

(19)



(11)

EP 2 888 064 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
14.10.2020 Patentblatt 2020/42

(51) Int Cl.:
B21J 1/06 *(2006.01)* **B21J 9/02** *(2006.01)*
B21K 1/30 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **13752631.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2013/067433

(22) Anmeldetag: **22.08.2013**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/033038 (06.03.2014 Gazette 2014/10)

(54) **UMFORMVERFAHREN**

FORMING METHOD

PROCÉDÉ DE FORMAGE

(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 MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **27.08.2012 DE 102012016926**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.07.2015 Patentblatt 2015/27

(73) Patentinhaber: **Volkswagen Aktiengesellschaft
38440 Wolfsburg (DE)**

(72) Erfinder:
• **RÜSCH, Sönke
34225 Baunatal (DE)**

• **WETTERAU, Lars
34131 Kassel (DE)**

(74) Vertreter: **Schneider, Peter Christian
Fiedler, Ostermann & Schneider
Patentanwälte
Obere Karspüle 41
37073 Göttingen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**WO-A1-01/34323 WO-A1-93/01906
DE-A1- 19 525 868 FR-A1- 2 819 203
JP-A- S6 221 439 JP-A- S6 277 145
SU-A1- 1 430 146**

EP 2 888 064 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Taumelumform- oder Drehschmiede verfahren, bei dem ein Werkstück auf einen bestimmten Temperaturbereich gebracht und mittels eines Umformwerkzeugs umgeformt wird, wobei die durch ein gegenüber dem Werkstück gekipptes, rotierend bewegtes, oberes, erstes Werkzeug des Umformwerkzeugs während der Umformung übertragene Umformkraft auf eine Teilfläche einer umzuformenden, im Wesentlichen rotationssymmetrischen, ersten Umformfläche des Werkstücks einwirkt, und die Teilfläche, die die Größe eines Sektors der ersten Umformfläche mit gegenüber der gesamten ersten Umformfläche reduziertem Flächenanteil nicht überschreitet, während der Einwirkung der im Wesentlichen konstanten Umformkraft stetig verändert wird, sodass nach Abschluss eines Zyklus die gesamte erste Umformfläche mit der Umformkraft beaufschlagt wurde, und wobei das Umformwerkzeug mit einem gegenüber dem Werkstück ebenfalls gekippten, rotierend bewegten, unteren, zweiten Werkzeug auf eine zu der Teilfläche der ersten Umformfläche kongruente Teilfläche einer der ersten Umformfläche gegenüberliegenden, zweiten Umformfläche des Werkstücks einwirkt, wobei die beiden Werkzeuge des Umformwerkzeugs in gleichförmigen Rotationsbewegungen synchron zueinander bewegt werden.

[0002] Ein derartiges Verfahren ist bekannt aus der DE 195 25 868 A1. Ein ringartiges Bauteil geschmiedet, indem zwei von oben und unten jeweils schräg ansetzende Stempel eine synchron taumelnde und das Werkstück zwischen sich pressende Bewegung durchführen. Zudem ist das Werkstück von einer verzahnten Matrize umschlossen, in deren Zahnücken beim Umformvorgang nach außen verdrängtes Material fließt.

[0003] Ein anderes Doppel-Taumel-Umformverfahren ist aus der JP S62 77145 A bekannt.

[0004] Ein Doppel-Drehschmiedeverfahren, welches sich von dem vorgenannten Doppel-Taumel-Umformverfahren im Wesentlichen durch die Wahl der Drehachse der Stempel unterscheidet, ist aus der JP S62 21439 A bekannt.

[0005] Die FR 2 819 203 A1. offenbart die schnelle Herstellung kurzer Flanschwellenabschnitte. Eine rohrförmiger Wellenrohling wird schrittweise mittels eines Zuführwerkzeugs vorgeschoben, sodass seine Stirnfläche mittels eines taumelnden Umformstempels zu einem Flansch umgeformt werden kann. Das Zuführwerkzeug fährt dann zurück und lässt den bearbeiteten Teil stehen, sodass ein fertiger Flanschwellenabschnitt abgesichert werden kann. Sodann fährt das Zuführwerkzeug erneut vor, um die neue Stirnfläche des Rohlings in die Bearbeitungsposition zu bringen.

[0006] Die WO 93/01906 A1 betrifft eine Taumelpresse mit taumelnder erster Gesenkhälfte und achsparallel bewegter zweiter Gesenkhälfte. Durch eine Gegenmasse sollen sich die Produkte aus Masse und Schwerpunkt-

abstand gegenseitig aufheben und ein Dauerbetrieb mit erhöhter Taumelfrequenz und eine Verkürzung der Umformzeit eines Werkstückes, insbesondere auch im Halb- und Warmbereich, erreicht werden. Die zweite Gesenkhälfte wird dabei nicht bewegt.

[0007] Auch die SU 1430146 A offenbart ein Taumelumformverfahren mit taumelnder oberer Gesenkhälfte und feststehender unterer Gesenkhälfte.

[0008] Die WO 2001/034323 A1 offenbart ein Verfahren zum Axial-Umformwalzen oder Prägen von Werkstücken mittels zwei Rotoren mit zueinander geneigten Drehachsen. Hierzu sind einander genau gegenüberliegend mehrere Werkzeuge am Umfang verteilt angeordnet, die sich bei Berührung der Walzen zu einem Hohlraum schließen.

[0009] Die DE 10 2005 027 259 A1 beschreibt ein Schmiedeverfahren zur Herstellung von metallischen Bauteilen durch Halbwarm-Umformung von Rohlingen aus Legierungen mit superplastischem Gefüge. Dadurch wird der Umformdruck im Umformwerkzeug deutlich unterhalb des zum Schmieden benötigten Umformdrucks der entsprechenden Legierung gehalten.

[0010] Die DE 10 2007 023 087 A1 betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Nocken aus einem härtbaren Stahlwerkstoff für eine Nockenwelle in einem Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeugs. Das Herstellungsverfahren umfasst eine Umformung eines Halbzeugs zur Erzeugung eines Nockenrohlings und eine anschließende Wärmebehandlung des Nockenrohlings. Um die Umformung zu erleichtern, kann das Stangenmaterial bzw. die Nockenscheibe vor der Umformung gegebenenfalls je nach Werkstoff auf eine Temperatur von bis zu 400 °C - 500 °C erwärmt werden, sodass die Umformung als Halbwarmumformung erfolgt. Eine solche Temperaturerhöhung erhöht naturgemäß die Verformbarkeit. Die Temperatur wird in einer solchen Weise gewählt, dass die Umformung ohne Gefügebeeinträchtigung erfolgt und keine Verzunderung auftritt.

[0011] Durch die WO 2005/021177 A1 ist ein Verfahren zum Umformen von Blechen, insbesondere zum Halbwarm- oder Warmumformen von Platinen, in einem Umformwerkzeug bekannt. Vorteilhaft erweist sich dabei ein hoher Umformgrad bedingt durch die Verwendung eines Halbwarm- oder Warmumformens im Gegensatz beispielsweise zu einem Kaltumformen wie dem Tiefziehen. Hierdurch können insbesondere die verwendeten Presswerkzeuge geschont werden.

[0012] Die DE 10 2009 025 023 A1 bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung einer Nockenwelle, bei dem ein Halbwarmpressen eingesetzt wird.

[0013] Beim Halbwarmumformen werden niedrigere Temperaturen verwendet als beim Warmumformen, wodurch im Allgemeinen keine Materialhärtung erfolgt. Es können beispielsweise jedoch Hochfestmaterialien verwendet werden, die bereits hochfeste Eigenschaften aufweisen. In diesem Falle braucht lediglich eine Temperaturerhöhung in Bereiche zu erfolgen, die das Umformen erleichtern - insbesondere auf Temperaturen unterhalb

850 °C, bevorzugt zwischen 500 °C und 700 °C.

[0014] Grundsätzlich gilt, dass hohe Umformgrade eine hohe Umformtemperatur erfordern. So wird beispielsweise bei einer Warmumformung im Temperaturbereich zwischen 1.000 °C und 1.200 °C ein hohes Umformvermögen von $\varphi > 4$ erreicht. Hiermit verbunden ist jedoch ein hoher Energieverbrauch bei der Erwärmung des Werkstücks auf die hohe Temperatur. Ein weiterer wesentlicher Nachteil, der mit der Warmumformung verbunden ist, ist der hohe Aufwand für die spanende Nachbearbeitung, insbesondere durch die erforderliche Entfernung des bei den hohen Temperaturen entstehenden Zunders, beispielsweise mittels Strahlen. Weiterhin erweist sich der Materialverlust als nachteilig, weil zum Ausgleich der auftretenden Abweichungen und Ungenauigkeiten erhebliche Aufmaße vorgesehen werden müssen. Aufgrund der Zunderschichten ist es in der Praxis zudem ausgeschlossen, mehrere Verfahrensschritte in ein Werkzeug zu integrieren, da störender Zunder die Funktion beeinträchtigen könnte.

[0015] Der Vorteil einer Umformung bei geringeren Temperaturen, beispielsweise im Bereich der Lauwarmumformung sowie der Kaltumformung, liegt demgegenüber in dem geringeren Energieaufwand für die Erwärmung sowie in der so realisierbaren hohen Genauigkeit bei zugleich fehlender Verzunderung. Gegenüber einer Umformung bei hohen Temperaturen ergibt sich jedoch ein wesentlich geringeres Umformvermögen bei hohen Umformkräften.

[0016] Aus der DE 32 02 254 C2 ist ein Verfahren zum Herstellen einer Zahnstange durch Kaltumformung bekannt, bei dem ein zylindrischer Rohling zwischen einem Ober- und Unterwerkzeug umgeformt wird. Ein Gesenkteil führt während des Pressvorgangs eine Taumelbewegung auf dem Rohling aus. Durch den partiellen Umformbereich im Vergleich zum Stauchen wird eine geringere Normalspannung erreicht, die zu einer Erhöhung der Werkzeugstandzeit führt.

[0017] Bei einem Verfahren zum Herstellen eines Rohlings für eine Zahnstange gemäß der DE 198 39 428 A1 wird unter Verwendung einer Prägevorrichtung mit wenigstens drei relativ zueinander beweglichen Formwerkzeugen in einem ersten Schritt ein Ausgangsmaterial mit im Wesentlichen kreisförmigem Querschnitt zwischen die Formwerkzeuge eingelegt. In einem zweiten Schritt wird dann auf wenigstens eines der Formwerkzeuge eine Kraft in einer Richtung ausgeübt, durch die sich die Formwerkzeuge relativ zueinander bewegen. Dadurch wird das Ausgangsmaterial in einen Rohling für die Zahnstange umgeformt, der im axialen Bereich der Zahnstangenverzahnung eine von einem Kreiszyylinder abweichende Form erhält. Durch die Einleitung einer Kraft in die drei relativ zueinander beweglichen Formwerkzeuge kann das Ausgangsmaterial ohne größere Kaltverfestigung in diejenigen Bereiche des Rohlings geformt werden, die im weiteren Verlauf der Herstellung der Zahnstange größere Verformungen erfahren. Ein zusätzlicher Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, dass auf einfache Weise

eine Rohlingsform erreicht werden kann, mit der bei einem nachfolgenden Umformprozess, insbesondere bei einem Taumelverfahren, eine Gratbildung vermieden wird.

[0018] Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes Verfahren energieeffizienter und präziser zu gestalten.

[0019] Diese Aufgabe wird in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1 dadurch gelöst, dass das Umformverfahren zwischen 50°C und 450° im Temperaturbereich der Lauwarmumformung des Werkstücks und mit einem Umformgrad von $\varphi > 4$ durchgeführt wird.

[0020] Es ist also ein Umformverfahren vorgesehen, bei dem die durch das Umformwerkzeug übertragene Umformkraft während der Umformung lediglich auf eine geringe Teilfläche als Partialfläche der umzuformenden Umformfläche des Werkstücks einwirkt, wobei die Teilfläche während der Einwirkung einer im Wesentlichen konstanten Umformkraft insbesondere stetig verändert wird, sodass nach Abschluss eines Zyklus die Gesamtfläche mit einer Umformkraft beaufschlagt ist. Die Erfindung geht dabei von der Erkenntnis aus, dass sich bei einer vergleichsweise geringen Temperatur, die im Bereich der Kaltumformung oder nur geringfügig darüber und damit weit unterhalb der Temperatur einer Halbwarmumformung liegt, ein wesentlich verbessertes Umformvermögen erzielen lässt, wenn die Umformkraft nicht zugleich auf die gesamte Umformfläche übertragen wird, sondern sukzessive auf eine sich schrittweise oder stetig verändernde Teilfläche einwirkt, bis die gesamte Umformfläche zumindest einmal mit der Umformkraft belastet wird. Insbesondere wird die Umformkraft also partiell bzw. inkrementell auf die Teilfläche übertragen, wobei die ausgewählte Teilfläche in Bezug auf die Umformfläche nach einem vorbestimmten Zyklus insbesondere kontinuierlich verändert wird.

[0021] Es lässt sich in dem Temperaturbereich der Lauwarmumformung ein überraschend hohes Umformvermögen von $\varphi > 4$ erreichen, was dem Umformvermögen einer Warmumformung entspricht und dabei sogar das Umformvermögen der Halbwarmumformung deutlich übertrifft. Obwohl der diesem hervorragenden Umformvermögen zugrunde liegende physikalische Effekt noch nicht vollständig verstanden worden ist, wird derzeit davon ausgegangen, dass aufgrund der veränderlichen Teilflächen eine schwellende Krafteinleitung in Verbindung mit Scherkräften erfolgt, die der nach dem Stand der Technik üblichen rein axialen Krafteinleitung ein reduziertes Verformungsmoment entgegengesetzt. Im Ergebnis werden durch das erfindungsgemäße Umformverfahren bei Temperaturen der Lauwarmumformung die Vorteile der Warm- und der Kaltumformung kombiniert. Gegenüber der Warmumformung reduziert sich der Energieaufwand, der anderenfalls für die Erwärmung des Werkstücks erforderlich ist. Weiterhin entfällt das aufwendige Entfernen von Zunder, wobei zugleich eine hohe Genauigkeit erreicht wird. Somit sind geringe Auf-

maße erforderlich, die zu einer deutlich verminderten spanenden Nacharbeit und zugleich zu Materialeinsparungen führen. Gegenüber der Halbwarmumformung ergeben sich ein ebenfalls noch deutlich reduzierter Energieaufwand für die Erwärmung sowie das erhöhte Umformvermögen bei geringeren Umformkräften. Ferner kann auch der Anschaffungsaufwand für die zur Umformung eingesetzten Vorrichtungen gesenkt werden. Darüber hinaus wird auch der Werkzeugverschleiß minimiert. Aber auch gegenüber der Kaltumformung ergeben sich wesentliche Vorteile hinsichtlich des beschriebenen hohen Umformvermögens bei zugleich reduzierten Umformkräften. Zur Umformung sind besondere Taumelumform- und Drehschmiedeverfahren vorgesehen, auf die weiter unten noch näher eingegangen werden soll. Das Umformverfahren ist dabei vorzugsweise ohne Zwischenglühen durchführbar. Außerdem kann die Wirkrichtung der Umformkraft sowohl eine horizontale als auch eine vertikale Orientierung aufweisen.

[0022] Das Umformverfahren wird erfindungsgemäß eingesetzt in einem Temperaturbereich zwischen 50°C und 450°C. Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens wird auch dadurch realisiert, dass das Werkstück auf eine Temperatur zwischen 100°C bis 300°C, insbesondere zwischen 150°C und 250°C erwärmt wird und dass die Temperatur während der Umformung im Wesentlichen konstant gehalten wird. Dieser Temperaturbereich bildet nach derzeitigen Erkenntnissen ein Optimum hinsichtlich des Umformvermögens sowie des erforderlichen Nachbearbeitungsaufwands.

[0023] Es hat es sich als besonders praxistgerecht erwiesen, wenn die Umformkraft während eines Zyklus im Wesentlichen konstant gehalten wird. Hierdurch wird aufgrund der Reibung, bedingt durch das Umformwerkzeug, welches entlang der Oberfläche des Werkstücks bewegt wird und dadurch eine sich stetig verändernde Teilfläche belastet, die gewünschte sprunghafte Verbesserung des Umformvermögens erreicht. Zugleich wird der Steuerungsaufwand reduziert, welcher anderenfalls bei einer Trennung des Werkzeugs von der jeweiligen Teilfläche des Werkstücks einen zusätzlichen Aufwand für die erneute relative Positionierung erfordert.

[0024] Dadurch kann die Umformung von einem Ausgangszustand zu einer vorbestimmten Sollgeometrie während eines einzigen Zyklus oder mehrerer vollständiger Zyklen durchgeführt werden. Der Herstellungsaufwand wird somit wesentlich verkürzt. Zugleich wird in einfacher Weise eine übereinstimmende Umformkraft in jeder Teilfläche sichergestellt.

[0025] Das Umformwerkzeug kann so beschaffen sein, dass unterschiedliche Positionen einstellbar sind und somit Teilflächen unterschiedlicher Größe beaufschlagt werden können, um so lokal den Druck zu erhöhen. Besonders zweckmäßig ist es hingegen, wenn die jeweils von der Umformkraft beaufschlagten Teilflächen während eines Zyklus im Wesentlichen gleich groß bemessen werden. Hierdurch wird eine konstante Krafteinleitung und somit eine homogene Umformung sicherge-

stellt. Zugleich wird die Oberfläche geglättet und eine hohe Maßhaltigkeit gewährleistet.

[0026] Indem das Umformwerkzeug eine einstellbare Wirkfläche aufweist oder austauschbar an einer Werkzeugaufnahme angeordnet ist, lässt sich die Größe der Teilflächen problemlos vorbestimmen.

[0027] Bei dem erfindungsgemäßen Umformverfahren ist weiter vorgesehen, dass die Änderung der Teilfläche stetig erfolgt, sodass also die Relativbewegung zwischen dem Umformwerkzeug und der Oberfläche des Werkstücks parallel zur Oberfläche kontinuierlich durchgeführt wird. Auf diese Weise wird eine homogene Umformung erreicht, welche zu einer weiteren Verbesserung der Materialqualität führt.

[0028] Das erfindungsgemäße Umformverfahren ist auf bestimmte Werkstückgeometrien beschränkt, nämlich auf Formen, bei denen umzuformende Fläche punktsymmetrisch oder im Wesentlichen rotationssymmetrisch ist, wobei die Teilfläche, auf die das Umformwerkzeug während der Übertragung der Umformkraft einwirkt, die Größe eines Sektors mit einem gegenüber der umzuformenden Fläche reduzierten Flächenanteil nicht überschreitet.

[0029] Beispielsweise eignen sich Werkstücke, bei denen ein insbesondere zumindest abschnittsweise zylindrischer Rohling aus Stahl verwendet wird. Dabei kann das Werkstück während der Umformung ortsfest fixiert oder relativ zu dem Umformwerkzeug bewegt werden. Die partielle Krafteinleitung der Umformkraft resultiert dabei im Wesentlichen aus einer Neigung des Umformwerkzeugs, indem die Wirkfläche des Umformwerkzeugs nicht parallel zu der Teilfläche des Werkstücks ausgerichtet wird.

[0030] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass das Umformwerkzeug mit einem ersten Werkzeug auf eine Teilfläche der ersten Umformfläche des Werkstücks einwirkt und mit einem zweiten Werkzeug auf eine insbesondere zu der Teilfläche der ersten Umformfläche gleichförmige Teilfläche einer zweiten Umformfläche des Werkstücks einwirkt. Hierdurch wird eine doppelte partielle Umformung realisiert, bei der beide Werkzeuge gegenüber dem Werkstück gekippt sind. Hierdurch wird eine geringe Reibung sowohl an dem oberen als auch an dem unteren Werkzeug erreicht. Zudem lassen sich an beiden Außenflächen des Werkstücks hohe Umformgrade erreichen, wodurch sich beispielsweise Stirnräder optimal herstellen lassen. Dadurch eignet sich das Verfahren beispielsweise auch für Stirnräder mit einem geringen Verzahnungs-Modul oder für Hochverzahnungen, die dadurch erstmals auch bei Temperaturen unterhalb der Verzugergrenze durch Umformung herstellbar sind.

[0031] Dabei werden die beiden Werkzeuge synchron zueinander bewegt, führen also insbesondere gleichförmige Rotationsbewegungen durch.

[0032] Vorzugsweise weisen die beiden Werkzeuge jeweils eine Werkzeugachse auf, die mit der Mittelachse des Werkstücks einen beispielsweise auch übereinstim-

menden Winkel zwischen 0° und 7° einschließen. Selbstverständlich können die Werkzeuge auch unterschiedliche Winkel gegenüber dem Werkstück aufweisen. Weiterhin können beide Werkzeuge oder lediglich ein Werkzeug eine Vorschubbewegung durchführen.

[0033] Eine wesentliche Steigerung der erzielbaren Umformgrade lässt sich dabei erreichen, indem das Werkstück oder das Umformwerkzeug vor der Umformung mit einem flüssigen oder festen Schmierstoff beaufschlagt werden.

[0034] Die Erfindung lässt zahlreiche Ausführungsformen zu. Zur weiteren Verdeutlichung ihres Grundprinzips ist eine davon in der Zeichnung dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Diese zeigt jeweils in einer Prinzipdarstellung in

Fig. 1 eine Seitenansicht auf ein Umformwerkzeug und ein Werkstück während der Durchführung eines Umformverfahrens gemäß Stand der Technik;

Fig. 2 eine Draufsicht auf eine Umformfläche des Werkstücks;

Fig. 3 eine Seitenansicht auf ein weiteres Umformwerkzeug mit zwei Werkzeugen während der Durchführung des erfindungsgemäßen Umformverfahrens;

Fig. 4 eine perspektivische Darstellung eines mit dem erfindungsgemäßen Umformverfahren hergestellten Kegelrades;

Fig. 5 eine perspektivische Darstellung eines mit dem erfindungsgemäßen Umformverfahren hergestellten Stirnrades.

[0035] Das Umformverfahren gemäß Stand der Technik wird nachstehend zur Verdeutlichung des Grundprinzips anhand der Figuren 1 und 2 näher beschrieben. Figur 1 zeigt in einer Seitenansicht ein Umformwerkzeug 1 zur Herstellung eines als Verzahnungsbauteil ausgeführten Werkstücks 2 in einem an sich bekannten Tammel- oder Drehschmiedeverfahren. Hierzu hat das Umformwerkzeug 1 ein rotationssymmetrisches Werkzeug 3, welches zur Übertragung einer Umformkraft auf das in einem Gesenk 4 gehaltene Werkstück 2 in eine Tammelbewegung gegenüber der Mittelachse 5 oder eine Drehbewegung um die gekippte Werkzeugachse 6 versetzt wird. Es wird also keine reversierende, sondern eine umlaufende, rotierende Bewegung erzeugt. Dadurch wirkt im Bereich einer Teilfläche 7 entsprechend einer momentanen Kontaktfläche ausgehend von der Mittelachse 5 zum Umfang des Werkstücks 2 eine Umformkraft F des Werkzeugs 3 auf das in einem Gesenk 4 gehaltene Werkstück 2, wobei die Umformkraft F zwischen der Mittelachse 5 und einem Umfang des Formteils ihr Maximum $F_{\max}$ und in dem Randbereich ihr Minimum

$F_{\min}$ hat. Indem das Werkstück 2 auf eine Temperatur von ca. 200°C erwärmt wird und die Umformkraft F nicht zugleich auf die gesamte, in Figur 2 erkennbare Umformfläche 8 übertragen wird, sondern sukzessive auf eine sich schrittweise oder stetig verändernde Teilfläche 7 einwirkt, bis die gesamte Umformfläche 8 zumindest einmal mit der Umformkraft F belastet ist, können überraschend hohe Umformgrade bei vergleichsweise geringer Krafteinwirkung realisiert werden.

[0036] Wie insbesondere in Figur 2 in einer Draufsicht auf die Umformfläche 8 erkennbar, wird die Umformkraft F partiell auf die jeweilige Teilfläche 7 übertragen, wobei die ausgewählte Teilfläche 7 in Bezug auf die Umformfläche 8 nach einem vorbestimmten Zyklus kontinuierlich wechselt. Die so bestimmten, verschiedenen Teilflächen 7, 7', 7'', 7''' weisen jeweils eine übereinstimmende Größe auf und sind in Figur 2 andeutungsweise dargestellt. Aufgrund der kontinuierlich fortschreitenden Krafteinwirkung F auf unterschiedliche Teilflächen 7, 7', 7'', 7''' wird eine schwelende Krafteinleitung in Verbindung mit Scherkräften erzeugt, die der nach dem Stand der Technik üblichen rein axialen Krafteinleitung ein reduziertes Verformungsmoment entgegengesetzt. Im Ergebnis werden durch das erfindungsgemäße Umformverfahren bei

Temperaturen der Lauwarmumformung die Vorteile der Warm- und der Kaltumformung kombiniert.

[0037] In Figur 3 ist eine Darstellung eines bei dem erfindungsgemäßen Umformverfahren einsetzbaren Umformwerkzeugs 9 mit zwei Werkzeugen 3, 10 während der Durchführung des Umformverfahrens dargestellt. Dabei wirkt das Umformwerkzeug 9 mit einem ersten Werkzeug 3 auf eine in Figur 2 näher dargestellte Teilfläche 7 der ersten Umformfläche 8 des Werkstücks und mit einem zweiten Werkzeug 10 auf eine gegenüber der Teilfläche 7 der ersten Umformfläche 8 gleich große Teilfläche einer zweiten Umformfläche 11 des Werkstücks 2 ein. Indem die beiden Werkzeuge 3, 10 jeweils nicht vollflächig belastet werden, wird eine geringe Reibung bei zugleich hohen Umformgraden an beiden Außenflächen des Werkstücks 2 erreicht. Die beiden Werkzeuge 3, 10 weisen jeweils eine Werkzeugachse 6, 12 auf, die gegenüber dem Werkstück 2 einen übereinstimmenden Winkel einschließen, sodass also die Werkzeugachsen 6, 12 der beiden Werkzeuge 3, 10 jeweils gegenüber einer Werkstückmittellachse geneigt angeordnet sind.

[0038] Abschließend ist in den Figuren 4 und 5 noch jeweils ein mit dem erfindungsgemäßen Umformverfahren hergestelltes Werkstück 2 als Verzahnungsbauteil dargestellt, wobei in Figur 4 ein Kegelrad und in Figur 5 ein Stirnrad gezeigt ist.

Bezugszeichenliste

[0039]

- 1 Umformwerkzeug
- 2 Werkstück

- 3 Werkzeug
- 4 Gesenk
- 5 Mittelachse

- 6 Werkzeugachse
- 7 Teilfläche
- 8 Umformfläche
- 9 Umformwerkzeug
- 10 Werkzeug
- 11 Umformfläche
- 12 Werkzeugachse

- F Umformkraft
- $F_{\max}$ Max. Umformkraft
- $F_{\min}$ Min. Umformkraft

Patentansprüche

1. Taumelumform- oder Drehschmiedeverfahren, bei dem ein Werkstück (2) auf einen bestimmten Temperaturbereich gebracht und mittels eines Umformwerkzeugs (1, 9) umgeformt wird, wobei die durch ein gegenüber dem Werkstück (2) gekipptes, rotierend bewegtes, oberes, erstes Werkzeug (1) des Umformwerkzeugs (1, 9) während der Umformung übertragene Umformkraft (F) auf eine Teilfläche (7) einer umzuformenden, im Wesentlichen rotations-symmetrischen, ersten Umformfläche (8) des Werkstücks (2) einwirkt und die Teilfläche (7), die die Größe eines Sektors der ersten Umformfläche (8) mit gegenüber der gesamten ersten Umformfläche (8) reduziertem Flächenanteil nicht überschreitet, während der Einwirkung der im Wesentlichen konstanten Umformkraft (F) stetig verändert wird, sodass nach Abschluss eines Zyklus die gesamte erste Umformfläche (8, 11) mit der Umformkraft (F) beaufschlagt wurde, und wobei das Umformwerkzeug (9) mit einem gegenüber dem Werkstück (2) ebenfalls gekippten, rotierend bewegten, unteren, zweiten Werkzeug (10) auf eine zu der Teilfläche (7) der ersten Umformfläche (8) kongruente Teilfläche einer der ersten Umformfläche (8) gegenüberliegenden, zweiten Umformfläche (11) des Werkstücks (2) einwirkt, wobei die beiden Werkzeuge (1, 9) des Umformwerkzeugs in gleichförmigen Rotationsbewegungen synchron zueinander bewegt werden
dadurch gekennzeichnet,
dass das Umformverfahren zwischen 50°C und 450°C im Temperaturbereich der Lauwarmumformung des Werkstücks und mit einem Umformgrad von partiell $\varphi > 4$ durchgeführt wird.
2. Taumelumform- oder Drehschmiedeverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkstück (2) auf eine Temperatur zwischen 100 °C bis 300 °C, insbesondere zwischen 150 °C und 250

°C, erwärmt wird und dass die Temperatur während der Umformung im Wesentlichen konstant gehalten wird.

3. Taumelumform- oder Drehschmiedeverfahren nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umformung mit einem Hub ohne Zwischenglühen durchgeführt wird.
4. Taumelumform- oder Drehschmiedeverfahren nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umformung von einem Ausgangszustand zu einer vorbestimmten Sollgeometrie während eines einzigen Zyklus oder mehrerer vollständiger Zyklen durchgeführt wird.
5. Taumelumform- oder Drehschmiedeverfahren nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die jeweils von der Umformkraft (F) beaufschlagten Teilflächen (7) während eines Zyklus im Wesentlichen gleich groß bemessen werden.
6. Taumelumform- oder Drehschmiedeverfahren nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umformfläche (8, 11) im Wesentlichen kreisförmig ist, wobei die Teilfläche (7) die Größe eines Sektors mit einem Flächeninhalt von 25 % der Umformfläche (8, 11) nicht überschreitet.
7. Taumelumform- oder Drehschmiedeverfahren nach zumindest einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Werkzeuge (3, 10) jeweils eine Werkzeugachse (6, 12) aufweisen, die mit der Mittelachse des Werkstücks (2) einen übereinstimmenden Winkel einschließt.

Claims

1. Wobble-forming or rotary-forging method in which a workpiece (2) is brought to a specific temperature range and is formed by means of a forming tool (1, 9), wherein the forming force (F) transmitted during the forming by an upper, first tool (1) of the forming tool (1, 9) that is tilted with respect to the workpiece (2) and moved in a rotary manner acts on a partial surface (7) of a substantially rotationally symmetrical first forming surface (8) to be formed of the workpiece (2), and the partial surface (7), which does not exceed the size of a sector of the first forming surface (8) having a surface portion that is reduced compared to the entire first forming surface (8), said workpiece being continuously modified during the action of the substantially constant forming force (F) so that

the entire first forming surface (8, 11) has been subjected to the forming force (F) after completion of one cycle,

and wherein the forming tool (9), with a lower, second tool (10) which is likewise tilted with respect to the workpiece (2) and moved in a rotary manner, acts on a partial surface of a second forming surface (11) of the workpiece (2) opposite the first forming surface (8) that is congruent with the partial surface (7) of the first forming surface (8), wherein the two tools (1, 9) of the forming tool are moved synchronously with one another in uniform rotational movements,

characterized in that

the forming method is carried out between 50°C and 450°C in the temperature range of the lukewarm forming of the workpiece and with a degree of forming of in part $\varphi > 4$.

2. Wobble-forming or rotary-forging method according to Claim 1, **characterized in that** the workpiece (2) is heated to a temperature between 100°C and 300°C, in particular between 150°C and 250°C, **and in that** the temperature is kept substantially constant during the forming.
3. Wobble-forming or rotary-forging method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the forming is carried out in a single stroke without intermediate annealing.
4. Wobble-forming or rotary-forging method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the forming from an initial state to a predetermined desired geometry is carried out during a single cycle or a plurality of complete cycles.
5. Wobble-forming or rotary-forging method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the partial surfaces (7) respectively acted upon by the forming force (F) during a cycle are dimensioned to be of substantially the same size.
6. Wobble-forming or rotary-forging method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the forming surface (8, 11) is substantially circular, wherein the partial surface (7) does not exceed the size of a sector having a surface area that is 25% of the forming surface (8, 11).
7. Wobble-forming or rotary-forging method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the two tools (3, 10) each have a tool axis (6, 12) forming an angle corresponding to the central axis of the workpiece (2).

Revendications

1. Procédé de forgeage rotatif ou de formage oscillant, dans lequel une pièce à travailler (2) est amenée à une plage de températures définie et déformée au moyen d'un outil de formage (1, 9), la force de formage (F) transmise pendant le formage par un premier outil supérieur (1) de l'outil de formage (1, 9) basculé et déplacé en rotation par rapport à la pièce à travailler (2), agissant sur une surface partielle (7) d'une première surface de formage (8) de la pièce à travailler (2) essentiellement symétrique en rotation devant être formée, et la surface partielle (7), qui ne dépasse pas la taille d'un secteur de la première surface de formage (8) avec une part de surface réduite par rapport à la totalité de la première surface de formage (8), étant modifiée en continu pendant l'action de la force de formage (F) essentiellement constante, de sorte qu'à la fin d'un cycle, la totalité de la première surface de formage (8, 11) ait été exposée à la force de formage (F), et l'outil de formage (9) agissant avec un deuxième outil inférieur (10) également basculé et déplacé en rotation par rapport à la pièce à travailler (2) sur une surface partielle congruente par rapport à la surface partielle (7) de la première surface de formage (8) d'une deuxième surface de formage (11) opposée à la première surface de formage (11) de la pièce à travailler (2), les deux outils (1, 9) de l'outil de formage étant déplacés de manière synchrone l'un par rapport à l'autre selon des mouvements de rotation uniformes **caractérisé en ce que** le procédé de formage est réalisé entre 50 °C et 450 °C dans la plage de température de formage tiède de la pièce à travailler et avec un degré de formage de partiellement $\varphi > 4$.
2. Procédé de forgeage rotatif ou de formage oscillant selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la pièce à travailler (2) est chauffée à une température entre 100 °C et 300 °C, en particulier entre 150 °C et 250 °C, **et que** la température est maintenue essentiellement constante pendant le formage.
3. Procédé de forgeage rotatif ou de formage oscillant selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le formage est réalisé avec une course sans recuit intermédiaire.
4. Procédé de forgeage rotatif ou de formage oscillant selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le formage est réalisé depuis un état de départ jusqu'à une géométrie de consigne prédéfinie pendant un seul cycle ou plusieurs cycles complets.
5. Procédé de forgeage rotatif ou de formage oscillant

selon au moins une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que les surfaces partielles (7) exposées à la force de formage (F) pendant un cycle sont de dimensions essentiellement identiques.

5

6. Procédé de forgeage rotatif ou de formage oscillant selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la surface de formage (8, 11) est essentiellement de forme circulaire, la surface partielle (7) ne dépassant pas la taille d'un secteur avec une aire de surface de 25 % de la surface de formage (8, 11).

10

7. Procédé de forgeage rotatif ou de formage oscillant selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les deux outils (3, 10) présentent respectivement un axe d'outil (6, 12), qui forme un angle concordant avec l'axe médian de la pièce à travailler (2).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

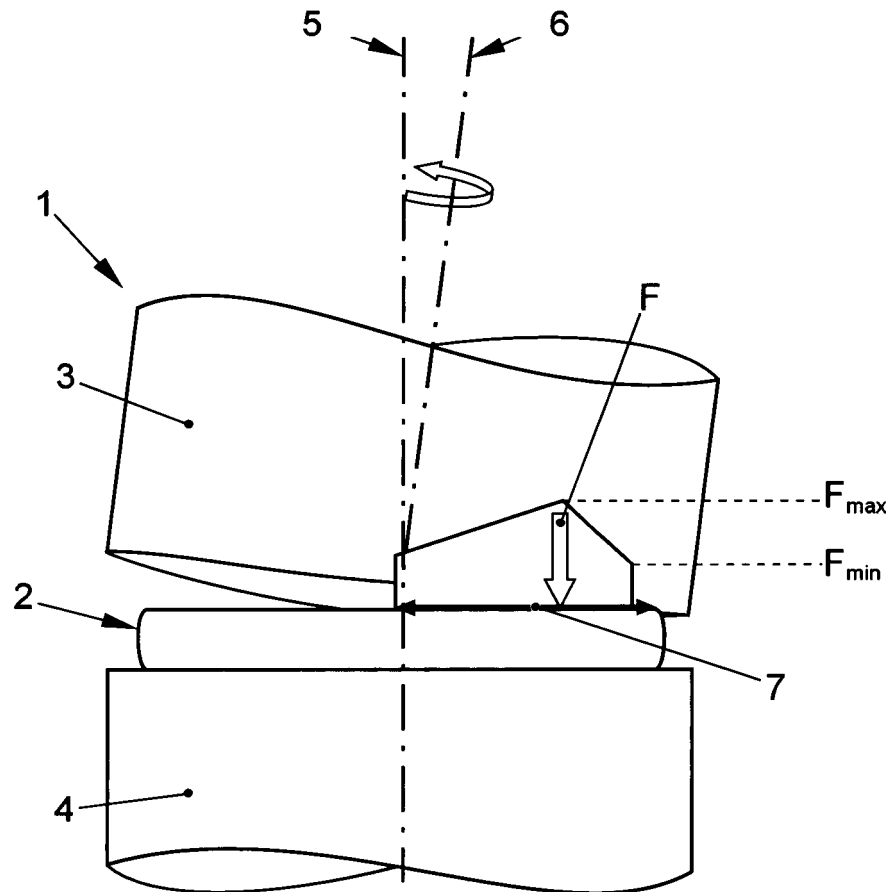


FIG. 1 (Stand der Technik)

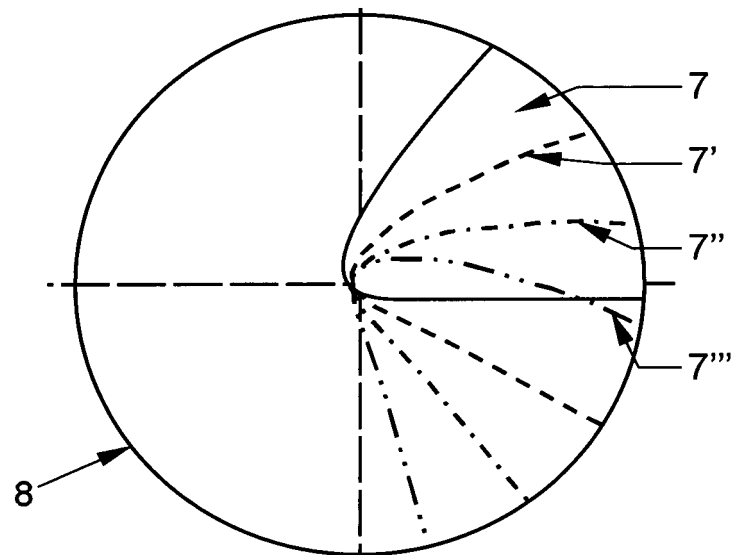


FIG. 2 (Stand der Technik)

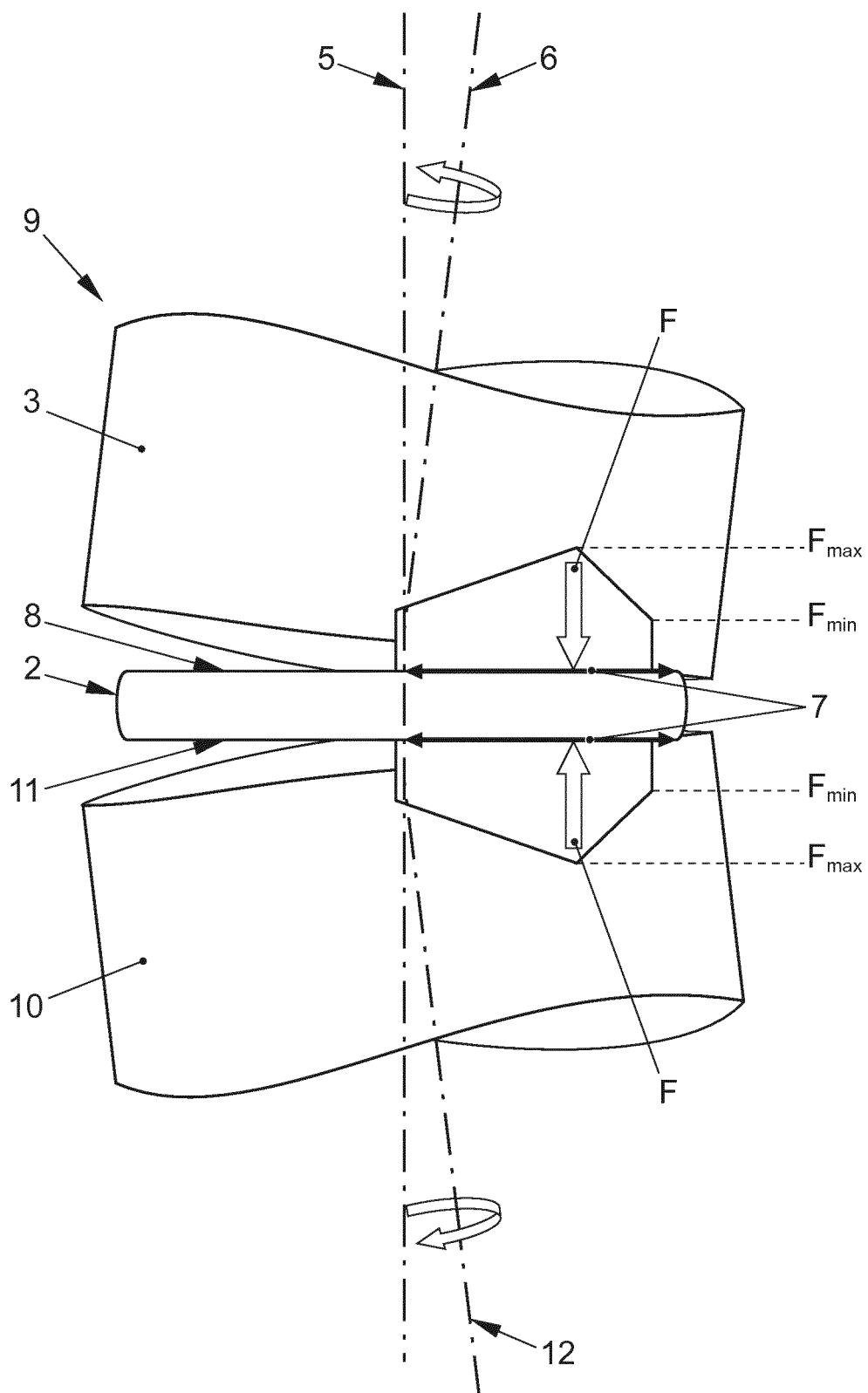


FIG. 3

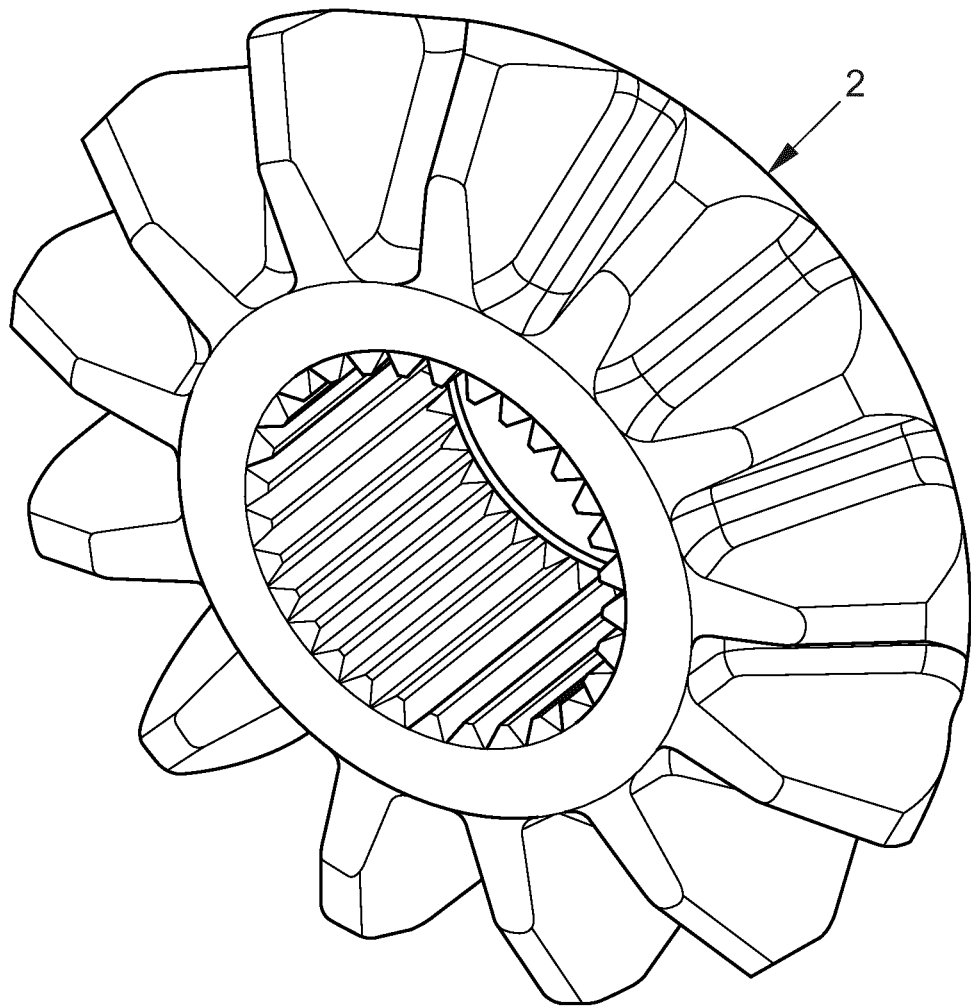


FIG. 4

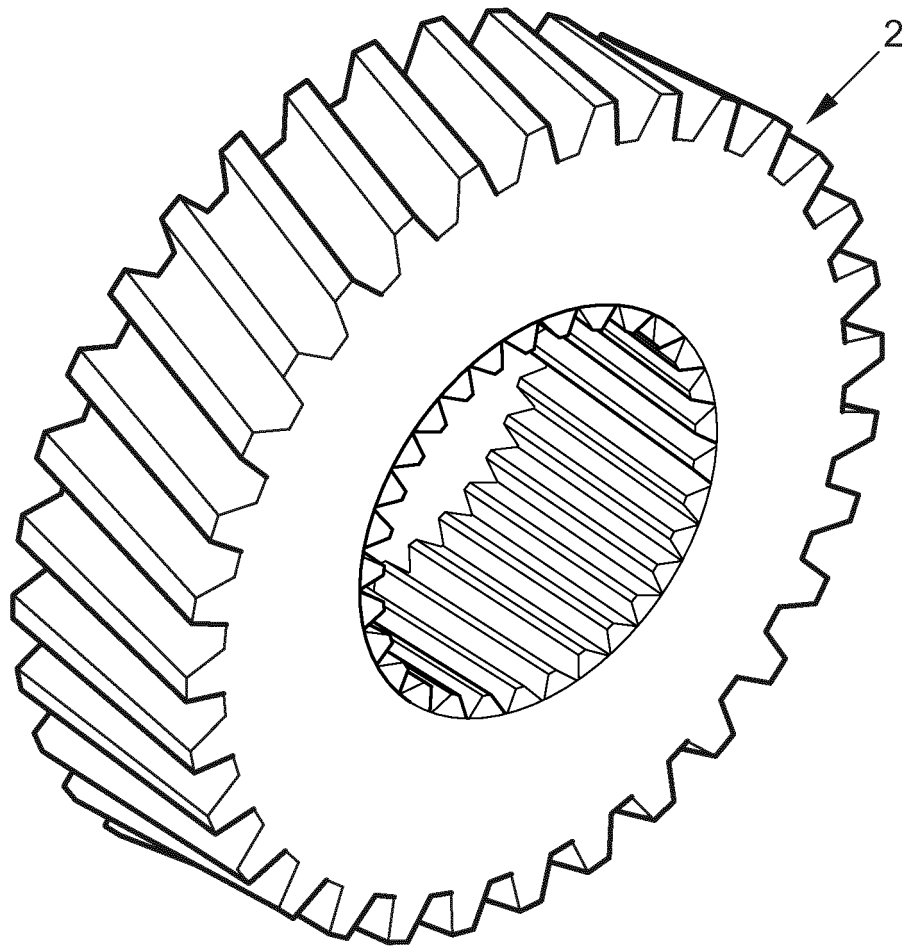


FIG. 5

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 19525868 A1 [0002]
- JP S6277145 A [0003]
- JP S6221439 A [0004]
- FR 2819203 A1 [0005]
- WO 9301906 A1 [0006]
- SU 1430146 A [0007]
- WO 2001034323 A1 [0008]
- DE 102005027259 A1 [0009]
- DE 102007023087 A1 [0010]
- WO 2005021177 A1 [0011]
- DE 102009025023 A1 [0012]
- DE 3202254 C2 [0016]
- DE 19839428 A1 [0017]