugen. In diesem Fall erfolgt die Zustellbewegung im wesentlichen in radialer Richtung bezüglich der Rotationsachsen X bzw. Y3 erfolgt.

[0036] Fig. 7 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Teils der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Gezeigt ist ein Werkzeug 36, das in Form einer Zahnstange ausgebildet ist. Diese führt eine linear oszillierende Bewegung aus, wobei die Bewegungsvektoren in einer Ebene liegen, die im wesentlichen senkrecht zur Drehachse X des Zahnradrohlings 10 ist. Durch die Drehbewegung des Zahnrad-Rohlings bei gleichzeitig linearer Bewegung der Zahnstange, verbunden mit einer gleichzeitigen radialen Zustellung der Zahnstange zum Werkstück hin, wird eine abwälzende Umformung mit Ausbildung der Zähne erreicht.

Zur Abstützung des Teils und Steigerung der Produktivität wird kann eine zweite Zahnstange 38, gegenüberliegend zur ersten eingesetzt werden.

[0037] Der wesentliche Aspekt des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung liegt darin, daß durch eine Abwälzbewegung eines profilierten Werkzeugs bei gleichzeitiger radialer Zustellung die für Schaltgetriebe benötigte Zahnform mit Einlaufschräge und Hinterschnitt kostengünstig mit einfachen Werkzeugen herstellbar ist.

#### Patentansprüche

- 1. Verfahren zur Herstellung einer Außenverzahnung an einem rotatorisch gelagerten Werkstück, umfassend:
  - Erzeugen einer Außenverzahnung mit einer axialen Hinterstellung am Werkstück durch Umformen, wobei mindestens ein profiliertes Umformwerkzeug im Bezug zum Werkstück eine abwälzende und zum Werkstück in mindestens radialer Richtung zustellende Bewegung ausführt und die Drehachse des Werkstücks und die Drehachse des Werkzeugs miteinander einen Winkel  $0^{\circ}$ <  $\alpha$ < 360° einschließen.
- Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkzeug im Bezug zum Werkstück

20

35

40

45

eine kombinierte axiale und radiale Zustellbewegung ausführt.

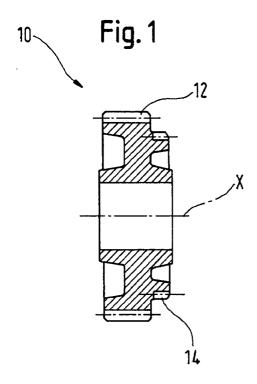
- Verfahren zur Herstellung einer Außeverzahnung an einem rotatorisch gelagerten Werkstück, umfassend:
  - Erzeugen einer Außenverzahnung mit einer axialen Hinterstellung am Werkstück durch Umformen, wobei mindestens ein profiliertes Umformwerkzeug im Bezug zum Werkstück eine abwälzende und zum Werkstück in mindestens kombinierter radialer und axialer Richtung zustellende Bewegung ausführt.
- 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehachse des Werkstücks und die Drehachse des Werkzeugs miteinander einen Winkel  $0^{\circ}$ <  $\alpha$  < 360°einschließen.
- Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiter umfassend den Schritt des Anbringens einer Einlaufgeometrie an einer Stirnseite des Werkstücks durch Umformen.
- Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Umformwerkzeug zum Herstellen des Hinterschnitts und zum Herstellen der Einlaufgeometrie dasselbe ist.
- Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet dass ein zusätzliches Umformwerkzeug zum Herstellen der Einlaufgeometrie vorgesehen ist.
- Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Einlaufgeometrie eine Dachform oder eine Rundung ist.
- Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Werkstück ein im Querschnitt kreisrunder Rohling ist oder vorgeformte Zähne mit axial konstantem Querschnitt hat.
- 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Umformwerkzeug eine profilierte Walze, eine Hohlwalze oder eine Zahnstange ist.
- **11.** Vorrichtung zur Herstellung einer Kupplungsverzahnung an einem Werkstück, wobei die Formgebung durch Umformen erfolgt, umfassend:
  - eine Spanneinrichtung (22,24) zur Halterung eines Werkstückrohlings drehbar um eine Rotationsachse (X);
  - mindestens eine Zustelleinrichtung zum Anbringen mindestens eines Umformwerkzeuges (26), die geeignet ist, mindestens eine radiale Zustellbewegung bezüglich der Rotationsachse (X) der Spanneinrichtung auszuführen;

- mindestens ein erstes Umformwerkzeug (26) zum Formen der Verzahnung im hinterschnittenen Bereich des Werkstücks; und
- mindestens eine Antriebsvorrichtung zur Drehung des Werkstücks und/oder des Werkzeugs,

dadurch gekennzeichnet, dass die Rotationsachse (X) des Werkstücks mit der Drehachse des Werkzeugs einen Winkel 0°<  $\alpha$  <  $360^{\circ}$ einschließt.

- **12.** Vorrichtung zur Herstellung einer Kupplungsverzahnung an einem Werkstück, wobei die Formgebung durch Umformen erfolgt, umfassend:
  - eine Spanneinrichtung (22,24) zur Halterung eines Werkstückrohlings drehbar um eine Rotationsachse (X);
  - mindestens eine Zustelleinrichtung zum Anbringen mindestens eines Umformwerkzeuges (26), die geeignet ist, mindestens eine kombinierte radiale und axiale Zustellbewegung bezüglich der Rotationsachse (X) der Spanneinrichtung auszuführen;
  - mindestens ein erstes Umformwerkzeug (26) zum Formen der Verzahnung im hinterschnittenen Bereich des Werkstücks; und
  - mindestens eine Antriebsvorrichtung zur Drehung des Werkstücks und/oder des Werkzeugs.
- Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, weiter umfassend
  - mindestens eine weitere Zustelleinrichtung zum Anbringen mindestens eines weiteren Umformwerkzeugs (30), die geeignet ist, eine radiale und/oder axiale Zustellbewegung bezüglich der Rotationsachse (X) der Spanneinrichtung auszuführen;
  - mindestens ein zweites Umformwerkzeug (30) zum Formen einer runden oder dachförmigen Einlaufgeometrie an dem Werkstück.
- **14.** Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine Antriebsvorrichtung den Zahnradrohling (10) antreibt.
- 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine Antriebsvorrichtung das/die Umformwerkzeug(e) (26,30) antreiht
- 5 16. Vorrichtung nach Anspruch 14 und 15, weiter umfassend eine Synchronisationseinrichtung für die Antriebsvorrichtungen.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass das/die erste(n) Umformwerkzeug(e) (26) und/oder das/die zweite (n) Umformwerkzeug(e) (30) mindestens eine profilierte Walze, Hohlwalze oder Zahnstange ist/sind.



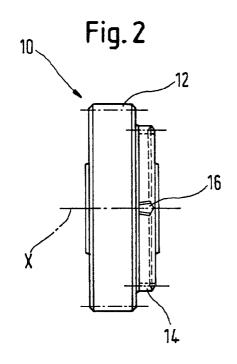
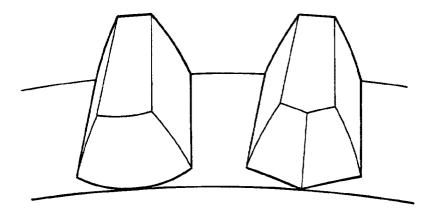


Fig. 3



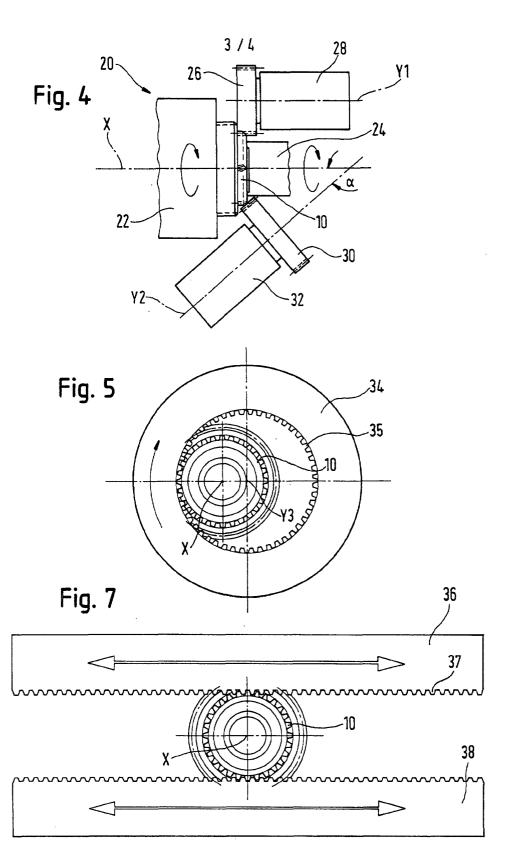


Fig. 6

