



(11)

EP 4 385 640 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
19.06.2024 Patentblatt 2024/25

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**B21J 7/14** (2006.01)      **B21J 7/16** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 22214253.1

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**B21J 7/145; B21J 7/16; B21J 13/02; B21K 1/10**

(22) Anmeldetag: 16.12.2022

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL  
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

**BA**Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **FELSS Systems GmbH**  
75203 Königsbach-Stein (DE)

- **HEINRICHS, Serjosha**  
75038 Oberderdingen (DE)
- **JANDT, Max Olaf**  
75210 Keltern (DE)
- **VÖGELE, Sascha**  
75236 Kämpfelbach (DE)
- **LUDWIG, Maximilian**  
75433 Maulbronn-Schmie (DE)

(72) Erfinder:  

- **MISSAL, Nadezda**  
71701 Schwieberdingen (DE)

(74) Vertreter: **Kohler Schmid Möbus Patentanwälte  
Partnerschaftsgesellschaft mbB**  
Gropiusplatz 10  
70563 Stuttgart (DE)

(54) **UMFORMWERKZEUG, UMFORMWERKZEUGANORDNUNG, UMFORMMASCHINE,  
UMFORMVERFAHREN UND COMPUTERPROGRAMM ZUM ERZEUGEN EINES  
ZYLINDRISCHEN WERKSTÜCKS MIT EINER SPIRALFÖRMIGEN AUSSENKONTUR DURCH  
RUNDKNETEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Umformwerkzeug (46) für eine Umformwerkzeuganordnung (12) zum mehrstufigen Erzeugen eines zylindrischen Werkstücks mit einer spiralförmigen Außenkontur durch Rundketten, aufweisend eine Krafteinleitungsseite (62), eine der Krafteinleitungsseite (62) gegenüberliegende Umformseite (64) und eine an der Umformseite (64) ausgebildete Nockenstruktur (70). Die Nockenstruktur (70) weist eine erste Umformnocke (72; 72a, 72b) und eine zweite Umformnocke (72; 72a, 72b) auf, die in einer Längsrichtung (74)

des Umformwerkzeugs (46) senkrecht zur Umformrichtung (58) hintereinander angeordnet sind, wobei die Umformnocken (72; 72a, 72b) verschiedene Nockenhöhen (116) und die Umformnocken (72; 72a, 72b) in einer orthogonalen Ansicht auf die Umformseite (64) eine Nockenverlaufsrichtung (94) aufweisen, die schräg zur Längsrichtung (74) des Umformwerkzeugs (46) ausgebildet ist. Die Erfindung betrifft zudem eine Umformwerkzeuganordnung (12), eine Umformmaschine (10), ein Umformverfahren und ein Computerprogramm.

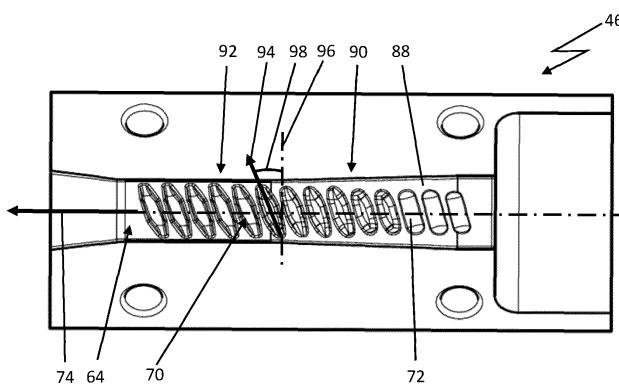


Fig. 6

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Umformwerkzeug für eine Umformwerkzeugeganordnung zum mehrstufigen Erzeugen eines zylindrischen Werkstücks mit einer spiralförmigen Außenkontur durch Rundkneten, aufweisend eine Umformseite mit einer an der Umformseite ausgebildeten Nockenstruktur.

**[0002]** Die Erfindung betrifft außerdem eine Umformwerkzeugeganordnung mit einem solchen Umformwerkzeug und eine Umformmaschine mit einer Umformwerkzeugeganordnung.

**[0003]** Die Erfindung betrifft ferner ein Umformverfahren sowie ein Computerprogramm zur Steuerung der Umformmaschine bei der Verfahrensdurchführung.

**[0004]** Bauteile mit einer spiralförmigen Außenkontur werden vielfach eingesetzt. Etwa in Verbindung mit Schraubengetrieben, bei denen Gewindestangen bzw. Gewindespindeln zum Wandeln einer Drehbewegung in eine geradlinige Bewegung eingesetzt werden. Typische Anwendungsfälle sind beispielsweise Scherenwagenheber, Linearführungen an Werkzeugmaschinen oder Lenkspindeln an Kraftfahrzeugen. Abhängig von dem konkreten Anwendungsfall sind unterschiedliche Gewindeformen, bspw. Kugelgewinde oder Trapezgewinde vorgesehen, die als Rechtsgewinde oder Linksgewinde ausgebildet sein können.

**[0005]** Üblicherweise erfolgt die Herstellung der spiralförmigen Außenkontur mittels spanender Verfahren. Beispielsweise ist aus der DE 10 2014 225 104 B4 ein Verfahren zum spanenden Fertigen einer Kugelumlaufspindel bekannt.

**[0006]** Derlei Verfahren führen beim Erzeugen der spiralförmigen Außenkontur zu verhältnismäßig hohen Fertigungskosten. Soll darüber hinaus eine gesteigerte Festigkeit der gefertigten Bauteile bewirkt werden, sind, an das Erzeugen der spiralförmigen Außenkontur anschließend, weitere Verfahren zur Nachbehandlung vorzusehen. Hierdurch werden die Fertigungskosten weiter erhöht.

**[0007]** Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, eine alternative sowie kostengünstige Fertigung von Bauteilen mit spiralförmiger Außenkontur anzugeben.

**[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Umformwerkzeug mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1, eine Umformwerkzeugeganordnung gemäß Patentanspruch 10, eine Umformmaschine gemäß Patentanspruch 15, ein Umformverfahren gemäß Patentanspruch 16 und ein Computerprogramm gemäß Patentanspruch 18. Die Unteransprüche betreffen bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung.

**[0009]** Erfindungsgemäß ist ein Umformwerkzeug bzw. eine Formbacke vorgesehen. Das Umformwerkzeug ist zur Anordnung in einer Umformwerkzeugeganordnung, insbesondere einer Rundkneteinheit, ausgebildet. Ferner ist das Umformwerkzeug zum mehrstufigen Erzeugen eines zylindrischen Werkstücks mit einer spiralförmigen Außenkontur durch Rundkneten geeignet. Vorrangig wird das zylindrische Werkstück aus einem zylindrischen Werkstückrohling erzeugt.

**[0010]** Das mehrstufige Erzeugen beinhaltet erfindungsgemäß das serielle bzw. örtlich beabstandete Einwirken desselben Umformwerkzeugs und/oder verschiedener Umformwerkzeuge auf denselben Bereich des Werkstückrohlings, wobei mit jeder Stufe ein gradueller Anteil zu einer Gesamtumformung beigetragen wird.

**[0011]** Das Umformwerkzeug weist eine Krafteinleitungsseite zum Einleiten einer Umformkraft in das Umformwerkzeug auf. Die Krafteinleitungsseite ist vorzugsweise eben ausgebildet, wodurch eine besonders gleichmäßige Krafteinleitung, erfolgen kann.

**[0012]** Das Umformwerkzeug weist zudem eine der Krafteinleitungsseite gegenüberliegende Umformseite auf. Die Umformseite ist zum Einleiten der Umformkraft in den Werkstückrohling ausgebildet. Mit anderen Worten ist die Umformseite während des Erzeugens des zylindrischen Werkstücks zumindest zeitweise im Eingriff mit dem Werkstückrohling. Das Einleiten der Umformkraft erfolgt in einer Umformrichtung. Die Umformrichtung ist typischerweise gleich einer radial einwärts weisenden Richtung des zu fertigenden zylindrischen Werkstücks.

**[0013]** Die Krafteinleitungsseite kann zu der Umformrichtung geneigt ausgebildet sein. Hierdurch kann der Abstand des Umformwerkzeugs, in einem in einer Umformwerkzeugeganordnung angeordneten Zustand, durch Anlegen eines Nachstellkeils zu dem Werkstückrohling kontrolliert eingestellt werden. Typischerweise wird der Abstand des Umformwerkzeugs zu dem Werkstückrohling in Abhängigkeit vom Außendurchmesser des Werkstückrohlings eingestellt. Der Abstand des Umformwerkzeugs zu dem Werkstückrohling kann zudem mittels des Nachstellkeils an einen, beispielsweise durch Umformen, reduzierten Außendurchmesser des Werkstückrohlings angepasst werden. Mit anderen Worten kann das Umformwerkzeug mittels des Nachstellkeils nachgestellt werden.

**[0014]** Das Umformwerkzeug weist eine an der Umformseite ausgebildete Nockenstruktur auf. Die Nockenstruktur kann eine radiale Vertiefung bzw. eine Einkerbung zum Erzeugen der spiralförmigen Außenkontur an dem Werkstückrohling bewirken.

**[0015]** Ferner weist die Nockenstruktur zumindest eine erste Umformnocke und eine zweite Umformnocke auf. Darüber hinaus kann die Nockenstruktur weitere Umformnicken aufweisen. Die Umformnicken sind in einer Längsrichtung des Umformwerkzeugs senkrecht zur Umformrichtung hintereinander angeordnet. Mit anderen Worten sind die Umformnicken der Nockenstruktur in Längsrichtung aufgereiht angeordnet. Die Längsrichtung kann einer Werkstück-Vorschubrichtung eines umzuformenden Werkstückrohlings in einem Umformverfahren während des Erzeugens eines zylindrischen Werkstücks mit einer spiralförmigen Außenkontur entsprechen.

**[0016]** Jede Umformnocke weist eine, typischerweise

in Umformrichtung, ausgebildete Nockenhöhe auf. Erfindungsgemäß sind die Nockenhöhen von zumindest zwei Umformnicken verschieden. Mit anderen Worten steht zumindest eine Umformnocke, typischerweise in Umformrichtung, gegenüber zumindest einer anderen Umformnocke vor. Beispielsweise weist die erste Umformnocke eine andere Nockenhöhe als die zweite Umformnocke auf, wenn die Nockenstruktur lediglich zwei Umformnicken umfasst. Im Fall weiterer Umformnicken können zwei oder mehrere Umformnicken die gleiche Nockenhöhe aufweisen, insofern zumindest eine weitere Umformnocke eine unterschiedliche Nockenhöhe aufweist. Durch unterschiedliche Nockenhöhen ist ein mehrstufiges, in anderen Worten abgestuftes, Umformen der spiralförmigen Außenkontur in Umformrichtung ermöglicht. Das Umformwerkzeug kann mithin während eines Umformverfahrens mehrstufig in den umzuformenden Werkstückkrohling eindringen, ohne dass das Umformwerkzeug in Umformrichtung nachgestellt werden muss.

**[0017]** Die Umformnicken weisen in einer orthogonalen Ansicht auf die Umformseite eine Nockenverlaufsrichtung auf, die schräg zur Längsrichtung des Umformwerkzeugs ausgebildet ist. Die Nockenverlaufsrichtung ist vorzugsweise zu einer zur Längsrichtung senkrecht verlaufenden Querrichtung um einen Steigungswinkel ausgelenkt. Der Steigungswinkel kann zwischen 1 Grad und 89 Grad, vorzugsweise zwischen 5 Grad und 45 Grad, besonders bevorzugt zwischen 10 Grad und 30 Grad betragen. Typischerweise weist die Nockenverlaufsrichtung denselben Steigungswinkel wie die spiralförmige Außenkontur des zu fertigenden Werkstücks auf.

**[0018]** Zusammenfassend weist das Umformwerkzeug erfindungsgemäß eine Nockenstruktur auf, die durch die Umformnicken abschnittsweise komplementär zu der zu erzeugenden spiralförmigen Außenkontur des zylindrischen Werkstücks ausgebildet ist. Ein Erzeugen der spiralförmigen Außenkontur kann durch zumindest zweimaliges Einwirken der Umformnicken auf den Werkstückkrohling unter Ausbildung einer spiralförmigen Einkerbung bzw. Vertiefung erfolgen. Typischerweise wird dem Umformvorgang dabei eine spiralförmige Relativbewegung zwischen dem Umformwerkzeug und dem umzuformenden Werkstückkrohling überlagert.

**[0019]** In einer bevorzugten Ausführungsform des Umformwerkzeugs weist die Umformseite eine sich in Längsrichtung erstreckende Umformnut auf. Die Umformnut weist typischerweise einen im Querschnitt kreissegmentförmigen Nutgrund auf. Die Nockenstruktur ist typischerweise, insbesondere vollständig, in der Umformnut angeordnet.

**[0020]** Bevorzugt ist zudem eine Weiterbildung des Umformwerkzeugs, bei dem die Umformnut einen Nutabschnitt mit sich in Längsrichtung, bzw. in Werkstück-Vorschubrichtung verjüngendem Querschnitt (Einlaufabschnitt) aufweist. Typischerweise weist der Nutgrund in diesem Fall einen sich in Längsrichtung verkleinernden Kreissegmentradius auf. Insbesondere verkleinert sich der Kreissegmentradius ausgehend von einem Radius

des Werkstückkrohlings auf einen Außenradius der spiralförmigen Außenkontur des zu fertigenden Werkstücks.

**[0021]** Alternativ oder zusätzlich kann die Umformnut einen Nutabschnitt mit in Längsrichtung, bzw. in Werkstück-Vorschubrichtung konstantem Querschnitt (Kalibrierabschnitt) aufweisen.

**[0022]** Die Nockenstruktur kann zumindest eine Umformnocke aufweisen, die in dem Nutabschnitt mit sich verjüngendem Querschnitt und/oder in dem Nutabschnitt mit konstantem Querschnitt angeordnet ist. Vorzugsweise weist die Umformnut sowohl einen Einlaufabschnitt als auch einen Kalibrierabschnitt mit jeweils zumindest einer darin angeordneten Umformnocke auf, wobei der Kalibrierabschnitt dem Einlaufabschnitt in Längsrichtung nachgelagert ausgebildet ist. Hierdurch kann die spiralförmige Außenkontur besonders genau erzeugt werden.

**[0023]** In einer bevorzugten Ausführungsform des Umformwerkzeugs weist die Nockenstruktur wenigstens drei, vorzugsweise wenigstens sechs, besonders bevorzugt wenigstens zwölf, Umformnicken auf. Durch eine höhere Anzahl an Umformnicken kann der graduelle Anteil einer einzelnen Umformnocke an der Gesamtumformung während des Erzeugens der spiralförmigen Außenkontur reduziert werden. Dies kann die Fertigungsgenauigkeit der spiralförmigen Außenkontur erhöhen. Alternativ oder zusätzlich kann durch eine größere Anzahl an Umformnicken das Erzeugen einer spiralförmigen Außenkontur mit mehreren Gängen, insbesondere Gewindegängen, verbessert werden.

**[0024]** Die Umformnicken sind vorzugsweise in Längsrichtung äquidistant zueinander angeordnet. Mit anderen Worten weisen in Längsrichtung benachbarte Umformnicken der Nockenstruktur jeweils denselben Abstand zueinander auf. Hierdurch kann beispielsweise eine mehrgängige spiralförmige Außenkontur mit gleichem Abstand zwischen den einzelnen Gängen bzw. mit gleichmäßiger Teilung erzeugt werden.

**[0025]** Bevorzugt ist zudem eine Ausführungsform des Umformwerkzeugs, bei der zumindest eine der, vorzugsweise mehrere der, besonders bevorzugt alle, Umformnicken einen um die Längsrichtung gewölbten Umformabschnitt aufweist bzw. aufweisen. Unter dem gewölbten Umformabschnitt kann ein Teil des Umformnicks verstanden werden, der einen Fußkreis der zu erzeugenden spiralförmigen Außenkontur erzeugt. Hierdurch kann ein auf den Werkstückkrohling einwirkender Abschnitt der entsprechenden Umformnocke in Nockenverlaufsrichtung größer ausgebildet werden, wodurch ein größerer Außenbereich des Werkstückkrohlings umgeformt werden kann.

**[0026]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Umformwerkzeugs ist vorgesehen, dass zumindest eine der Umformnicken eine in Längsrichtung, bzw. in Werkstück-Vorschubrichtung gewölbt, dreieckig oder trapezförmig verlaufende Nockenkontur aufweist. Vorzugsweise weist eine in Längsrichtung erste Umformnocke der Nockenstruktur eine gewölbte Nockenkontur auf. Weiter

vorzugsweise nähern sich die Nockenkonturen der ersten Umformnocke nachfolgenden Umformnocken, insbesondere einer Profilform, der zu erzeugenden spiralförmigen Außenkontur des zylindrischen Werkstücks an. Besonders bevorzugt ist die Nockenkontur mit zunehmendem Umformungsgrad des Werkstückkrohlings durch die Umformnicken zunehmend an die zu erzeugende spiralförmige Außenkontur angepasst ausgebildet. Die Erfinder haben erkannt, dass hierdurch die Fertigungsqualität des zylindrischen Werkstücks mit spiralförmiger Außenkontur erhöht werden kann.

**[0027]** Weiter bevorzugt ist eine Ausführungsform des Umformwerkzeugs, bei der zumindest eine der Umformnicken eine erste Nockenflanke und eine zweite Nockenflanke aufweist. Eine Nockenflanke ist als ein überwiegend in Nockenverlaufsrichtung ausgebildeter Umformabschnitt der Umformnocke zu verstehen, wobei der Umformabschnitt ein Erzeugen einer fortlaufenden Flanke der spiralförmigen Außenkontur bewirkt. Die erste und die zweite Nockenflanke einer Umformnocke bilden typischerweise gegenüberliegende Flanken derselben Einkerbung der spiralförmigen Außenkontur aus. Vorzugsweise weisen mehrere Umformnicken der Nockenstruktur eine erste und eine zweite Nockenflanke auf. Zumindest eine, typischerweise die in Längsrichtung zuletzt ausgebildete, Umformnocke der Nockenstruktur weist eine erste und eine zweite Nockenflanke auf, die einer zu erzeugenden Flankenform der spiralförmigen Außenkontur entspricht. Die erste Nockenflanke und die zweite Nockenflanke sind typischerweise zur Umformrichtung geneigt ausgebildet. Hierdurch kann die Fertigungsqualität weiter verbessert werden.

**[0028]** Alternativ oder zusätzlich kann zumindest eine Umformnocke einen in Nockenverlaufsrichtung ausgebildeten Einlaufabschnitt und/oder Auslaufabschnitt aufweisen. Der Einlaufabschnitt ist vorzugsweise als sich entgegen der Nockenverlaufsrichtung verjüngender Abschnitt ausgebildet. Der Auslaufabschnitt ist vorzugsweise als sich in Nockenverlaufsrichtung verjüngender Abschnitt ausgebildet. Der Einlaufabschnitt bzw. der Auslaufabschnitt kann während des Umformens eines Werkstückkrohlings ein einfaches Einführen bzw. Ausführen der Umformnocke in eine bereits vorhandene bzw. aus einer bereits vorhandenen Einkerbung an der Außenkontur des Werkstückkrohlings ermöglichen. In besonderer Ausgestaltung ist der Einlaufabschnitt dem die Nockenflanken aufweisenden Umformabschnitt in Nockenverlaufsrichtung vorgelagert und der Auslaufabschnitt dem die Nockenflanken aufweisenden Umformabschnitt in Nockenverlaufsrichtung nachgelagert.

**[0029]** In einer bevorzugten Weiterbildung des Umformwerkzeugs bilden die erste und die zweite Nockenflanke von zumindest einer Umformnocke einen Nockenwinkel von höchstens 40 Grad, vorzugsweise von höchstens 30 Grad, besonders bevorzugt von höchstens 20 Grad aus. Der Nockenwinkel kann einem Flankenwinkel der zu erzeugenden spiralförmigen Außenkontur entsprechen. Ein geringerer Nockenwinkel ermöglicht das

Ausbilden eines steileren Flankenwinkels an der zu erzeugenden spiralförmigen Außenkontur.

**[0030]** Bevorzugt ist eine Ausführungsform des Umformwerkzeugs, bei der das Umformwerkzeug einen sich in Umformrichtung verjüngenden Umformwerkzeugabschnitt aufweist. Vorzugsweise ist der Umformwerkzeugabschnitt in einer in Längsrichtung projizierten Ansicht trapezförmig ausgebildet. Mit anderen Worten weist die Umformseite eine der Krafteinleitungsseite gegenüber reduzierte Fläche auf. Hierdurch kann eine über die Krafteinleitungsseite eingeleitete Umformkraft auf eine kleinere Umformfläche am Werkstückkrohling konzentriert werden.

**[0031]** Die zugrundeliegende Aufgabe wird zudem gelöst durch eine Umformwerkzeugeanordnung, beispielsweise eine Rundkneteinheit, für eine Umformmaschine zum mehrstufigen Erzeugen eines zylindrischen Werkstücks mit einer spiralförmigen Außenkontur durch Rundkneten.

**[0032]** Die Umformwerkzeugeanordnung weist zumindest ein vorhergehend und im Folgenden beschriebenes erstes Umformwerkzeug sowie zumindest ein vorhergehend und im Folgenden beschriebenes zweites Umformwerkzeug auf. Darüber hinaus kann die Umformwerkzeugeanordnung weitere vorhergehend und im Folgenden beschriebene Umformwerkzeuge aufweisen. Die Umformwerkzeuge sind vorzugsweise baugleich oder identisch ausgebildet. Hierdurch können Kosten bei der Herstellung der Umformwerkzeugeanordnung durch eine höhere Anzahl an Gleichteilen vermieden werden.

**[0033]** Die Umformwerkzeuge sind konzentrisch um eine Mittelachse der Umformwerkzeugeanordnung angeordnet. Typischerweise entspricht die Mittelachse bei in der Umformwerkzeugeanordnung angeordnetem Werkstückkrohling einer Werkstück-Achse des Werkstückkrohlings. Die Umformwerkzeuge umschließen den Werkstückkrohling während des Erzeugens der spiralförmigen Außenkontur zumindest teilweise.

**[0034]** Die Umformwerkzeuge sind mit ihrer jeweiligen Umformseite in Richtung der Mittelachse ausgerichtet. Mit anderen Worten sind die Umformwerkzeuge radial einwärts ausgerichtet. Die Umformwerkzeugeanordnung ist zum radialem Auslenken der Umformwerkzeuge in Richtung der Mittelachse ausgebildet. Mit anderen Worten werden die Umformwerkzeuge gemäß ihrer jeweiligen Umformrichtung durch die Umformwerkzeugeanordnung ausgelenkt. Typischerweise werden die Umformwerkzeuge aufeinander zubewegt. Durch radiales Auslenken der Umformwerkzeuge kann eine radiale Krafteinleitung in der jeweiligen Umformrichtung eines Umformwerkzeugs in den umzuformenden Werkstückkrohling bewirkt werden.

**[0035]** Erfindungsgemäß ist die erste Umformnocke des ersten Umformwerkzeugs gemeinsam mit einer der Umformnicken des zweiten Umformwerkzeugs auf einer ersten Schraubenlinie angeordnet. Mit anderen Worten sind Umformnicken verschiedener Umformwerkzeuge auf einer gemeinsamen Schraubenlinie angeordnet. Das

Erzeugen der spiralförmigen Außenkontur kann mithin durch mehrstufiges Einwirken von Umformnocken verschiedener Umformwerkzeuge auf denselben Werkstückabschnitt des Werkstückkrohlings bewirkt werden.

**[0036]** Die Umformwerkzeugeanordnung kann zudem einen Außenring, einen, insbesondere mittels des Außenrings, motorisch antreibbaren Rollenkäfig, einen Führungseinsatz und zumindest zwei Stößel aufweisen. Der Rollenkäfig ist typischerweise konzentrisch innerhalb des Außenrings angeordnet und zur Anordnung mehrerer drehbar an dem Rollenkäfig gehaltener Rollen ausgebildet. Die Rollen können radial außen und radial innen über den Rollenkäfig vorstehen. Der Rollenkäfig befindet sich üblicherweise mittels der Rollen an der radial äußeren Seite im permanenten Kontakt mit dem Außenring. Innerhalb des Rollenkäfigs ist üblicherweise der Führungseinsatz angeordnet, der zur radial beweglichen Aufnahme der Umformwerkzeuge sowie insbesondere der Stößel ausgebildet ist. Beim Einsatz von Stößeln können jeweils ein Stößel und ein Umformwerkzeug einen gemeinsamen Umformstempel ausbilden. Mit anderen Worten werden Stößel und Umformwerkzeug zusammen radial ausgelenkt. Typischerweise stehen die Stößel radial außen über den Führungseinsatz vor und sind zum zeitweisen Kontaktieren der Rollen des Rollenkäfigs ausgebildet. Im Betrieb der Umformwerkzeugeanordnung befindet sich der Rollenkäfig in einer Rotationsbewegung wobei die Rollen die Stößel regelmäßig überrollen und dadurch in radialer Richtung auslenken. Mit anderen Worten wird mit jedem Überrollen des Stößels ein radial einwärts gerichteter Umformschlag bewirkt. Die Schlagzahl ist abhängig von der Drehzahl des Rollenkäfigs.

**[0037]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Umformwerkzeugeanordnung ist die zweite Umformnocke des ersten Umformwerkzeugs auf der ersten Schraubenlinie angeordnet. Eine solche Anordnung der Umformwerkzeuge ermöglicht beispielsweise das Erzeugen einer spiralförmigen Außenkontur mit lediglich einem Gang. Alternativ kann vorgesehen sein, dass die zweite Umformnocke des ersten Umformwerkzeugs gemeinsam mit einer der Umformnocken des zweiten Umformwerkzeugs auf einer zweiten Schraubenlinie angeordnet ist. Hierdurch kann beispielsweise das Erzeugen einer spiralförmigen Außenkontur mit mindestens zwei Gängen ermöglicht werden.

**[0038]** Weiter bevorzugt ist eine Ausführungsform der Umformwerkzeugeanordnung, bei der beide Umformnocken des zweiten Umformwerkzeugs auf der ersten Schraubenlinie angeordnet sind. Hierdurch kann der graduelle Anteil der einzelnen Umformwerkzeuge sowie der graduelle Anteil der einzelnen Umformnocken an der Gesamtumformung, bzw. der Ausbildung der spiralförmigen Einkerbung gesenkt werden, wodurch die Fertigungsqualität weiter gesteigert werden kann.

**[0039]** In einer bevorzugten Ausführungsform der Umformwerkzeugeanordnung weist diese zumindest ein weiteres hier und im Folgenden beschriebenes Umformwerkzeug auf. Ausführungsgemäß kann eine der Um-

formnocken des weiteren Umformwerkzeugs auf der ersten Schraubenlinie angeordnet sein. Hierdurch kann der graduelle Anteil der einzelnen Umformnocken weiter verringert und die Fertigungsqualität weiter gesteigert werden. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass eine der Umformnocken des weiteren Umformwerkzeugs auf der zweiten Schraubenlinie angeordnet ist. Hierdurch kann die Fertigungsqualität beim Erzeugen einer spiralförmigen Außenkontur mit zwei Gängen erhöht werden.

**[0040]** Bevorzugt ist zudem eine Ausführungsform der Umformwerkzeugeanordnung, bei der die Umformwerkzeuge mehrere, vorzugsweise zumindest sechs, besonders bevorzugt zumindest zwölf, Umformnocken aufweisen. Die ersten Umformnocken der Umformwerkzeuge sind vorzugsweise auf verschiedenen Schraubenlinien angeordnet. Besonders bevorzugt sind die der ersten Umformnocke in der jeweiligen Längsrichtung nachfolgenden Umformnocken eines Umformwerkzeugs abwechselnd mit der Schraubenlinie desselben Werkstücks auf den Schraubenlinien der weiteren Umformwerkzeuge angeordnet. Mit anderen Worten ist die Umformwerkzeugeanordnung zum Ausbilden einer zur Anzahl der Umformwerkzeuge gleichen Anzahl an Gängen an der spiralförmigen Außenkontur ausgebildet. Typischerweise sind die Umformwerkzeuge in diesem Fall gleich, insbesondere identisch, ausgebildet und entlang der Mittelachse versatzlos zueinander in der Umformwerkzeugeanordnung angeordnet.

**[0041]** Die zugrundeliegende Aufgabe wird ferner gelöst durch eine Umformmaschine. Die Umformmaschine ist zum mehrstufigen Erzeugen eines zylindrischen Werkstücks mit einer spiralförmigen Außenkontur durch Rundkneten geeignet.

**[0042]** Die Umformmaschine weist die hier und im Folgenden beschriebene Umformwerkzeugeanordnung auf.

**[0043]** Zudem weist die Umformmaschine eine Vorschubeinrichtung auf. Die Vorschubeinrichtung ist zum Anordnen, insbesondere Einspannen, des Werkstückkrohlings ausgebildet. Typischerweise umfasst die Vorschubeinrichtung zu diesem Zweck eine Spannzange. Ferner ist die Vorschubeinrichtung in der Werkstück-Vorschubrichtung, bzw. entlang der Mittelachse der Umformwerkzeugeanordnung relativ zu der Umformwerkzeugeanordnung translatorisch bewegbar ausgebildet.

**[0044]** Darüber hinaus umfasst die Umformmaschine eine zum Regeln von Maschinenparametern ausgebildete Maschinensteuerung. Typischerweise regelt die Maschinensteuerung zumindest die Drehzahl der Umformwerkzeugeanordnung sowie eine Vorschubgeschwindigkeit der Vorschubeinrichtung. Darüber hinaus ist die Umformmaschine zur Durchführung einer relativen Drehbewegung zwischen der Umformwerkzeugeanordnung und der Vorschubeinrichtung eingerichtet. Mit anderen Worten ist die Umformmaschine bei angeordnetem Werkstückkrohling zum Ausführen einer Drehbewegung des Werkstückkrohlings relativ zu den Umformwerkzeugen ausgebildet.

**[0045]** In spezieller Ausführungsform der Umformmaschine kann vorgesehen sein, dass die Umformmaschine eine Dorneinrichtung aufweist. Die Dorneinrichtung umfasst typischerweise einen Umformdorn, der vor einem Umformverfahren innerhalb eines hohlzylindrischen Werkstückkrohlings angeordnet wird. Die Dorneinrichtung ist vorzugsweise an der Vorschubeinrichtung angeordnet.

**[0046]** Weiterhin wird die zugrundeliegende Aufgabe gelöst durch ein Umformverfahren. Das Umformverfahren ist zum mehrstufigen Erzeugen eines zylindrischen Werkstücks mit einer spiralförmigen Außenkontur durch Rundkneten geeignet.

**[0047]** Das Umformverfahren wird mittels einer hier und im Folgenden beschriebenen Umformmaschine durchgeführt und weist die nachfolgenden Verfahrensschritte auf.

**[0048]** Ein Verfahrensschritt sieht das Anordnen, insbesondere Einspannen, eines Werkstückkrohlings an der Umformmaschine vor. Vorzugsweise wird der Werkstückkrohling in der Vorschubeinrichtung, insbesondere mittels vorgehaltener Spannzange, eingespannt. Typischerweise wird der Werkstückkrohling derart an der Umformmaschine angeordnet, dass eine Werkstückachse des Werkstückkrohlings mit der Mittelachse der Umformwerkzeugeanordnung übereinstimmt.

**[0049]** Ein weiterer Verfahrensschritt sieht das Erzeugen des zylindrischen Werkstücks mit der spiralförmigen Außenkontur durch Bewegen der Vorschubeinrichtung in der Werkstück-Vorschubrichtung sowie zeitgleiches Durchführen der relativen Drehbewegung zwischen der Umformwerkzeugeanordnung und der Vorschubeinrichtung vor.

**[0050]** Die relative Drehbewegung ist derart an die Bewegung in der Werkstück-Vorschubrichtung angepasst, dass die Umformnocken entlang der Schraubenlinien durch radiale Auslenkung der Umformwerkzeuge eine plastische Verformung des Werkstückkrohlings, insbesondere eine spiralförmige Einkerbung an der Außenseite des Werkstückkrohlings, bewirken.

**[0051]** Die Erfinder haben erkannt, dass eine Vorschubgeschwindigkeit für die Bewegung in der Werkstück-Vorschubrichtung vorzugsweise weniger als 50 Millimeter pro Sekunde beträgt, um eine gute Fertigungsqualität mit kurzer Fertigungszeit sicherzustellen. Besonders bevorzugt beträgt die Vorschubgeschwindigkeit zwischen 5 und 30 Millimeter pro Sekunde. Hierdurch kann eine besonders hohe Fertigungsqualität sichergestellt werden.

**[0052]** Ferner haben die Erfinder erkannt, dass eine Schlagzahl der Umformwerkzeuge zwischen 10 und 100 Schlägen pro Sekunde, vorzugsweise zwischen 20 und 60 Schlägen pro Sekunde, besonders bevorzugt mit 40 Schlägen pro Sekunde, eine hohe Oberflächenqualität an dem Werkstück bewirkt.

**[0053]** Vorzugsweise ist die relative Drehbewegung zwischen der Umformwerkzeugeanordnung und der Vorschubeinrichtung, bzw. dem Werkstückkrohling an die

Schlagzahl angepasst. Hierdurch kann ein sogenannter Umsetzwinkel zwischen zwei aufeinanderfolgenden Umformschlägen vorbestimmt werden. Ein Umsetzwinkel von höchstens 40 Grad, vorzugsweise von höchstens 20 Grad, besonders bevorzugt von höchstens 5 Grad, hat sich als besonders vorteilhaft hinsichtlich der Fertigungsqualität der, insbesondere zu erzeugenden spiralförmigen Außenkontur des, Werkstücks herausgestellt.

**[0054]** In einer bevorzugten Ausführungsform des Umformverfahrens wird das zylindrische Werkstück aus einem hohlen Werkstückkrohling erzeugt. Ausführungsgemäß kann vorgesehen sein, dass vor dem Erzeugen des zylindrischen Werkstücks mit der spiralförmigen Außenkontur ein Umformdorn innerhalb des hohlen Werkstückkrohlings angeordnet wird. Mit anderen Worten wird die spiralförmige Außenkontur über einem Umformdorn erzeugt. Hierdurch kann ein Werkstück mit genauer Innenkontur erzeugt werden, da ein radialer Materialfluss während dem Umformen durch den Umformdorn verhindert wird.

**[0055]** Zudem wird die zugrundeliegende Aufgabe gelöst durch ein Computerprogramm.

**[0056]** Das Computerprogramm ist zum Betreiben der hier und im Folgenden beschriebenen Umformmaschine eingerichtet. Die Umformmaschine sieht ausführungsgemäß eine numerische Maschinensteuerung vor.

**[0057]** Das Computerprogramm umfasst Steuerbefehle für die Maschinensteuerung, die bewirken, dass das hier und im Folgenden beschriebene Umformverfahren von der Umformmaschine durchgeführt wird, wenn das Computerprogramm auf der numerischen Maschinensteuerung der Umformmaschine abläuft.

**[0058]** Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung, den Ansprüchen und der Zeichnung. Erfindungsgemäß können die vorstehend genannten und die noch weiter ausgeführten Merkmale jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen zweckmäßigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

**[0059]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand beispielhafter schematischer Darstellungen näher erläutert.

**[0060]** Es zeigt:

Figur 1 eine Umformmaschine mit einer Umformwerkzeugeanordnung und einer Vorschubeinrichtung in einer perspektivischen Darstellung.

Figur 2 eine erste Ausführungsform einer Umformwerkzeugeanordnung mit einem Rollenkäfig, mehreren Stößeln sowie mehreren Umformwerkzeugen in einer perspektivischen Darstellung.

Figur 3 eine Teilansicht einer zweiten Ausführungs-

form einer Umformwerkzeugeanordnung mit mehreren Umformwerkzeugen in einer geschnittenen Seitenansicht.

Figur 4 Die Umformwerkzeugeanordnung aus Figur 3 mit darin angeordnetem Werkstückrohling.

Figur 5 Eine alternative Umformwerkzeugeanordnung mit darin angeordnetem Werkstückrohling.

Figur 6 ein Umformwerkzeug der Umformwerkzeugeanordnung aus den Figuren 3 und 4 in einer orthogonalen Ansicht auf eine Umformseite.

Figur 7 das Umformwerkzeug aus Figur 6 in einer perspektivischen Darstellung.

Figur 8 einen Teilausschnitt des Umformwerkzeugs aus den Figuren 6 und 7 in einer geschnittenen Ansicht.

**[0061]** Gemäß **Figur 1** weist eine Umformmaschine **10** eine Umformwerkzeugeanordnung **12** und eine teilweise dargestellte Vorschubeinrichtung **14** auf. Mittels der Vorschubeinrichtung **14** kann ein an einer Spannzange **16** eingespannter Werkstückrohling **18**, z.B. ein Rohr, entlang einer Vorschubachse **20** der Vorschubeinrichtung **14** bzw. entlang einer Mittelachse **22** der Umformwerkzeugeanordnung **12** zugeführt werden.

**[0062]** Die Vorschubachse **20** fällt mit einer Längsachse **24** des eingespannten Werkstückrohlings **18** zusammen. Über eine Einführöffnung **26** an einer Frontseite **28** der Umformwerkzeugeanordnung **12** kann der eingespannte Werkstückrohling **18** mit einem zu bearbeitenden Werkstücklängsabschnitt in die Umformwerkzeugeanordnung **12** eingeführt werden. Mit anderen Worten kann der Werkstückrohling **18** einer Axialbewegung **29** in Richtung der Umformwerkzeugeanordnung **12** unterzogen werden.

**[0063]** Die Vorschubeinrichtung **14** ist zum Bewirken einer Drehbewegung **30** des Werkstückrohlings **18** um die Vorschubachse **20** ausgebildet. Die Vorschubeinrichtung **14** umfasst zu diesem Zweck nicht näher dargestellte Antriebsmittel. Die Vorschubeinrichtung **14** ist zur Überlagerung der Drehbewegung **30** mit der Axialbewegung **29** ausgebildet.

**[0064]** Die Umformmaschine **10**, bzw. die Umformwerkzeugeanordnung **12** kann eine nicht näher dargestellte Antriebseinheit, typischerweise einen Elektromotor, aufweisen.

**[0065]** Die Antriebseinheit ist typischerweise zum Antrieben der Umformwerkzeugeanordnung **12** ausgebildet.

**[0066]** Die Umformmaschine **10** weist ferner eine Maschinensteuerung **34** zum Steuern der Umformmaschine **10** auf. Die Maschinensteuerung **34** ist zu diesem Zweck über schematisch dargestellte Kommunikationsverbindungen **36** mit der Umformwerkzeugeanordnung **12** und der Vorschubeinrichtung **14** verbunden.

**[0067]** In **Figur 2** ist eine Umformwerkzeugeanordnung **12** als solitäre Baugruppe dargestellt.

**[0068]** Darstellungsgemäß umfasst die Umformwerkzeugeanordnung **12** einen Rollenkäfig **38**, mehrere an dem Rollenkäfig **38** angeordnete Rollen **42**, mehrere - hier vier - Stößel **44** sowie eine gleiche Anzahl an Umformwerkzeugen **46**. Jeweils ein Stößel **44** und ein Umformwerkzeug **46** bilden gemeinsam einen Umformstempel **48** aus. Zudem weist, wie dargestellt, jeder Umformstempel **48** einen zwischen dem Stößel **44** und dem Umformwerkzeug **46** angeordneten Nachstellkeil **50** auf. Aus Übersichtlichkeitsgründen ist lediglich eine Rolle **42**, ein Stößel **44**, ein Umformwerkzeug **46**, ein Umformstempel **48** sowie ein Nachstellkeil **50** mit einem Bezugszeichen versehen.

**[0069]** Die Rollen **42** sind drehbar an dem Rollenkäfig **38** angeordnet. Darstellungsgemäß kann der Rollenkäfig **38** zylinderförmige Ausnehmungen aufweisen, in die die Rollen **42** parallel zu der Mittelachse **22** eingeschoben werden.

**[0070]** Der Rollenkäfig **38** ist konzentrisch zur Mittelachse **22** ausgebildet und weist eine radial äußere Seite **52** und eine radial innere Seite **54** auf. Die Rollen **42** stehen an der radial äußeren Seite **52** und an der radial inneren Seite **54** in radialer Richtung über den Rollenkäfig **38** vor. Üblicherweise liegen die Rollen **42** an der radial äußeren Seite **52** an einem nicht näher dargestellten Außenring an, bzw. stützt sich der Rollenkäfig **38** mittels der Rollen **42** an dem Außenring ab.

**[0071]** Die Umformstempel **48** sind innerhalb des Rollenkäfigs **38** derart angeordnet, dass eine Umformseite **56** der Umformwerkzeuge **46** radial einwärts in Richtung der Mittelachse **22** der Umformwerkzeugeanordnung **12** bzw. in einer Umformrichtung **58** der Umformwerkzeuge **46** ausgerichtet ist. Darstellungsgemäß sind die Umformwerkzeuge **46** konzentrisch zur Mittelachse **22** angeordnet.

**[0072]** Ferner sind die Umformstempel **48** gemäß der dargestellten Ausführungsform gleichmäßig über einen radialen Innenumfang des Rollenkäfigs **38** bzw. die radial innere Seite **54** des Rollenkäfigs **38** verteilt angeordnet.

**[0073]** Während des Betriebs der Umformwerkzeugeanordnung **12** wird der Rollenkäfig **38** in eine Rotationsbewegung **60** relativ zu den Umformstempeln **48** versetzt. Die Rollen **42** passieren dabei die Stößel **44**, wodurch diese radial einwärts verdrängt werden und eine Umformkraft in Umformrichtung **58** bewirken. In Abhängigkeit von der Drehzahl des Rollenkäfigs **38** sowie der Anzahl der Rollen **42** wird eine Schlagzahl vorbestimmt, welche die Anzahl der Umformbewegungen pro Zeiteinheit definiert.

**[0074]** Mittels des Nachstellkeils **50** wird eine radiale Erstreckung des Umformstempels **48** an einen Außen-durchmesser eines umzuformenden Werkstückrohlings **18** angepasst. Der Nachstellkeil kann zu diesem Zweck parallel zur Mittelachse **22** bewegt werden, um die radiale Erstreckung des Umformstempels **48** zu verkleinern oder zu vergrößern.

**[0075]** In **Figur 3** ist eine Werkzeugeanordnung 12 in einer geschnittenen Seitenansicht auf eine in Fig. 2 gekennzeichnete Schnittebene X-X dargestellt. Die Werkzeugeanordnung 12 weist vier identische Umformwerkzeuge 46 auf, von denen jedoch lediglich drei Umformwerkzeuge 46 aufgrund der geschnittenen Darstellung zu sehen sind. Die Umformwerkzeuge 46 sind konzentrisch um die Mittelachse 22 der Werkzeugeanordnung 12 angeordnet.

**[0076]** Jedes Umformwerkzeug 46 weist eine Krafteinleitungsseite 62 und eine der Krafteinleitungsseite 62 gegenüberliegende Umformseite 64 auf. Zum Umformen eines Werkstückrohlings 18 wird eine Kraft über die Krafteinleitungsseite 62 in das Umformwerkzeug 46 und über die Umformseite 64 in den umzuformenden Werkstückrohling 18 eingeleitet. Mit anderen Worten wird eine Kraft in Umformrichtung 58 bewirkt. Die Umformrichtung 58 jedes Umformwerkzeugs 46 ist typischerweise auf die Mittelachse 22 der Umformwerkzeugeanordnung 12 gerichtet.

**[0077]** Die Krafteinleitungsseite 62 eines Umformwerkzeugs 46 kann, vorzugsweise können die Krafteinleitungsseiten 62 aller Umformwerkzeuge 46, wie dargestellt, schräg zu der Umformrichtung 58 ausgebildet sein. Mit anderen Worten kann die Krafteinleitungsseite 62 einen Winkel 66 mit einer zur Umformrichtung 58 senkrecht verlaufenden Ebene 68 einschließen. Hierdurch kann ein Nachstellkeil 50 (siehe Fig. 2) an der Krafteinleitungsseite 62 angeordnet werden, wobei der Nachstellkeil 50 vorzugsweise einen Keilwinkel aufweist, der mit dem Winkel 66 identisch ist.

**[0078]** Die Umformseiten 64 der Umformwerkzeuge 46 weisen jeweils eine Nockenstruktur 70 auf. Jede Nockenstruktur 70 weist mehrere - hier vierzehn - Umformnicken 72 auf. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind lediglich zwei Nockenstrukturen 70 und jeweils eine in Längsrichtung 74 des jeweiligen Umformwerkzeugs 46 erste Umformnocke 72 der beiden Nockenstrukturen 70 mit einem Bezugszeichen versehen.

**[0079]** Die Umformnicken 72 jeder Nockenstruktur 70 sind in der Längsrichtung 74 des jeweiligen Umformwerkzeugs 46 hintereinander aufgereiht angeordnet. Die Längsrichtung 74 verläuft vorzugsweise gleichgerichtet zur Axialbewegung 29 (siehe Fig. 1) eines Werkstückrohlings 18 (siehe Fig. 1) während des Erzeugens eines zylinderförmigen Werkstücks.

**[0080]** **Figur 4** zeigt die Werkzeugeanordnung 12 aus Figur 3 mit einem in der Werkzeugeanordnung 12 befindlichen Werkstückrohling 18 zur Erläuterung des Erzeugens eines zylinderförmigen Werkstücks mit einer spiralförmigen Außenkontur.

**[0081]** Hierzu wird der Werkstückrohling 18 der Umformwerkzeugeanordnung 12 mit einer Vorschubbewegung 76, die aus einer Überlagerung der Axialbewegung 29 und der Drehbewegung 30 resultiert, zugeführt. Der Werkstückrohling 18 wird entlang der Mittelachse 22 zwischen den Umformwerkzeugen 46 bewegt, wobei die Umformwerkzeuge 46 in der jeweiligen Umformrichtung

58 zeitweise radial auf den Werkstückrohling 18 einwirken. Dabei bewirken die Umformseiten 64, insbesondere die Nockenstrukturen 70, eine plastische Verformung des Werkstückrohlings 18. Die Umformnicken 72 formen eine Einkerbung 78 an dem Werkstückrohling 18, die aufgrund der Vorschubbewegung 76 eine spiralförmige Außenkontur erzeugt.

**[0082]** Die Axialbewegung 29 ist dabei derart mit der Drehbewegung 30 abgestimmt, dass aufgrund der resultierenden Vorschubbewegung 76 ein - durch eine Umformnocke 72 eines ersten Umformwerkzeugs 46 - umgeformter Abschnitt des Werkstückrohlings 18 einer Umformnocke 72 eines - im Drehsinn der Drehbewegung 30 unmittelbar - nachgelagerten Umformwerkzeugs 46 zugeführt wird. Mit anderen Worten wird die durch eine Umformnocke 72 begonnene Einkerbung 78 durch weitere Umformnicken 72 weiterer Umformwerkzeuge 46 fortlaufend mehrstufig ausgebildet. Die Einkerbung 78 kann darstellungsgemäß durch verschiedene Umformnicken 72 verschiedener Umformwerkzeuge 46 und verschiedene Umformnicken 72 derselben Nockenstruktur 70 eines Umformwerkzeugs 46 erzeugt werden.

**[0083]** Einzelne und/oder mehrere Umformnicken 72 eines und/oder mehrerer Umformwerkzeuge 46 sind mit hin auf zumindest einer gemeinsamen ersten Schraubenlinie 80 angeordnet. Darstellungsgemäß verläuft die Einkerbung 78 entlang der ersten Schraubenlinie 80. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist in Figur 4 lediglich eine Einkerbung 78 dargestellt. Darüber hinaus ist es selbst erklärend, dass gemäß der dargestellten Ausführungsform weitere Einkerbungen 78, beispielsweise entlang einer zweiten Schraubenlinie 82 durch die Umformseiten 64 geformt werden können. Die Anzahl der Schraubenlinien 80, 82 ist vorzugsweise gleich mit der Anzahl der Umformwerkzeuge 46.

**[0084]** Darstellungsgemäß wird während des Erzeugens des zylindrischen Werkstücks mit der spiralförmigen Außenkontur ein Ausgangsdurchmesser 84 des Werkstückrohlings 18 auf einen Enddurchmesser 86 verringert. Mit anderen Worten wird der Werkstückrohling 18 einer Durchmesserreduzierung unterzogen.

**[0085]** **Figur 5** zeigt eine alternative Werkzeugeanordnung 12 in einer geschnittenen Seitenansicht analog zu der in Fig. 2 gekennzeichneten Schnittebene X-X. Die Werkzeugeanordnung 12 weist vier verschiedenenartige Umformwerkzeuge 46 auf. Aufgrund der geschnittenen Darstellung sind lediglich drei Umformwerkzeuge 46 in der Figur 5 zu sehen. Die Umformwerkzeuge 46 sind konzentrisch um die Mittelachse 22 der Werkzeugeanordnung 12 angeordnet.

**[0086]** Die Nockenstrukturen 70 der verschiedenen Umformwerkzeuge 46 sind entlang der Mittelachse 22 derart aufeinander abgestimmt, bzw. an dem jeweiligen Umformwerkzeug 46 ausgebildet, dass eine spiralförmige Außenkontur mit lediglich einer einzelnen Einkerbung 78 ausgebildet wird. Mit anderen Worten weist die spiralförmige Außenkontur lediglich einen Gang auf.

**[0087]** Gemäß der dargestellten Ausführungsform be-

finden sich alle Umformnocken 72 der jeweiligen Nockenstruktur 70 und alle Umformnocken 72 der anderen Umformwerkzeuge 46 auf der, hier einzigen, Schraubenlinie 80.

**[0088]** Das Umformverfahren zum Erstellen der spiralförmigen Außenkontur ist analog zur Beschreibung in Figur 4 anwendbar.

**[0089]** **Figur 6** zeigt ein einzelnes Umformwerkzeug 46 in einer Draufsicht auf die Umformseite 64.

**[0090]** Die Umformseite 64 weist eine Umformnut 88 auf. Die Nockenstruktur 70 kann darstellungsgemäß vollständig innerhalb der Umformnut 88 angeordnet sein.

**[0091]** Die Umformnut 88 weist hier einen Einlaufabschnitt 90 mit sich verjüngendem Querschnitt auf. Der Einlaufabschnitt 90 ist zur Durchmesserreduzierung an einem umzuformenden Werkstückröhling 18 (siehe Fig. 4) ausgebildet. Vorzugsweise weist die Nockenstruktur 70 zumindest eine Umformnocke 72 in dem Einlaufabschnitt 90 auf. Darstellungsgemäß weist die Nockenstruktur 70 sieben vollständig in dem Einlaufabschnitt 90 angeordnete Umformnocken 72 auf.

**[0092]** Die Umformnut 88 weist hier zudem einen Kalibrierabschnitt 92 mit konstant bleibendem Querschnitt auf. Der Kalibrierabschnitt 92 ist zur Feinumformung des Werkstückröhlings 18 ausgebildet. Typischerweise ist der graduelle Anteil an einer Gesamtumformung an den Umformnocken 72 im Kalibrierabschnitt 92 geringer als der graduelle Anteil an den Umformnocken 72 im Einlaufabschnitt. Der Kalibrierabschnitt 92 weist hierfür gemäß der dargestellten Ausführungsform fünf vollständig in dem Kalibrierabschnitt 92 angeordnete Umformnocken 72 der Nockenstruktur 70 auf.

**[0093]** Die Umformnocken 72 der Nockenstruktur 70 weisen eine Nockenverlaufsrichtung 94 auf, die zu einer zur Längsrichtung 74 senkrecht verlaufenden Querrichtung 96 mit einem Steigungswinkel 98 abweichend ausgebildet ist. Mit anderen Worten verläuft die Nockenverlaufsrichtung 94 schräg zu der Längsrichtung 74. Vorzugsweise weisen alle Umformnocken 72, wie dargestellt, die gleiche Nockenverlaufsrichtung 94 auf. Mit anderen Worten sind die Umformnocken 72 parallel zueinander ausgebildet.

**[0094]** In **Figur 7** ist das Umformwerkzeug 46 aus Figur 6 in einer perspektivischen Ansicht dargestellt.

**[0095]** Das Umformwerkzeug 46 weist gemäß der gezeigten Ausführungsform einen sich in Umformrichtung 58 verjüngenden Umformwerkzeugabschnitt 100 auf. Der Umformwerkzeugabschnitt 100 weist an seiner der Krafteinleitungsseite 62 abgewandten Seite die Umformnut 88 mit der darin angeordneten, bzw. ausgebildeten Nockenstruktur 70 auf.

**[0096]** Die Umformnut 88 weist in ihrem Querschnitt typischerweise einen kreissegmentförmigen Nutgrund 102 auf. Hierdurch kann ein Kreisquerschnitt des Werkstückröhlings 18 während des Umformens beibehalten und/oder erzeugt werden.

**[0097]** **Figur 8** zeigt einen vergrößert dargestellten Teilausschnitt des Umformwerkzeugs 46 aus den Figu-

ren 6 und 7 in einem Längsschnitt durch die Umformnut 88 und die Nockenstruktur 70.

**[0098]** Die Nockenstruktur 70 weist Umformnocken 72a mit einer in Längsrichtung 74 gewölbten Nockenkontur 104 auf. Ferner kann die Nockenstruktur 70 darstellungsgemäß Umformnocken 72b mit einer in Längsrichtung 74 verlaufenden trapezförmigen Nockenkontur 106 aufweisen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist lediglich eine Umformnocke 72a, eine Umformnocke 72b, eine gewölbte Nockenkontur 104 und eine trapezförmige Nockenkontur 106 mit einem Bezugszeichen versehen. Darstellungsgemäß weisen die in Längsrichtung 74 ersten Umformnocken 72 die gewölbte Nockenkontur 104 und die in Längsrichtung 74 letzten Umformnocken 72 die trapezförmige Nockenkontur 106 auf.

**[0099]** Die Umformnocken 72, insbesondere die Umformnocken 72b mit trapezförmiger Nockenkontur 106, können eine erste Nockenflanke 108 und eine zweite Nockenflanke 110 aufweisen. Die erste Nockenflanke 108 ist der zweiten Nockenflanke 110 in Längsrichtung 74 vorgelagert. Die erste Nockenflanke 108 und die zweite Nockenflanke 110 derselben Umformnocke 72 bilden einen Nockenwinkel 112 aus. Die erste Nockenflanke 108 und die zweite Nockenflanke 110 oder die zweite Nockenflanke 110 und die erste Nockenflanke 108 von benachbarten Umformnocken 72 bilden einen Einkerbungswinkel 114 aus.

**[0100]** Eine Nockenhöhe 116 jeder Umformnocke 72 bemisst sich zwischen einem Nockenhöhepunkt 118 und dem Nutgrund 102 in Umformrichtung 58. Die Nockenhöhe 108 nimmt vorzugsweise in Längsrichtung 74, insbesondere stetig, zu.

#### Bezugszeichenliste

35

**[0101]**

- Umformmaschine 10;
- Umformwerkzeuganordnung 12;
- Vorschubeinrichtung 14;
- Spannzange 16;
- Werkstückröhling 18;
- Vorschubachse 20;
- Mittelachse 22;
- Längsachse 24;
- Einführöffnung 26;
- Frontseite 28;
- Axialbewegung 29;
- Drehbewegung 30;
- Maschinensteuerung 34;
- Kommunikationsverbindungen 36;
- Rollenkäfig 38;
- Rollen 42;
- Stößel 44;
- Umformwerkzeug 46;
- Umformstempel 48;
- Nachstellkeil 50;
- radial äußere Seite 52;

radial innere Seite 54;  
 Umformseite 56;  
 Umformrichtung 58;  
 Rotationsbewegung 60;  
 Krafteinleitungsseite 62;  
 Umformseite 64;  
 Winkel 66;  
 Ebene 68;  
 Nockenstruktur 70;  
 Umformnocke 72, 72a, 72b;  
 Längsrichtung 74;  
 Vorschubbewegung 76;  
 Einkerbung 78;  
 erste Schraubenlinie 80;  
 zweite Schraubenlinie 82;  
 Ausgangsdurchmesser 84;  
 Enddurchmesser 86;  
 Umformnut 88;  
 Einlaufabschnitt 90;  
 Kalibrierabschnitt 92;  
 Nockenverlaufsrichtung 94;  
 Querrichtung 96;  
 Steigungswinkel 98;  
 Umformwerkzeugabschnitt 100;  
 Nutgrund 102;  
 gewölbten Nockenkontur 104;  
 trapezförmigen Nockenkontur 106;  
 erste Nockenflanke 108;  
 zweite Nockenflanke 110;  
 Nockenwinkel 112;  
 Einkerbungswinkel 114;  
 Nockenhöhe 116;  
 Nockenhöhepunkt 118;  
 Schnittebene X-X.

## Patentansprüche

1. Umformwerkzeug (46) für eine Umformwerkzeugaordnung (12) zum mehrstufigen Erzeugen eines zylindrischen Werkstücks mit einer spiralförmigen Außenkontur durch Rundkneten, aufweisend

- eine Krafteinleitungsseite (62) zum Einleiten einer Umformkraft in das Umformwerkzeug (46);
- eine der Krafteinleitungsseite (62) gegenüberliegende Umformseite (64) zum Einleiten der Umformkraft in einer Umformrichtung (58) in den Werkstückrohling (18); und
- eine an der Umformseite (64) ausgebildete Nockenstruktur (70);

### **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Nockenstruktur (70) eine erste Umformnocke (72; 72a, 72b) und eine zweite Umformnocke (72; 72a, 72b) aufweist, die in einer Längs-

richtung (74) des Umformwerkzeugs (46) senkrecht zur Umformrichtung (58) hintereinander angeordnet sind; wobei

- die Umformnocken (72; 72a, 72b) verschiedene Nockenhöhen (116) aufweisen; und wobei
- die Umformnocken (72; 72a, 72b) in einer orthogonalen Ansicht auf die Umformseite (64) eine Nockenverlaufsrichtung (94) aufweisen, die schräg zur Längsrichtung (74) des Umformwerkzeugs (46) ausgebildet ist.

2. Umformwerkzeug (46) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umformseite (64) eine sich in Längsrichtung (74) erstreckende Umformnut (88) mit einem im Querschnitt kreissegmentförmigen Nutgrund (102) aufweist, wobei die Nockenstruktur (70) in der Umformnut (88) angeordnet ist.
3. Umformwerkzeug (46) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umformnut (88) einen Einlaufabschnitt (90) mit sich in Längsrichtung (74) verjüngendem Querschnitt und/oder einen Kalibrierabschnitt (92) mit in Längsrichtung (74) konstantem Querschnitt aufweist, wobei zumindest eine der Umformnocken (72; 72a, 72b) in dem Einlaufabschnitt (90) und/oder in dem Kalibrierabschnitt (92) angeordnet ist.
4. Umformwerkzeug (46) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nockenstruktur (70) wenigstens drei, vorzugsweise wenigstens sechs, besonders bevorzugt wenigstens zwölf, Umformnocken (72; 72a, 72b) aufweist, die in Längsrichtung (74) äquidistant zueinander angeordnet sind.
5. Umformwerkzeug (46) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine der, vorzugsweise mehrere der, besonders bevorzugt alle, Umformnocken (72; 72a, 72b) einen um die Längsrichtung (74) oder zur Längsrichtung (74) hin gewölbten Umformabschnitt aufweisen.
6. Umformwerkzeug (46) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine der Umformnocken (72; 72a, 72b) eine in der Längsrichtung (74) gewölbt und/oder trapezförmig verlaufende Nockenkontur (104, 106) aufweist.
7. Umformwerkzeug (46) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest eine, vorzugsweise mehrere, Umformnocken (72; 72a, 72b) eine erste Nockenflanke (108) und eine zweite Nockenflanke (110) aufweisen, wobei die erste Nockenflanke (108) und die zweite Nockenflanke (110) zur Umformrichtung (58)

- geneigt ausgebildet sind.
8. Umformwerkzeug (46) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und die zweite Nockenflanke (108, 110) von zumindest einer Umformnocke (72; 72a, 72b) einen Nockenwinkel (112) von höchstens 40 Grad, vorzugsweise von höchstens 30 Grad, besonders bevorzugt von höchstens 20 Grad ausbilden. 5
9. Umformwerkzeug (46) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Umformwerkzeug (46) einen sich in Umformrichtung (58) verjüngenden Umformwerkzeugabschnitt (100) aufweist. 15
10. Umformwerkzeugeanordnung (12) für eine Umformmaschine (10) zum mehrstufigen Erzeugen eines zylindrischen Werkstücks mit einer spiralförmigen Außenkontur durch Rundkneten, aufweisend ein erstes Umformwerkzeug (46) nach einem der vorhergehenden Ansprüche und ein zweites Umformwerkzeug (46) nach einem der vorhergehenden Ansprüche; 20
- wobei die Umformwerkzeuge (46) konzentrisch um eine Mittelachse (22) der Umformwerkzeugeanordnung (12) angeordnet sind, um einen Werkstückrohling (18) beim Erzeugen des zylindrischen Werkstücks mit spiralförmiger Außenkontur zumindest teilweise zu umschließen; wobei die Umformwerkzeugeanordnung (12) zum radialen Auslenken der Umformwerkzeuge (46) in Richtung der Mittelachse (22) ausgebildet ist; wobei die Umformwerkzeuge (46) jeweils mit Ihrer Umformseite (64) in Richtung der Mittelachse (22) ausgerichtet sind, um durch das radiale Auslenken eine radiale Krafteinleitung in den Werkstückrohling (18) bewirken zu können; wobei die erste Umformnocke (72; 72a, 72b) des ersten Umformwerkzeugs (46) gemeinsam mit einer der Umformnocken (72; 72a, 72b) des zweiten Umformwerkzeugs (46) auf einer ersten Schraubenlinie (80) angeordnet ist. 30
11. Umformwerkzeugeanordnung (12) nach Anspruch 10, wobei die zweite Umformnocke (72; 72a, 72b) des ersten Umformwerkzeugs (46) auf der ersten Schraubenlinie (80) oder gemeinsam mit einer der Umformnocken (72; 72a, 72b) des zweiten Umformwerkzeugs (46) auf einer zweiten Schraubenlinie (82) angeordnet ist. 35
12. Umformwerkzeugeanordnung (12) nach Anspruch 10 oder 11, wobei beide Umformnocken (72; 72a, 72b) des zweiten Umformwerkzeugs (46) auf der ersten Schraubenlinie (80) angeordnet sind. 40
13. Umformwerkzeugeanordnung (12) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, zusätzlich aufweisend zumindest ein weiteres Umformwerkzeug (46) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei eine der Umformnocken (72; 72a, 72b) des zumindest einen weiteren Umformwerkzeugs (46) auf der ersten Schraubenlinie (80) und/oder der zweiten Schraubenlinie (82) angeordnet ist. 45
14. Umformwerkzeugeanordnung (12) nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei die Umformwerkzeuge (46) mehrere, vorzugsweise zumindest sechs, besonders bevorzugt zumindest zwölf, Umformnocken (72; 72a, 72b) aufweisen; wobei die ersten Umformnocken (72; 72a, 72b) der Umformwerkzeuge (46) auf verschiedenen Schraubenlinien (80, 82) angeordnet sind; wobei die in Längsrichtung (74) der ersten Umformnocke (72; 72a, 72b) nachfolgenden Umformnocken (72; 72a, 72b) eines Umformwerkzeugs (46) abwechselnd mit der Schraubenlinie (80, 82) desselben Umformwerkzeugs (46) auf den Schraubenlinien (80, 82) der weiteren Umformwerkzeuge (46) angeordnet sind. 50
15. Umformmaschine (10) zum mehrstufigen Erzeugen eines zylindrischen Werkstücks mit einer spiralförmigen Außenkontur durch Rundkneten, 55
- mit einer Umformwerkzeugeanordnung (12) nach einem der Ansprüche 10 bis 14;
  - mit einer zum Anordnen, insbesondere Einspannen, eines Werkstückrohlings (18) ausgebildeten Vorschubeinrichtung (14); wobei die Vorschubeinrichtung (14) entlang einer Vorschubachse (20) relativ zu der Umformwerkzeugeanordnung (12) translatorisch bewegbar ausgebildet ist; und
  - mit einer zum Regeln von Maschinenparametern ausgebildeten Maschinensteuerung (34);
  - wobei die Umformmaschine (10) zur Durchführung einer relativen Drehbewegung (30) zwischen der Umformwerkzeugeanordnung (12) und der Vorschubeinrichtung (14) eingerichtet ist.
16. Umformverfahren zum mehrstufigen Erzeugen eines zylindrischen Werkstücks mit einer spiralförmigen Außenkontur durch Rundkneten mittels einer Umformmaschine (10) nach Anspruch 15, aufweisend die Verfahrensschritte:
- Anordnen, insbesondere Einspannen, eines Werkstückrohlings (18) an der Umformmaschine (10);
  - Erzeugen des zylindrischen Werkstücks mit der spiralförmigen Außenkontur durch Bewegen der Vorschubeinrichtung (14) in einer Axialbewegung (29) entlang der Vorschubachse

(20) sowie zeitgleichem Durchführen der relativen Drehbewegung (30) zwischen der Umformwerkzeuganordnung (12) und der Vorschubeinrichtung (14);

5

wobei die Drehbewegung (30) derart an die Axialbewegung (29) angepasst ist, dass die Umformnocken (72; 72a, 72b) entlang der Schraubenlinien (80, 82) durch radiales Auslenken der Umformwerkzeuge (46) eine plastische Verformung des Werkstück- 10 rohlings (18) bewirken.

17. Umformverfahren nach Anspruch 16, wobei das zylindrische Werkstück aus einem hohlen Werkstückrohling (18) erzeugt wird, wobei vor dem Erzeugen 15 des zylindrischen Werkstücks mit der spiralförmigen Außenkontur ein Umformdorn innerhalb des hohlen Werkstückrohlings (18) angeordnet wird.
18. Computerprogramm zum Betreiben einer Umformmaschine (10) gemäß Anspruch 15, wobei als Maschinensteuerung (34) eine numerische Maschinensteuerung (34) vorgesehen ist, 20 wobei das Computerprogramm für die Maschinensteuerung (34) Steuerbefehle umfasst, die bewirken, dass ein Umformverfahren nach Anspruch 16 durchgeführt wird, wenn das Computerprogramm auf der numerischen Maschinensteuerung (34) der Umformmaschine (10) gemäß Anspruch 15 abläuft. 25

30

35

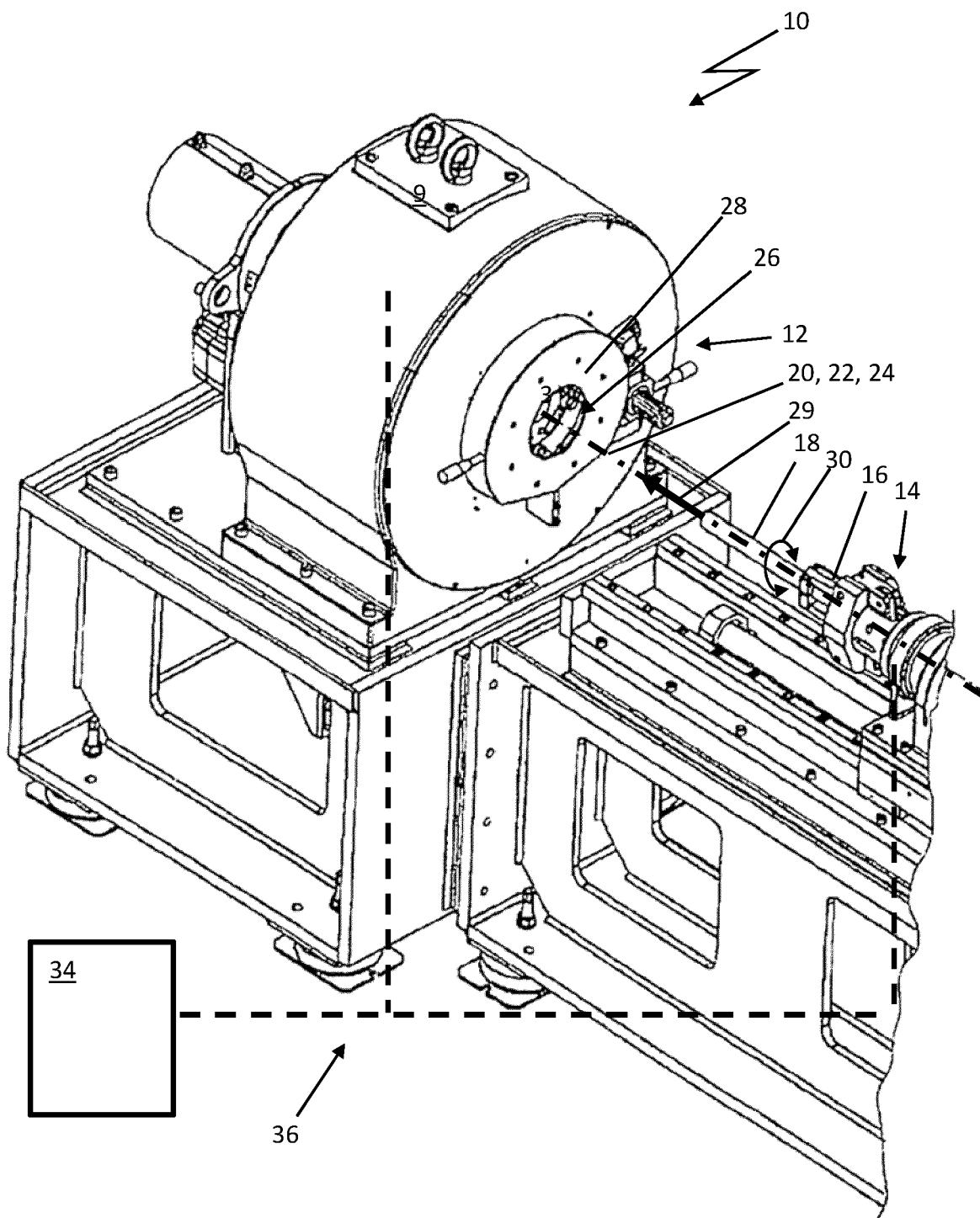
40

45

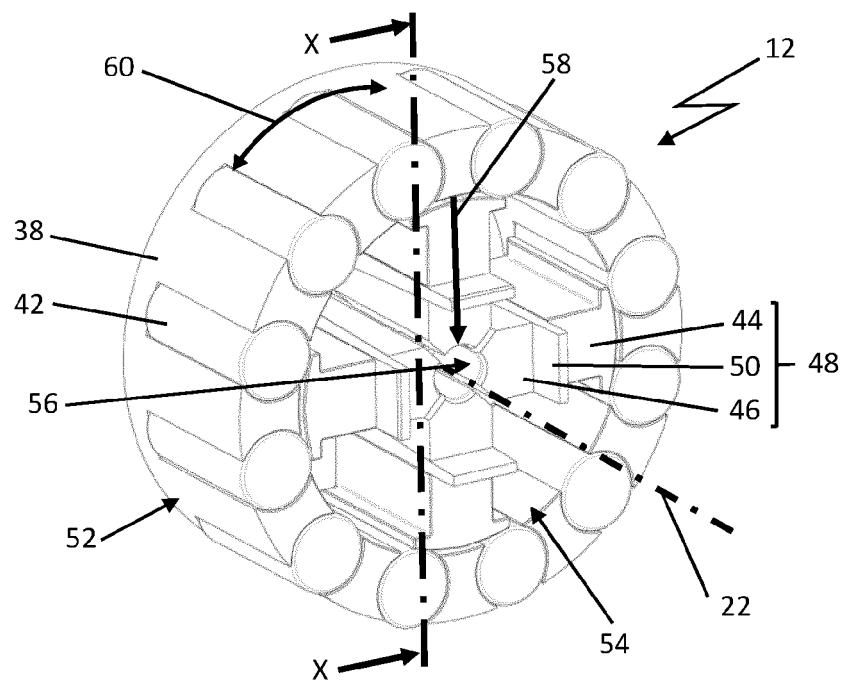
50

55

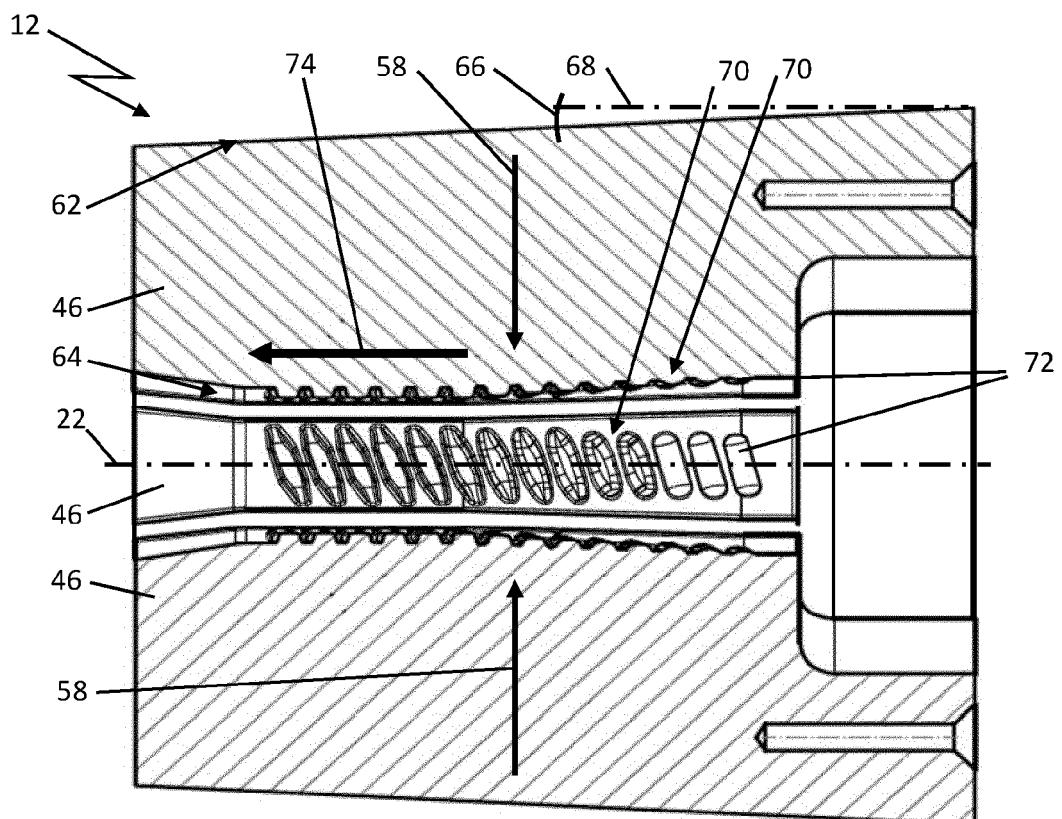
12



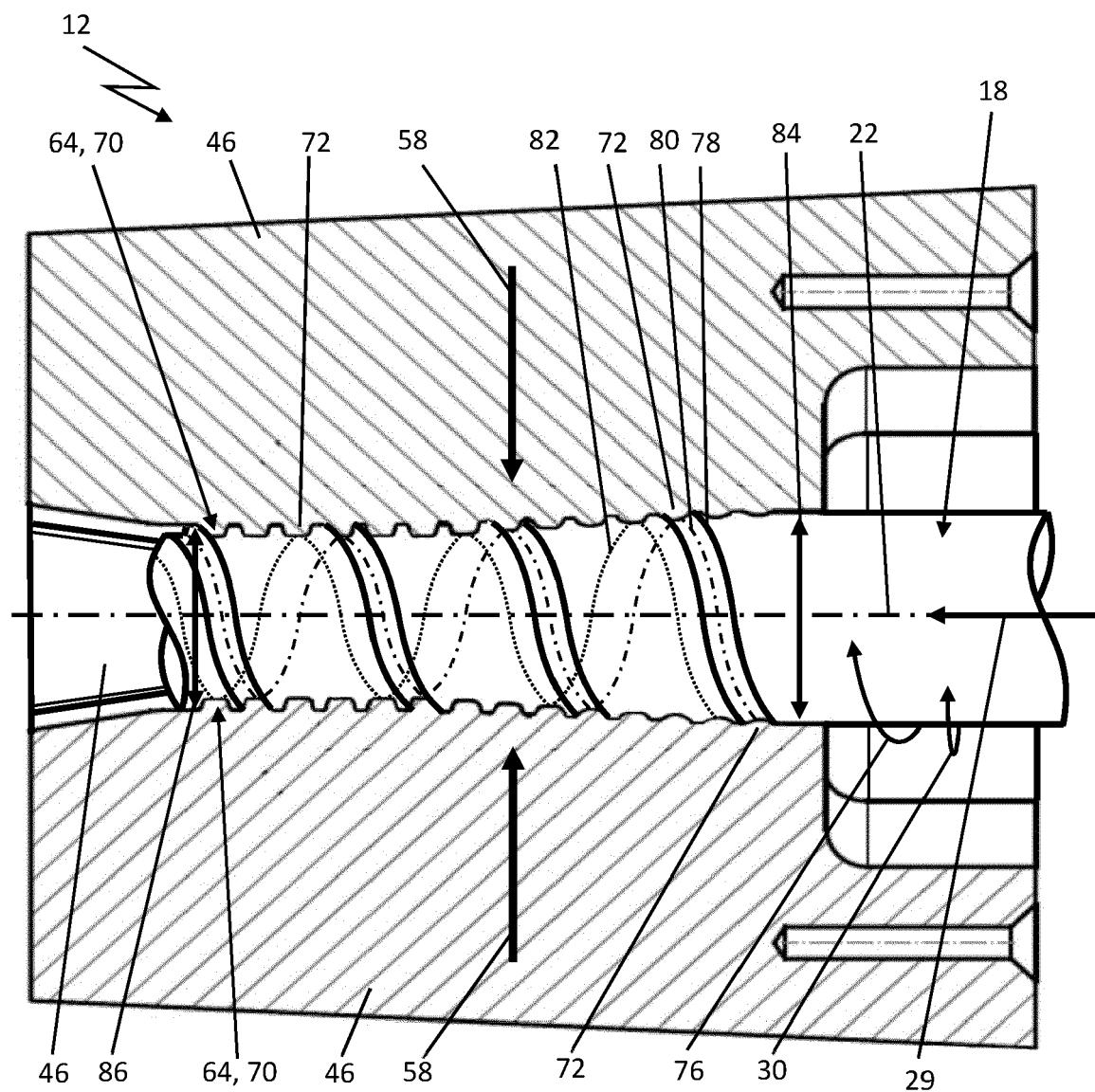
**Fig. 1**



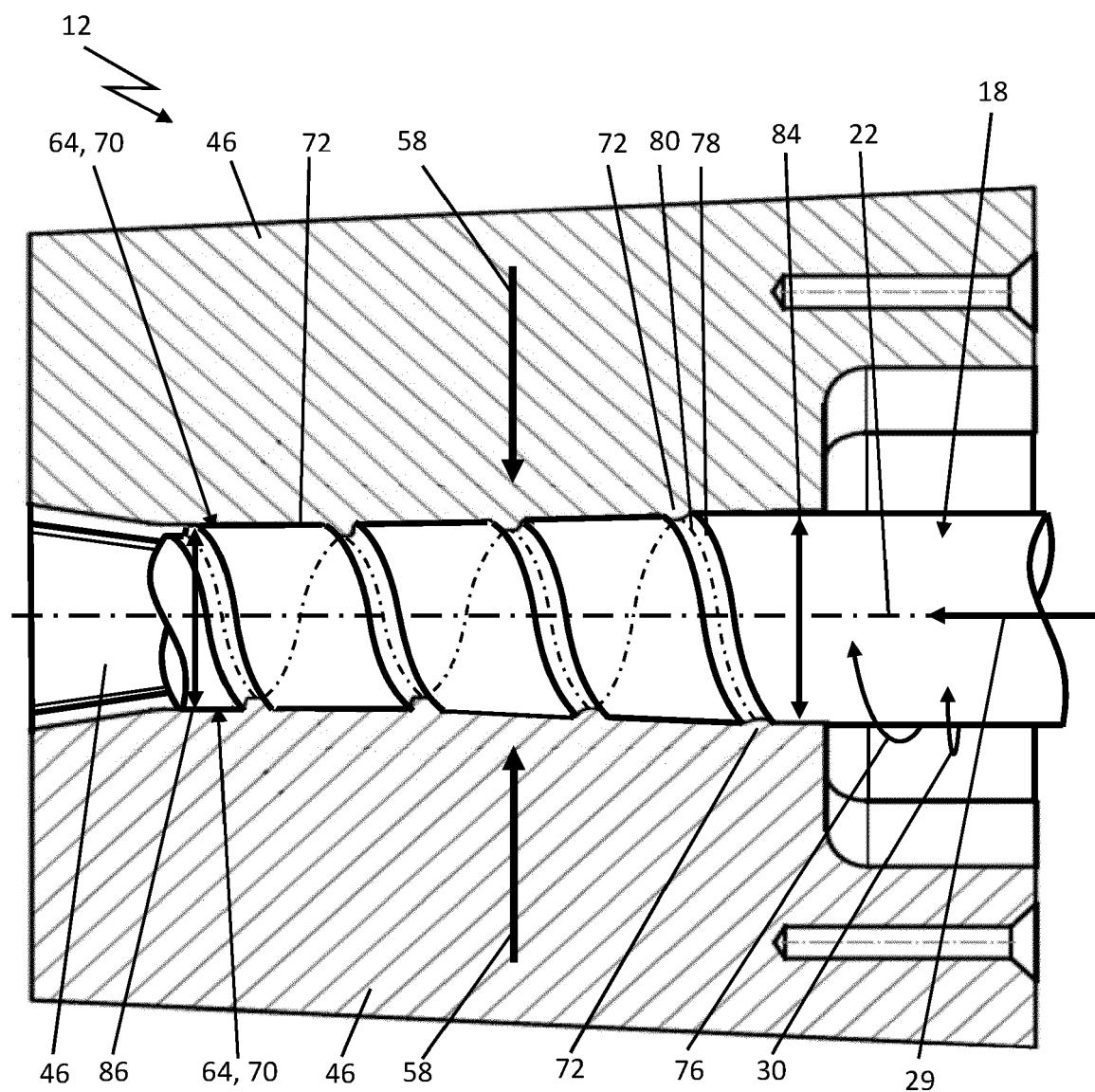
**Fig. 2**



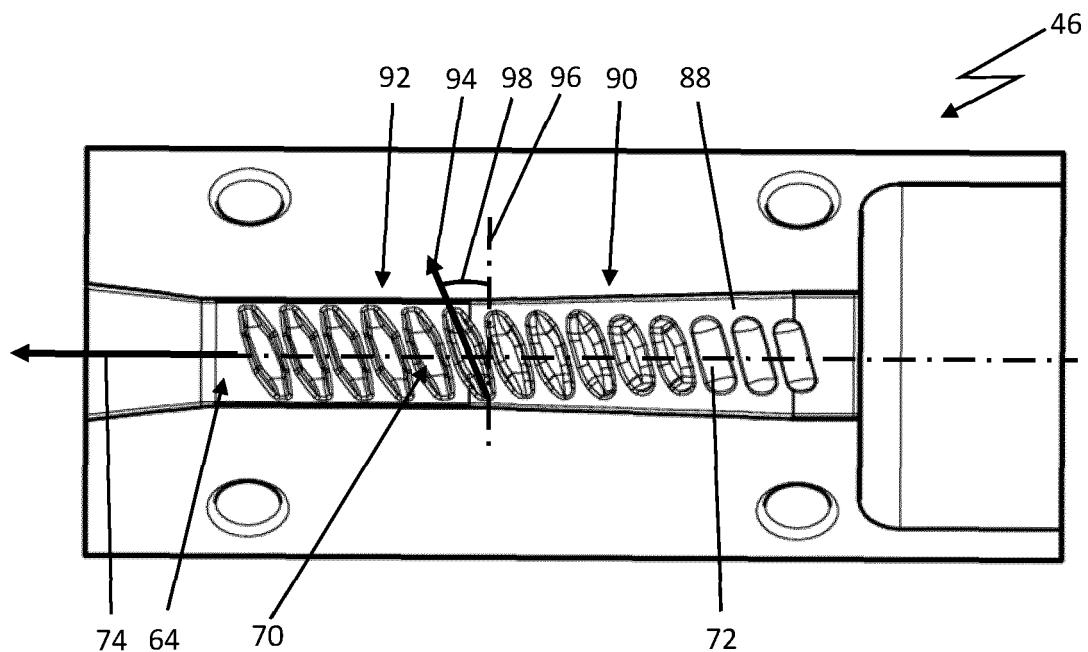
**Fig. 3**



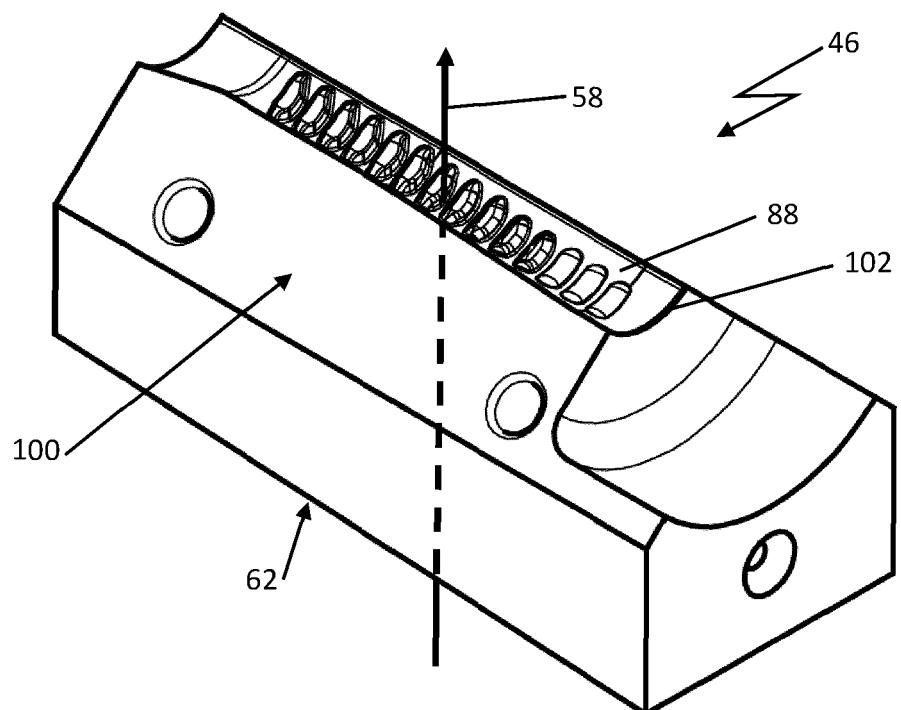
**Fig. 4**



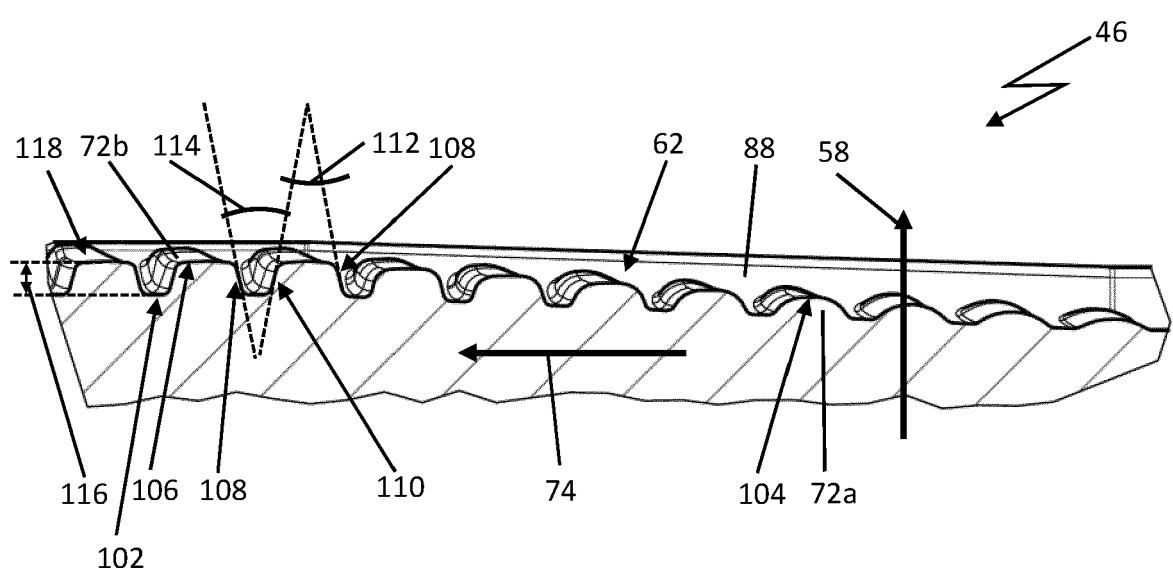
**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 7**



**Fig. 8**



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 21 4253

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	X	DE 102 56 591 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 24. Juni 2004 (2004-06-24) * Absätze [0008], [0010], [0029]; Abbildungen 1,2 *	1-4, 6, 9-16, 18 5, 7, 8	INV. B21J7/14 B21J7/16
15	Y	JP 2003 126938 A (SANGO CO LTD) 8. Mai 2003 (2003-05-08) * Abbildungen 1,2,4(c), 4(d), 6(d), 8(d) *	5, 7, 8	
20	A	DE 10 2010 014601 A1 (FELSS GMBH [DE]) 13. Oktober 2011 (2011-10-13) * Absatz [0030]; Abbildung 1 *	15	
25	A	DE 10 2009 013435 A1 (FELSS GMBH [DE]) 23. September 2010 (2010-09-23) * das ganze Dokument *	1-18	
30	A	DE 103 28 052 A1 (FELSS GMBH [DE]) 20. Januar 2005 (2005-01-20) * das ganze Dokument *	1-18	
35				RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
40				B21J B21L
45				
50	1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)	Recherchenort <b>Den Haag</b>	Abschlußdatum der Recherche <b>5. Juni 2023</b>	Prüfer <b>Prelovac, Jovanka</b>
		KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		
		X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
		Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist	
		A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
		O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
		P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 21 4253

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

05-06-2023

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 10256591 A1	24-06-2004	KEINE	
15	JP 2003126938 A	08-05-2003	KEINE	
	DE 102010014601 A1	13-10-2011	CN 102883835 A DE 102010014601 A1 DK 2555887 T3 EP 2555887 A1 ES 2488625 T3 KR 20130040879 A PL 2555887 T3 US 2013055779 A1 WO 2011124486 A1	16-01-2013 13-10-2011 30-06-2014 13-02-2013 28-08-2014 24-04-2013 30-09-2014 07-03-2013 13-10-2011
20	DE 102009013435 A1	23-09-2010	KEINE	
25	DE 10328052 A1	20-01-2005	KEINE	
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102014225104 B4 **[0005]**