(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 633 078 B1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
23.10.1996 Patentblatt 1996/43

(51) Int. Cl.[6]: **B21H 5/02**, C21D 8/10, C21D 1/22

(21) Anmeldenummer: **94110048.9**

(22) Anmeldetag: **29.06.1994**

(54) **Verfahren zum Herstellen eines Hohlkörpers aus Stahl mit einer Innen- und/oder Aussenprofilierung**

Method of fabricating a hollow steel body with an inner- and/or outer profiling

Procédé de fabrication d'un objet creux en acier avec un profil interne et/ou externe

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI NL PT SE

(30) Priorität: **10.07.1993 DE 4323167**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.01.1995 Patentblatt 1995/02

(73) Patentinhaber:
- **Leifeld GmbH & Co.**
  D-59207 Ahlen (DE)
- **METALL-SPEZIALROHR GmbH**
  D-58239 Schwerte (DE)

(72) Erfinder:
- **Wenzel, Helmut**
  D-59269 Beckum (DE)
- **Rolf, Bernhard**
  D-33428 Harsewinkel (DE)
- **Jelenak, Heiner**
  D-59227 Ahlen (DE)

(74) Vertreter: **Schulze Horn, Stefan, Dipl.-Ing. M.Sc. et al**
Goldstrasse 50
48147 Münster (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-C- 3 711 927
GB-A- 965 192
US-A- 4 373 973
US-A- 4 637 844

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17, no. 426 (C-1094) 9. August 1993 & JP-A-05 093 225 (NISSAN) 16. April 1993**
- **DATABASE WPI Week 8508, Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 85-046537 & JP-A-60 003 935 (FUJI) 10. Januar 1985**
- **DATABASE WPI Week 8508, Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 85-046537 & JP-A-60 003 935 (FUJI) 10. Januar 1985 & PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Vol.9, no.117 (m-381) 22.Mai 1985**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 633 078 B1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Hohlkörpers aus Stahl mit einer Innen- und/oder Außenprofilierung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein solches Verfahren ist aus der US-A 4 373 973 bekannt. Nach der Profilierung erfolgt dabei eine Abkühlung durch Luft. Da eine Anlaßbehandlung fehlt, kann die Gefügestruktur des Werkstücks ungleichmäßig sein.

Die DE 37 11 927 C1 beschreibt weiterhin ein Verfahren zur Herstellung von an ihrem Außenumfang in vorwiegend axialer Richtung profilierten, insbesondere gezahnten metallischen Hohlkörpern aus rotationssymmetrisch vorgeformten Hohlkörpern, wobei die Profilierung nach Zustellen wenigstens einer Profilrolle mittels dieser durch Drücken erzeugt wird und wobei schrittweise in radialer Richtung umgeformt wird.

Außerdem sind spanende Verfahren zum Herstellen von Hohlkörpern der im Oberbegriff von Anspruch 1 genannten Art allgemein bekannt. Insbesondere sind hier Fräsen, z.B. Abrollfräsen, und Schleifen zu nennen. Allen diesen Verfahren haftet der Nachteil an, daß sie einen hohen Arbeits- und Zeitaufwand bei ihrer Ausführung erfordern, was zu hohen Herstellungskosten der damit hergestellten Produkte führt. Nachteilig ist weiterhin, daß die Festigkeit und Härte der so hergestellten Produkte begrenzt ist. Werden besondere Festigkeitsanforderungen, z.B. bei Zahnkränzen oder Zahnrädern, gestellt, dann ist ein zusätzliches Härten des Produktes nötig, was einen weiteren Arbeitsschritt erfordert und zusätzliche Herstellungskosten verursacht. Zudem wird durch das Härten die Maß- und Formgenauigkeit negativ beeinflußt, was oft eine Nachbearbeitung, z.B. ein Nachschleifen, erfordert, um die gewünschte Maßgenauigkeit zu erhalten.

Es stellt sich daher die Aufgabe, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, das schnell und kostengünstig arbeitet und das gleichzeitig Produkte mit großer Maß- und Formgenauigkeit sowie hoher Härte und Festigkeit liefert.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt erfindungsgemäß durch ein Verfahren der im Patentanspruch 1 genannten Art.

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet den Vorteil einer exakten Ausbildung der Profilierung bei sehr kurzen Bearbeitungszeiten. Die dabei erzielbaren Oberflächenhärten sind gleich oder sogar höher als die, die durch Härten erreichbar sind. Ist die Profilierung eine Verzahnung, dann wird zudem vorteilhaft eine höhere Festigkeit der Zahnkerne erzielt, als sie bei einem Einsatzstahl möglich ist. Dabei bleibt eine ausreichende Zähigkeit in jedem Fall erhalten. Ein nachgeschalteter Härteprozeß mit dem Risiko von Verminderungen der Maß- und Formgenauigkeit erübrigt sich damit, selbst bei höchsten Anforderungen an die Festigkeit des Produktes. Die hohe Qualität des Produktes wird schon mit relativ preiswerten Stählen als Material für den im Verfahren einzusetzenden Rohling erreicht, so daß auch von der Materialseite Kosteneinsparungen möglich sind. Weitere Kosteneinsparungen sind häufig möglich durch kleinere Dimensionierung der Produkte bei unverminderter Belastbarkeit und Haltbarkeit. Die hierbei gleichzeitig erzielbaren Gewichtseinsparungen sind insbesondere für die Kraftfahrzeug- und Luftfahrttechnik von Bedeutung.

Der Temperaturbereich des metastabilen Austenits liegt bei geeigneten Stählen beispielsweise bei etwa 500°C. Bei dieser Temperatur besitzt der Stahl ein besseres Fließverhalten als im kalten Zustand, so daß mit geringerer Kraft eine verbesserte Profilausbildung, insbesondere eine exaktere Zahnkopfausbildung an dem Werkstück durch vereinfachte und verbesserte vollständige Ausfüllung der Negativformen an dem Werkzeug ermöglicht werden. Das Abkühlen auf Raumtemperatur kann an der Luft erfolgen, gegebenenfalls an bewegter Luft, die die zu kühlenden verzahnten Hohlkörper gleichmäßig bestreicht.

Ein in dem erfindungsgemäßen Verfahren vorteilhaft einsetzbarer Rohling besteht beispielsweise aus einem Stahl, der mindestens 0,2 - 0,6 Gew.-% Kohlenstoff und mindestens 3 Gew.-% der Elemente Chrom, Molybdän und Vanadium einzeln oder zu mehreren enthält. Ein Vertreter dieser Gruppe ist z.B. der Werkstoff 1.2344 = X 51 CrMo V 5 1 mit Gehalten von 0,5 % Kohlenstoff, 5 % Chrom, 1 % Molybdän und 0,5 % Vanadium.

Weiter wird vorgeschlagen, daß die Werkzeuge für die Anformung der Profilierung vor dem Umformvorgang vorgewärmt werden. Hierdurch wird eine unerwünschte Abkühlung des zu profilierenden Hohlkörpers zu Beginn des Umformvorganges beim Drückwalzen vermieden.

Schießlich besteht eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens darin, daß die Temperatur des Hohlkörpers während des Drückwalzens ständig gemessen, mit einer vorgegebenen Solltemperatur verglichen und das Ergebnis des Vergleiches zur Regelung der Drückwalzgeschwindigkeit hinzugezogen wird. Auf diese Art und Weise kann die Temperatur des Hohlkörpers während des Drückwalzens ohne weitere Kühl- oder Heizeinrichtungen im gewünschten Temperaturbereich, insbesondere im Temperaturbereich des metastabilen Austenits, gehalten werden, wobei eine Erhöhung der Drückwalzgeschwindigkeit eine erhöhte Energiezufuhr und damit eine Temperaturerhöhung und eine Verringerung der Drückwalzgeschwindigkeit eine verminderte Energiezufuhr und damit Temperaturabsenkung des Hohlkörpers bewirkt. Während des Umformvorganges gleichen sich also die durch das Drückwalzen in den Hohlkörper eingebrachte Umformenergie und die Energieabstrahlung und -ableitung aus dem Hohlkörper unter Aufrechterhaltung des gewünschten Temperaturniveaus zuverlässig aus.

Drückmaschinen zur Durchführung des eigentlichen Drückwalzvorganges sind bekannt und brauchen daher nicht näher beschrieben zu werden. Sie können

mit einer oder mehreren Umformrollen ausgerüstet werden.

Ein zur Erhitzung der Rohlinge aus einem austenitformhärtbarem Stahl auf Austenitisierungstemperatur verwendbarer Ofen ist vorteilhaft ein Schachtofen mit Schutzgas-Atmosphäre, z.B. Stickstoff, bei welchem für jeden entnommenen erhitzten Rohling ein noch nicht erhitzter Rohling eingegeben wird.

Die Haltezeit auf Austenitisierungstemperatur und die Austenisierungstemperatur selbst ist vom verwendeten Stahltyp abhängig und beträgt ca. 20 bis 60 Minuten bei 900 bis 1050 °C.

Die Abkühlung von Austenitisierungstemperatur zur Umformtemperatur des metastabilen Austenits erfolgt bevorzugt unter inerter Atmosphäre.

Nach der Umformung erfolgt die Abkühlung an ruhender oder bewegter Luft; dabei erfolgt die Umwandlung in das martensitische Gefüge. Die sich daran anschließende Anlaßbehandlung bei Temperaturen zwischen 400 bis 600 °C erfolgt bevorzugt in einem Luftumwälzofen mit Haltezeiten zwischen einer und sechs Stunden; die sich daran anschließende Abkühlung von Anlaßtemperatur auf Raumtemperatur wird an ruhender Luft durchgeführt.

Als Beispiel für die auf die beschriebene Weise herzustellenden Teile seien folgende Abmessungen genannt:

Innenverzahnung: Innendurchmesser 10 bis 500 mm, Länge falls erforderlich bis 1500 mm, Zahnhöhe 1 bis 20 mm, Zahnbreite 1 bis 50 mm.

Es ist möglich, sowohl gerad- als auch schrägverzahnte Teile mit oder ohne Boden herzustellen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Hohlkörpers aus Stahl mit einer Innen- und/oder Außenprofilierung durch Drückwalzen, insbesondere zur Herstellung eines Zahnkranzes, aus einem hohlzylindrischen oder topfförmigen Rohling, wobei das Drückwalzen zur Profilierung bei konstanter Temperatur in einer metastabilen austenitischen Bedingung erfolgt,
   dadurch gekennzeichnet,

   - daß der Rohling aus einem austenitformhärtbaren Stahl mit einem ausreichenden Gehalt an Kohlenstoff und Sonderkarbidbildnern besteht und in inerter Atmosphäre auf Austenitisierungstemperatur erwärmt und anschließend in den Bereich des metastabilen Austenits unterhalb der Rekristallisations- und oberhalb der Martensitbildungstemperatur abgekühlt wird,
   - daß in diesem Temperaturbereich des metastabilen Austenits das Drückwalzen der Profilierung erfolgt,
   - daß im Anschluß an das Drückwalzen der profilierte Hohlkörper schnell auf eine Temperatur unterhalb der Martensitbildungstemperatur abgekühlt wird und
   - daß nach beendeter Martensitumwandlung der profilierte Hohlkörper zur Ausscheidung von Sonderkarbiden bei Temperaturen von 400 bis 600°C angelassen und nach beendeter Anlaßbehandlung auf Raumtemperatur abgekühlt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohling aus einem Stahl besteht, der mindestens 0,2 Gew.-% Kohlenstoff und mindestens 3 Gew.-% der Sonderkarbide bildenden Elemente Chrom, Molybdän und Vanadium einzeln oder zu mehreren enthält.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkzeuge für die Anformung der Profilierung vor dem Umformvorgang vorgewärmt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Hohlkörpers während des Drückwalzens ständig gemessen, mit einer vorgegebenen Solltemperatur verglichen und das Ergebnis des Vergleiches zur Regelung der Drückwalzgeschwindigkeit hinzugezogen wird.

Claims

1. Method for fabricating a hollow steel body with an inner- and/or outer profiling by flow-turning particularly for fabricating a toothed ring out of a hollow cylindrical or pot-shaped blank wherein the flow-turning for the profiling is accomplished at a constant temperature in a metastable austenitic condition,
   characterized in

   - that the blank consists of an austenitic steel capable of form hardening with a sufficient amount of carbon and special carbide formers, and is heated to austeniting temperature in an inert atmosphere, and subsequently is cooled into the area of metastable austenite below the re-crystallisation and above the martensite forming temperature,
   - that in this area of the metastable austenite the flow-turning of the profiling is accomplished,
   - that following the flow-turning the profiled hollow body is quickly cooled to a temperature below the martensite forming temperature, and
   - that after the completed martensite forming the profiled hollow body is tempered at temperatures from 400 to 600°C for the precipitation of special carbides, and after completed tempering is cooled to room temperature.

2. Method according to claim 1, characterized in that the blank consists of a steel comprising at least 0.2 % carbon by weight, and at least 3 % by weight of the special carbide forming elements chromium, molybdenum, and Vanadium either single or in a plurality.

3. Method according to claim 1 or 2, characterized in that the tools for the forming of the profile are preheated prior to the forming process.

4. Method according to one of the claims 1 to 3, characterized in that the temperature of the hollow body is continuously measured during the flow-turning, and is compared with a pre-set nominal temperature, and the result of the comparison is used for controlling the flow-turning speed.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un corps creux en acier, profilé intérieurement et/ou extérieurement par fluotournage (laminage local par pression), en particulier pour la fabrication d'une couronne dentée, à partir d'une ébauche cylindrique creuse ou en forme de cloche, le fluotournage de profilage étant réalisé à température constante dans un état austénitique métastable, caractérisé en ce que:

   - on réalise l'ébauche en un acier sous forme austénitique durcissable ou susceptible de prendre la trempe présentant une teneur en carbone suffisante et des formes de carbure spéciales, et on réchauffe l'ébauche en atmosphère inerte à la température d'austénitisation, et on la refroidit ensuite dans la zone de l'austénite métastable en dessous de la température de recristallisation - et audessus de la température de formation de la martensite,
   - en ce que l'on réalise le fluotournage de profilage dans cette zone de température de l'austénite métastable,
   - en ce qu'après le fluotournage, on refroidit le corps creux profilé rapidement à une température inférieure à la température de formation de la martensite, et
   - en ce qu'après l'achèvement de la conversion martensitique du corps creux profilé on réalise, pour obtenir la précipitation des carbures spéciaux, un revenu à des températures de 400 à 600°C et après l'achèvement du traitement de revenu, on refroidit à la température ambiante.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'ébauche est réalisée eu un acier qui contient au moins 0,2% en poids de carbone et au moins 3% en poids des éléments formant les carbures spéciaux: chrome, molybène et vanadium, pris individuellement ou à plusieurs.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les outils pour former le profilage sont préchauffés avant le processus de formage périphérique.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'on mesure en continu la température du corps creux pendant le fluotournage, on la compare à une température de consigne prédéterminée, et on utilise le résultat de la comparaison pour réguler la vitesse de fluotournage.