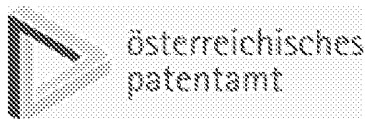


(19)



(10)

**AT 514393 A1 2014-12-15**

(12)

## Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 432/2013  
(22) Anmeldetag: 24.05.2013  
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2014

(51) Int. Cl.: **B21K 1/76** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
US 5473960 A  
JP S63215322 A  
DE 102011002019 A1

(71) Patentanmelder:  
ThyssenKrupp Presta AG  
9492 Eschen (LI)

(74) Vertreter:  
LENZING GERBER STUTE  
Partnerschaftsgesellschaft von Patentanwälten  
40212 Düsseldorf (DE)

(54) **Hohle Zahnstange und Umformverfahren zu deren Herstellung**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Lenkungs Zahnstange, insbesondere für Zahnstangenlenkgetriebe von Kraftfahrzeugen, das folgende Schritte aufweist:

- Bearbeiten eines Rohres
- Einlegen des Rohres in ein Umformwerkzeug,
- Lagerichtiges Fixieren des Rohres im Umformwerkzeug,
- Ausbilden einer Verzahnung durch Kaltumformung,
- Durchhärten des Rohrs im Umformwerkzeug durch Erwärmen und schnelles Abkühlen,
- Oberflächenhärten des Rohrs,
- Bearbeiten und Fertigstellen der Spurstangenanbindungen.

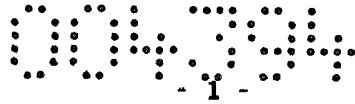
AT 514393 A1 2014-12-15



### **Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Lenkungs Zahnstange, insbesondere für Zahnstangenlenkgetriebe von Kraftfahrzeugen, das folgende Schritte aufweist:

- Bearbeiten eines Rohres
- Einlegen des Rohres in ein Umformwerkzeug,
- Lagerichtiges Fixieren des Rohres im Umformwerkzeug,
- Ausbilden einer Verzahnung durch Kaltumformung,
- Durchhärten des Rohrs im Umformwerkzeug durch Erwärmen und schnelles Abkühlen,
- Oberflächenhärten des Rohrs,
- Bearbeiten und Fertigstellen der Spurstangenanbindungen.



ThyssenKrupp Presta AG  
Essanestraße 10  
9492 ESCHEN  
LIECHTENSTEIN

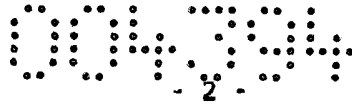
## **Hohle Zahnstange und Umformverfahren zu deren Herstellung**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer Lenkungs Zahnstange für Zahnstangenlenkgetriebe, insbesondere für Kraftfahrzeuge, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine Lenkungs Zahnstange nach dem Oberbegriff des Anspruchs 13.

Typischerweise werden Lenkungs Zahnstangen für Zahnstangenlenkgetriebe aus rundem, massivem Stangenmaterial hergestellt, wobei der gezahnte Bereich durch Räumen gefertigt wird. Um das Gewicht der Zahnstange zu minimieren wird der Schaft über den größten Teil seiner Länge mit einer Tieflochbohrung versehen, was zu einem im Wesentlichen rohrförmigen Schaft führt. Die neusten Ansätze aus den letzten Jahren sehen hingegen vor, die Lenkungs Zahnstange aus rundem, rohrförmigem Material herzustellen, wobei der gezahnte Bereich geschmiedet wird. Dazu wird vor dem Schmieden an der Stelle des gezahnten Bereichs die Wandstärke des Rohrs verdickt. Das Schmieden erfolgt in einer Gesenkschmiedevorrichtung zum gratfreien Warm Schmieden des gezahnten Bereichs, wobei ein oder mehrere Dorne in das Rohr eingeführt werden um das Rohr gegen das Zusammendrücken abzustützen. Durch das gratfreie Schmieden sind keine weiteren Verarbeitungsschritte erforderlich. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Zahnstangenzähne so geformt werden können, dass sie ein veränderliches Übersetzungsverhältnis haben. Der Querschnitt des gezahnten Bereichs einer Zahnstange, die von einem derartigen Gesenk geschmiedet wurde, hat eine "Y"-Form, die eine große Biegefestigkeit aufweist.

Ein Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, dass es relativ aufwändig ist, das Rohr in der ersten Verformungsoperation zu verdicken.

130097AT-2013010036 / LE / 24.05.2013



Eine weitere gattungsgemäße Vorrichtung ist aus der US 8,156,781 B2 bekannt, bei der in einen rohrförmigen Rohling eine massive Stange eingeführt wird, die im Durchmesser deutlich kleiner ist als der Innendurchmesser des Rohlings. Durch Kaltpressen kann so eine Verzahnung mit hoher Genauigkeit auf den Rohling aufgebracht werden, indem das Material des Rohlings den Spalt zwischen einer Pressform und der massiven Stange ausfüllt. Das Material des Rohlings muss für das Kaltpressen geeignet sein, weshalb eine relativ weiche Stahlsorte eingesetzt werden muss. Es ist jedoch wünschenswert, durch einen Härtingsprozess die Verzahnung so weiterzubearbeiten, dass sie den hohen Belastungen im Betrieb stand hält. Eine Härtung des Werkstücks ist in diesem Dokument nicht beschrieben.

Aus der WO 2013/030017 A1 ist eine Vorrichtung zum Härten der Verzahnung an Zahnstangen bekannt, die in der Lage ist, eine gleichmäßige Härtung über die gesamte Oberfläche der Verzahnung zu bewirken, so dass keine unvorteilhaften Folgen für eine Gefügestruktur der Zahnstange entstehen. Die Vorrichtung weist dabei eine Induktionsspule auf, die so geformt ist, dass durch die Induktionsspule ein elektrischer Strom induziert wird, der sowohl orthogonal als auch parallel zu den Verzahnungen gerichtet ist. Die Zahnstange und die Induktionsspule werden hierbei relativ zueinander bewegt.

Insbesondere zur Minimierung des Verschleißes an derartigen Bauelementen ist eine Randschichthärtung der Oberfläche der Bauelemente vorteilhaft. Dazu eignet sich vorzugsweise das Induktionshärten. Die Oberflächen werden hierzu durch Induktion lokal auf eine erforderliche Härtetemperatur gebracht und anschließend abgeschreckt. So entsteht in den erfassten Bereichen oberflächennah ein harter, verschleißfester Stahl. Im Kernbereich werden die Zähne nicht gehärtet und es liegt kein nachteiliges sprödes Gefüge vor sondern ein duktiler bzw. zäher Werkstoff. Dadurch ist der Zahn gegenüber der Bildung und Ausweitung von Rissen unempfindlicher und der zähe Kernbereich ist in der Lage, Verformungen an den Zähnen aufzunehmen und damit die Stabilität gegenüber Rissen weiter zu erhöhen. Da die Zahnstange nicht durchgehärtet ist, ist jedoch auch die mechanische Belastbarkeit aufgrund des für das Kaltpressen erforderlichen relativ weichen



Ausgangsmaterials nicht für alle Anforderungen an eine Lenkungs Zahnstange ausreichend.

Die Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren aufzuzeigen, das zum Kaltumformen und Härten von Lenkungs Zahnstangen für Zahnstangenlenkgetriebe, insbesondere für Kraftfahrzeuge, geeignet ist, wobei mit dem Verfahren unter Verwendung einfach und kostengünstig aufgebauter Werkzeuge gehärtete Lenkungsstangen mit gleichmäßiger Härteverteilung über die Oberfläche der Verzahnung hergestellt werden können.

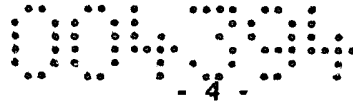
Diese Aufgabe wird von einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und von einem Lenkgetriebe mit den Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst.

Danach ist ein Verfahren zur Herstellung einer Lenkungs Zahnstange vorgesehen, insbesondere für Zahnstangenlenkgetriebe von Kraftfahrzeugen, das folgende Schritte aufweist:

- Bearbeiten eines Rohres
- Einlegen des Rohres in ein Umformwerkzeug,
- Lagerichtiges Fixieren des Rohres in dem Umformwerkzeug,
- Ausbilden einer Verzahnung durch Kaltumformung,  
wobei daraufhin folgende Schritte folgen:
  - Durchhärten des Rohrs im Umformwerkzeug durch Erwärmen und schnelles Abkühlen,
  - Oberflächenhärten des Rohrs,
  - Bearbeiten und Fertigstellen der Spurstangenanbindungen.

Die Kaltumformung und das Durchhärten des Rohrs werden in einer Aufspannung durchgeführt, ohne das Werkstück aus dem Werkzeug zu entnehmen. Die Kaltumformung erfolgt dabei vorzugsweise durch Fließpressen.

Das Durchhärten erfolgt bevorzugt durch induktives Erwärmen des Werkstücks über den gesamten Querschnitt und anschließendes schnelles Abkühlen. Durch das Durchhärten wird es möglich, das relativ weiche Ausgangsmaterial gezielt



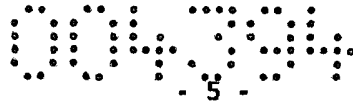
hinsichtlich Zähigkeit und Härte so einzustellen, dass die erforderlichen Eigenschaften für Lenkungszahnstangen erreicht werden. Da das Durchhärten im Werkzeug erfolgt, wird der Härteverzug minimiert und auf nachfolgende Richtoperationen kann verzichtet werden.

Da die Härte, die durch den Schritt des Durchhärtens erzielt wird, im Oberflächenbereich der Verzahnung nicht ausreicht, ist eine nachfolgende Oberflächenhärtung vorgesehen. Diese kann durch oberflächliches Induktionshärten im Werkzeug oder außerhalb des Werkzeugs erfolgen, oder es kann eine Nitrierhärtung vorgesehen sein.

Beim induktiven Oberflächenhärten ist der Strom bevorzugt sowohl orthogonal als auch parallel zu den Verzahnungen gerichtet.

Das Abkühlen beim Durchhärten und/oder Oberflächenhärten wird vorteilhaft durch Einspeisen von Kühlflüssigkeit in Kühlkanäle im Werkzeug des Umformwerkzeugs und/oder durch unmittelbaren Kontakt mit Kühlflüssigkeit bewirkt. Diese Verfahren zum Abkühlen sind zum Beispiel aus der WO 2010/061007, DE 10 2007 019 173 B3 und der DE 10 2004 006 093 bekannt. Um den gewünschten Härtegrad zu erzielen, muss die Abkühlgeschwindigkeit des umgeformten Rohrs größer sein als die kritische werkstoffspezifische Abkühlgeschwindigkeit. Das Rohr wird weiterhin auf eine Temperatur unterhalb der Martensit-Starttemperatur abgekühlt, so dass ein diffusionsloses Umklappen des austenitischen Gefüges des Rohrs in ein martensitisches Gefüge erreicht wird, wobei sich das martensitische Gefüge durch große Härte und hohe Zugfestigkeit auszeichnet. Als Kühlmittel wird bevorzugt Wasser, insbesondere Wasser welches mit einem Schmierstoffzusatz versehen ist, Ammoniak, Öl oder Luft eingesetzt. Es ist weiterhin bevorzugt vorgesehen, dass die Kühlkanäle parallel zur Verzahnungskopflinie ausgerichtet sind, so dass beim Oberflächenhärten ein schnelles und gleichmäßiges Abkühlen gewährleistet wird.

Vorzugsweise wird das Rohr vor dem Schritt der Kaltumformung durch wenigstens eine Verjüngung bearbeitet. Diese Verjüngung kann zum Beispiel durch Walzen oder Kaltpressen erfolgen. Zudem findet bevorzugt noch ein weiterer Umformprozess statt, bei dem das Material des Rohrs aus dem



Innenraum nach außen gedrängt wird, so dass es im späteren Verzahnungsbereich des Rohrs zum Materialüberschuss kommt. Vorzugsweise führen diese Bearbeitungsschritte des Rohrs vor der eigentlichen Kaltumformung dazu, dass der Verzahnungsbereich des Rohrs so präpariert wird, dass im Querschnitt die Breite der Verzahnung vollflächig ausformbar ist und die Innenseite und Außenseite des Rohrs in diesem Bereich annähernd plan sind. Das hat den Vorteil, dass der dadurch gewonnene Materialüberschuss für die Ausformung der Verzahnung zur Verfügung steht und die resultierende Verzahnung möglichst breit und plan ist. Dadurch wird eine konstante Verzahnungstiefe und Verzahnungsbreite gewährleistet, die für eine hohe Qualität der Zahnstange sorgt. Diese Bearbeitungsschritte vor der Kaltumformung der Verzahnung sind möglich, weil zum Kaltumformen eine relativ weiche Stahlsorte eingesetzt werden kann.

Das Lenkgetriebe mit einer erfindungsgemäßen Zahnstange weist die Vorteile auf, dass die darin verwendete Zahnstange leicht und dauerhaft haltbar ist sowie mit geringen Toleranzen gefertigt ist. Das Lenkgetriebe wird dadurch bei geringem Gewicht und langer Standzeit besonders präzise, was sich in geringen Betriebsgeräuschen und eine für den Fahrer angenehmen Handhabung auswirkt.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung und der Verfahrensbeschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1: einen Längsschnitt und einen Querschnitt entlang A-A einer erfindungsgemäßen Zahnstange,

Fig. 2: drei Querschnitte eines Rohrs einer erfindungsgemäßen Zahnstange in verschiedenen Bearbeitungsstufen, sowie

Fig. 3: den Querschnitt der Fig. 2 c) in Detailansicht.

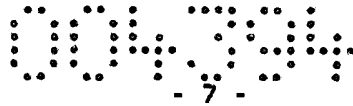
Als Rohmaterial wird ein Rohr mit einer Oberflächengüte  $Ra \leq 4$  und einer Wandstärke von 4 mm verwendet. Das Rohr wird in einer Umformanlage in einem Umformwerkzeug kaltumgeformt. Bei der Kaltumformung wird die plastische Umformung des Metalls bei einer Temperatur und Geschwindigkeit,

130097AT-2013010036 / LE / 24.05.2013



die zu einer Kaltverfestigung führt durchgeführt. Von Kaltumformen spricht man, wenn der Formänderungsprozess unterhalb der Rekristallationstemperatur erfolgt und der Werkstoff sich verfestigt. Die Arbeitstemperatur beim Kaltumformen liegt bei Raumtemperatur. Es erfolgt eine eigene Erwärmung des Rohrs auf bis zu 150 °C durch die Umformenergie. In einem ersten Schritt der Umformung wird das Rohr im Verzahnungsbereich im Durchmesser verjüngt, zum Beispiel durch Walzen oder Pressen. Im nächsten Schritt erfolgt die Ausbildung der Verzahnung durch Kaltumformung des Rohrs in einer Presse, die als hydraulische oder mechanische Presse ausgebildet ist und abhängig von den zu pressenden Stückzahlen manuell oder voll automatisiert betrieben wird. Die Presse weist einen Stempel und eine Matrize auf, wobei das Rohr durch den Stempel in die Matrize gedrückt wird. Die Matrize besteht aus einer zweiteiligen Hohlform. Die Hohlformen weisen eine Gravur auf, wobei sich die genaue Form der Gravur aus der Negativform der Zahnstange und dem Materialfluss ergibt. Die Hohlformen setzen sich horizontal anliegend zusammen und das Rohr wird parallel dazu aufgenommen. Im Fertigungsprozess umschließt dabei jeweils eine Hohlform eine Hälfte des Rohres. Die Gravur der unteren Hohlform ist halbzylinderförmig und entspricht mit etwas Aufmaß dem Radius des Rohrs. Die Gravur der oberen Hohlform ist im Wesentlichen ebenfalls halbzylinderförmig mit den gleichen Abmaßen wie die untere Hohlform, wobei ein Bereich vorgesehen ist, der die Negativform der Verzahnung der Zahnstange mit verjüngtem Durchmesser aufweist.

Als Matrizeneinsätze wird ein sehr harter Werkstoffe verwendet, da beim Pressen hohe Kontaktspannungen zwischen Werkzeug und Werkstück entstehen, die zu einem frühzeitigen Verschleiß oder sogar zu einem Bruch der Werkzeuge führen können. Vor der Kaltumformung wird auf das Rohr eine Träger- und Trockenschmierstoffschicht aufgebracht, die eine Kaltverschweißung zwischen Werkzeug und Rohr verhindert. Als Trenn- und Trägerschicht wird eine Zink-Phosphat-Schicht aufgebracht. Als druckbeständige feste Gleitmittel werden Graphit, Molybdändisulfid, spezielle Seifen oder Wachse eingesetzt.



Die Verzahnung wird dann durch Durchdrücken, bzw. Fließpressen, ausgebildet. Bei diesem Verfahren wird das Rohrmaterial unter Einwirkung eines hohen Druckes zum Fließen gebracht. Dabei drückt der Stempel, der im Durchmesser kleiner als das Rohr, aber größer als die Verjüngung des Rohrs ist und zentrisch parallel ins Rohr eingeführt wird, das Rohr radial in die negative Verzahnung der Matrice. Im Bereich der Verjüngung des Rohrs wird das Rohrmaterial quer zur Wirkrichtung der Presse in die Negativform der Verzahnung der Hohlform gepresst. Zur besseren Ausformung der Verzahnung kann der Stempel Erhebungen aufweisen.

Die durch Kaltumformung hergestellte Verzahnung weist eine hohe Maß- und Formgenauigkeit und eine gute Oberflächengüte auf. Dadurch können die Bearbeitungsaufmaße sehr gering gehalten werden. Zum Kaltumformen eignen sich neben verschiedenen Nichteisenmetallen vornehmlich unlegierte und niedrig legierte Stähle, wobei der Kohlenstoffgehalt unter 0,5% und der Gehalt der weiteren Legierungsbestandteile unter 5% liegen sollten.

Nach dem Fließpressen wird in einem weiteren Schritt, das Rohr durchgehärtet. Dazu wird das Rohr erwärmt und durch schnelles Abkühlen gehärtet. In einem Ausführungsbeispiel kann die Erwärmung innerhalb des Umformwerkzeugs erfolgen. Das Erwärmen im Umformwerkzeug hat den Vorteil, dass ein möglicher Verzug des Rohrs durch die Formgebung des Umformwerkzeugs verhindert wird. Es ist vorzugsweise vorgesehen, dass die Erwärmung induktiv erfolgt.

Anschließend an den Härteprozess wird das Rohr vorzugsweise im Bereich der Verzahnung oberflächengehärtet.

In einem ersten Ausführungsbeispiel erfolgt die Oberflächenhärtung durch induktives Erwärmen und schnelles Abkühlen.

Für das induktive Erwärmen ist eine Vorrichtung vorgesehen, aufweisend eine Induktionsspule, durch die unter hohem Druck Kühlwasser läuft und einen Impulsgenerator. Der Impulsgenerator versorgt die Induktionsspule mit einer aus der Netzfrequenz umgewandelten Nieder- Mittel- bzw. Hochfrequenz-Leistung. Der Impulsgenerator ermöglicht den Betrieb der Induktionsspule mit

130097AT-2013010036 / LE / 24.05.2013

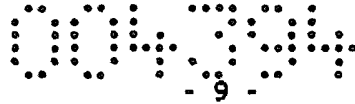


verschiedenen Frequenzen, wodurch ein magnetisches Wechselfeld aufgebaut wird. Das Rohr bildet eine kurzgeschlossene Spule. Wenn durch die Induktionsspule ein Wechselstrom fließt, wird in dem Rohr eine Spannung induziert, welche im Rohr induzierte Wirbelströme zur Folge hat. Dieser Strom führt zu einer Erwärmung des Materials des Rohrs.

Das umgeformte Rohr wird mit der vorhergehend beschriebenen Vorrichtung entsprechend den Härtevorgaben lokal im Bereich der Verzahnung induktiv erwärmt. Die Erwärmung kann dabei innerhalb oder außerhalb des Umformwerkzeugs erfolgen. Bei der Erwärmung im Umformwerkzeug werden die Hohlformen nach dem Umformen teilweise auseinander gefahren, so dass die Vorrichtung im Bereich der Verzahnung angeordnet werden kann. Zur Erwärmung wird die Vorrichtung kurzzeitig mit Strom einer bestimmten Frequenz betrieben. Die Härtetiefe nimmt dabei mit zunehmender Betriebsfrequenz aufgrund des sogenannten Skin-Effektes ab. In Abhängigkeit von einer oder mehrerer Frequenzen lässt sich so der Härtegradient im Rohr entsprechend der gewünschten Vorgaben anpassen. Beim Erwärmen wechselt die Struktur des Eisengitters und die Kohlenstoffatome diffundieren ins Metallgitter. Durch schnelles Abkühlen klappt das Metall Gitter wieder zurück ohne dass die Kohlenstoffatome ihre Position wechseln können. Die Kohlenstoffatome werden im Metallgitter festgehalten. Die dadurch erzielte Verzerrung des Raumgitters des Metalls macht sich mikroskopisch als Härtesteigerung des Materials bemerkbar.

Wenn der Härteprozess und/oder der Oberflächenhärteprozess im Umformwerkzeug stattfindet, kann ein Kühlsystem im Umformwerkzeug zum schnellen Abkühlen während des Härtevorgangs vorgesehen sein. Dabei erfolgt das schnelle Abkühlen des gehärteten Rohrs im Umformwerkzeug durch Flüssigkeitskanäle in der Werkzeugform und/oder durch unmittelbaren Kontakt des gehärteten Rohrs mit einem Kühlmittel. Dazu wird das Umformwerkzeug von einer Kühlmittelwanne mit Kühlmittel umgeben, wobei das Umformwerkzeug oberhalb des Kühlmittelspiegels angeordnet ist. Nach dem Erwärmen wird die Kühlmittelwanne mit Kühlmittel aufgefüllt, so dass das Kühlmittel durch den Spalt zwischen den Hohlformen und dem gehärteten Rohr in das Umformwerkzeug einströmt und der Kühlmittelspiegel so weit

130097AT-2013010036 / LE / 24.05.2013



angehoben wird, dass das Kühlmittel das erwärmte Rohr komplett umgibt. Nach dem Abkühlen wird der Kühlmittelspiegel wieder abgesenkt.

Voraussetzung für das Induktivhärten ist ein Stahl mit mehr als 0,35 Gewichtsprozent Kohlenstoff. Das Verfahren kommt sehr häufig in der Massenfertigung zur Anwendung weil es sich bei hohen Durchsatz und sehr guter Steuerungsmöglichkeit zuverlässig in automatisierte Abläufe einbinden lässt.

Nach dem Oberflächenhärteprozess wird das bearbeitete Rohr verzugsfrei aus dem Umformwerkzeug entnommen. Im letzten Schritt der Fertigung der Zahnstange werden die Spurstangenanbindungen durch plandrehen und Gewindeschneiden fertiggestellt.

In einem zweiten Ausführungsbeispiel erfolgt die Oberflächenhärtung durch Nitrierhärten. Nitrierhärten ist ein thermochemisches Verfahren zur Oberflächenhärtung, welches auf der Bildung äußerst harter Stickstoffverbindungen in der Randschicht des Rohrs beruht. In dem Nitrierprozess wird die Rohroberfläche mit Stickstoff angereichert, wobei der Stickstoffspender vorzugsweise Ammoniak ist. Das Rohr wird bei einer Temperatur von ca. 500 °C behandelt, wobei das Ammoniak teilweise aufspaltet und atomarer Stickstoff entsteht, der in die Randzone des Rohrs eindiffundiert und mit den vorhandenen Legierungselementen, Verbindungen eingeht. Diese Stickstoffverbindungen bzw. Nitridausscheidungen bewirken eine beträchtliche Härtesteigerung. Nach dem Nitrierprozess wird das Rohr langsam abgekühlt. Ein Abschrecken ist nicht erforderlich. Aufgrund der relativ niedrigen Behandlungstemperatur, und durch das abschreckungsfreie Abkühlen, zeichnet sich das Verfahren durch seine sehr geringen Maßverzüge aus. Weitere Details des Nitrierhärtens sind dem Fachmann bekannt.

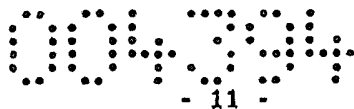
Figur 1 zeigt das Endprodukt eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Zahnstange 1. Im Längsschnitt der Zahnstange 1 wird die Verjüngung 2 und die Verzahnung 3 des Rohrs 4 gezeigt. Durch die Verjüngung 2 des Rohrs im Verzahnungsbereich kommt es zu einem Materialüberschuss, der für die vollständige Ausbildung der Verzahnung 3 sorgt.

130097AT-2013010036 / LE / 24.05.2013



Figur 2 und 3 zeigen weitere Ausbildungsbeispiele eines Rohrquerschnitts. Bevorzugt werden neben der Verjüngung 2 des Durchmessers im Verzahnungsbereich, auch die späteren Seitenflächen 5, 6 der Zahnstange 1 im Durchmesser durch z.B. Walzen oder Pressen reduziert (Figur 2 a, b). Derart hergestellte Zahnstangen 1 haben den Nachteil, dass die Verzahnung in ihrer Breite B nicht vollflächig ausgeformt ist, da die Verzahnung durch die Formgebung des Rohrs über die Breite B zu den Enden hin abfällt. Ein weiteres Merkmal ist die konkave Kontur des Zahnfußes 7 im Querschnitt. Dieses Problem kann durch eine weitere Umformung, wie in Figur 2 c und 3 dargestellt ist, verhindert werden. Diese Umformung kann zum Beispiel durch Fließpressen vor oder nach der Verjüngung erfolgen. Dabei wird Material des Rohrs von der Innenseite nach Außen gedrückt, so dass der dadurch gewonnene Materialüberschuss für die Ausformung der Verzahnung sorgt. Vorzugsweise ist der Bereich der Verzahnung B nach der Umformung plan ausgeformt, so dass die äußere Wölbung X des Rohrs im Verzahnungsbereich 0 mm und B so groß wie möglich ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es, eine Verzahnung unter Verwendung einfach und kostengünstig aufgebauter Formwerkzeuge herzustellen, deren Verzahnungsbreite, sowie auch die Verzahnungstiefe und Qualität den hohen Anforderungen im Kraftfahrzeug entsprechen.



### **Patentansprüche**

1. Verfahren zur Herstellung einer Lenkungs Zahnstange, insbesondere für Zahnstangenlenkgetriebe von Kraftfahrzeugen, folgende Schritte aufweisend:
  - Bearbeiten eines Rohres
  - Einlegen des Rohres in ein Umformwerkzeug,
  - Lagerichtiges Fixieren des Rohres im Umformwerkzeug,
  - Ausbilden einer Verzahnung durch Kaltumformung,

**dadurch gekennzeichnet, dass** daraufhin folgende Schritte folgen:

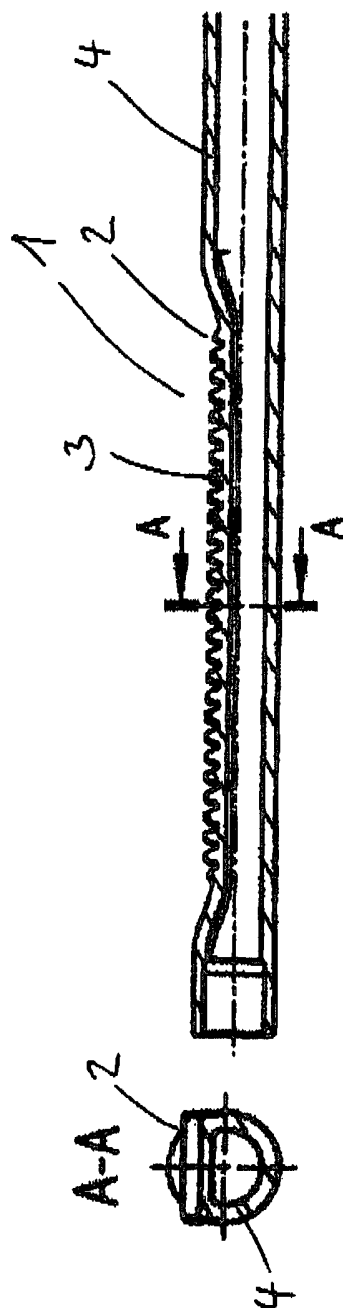
  - Durchhärten des Rohres im Umformwerkzeug durch Erwärmen und schnelles Abkühlen,
  - Oberflächenhärten des Rohrs,
  - Bearbeiten und Fertigstellen der Spurstangenanbindungen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kaltumformen durch Fließpressen erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Oberflächenhärten durch Erwärmen und schnelles Abkühlen erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Erwärmen des Rohrs bei dem Durchhärten und/oder Oberflächenhärten durch induktives Erwärmen erfolgt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch**

130097AT-2013010036 / LE / 24.05.2013



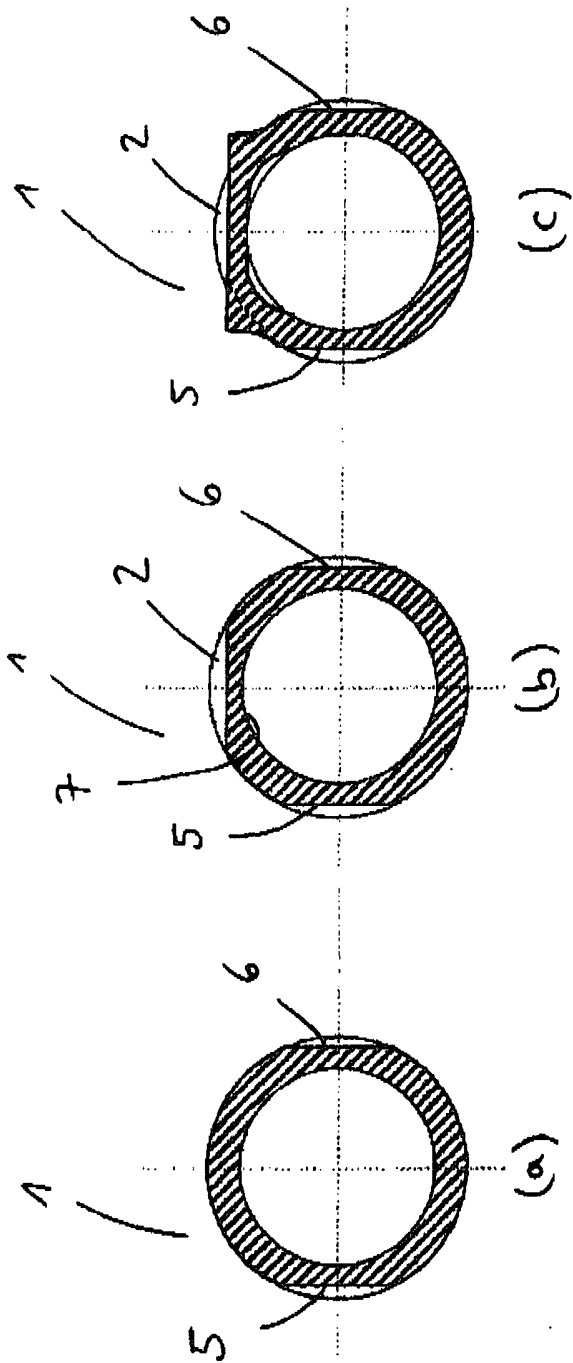
- gekennzeichnet, dass** das Oberflächenhärten des Rohrs außerhalb des Umformwerkzeugs erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der bei dem induktiven Oberflächenhärten induzierte Strom sowohl orthogonal als auch parallel zu den Verzahnungen gerichtet ist.
  7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abkühlen beim Durchhärten und/oder Oberflächenhärten durch Einspeisen von Kühlflüssigkeit in Kühlkanäle im Werkzeug des Umformwerkzeugs und/oder durch unmittelbaren Kontakt mit Kühlflüssigkeit erfolgt.
  8. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlkanäle parallel zur Verzahnungskopflinie verlaufen.
  9. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Oberflächenhärten durch Nitrierhärten erfolgt.
  10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bearbeiten des Rohrs vor dem Schritt der Kaltumformung wenigstens eine Verjüngung des Rohrs umfasst.
  11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bearbeiten des Rohrs vor dem Schritt der Kaltumformung wenigstens eine weitere Umformung umfasst.
  12. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bearbeiten des Rohrs vor dem Schritt der Kaltumformung den Verzahnungsbereich des Rohrs im Querschnitt so verändert, dass die Breite der Verzahnung vollflächig ausgeformt ist und die Innenseite und Außenseite des Rohrs annähernd plan sind.
  13. Lenkgetriebe mit einer Zahnstange, welche nach einem Verfahren mit den Merkmalen eines der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 12 hergestellt ist.

004394



Figur 1

004394



004394

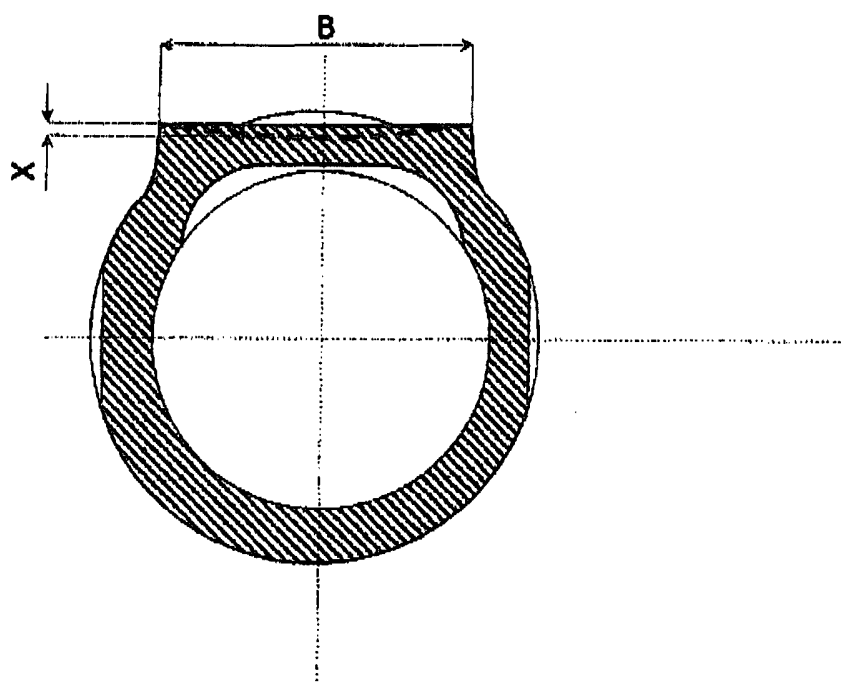


Figure 3

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:  
**B21K 1/76** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:  
**B21K 1/767** (2013.01)

Recherchierte Prüfsubstanz (Klassifikation):  
B21K

Konsultierte Online-Datenbank:  
EPODOC

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **24.05.2013** eingereichten Ansprüchen **1-13** erstellt.

| Kategorie <sup>1)</sup> | Bezeichnung der Veröffentlichung:<br>Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder),<br>Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich | Betreffend<br>Anspruch |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| X                       | US 5473960 A (SAKAMOTO et al.) 12. Dezember 1995 (12.12.1995)<br>Zeichnungen, Ansprüche                                                                                | 1-13                   |
| X                       | JP S63215322 A (YAMADA) 07. September 1988 (07.09.1988)<br>Zusammenfassung                                                                                             | 1-13                   |
| X                       | DE 102011002019 A1 (ZF LENKSYSTEME GMBH) 18. Oktober 2012<br>(18.10.2012)<br>Patentansprüche, Figuren                                                                  | 1-13                   |

Datum der Beendigung der Recherche:  
22.05.2014

Seite 1 von 1

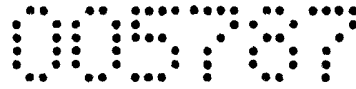
Prüfer(in):

WANKMÜLLER Alfred

<sup>1)</sup> **Kategorien** der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

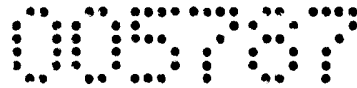


## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Lenkungs Zahnstange, insbesondere für Zahnstangenlenkgetriebe von Kraftfahrzeugen, folgende Schritte aufweisend:
  - Bearbeiten eines Rohres
  - Einlegen des Rohres in ein Umformwerkzeug,
  - Lagerichtiges Fixieren des Rohres im Umformwerkzeug,

**dadurch gekennzeichnet, dass** daraufhin folgende Schritte folgen:

  - Umformen des Rohrs, wobei Material des Rohrs von der Innenseite nach Außen gedrückt wird, so dass der dadurch gewonnene Materialüberschuss für die Ausformung der Verzahnung bereit gestellt wird,
  - Ausbilden einer Verzahnung durch Kaltumformung,
  - Durchhärten des Rohres im Umformwerkzeug durch Erwärmen und schnelles Abkühlen,
  - Oberflächenhärten des Rohrs,
  - Bearbeiten und Fertigstellen der Spurstangenanbindungen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kaltumformen durch Fließpressen erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Oberflächenhärten durch Erwärmen und schnelles Abkühlen erfolgt.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Erwärmen des Rohrs bei dem Durchhärten und/oder Oberflächenhärten durch induktives Erwärmen erfolgt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch**



**gekennzeichnet, dass** das Oberflächenhärten des Rohrs außerhalb des Umformwerkzeugs erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der bei dem induktiven Oberflächenhärten induzierte Strom sowohl orthogonal als auch parallel zu den Verzahnungen gerichtet ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abkühlen beim Durchhärten und/oder Oberflächenhärten durch Einspeisen von Kühlflüssigkeit in Kühlkanäle im Werkzeug des Umformwerkzeugs und/oder durch unmittelbaren Kontakt mit Kühlflüssigkeit erfolgt.
8. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlkanäle parallel zur Verzahnungskopflinie verlaufen.
9. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Oberflächenhärten durch Nitrierhärten erfolgt.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bearbeiten des Rohrs vor dem Schritt der Kaltumformung wenigstens eine Verjüngung des Rohrs umfasst.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bearbeiten des Rohrs vor dem Schritt der Kaltumformung wenigstens eine weitere Umformung umfasst.
12. Verfahren nach Anspruch einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bearbeiten des Rohrs vor dem Schritt der Kaltumformung den Verzahnungsbereich des Rohrs im Querschnitt so verändert, dass die Breite der Verzahnung vollflächig ausgeformt ist und die Innenseite und Außenseite des Rohrs annähernd plan sind.
13. Lenkgetriebe mit einer Zahnstange, welche nach einem Verfahren mit den Merkmalen eines der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 12 hergestellt ist.