

(19)



(11)

EP 2 995 674 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
16.03.2016 Patentblatt 2016/11

(51) Int Cl.:
C10M 173/02 (2006.01) C10M 103/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14184415.9**

(22) Anmeldetag: **11.09.2014**

(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**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder:
• **ThyssenKrupp AG**
45143 Essen (DE)
• **ThyssenKrupp Steel Europe AG**
47166 Duisburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Lostak, Thomas**
46147 Oberhausen (DE)
• **Timma, Christian**
47228 Duisburg (DE)

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**
Patent- & Rechtsanwälte
Partnerschaftsgesellschaft mbB
Bleichstraße 14
40211 Düsseldorf (DE)

(54) **Verwendung eines Sulfats sowie Verfahren zum Herstellen eines Stahlbauteils durch Umformen in einer Umformmaschine**

(57) Die Erfindung schlägt als Beschichtungsmittel, die bei minimiertem Schmierstoffbedarf einerseits optimierte tribologische Bedingungen bei der Umformung von Stahl Flachprodukten ermöglichen und andererseits im Hinblick auf ihre Wirkung auf die Umwelt unbedenklich sind, die Verwendung eines Sulfats aus der Gruppe "Aluminium-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-Sulfat, Magnesium-Sulfat" vor. Mit diesem Beschichtungsmittel lässt sich ein Stahlbauteil durch Umformen eines Stahl Flachprodukts in einer Umformmaschine dadurch herstellen, dass ein Stahl Flachprodukt bereitgestellt wird, dass eine

tribologisch wirksame Schicht auf mindestens einer der sich bei der Umformung berührenden Flächen des Stahl Flachprodukts oder der zum Umformen eingesetzten Umformmaschine durch Beschichten mit einem Beschichtungsmittel aus der Gruppe "Aluminium-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-Sulfat, Magnesium-Sulfat" hergestellt wird, dass das Stahl Flachprodukt in das Umformwerkzeug eingelegt wird und dass das in die Umformmaschine eingelegte Stahl Flachprodukt zu dem Bauteil umgeformt wird.

EP 2 995 674 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Verwendung eines Sulfats aus der Gruppe "Aluminium-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-Sulfat, Magnesium-Sulfat".

[0002] Ebenso betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines Bauteils durch Umformen eines Stahlflachprodukts in einer Umformmaschine.

[0003] Für das Umformen zu einem Bauteil wird das jeweils umzuformende Stahlflachprodukt in eine Umformmaschine eingelegt und anschließend von der Maschine zu dem jeweiligen Bauteil geformt. Die Umformung kann dabei als Kaltumformung, also als Umformung bei unterhalb der Rekristallisationstemperatur des jeweiligen Stahls der Stahlflachprodukte liegenden Temperaturen, oder als Warmumformung, also als Umformung bei Arbeitstemperaturen, die oberhalb der Rekristallisationstemperatur liegen, durchgeführt werden.

[0004] Ein typisches Beispiel für einen solchen Umformvorgang ist das Tiefziehen, bei dem das umzuformende Stahlflachprodukt mittels eines Stempels in eine Matrize gepresst wird. Die Form von Matrize und Stempel bestimmen hier die Form, die das Stahlflachprodukt durch den Umformvorgang erhält.

[0005] Bei jedem Umformvorgang kommt es zu Relativbewegungen zwischen dem jeweils für die Formgebung eingesetzten Umformwerkzeug und dem umzuformenden Produkt. Gleichzeitig besteht Kontakt zwischen den Oberflächen des Produkts und den ihnen zugeordneten Flächen des Umformwerkzeugs. Das dabei zwischen dem Werkzeug und dem umzuformenden Produkt entstehende tribologische System wird durch die Materialeigenschaften des umzuformenden Produkts und des Werkzeugs sowie durch die zwischen dem umzuformenden Produkt und dem Werkzeug vorhandenen Medien bestimmt. Infolge der Relativbewegung zwischen dem Umformwerkzeug und dem das Umformwerkzeug berührenden umzuformenden Produkt entsteht Reibung.

[0006] Diese Reibung kann insbesondere bei der Umformung von Stahlflachprodukten lokal sehr unterschiedlich sein, weil der Werkstoff des Stahlflachprodukts im Zuge der Umformung abschnittsweise unterschiedlich verformt wird und somit das Material des Stahlflachprodukts bei der Verformung lokal ebenso unterschiedlich stark fließt. Es liegen daher gerade bei der Herstellung von komplex geformten Bauteilen durch Tiefziehen oder vergleichbare Kaltumformvorgänge, bei denen in der Regel große Umformgrade erzielt und komplexe Formen abgebildet werden, dynamisch sich ändernde Reibungszustände vor, bei denen Haft- und Gleitreibung abwechselnd auftreten können.

[0007] Die insbesondere bei der Kaltumformung auftretenden Reibkräfte können so hoch sein, dass sie den kontinuierlichen Ablauf des Formgebungsvorgangs stören und eine fehlerhafte Abformung des jeweils zu formenden Bauteils verursachen können. Gleichzeitig bedingt die unvermeidbar auftretende Reibung einen erheblichen Werkzeugverschleiß.

[0008] Besonders kritisch erweisen sich in diesem Zusammenhang Stahlflachprodukte, bei denen auf das eigentliche Stahlflachprodukt eine vor Korrosion oder anderen Umwelteinflüssen schützende Schutzbeschichtung auf Zink- oder Aluminiumbasis aufgetragen ist.

[0009] Um die durch Reibung ausgelösten negativen Effekte bei der Umformung zu mindern, werden in der Praxis die miteinander beim Umformvorgang in Kontakt kommenden Flächen mit Schmierstoffen belegt. Durch den Einsatz geeigneter Beschichtungsmittel lassen sich die Umformwerkzeuge schützen und so die Werkzeugstandzeiten wesentlich erhöhen. Der Schmierstoff kann dazu sowohl auf das umzuformende Stahlflachprodukt als auch auf die Flächen des Werkzeugs aufgetragen werden, die mit dem Stahlflachprodukt in Kontakt kommen.

[0010] Üblicherweise werden als Schmierstoffe für das Kaltumformen Schmiermittel auf Basis von Mineralöl verwendet, denen zur Optimierung ihrer Schmierwirkung verschiedene Additive, wie schwefelhaltige, phosphorhaltige oder chlorhaltige Zuschlagsstoffe, zugegeben werden können. Eine detaillierte Erläuterung der Tribologie in der Umformtechnik findet sich in Kapitel 2.8 von Band 4 "Umformen" des Kompendiums "Fertigungsverfahren" von Prof. Dr.-Ing. Fritz Klocke, Prof. em. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Wilfried König, 5. Aufl., 2006, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[0011] Beispiele für Beschichtungsmittel für die Kaltumformung, die auf Mineralöl oder ähnlichen Kohlenwasserstoffen basieren, sind in der DE 101 15 696 A1 beschrieben. Zu diesen Beschichtungsmitteln zählen Schmiermittel auf paraffinischer oder naphthenischer Basis oder Esteröle auf pflanzlicher oder tierischer Basis.

[0012] In der DE 10 2008 016 348 A1 ist des Weiteren ein zum Auftrag auf das jeweils umzuformende Stahlflachprodukt vorgesehener Gleitlack auf Basis von Graphit in Mineralöl beschrieben. Dieser Gleitlack soll bei hohen Verarbeitungstemperaturen ein gutes Gleiten des Metalls zwischen den Verarbeitungswerkzeugen gewährleisten.

[0013] Aus der DE 100 07 625 A1 sind Beschichtungsmittel auf Basis von Kohlensäureestern bekannt. Die Beschichtungsmittel enthalten eine oder mehrere Komponenten, die aus der Gruppe der Mono- und/oder Diestern von Mono- oder Oligophosphorsäuren, Triglyceriden und Fettsäuremethylestern ausgewählt sind. Diese Komponenten sollen vor allem als Ersatz für Kohlenwasserstoffe des Mineralöls oder anderen Petroleumdestillaten dienen.

[0014] In der DE 699 06 555 T1 ist schließlich ein Verfahren zur Aufbringung einer Schicht aus Zinkhydroxysulfat auf verzinktes Stahlblech beschrieben. Die Schicht wird als Lösung auf das Stahlflachprodukt aufgebracht, deren pH-Wert größer oder gleich 12, jedoch kleiner als 13 ist. Die Lösung wird durch anodische Polarisierung der Oberfläche auf die verzinkte Oberfläche des Stahlflachprodukts aufgebracht. Die so erzeugte Schicht besteht aus Zinkhydroxysulfat, auch

"basisches Zinksulfat" genannt.

[0015] Vor dem Hintergrund des Standes der Technik bestand die Aufgabe der Erfindung darin, Beschichtungsmittel zu nennen, die bei minimiertem Schmierstoffbedarf einerseits optimierte tribologische Bedingungen bei der Umformung von Stahlflachprodukten ermöglichen und andererseits im Hinblick auf ihre Wirkung auf die Umwelt unbedenklich sind.

[0016] Ebenso sollte ein Verfahren angegeben werden, mit dem sich mit hoher Effektivität und minimierter Umweltbelastung durch Kaltumformen Bauteile aus Stahlflachprodukten herstellen lassen.

[0017] In Bezug auf das Beschichtungsmittel ist diese Aufgabe durch die in Anspruch 1 angegebene Verwendung eines Sulfats, ausgewählt aus der Gruppe "Aluminium-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-Sulfat, Magnesium-Sulfat", als Beschichtungsmittel zur Verbesserung des tribologischen Verhaltens eines Stahlflachprodukts beim Umformen in einer Umformmaschine gelöst worden.

[0018] Die erfindungsgemäße Lösung der voranstehend in Bezug auf das Verfahren genannten Aufgabe besteht darin, dass bei der Herstellung eines Stahlbauteils die in Anspruch 4 angegebenen Arbeitsschritte absolviert werden.

[0019] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben und werden nachfolgend wie der allgemeine Erfindungsgedanke im Einzelnen erläutert. Unter den Begriff "Stahlflachprodukt" fallen nach dem Verständnis der Erfindung alle Walzprodukte, deren Länge sehr viel größer ist als ihre Dicke. Hierzu zählen Stahlbänder und -bleche sowie daraus gewonnene Zuschnitte und Platinen.

[0020] Insbesondere fallen unter die erfindungsgemäß kaltumzuformenden Stahlflachprodukte so genannte Feibleche, d. h. Bleche mit einer Stärke von kleiner 4 mm, insbesondere 0,4 - 3,5 mm, typischerweise 0,5 - 3 mm, die im kalt- oder warmgewalzten Zustand zu einem Bauteil umgeformt werden können. Eine Übersicht über typischerweise als Feibleche für die Kaltumformung vorgesehene Stahlflachprodukte der in Rede stehenden Art geben die DIN EN 10130 (unbeschichtete Feibleche) und die DIN EN 10346 (mit einer Korrosionsschutzbeschichtung versehene Feibleche). Beispielhaft zu nennen sind hier die weichen Stähle zum Umformen mit den Werkstoffnummern 1.0226, 1.0350, 1.0355, 1.0306, 1.0322, 1.0853.

[0021] Überraschend hat sich gezeigt, dass die erfindungsgemäß als Beschichtungsmittel für Stahlflachprodukte vorgesehenen Sulfate zu einer deutlichen Verbesserung der tribologischen Bedingungen beim Umformen von Stahlflachprodukten führen. So lassen sich mit den erfindungsgemäß zur Verwendung als Beschichtungsmittel ausgewählten Sulfaten Schmiereigenschaften erzielen, die den Eigenschaften gleichkommen, welche mit konventionellen Schmierstoffen der eingangs vorgestellten Art erreicht werden. Diese Wirkung ist grundsätzlich unabhängig davon, ob die Umformung als Kalt- oder Warmumformung durchgeführt wird. Besonders wirksam erweisen sich die erfindungsgemäß als Beschichtungsmittel verwendeten Sulfate bei der Kaltumformung von Stahlflachprodukten.

[0022] Dabei zeichnen sich die erfindungsgemäß als Beschichtungswerkstoff zur Verbesserung der Reibungsbedingungen beim Umformen verwendeten Sulfate durch eine gute Umweltverträglichkeit aus und können auf einfache Weise auf das jeweilige Stahlflachprodukt appliziert werden.

[0023] Aufgrund ihrer Wasserlöslichkeit lassen sich die erfindungsgemäß verwendeten Sulfate nach der Verformung ebenso leicht wieder von den jeweils nach dem Umformvorgang erhaltenen Stahlbauteilen entfernen. Dabei stören auf dem Stahlbauteil verbleibende Beschichtungsreste die bei der Weiterverarbeitung von Stahlbauteilen üblicherweise nach der Umformung durchlaufenen Prozesse allenfalls unwesentlich.

[0024] Als erfindungsgemäß für den praktischen Einsatz besonders geeignete Sulfat-Beschichtungsmittel konkret zu nennen sind die Sulfate aus der Gruppe "Aluminium-III-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-II-Sulfat, Eisen-III-Sulfat, Magnesium-Sulfat".

[0025] Im Ergebnis steht mit der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Verwendung von Sulfaten aus der Gruppe "Aluminium-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-Sulfat, Magnesium-Sulfat" ein Beschichtungsmittel mit optimalen Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften zur Verfügung, das problemlos in ausreichender Menge und geringen Kosten bereitgestellt werden kann.

[0026] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Herstellen eines Stahlbauteils durch Umformen eines Stahlflachprodukts in einer Umformmaschine umfasst demgemäß folgende Arbeitsschritte:

- Bereitstellen des Stahlflachprodukts;
- Erzeugen einer tribologisch wirksamen Schicht auf mindestens einer der sich bei der Umformung berührenden Flächen des Stahlflachprodukts oder der zum Umformen eingesetzten Umformmaschine durch Beschichten mit einem Beschichtungsmittel aus der Gruppe "Aluminium-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-Sulfat, Magnesium-Sulfat";
- Einlegen des Stahlflachprodukts in das Umformwerkzeug;
- Umformen des in die Umformmaschine eingelegten Stahlflachprodukts zu dem Bauteil.

[0027] Aufgrund ihrer einfachen Applizierbarkeit eignen sich die erfindungsgemäß zur Verwendung als Beschich-

tungsmittel bei einem Verfahren der erfindungsgemäßen Art vorgesehenen Sulfate für eine Beschichtung der Flächen des jeweiligen Werkzeugs, mit denen das umzuformende Stahlflachprodukt bei der Umformung in Kontakt kommt. So können die erfindungsgemäß verwendeten Sulfate als wässrige Lösung auf die jeweils kritischen Flächen des Umformwerkzeugs gespritzt, gepinselt oder in anderer in der Praxis für diese Zwecke bereits bekannten Weise aufgetragen werden.

[0028] Als besonders vorteilhaft bei der großtechnischen Anwendung der Erfindung erweist es sich, wenn das jeweilige Stahlflachprodukt im Zuge seiner Erzeugung mit dem Beschichtungsmittel beschichtet wird. Hier wirken sich die einfache Applizierbarkeit und die gute Anhaftung der erfindungsgemäß verwendeten Sulfate an der zu beschichtenden Oberfläche des Stahlflachprodukts besonders positiv aus. Auch auf das jeweils umzuformende Stahlflachprodukt können die erfindungsgemäß zur Verwendung als Schmiermittel vorgeschlagenen Sulfate mit herkömmlichen Beschichtungsanlagen aufgebracht werden, wie sie üblicherweise zum Applizieren von organischen oder anorganischen Schichten auf Stahlflachprodukte der hier in Rede stehenden Art zur Verfügung stehen. So kann das jeweilige Sulfat als Beschichtungsmittel durch Tauchen, Spritzen, Coaten oder Einpinseln auf das Stahlflachprodukt aufgetragen werden.

[0029] Der Auftrag der erfindungsgemäß als Beschichtungsmittel zur Verbesserung des Reibungszustands beim Verformen von Stahlflachprodukten verwendeten Sulfate wird dadurch besonders einfach, dass diese Sulfate die jeweils zu beschichtende Fläche gut benetzen und dementsprechend gleichmäßige Schichten ausbilden, ohne dass es dazu besonderer Vorkehrungen bedarf. Insbesondere ist es nicht erforderlich, die jeweilige wässrige Lösung besonders zu temperieren. Vielmehr kann der Auftrag der das erfindungsgemäß zur Verwendung vorgesehenen Sulfat enthaltenden wässrigen Lösung bei Raumtemperatur erfolgen.

[0030] Besonders einfach ist der Auftrag der erfindungsgemäß als Beschichtungsmittel verwendeten Sulfate dann, wenn sie als wässrige Lösung appliziert werden. Nach einem anschließenden Trocknungsvorgang liegt eine dichte, gleichmäßig verteilte dünne Sulfatschicht auf dem jeweiligen Stahlflachprodukt, welche ein optimales Verformungsverhalten während eines Umformvorgangs, insbesondere eines Kaltumformvorgangs, sicherstellt.

[0031] Hierbei zeigt sich, dass es keiner Additive, wie sie im Stand der Technik beispielsweise zur Einstellung eines bestimmten pH-Wertes benötigt werden, bedarf, um beim jeweiligen Beschichtungsvorgang eine gute Bedeckung der jeweils zu beschichtenden Fläche mit dem erfindungsgemäß verwendeten Beschichtungsmittel zu gewährleisten. So hat es sich als ausreichend erwiesen, wenn die wässrige Lösung aus zwei Komponenten besteht, von denen die eine Komponente Wasser als Lösungsmittel und die andere Komponente das jeweilige Sulfat als tribologisch wirksamer Bestandteil ist. Wird als Lösungsmittel dabei destilliertes Wasser verwendet, so hat dies den Vorteil, dass es zu keiner Störung der Funktion der Beschichtung durch Fremdionen kommen kann.

[0032] Eine für die erfindungsgemäßen Zwecke ausreichend dicke und dichte tribologisch wirksame Beschichtung auf der jeweils zu beschichtenden Fläche von Stahlflachprodukten oder Umformwerkzeugen ergibt sich, wenn der Gehalt des tribologisch wirksamen Sulfat-Bestandteils in der wässrigen Lösung 0,2 - 1 mol/l (bezogen auf die SO_4^{2-} -Ionenkonzentration) beträgt, wobei sich gut wirksame Beschichtungen in der Praxis betriebssicher dann ergeben, wenn der Gehalt des erfindungsgemäß vorgesehenen Sulfat-Bestandteils an der wässrigen Lösung 0,4 - 0,7 mol/l (bezogen auf die SO_4^{2-} -Ionenkonzentration) beträgt.

[0033] Es können auch Mischungen der erfindungsgemäß als Beschichtungsmittel vorgesehenen Sulfate in erfindungsgemäßer Weise auf das Stahlflachprodukt aufgebracht werden.

[0034] Um unter den betrieblichen Bedingungen eine sichere Wirkung des zur erfindungsgemäßen Verwendung vorgesehenen Sulfat-Beschichtungsmittels zu gewährleisten, kann die aus dem jeweiligen Beschichtungsmittel auf dem Stahlflachprodukt oder der zu beschichtenden Fläche des Umformwerkzeugs gebildete Schicht mit einem Belegungsgewicht von 5 - 50 mg/m² aufgebracht werden. Optimale Wirkungen stellen sich dabei dann ein, wenn das Belegungsgewicht bei 10 - 30 mg/m² liegt.

[0035] Um eine optimale Haftung des erfindungsgemäß zur Verwendung vorgesehenen Beschichtungsmittels auf der jeweiligen Oberfläche zu sichern, kann die betreffende Oberfläche vor dem Auftrag des Beschichtungsmittels alkalisch gereinigt werden.

[0036] Durch den Auftrag der erfindungsgemäß zur Verbesserung der tribologischen Eigenschaften vorgesehenen Sulfate wird der Reibungskoeffizient der jeweils beschichteten Fläche deutlich verbessert. So wird durch eine aus den erfindungsgemäß zur Verwendung vorgesehenen Sulfaten gebildete Schicht der Reibungskoeffizient der jeweils beschichteten Fläche regelmäßig auf $\leq 0,15$ verringert.

[0037] Dieser Erfolg stellt sich speziell dann ein, wenn das Stahlflachprodukt zum Schutz vor Korrosion, insbesondere durch Schmelztauchbeschichten, mit einer Schutzbeschichtung auf Basis von Zink beschichtet ist. Die Zn-basierte Beschichtung kann dabei in konventioneller Weise als reine Zinkschicht, als Zinklegierungsschicht mit Gehalten an Mg, Al oder Si beispielsweise elektrolytisch oder durch Schmelztauchbeschichten auf das jeweilige Stahlsubstrat aufgebracht sein. Auch ist es möglich, Stahlflachprodukte mit Al-basierten Überzügen in erfindungsgemäßer Weise zu beschichten, um ihr Umformverhalten bei einer Kalt- oder Warmumformung zu verbessern.

[0038] Ohne dass dazu die Nachteile der konventionellen Mittel, wie potenziell umweltschädigende Bestandteile, komplexe Verfahren zum Auftrag und desgleichen in Kauf genommen werden müssen, erreichen Beschichtungen, die

durch die erfindungsgemäß ausgewählten Beschichtungsmittel gebildet sind, somit Reibungseigenschaften, die sicher den Reibungseigenschaften von Beschichtungen entsprechen, die aus konventionellen, zur Verbesserung der tribologischen Eigenschaften üblicherweise verwendeten Mitteln bestehen.

[0039] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Diagramm, in dem die Entwicklung des Reibungskoeffizienten der Oberfläche eines mit einer Ammonium-Sulfat-Schicht beschichteten verzinkten Feinblechs während des Streifenziehversuchs über die jeweilige Flächenpressung aufgetragen ist;

Fig. 2 ein Diagramm, in dem die Entwicklung des Reibungskoeffizienten der Oberfläche eines unbehandelten verzinkten Feinblechs während des Streifenziehversuchs über die jeweilige Flächenpressung aufgetragen ist;

Fig. 3 ein Diagramm, in dem die Entwicklung des Reibungskoeffizienten der Oberfläche eines mit einer Eisen-II-Sulfat-Schicht beschichteten verzinkten Feinblechs während des Streifenziehversuchs über die jeweilige Flächenpressung aufgetragen ist

Fig. 4 ein Diagramm, in dem die Entwicklung des Reibungskoeffizienten der Oberfläche eines mit einer Aluminium-Sulfat-Schicht beschichteten verzinkten Feinblechs während des Streifenziehversuchs über die jeweilige Flächenpressung aufgetragen ist.

[0040] Die in den Figuren wiedergegebenen Verläufe der Reibungskoeffizienten sind im Streifenziehversuch ermittelt worden, der beispielsweise im Abschnitt 2.8.7.4 von Band 4 der 5. Auflage des Kompendiums "Fertigungsverfahren 4" von Fritz Klocke und Wilfried König, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006 (ISBN-13 978-3-540-23650-4) erläutert ist.

Versuch 1

[0041] Auf ein in Form eines mit einem Zn-Überzug versehenen Feinblech-Bands vorliegendes konventionelles Stahlflachprodukt ist eine tribologisch wirksame Ammonium-Sulfat-Schicht aufgetragen worden.

[0042] Hierzu ist eine wässrige Lösung erstellt worden, bei der 90 g Ammonium-Sulfat $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ in 1 l Wasser (dest.) gelöst worden ist, so dass der Ammonium-Sulfat-Gehalt der wässrigen Lösung bei 90 g/l lag. Der native pH-Wert der erhaltenen Lösung betrug 5,3.

[0043] Die so beschaffene wässrige Lösung ist mittels eines in der Industrie gebräuchlichen so genannten "Chemcoaters" bei Raumtemperatur auf das zuvor alkalisch gereinigte Stahlflachprodukt Feinblech aufgebracht worden.

[0044] Ein "Chemcoater" ist ein Anlagenteil, das in der Stahlindustrie zum Auftragen von chemischen, als wässrige Lösung zu applizierende Substanzen auf verzinktem Qualitätsflachstahl verwendet wird. Insbesondere werden solche Coater zum Auftrag von wasserlöslichen Medien verwendet, die der Vorbehandlung des jeweiligen Stahlflachprodukts für eine nachfolgende Lack- oder Folienbeschichtung oder zur Verbesserung des Korrosionsschutzes dienen. Dabei können verschiedene Behandlungskemikalien über Walzen auf das jeweils zu beschichtende Stahlflachprodukt aufgetragen werden. Anschließend durchläuft das mit der Beschichtung belegte Stahlflachprodukt einen Ofen, in dem die Beschichtung getrocknet wird.

[0045] Die beim Auftrag der Ammonium-Sulfat-Lösung eingestellten Parameter sind in Tabelle 1 angegeben.

[0046] Um die für das Verhalten bei einer Kaltumformung (Tiefziehen) im Kaltumformwerkzeug (Stempel/Matrize) einer Kaltumformmaschine entscheidende Entwicklung des Reibungskoeffizienten über die Flächenpressung zu ermitteln, sind Proben des so erhaltenen, mit der Ammonium-Sulfat-Schicht belegten und zusätzlich mit einem konventionellen Öl, bei dem es sich um ein konventionelles, unter der Bezeichnung PL 3802-39S angebotenes bariumfreies, thixotropes Korrosionsschutzmittel mit guten Umformeigenschaften handelte, mit einem Aufschlaggewicht von 1,5 g/m² beölten Stahlflachprodukts einem Streifenziehtest unterzogen worden. Bei diesem Test sind die Proben bei Raumtemperatur zwischen zwei unbeschichteten, aus dem Stahl mit der Werkstoffnummer 1.2379 bestehenden Bremsbacken angeordnet worden, die mit einer Flächenpressung von bis zu 100 MPa gegen die Proben gewirkt haben. Die Messstrecke betrug 500 mm/min bei einer Prüfgeschwindigkeit von 60 mm/min. Die Kontaktfläche zwischen Werkzeug und Probenoberfläche betrug 600 mm². Das Ergebnis dieses Tests ist in Fig. 1 wiedergegeben.

[0047] Zum Vergleich ist eine unbehandelte Probe desselben Stahlflachprodukts ebenfalls einem Streifenziehtest unter denselben Bedingungen wie die zuvor untersuchte Probe unterzogen worden. Der dabei ermittelte Verlauf des Reibungskoeffizienten über die Flächenpressung ist in Fig. 2 angegeben. Der dort wiedergegebene Verlauf zeigt, dass die Substratoberfläche der unbehandelten Probe schon sehr früh den so genannten "Slip-Stick-Effekt" zeigt. Die in Fig. 2 gezeigte Kurve bricht ab, weil der Versuch abgebrochen worden ist, um eine Beschädigung des Werkzeugs zu vermeiden. Bei dem Slip-Stick-Effekt handelt es sich um das Phänomen der Haftgleitung. Diese tritt auf, wenn die Haftreibung größer ist als die Gleitreibung. Dabei üben gedämpft gekoppelte Oberflächenteile eine sehr schnelle Abfolge von Haften,

Verspannen, Trennen und Abgleiten aus. Der Effekt verschwindet, sobald die Reibpartner durch einen Schmierstoff getrennt werden. Die jeweils erfindungsgemäß ausgewählten Sulfate erweisen sich, wie der Vergleich der Fig. 2 mit Fig. 1 oder den nachfolgend erläuterten Figuren 3 und 4 belegt, hier als besonders wirksam.

5 Versuch 2

[0048] Auf ein ebenfalls in Form eines mit einem Zn-Überzug versehenen Feinblech-Bands vorliegendes konventionelles Stahlflachprodukt ist eine tribologisch wirksame Eisen-II-Sulfat-Schicht aufgetragen worden.

10 **[0049]** Hierzu ist 189 g Eisen-II-Sulfat (FeSO_4) in 1 l vollentmineralisiertem Wasser gelöst worden, so dass der Eisen-Sulfat-Gehalt der wässrigen Lösung bei 189 g/l lag. Der native pH-Wert der erhaltenen Lösung betrug 2,2.

[0050] Die wässrige Lösung ist wie beim Versuch 1 bei Raumtemperatur mittels des oben bereits beschriebenen Coaters auf das zuvor alkalisch gereinigte Stahlflachprodukt aufgebracht worden. Die Applikationsparameter sind ebenfalls in Tabelle 1 angegeben.

15 **[0051]** Proben des so erhaltenen, mit der Eisen-II-Sulfat-Schicht belegten Stahlflachprodukts sind ebenfalls einem Streifenziehtest unter den voranstehend bereits erläuterten Bedingungen unterzogen worden. Das Ergebnis dieses Tests ist in Fig. 3 wiedergegeben. Es zeigt sich, dass die Eisen-II-Sulfat-Schicht genauso wie die im Versuch 1 untersuchte Ammonium-Sulfat-Schicht bei höheren Flächenpressungen sicher Reibkoeffizienten von weniger als 0,15 erreichen.

Versuch 3

20 **[0052]** Auf ein ebenfalls in Form eines mit einem Zn-Überzug versehenen Feinblech-Bands vorliegendes konventionelles Stahlflachprodukt ist eine tribologisch wirksame Aluminium-Sulfat-Schicht aufgetragen worden.

[0053] Hierzu ist 240 g Aluminium-Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) in 1 l destilliertem Wasser gelöst worden, so dass der Aluminium-Sulfat-Gehalt der wässrigen Lösung bei 240 g/l lag. Der native pH-Wert der erhaltenen Lösung betrug 2,1.

25 **[0054]** Die wässrige Lösung ist auch in diesem Fall bei Raumtemperatur mittels des oben bereits beschriebenen Coaters auf das zuvor alkalisch gereinigte Stahlflachprodukt aufgebracht worden. Die Applikationsparameter sind ebenfalls in Tabelle 1 angegeben. Dabei bezeichnet die Angabe "Einstellung Tauch- und Auftragswalze" das Maß, um das der zwischen der Tauch- und Auftragswalze vorhandene Abquetschspalt kleiner ist als die Dicke des verarbeiteten Stahlflachprodukts. Mit "PMT" ist gleichzeitig die so genannte "Peak Metal Temperatur" bezeichnet.

30 **[0055]** Proben des so erhaltenen, mit der Aluminium-Sulfat-Schicht belegten Stahlflachprodukts sind wiederum einem Streifenziehtest unterzogen worden. Das Ergebnis dieses Tests ist in Fig. 4 wiedergegeben. Es bestätigte sich auch hier, dass die Aluminium-Sulfat-Schicht genauso wie die im Versuch 1 untersuchte Ammonium-Sulfat-Schicht und die im Versuch 2 untersuchte Eisen-II-Schicht bei höheren Flächenpressungen sicher Reibkoeffizienten von weniger als 0,15 erreichen.

35 **[0056]** Die tribologisch wirksamen Schichten, die aus den erfindungsgemäß zur Verwendung vorgeschlagenen Sulfaten bestehen, erreichen somit denselben Effekt wie die konventionellen beispielsweise aus ZnSO_4 bestehenden Beschichtungen.

40

45

50

55

Tabelle 1

Versuch	Betriebsweise des Coaters	Umfangsgeschwindigkeiten			Einstellung Tauch-und Auftragswalze	Dicke des Stahl- flachprodukts	Spaltweite zwischen Tauch-und Auftragswalze	Auflagengewicht	Trocknungssofen		PMT
		Auftragswalze	Tauchwalze	Transportwalze					Temperatur	Verweilzeit	
		[m/min]	[m/min]	[m/min]	[μm]	[mm]	[μm]	[mg/m²]	[°C]	[s]	[°C]
1	Reverse	30	10	25	-400	1	0,9	30	100	100	71
2	Reverse	25	10	23	-500	1	0,9	30	100	100	71
3	Mitläufig	30	10	40	-400	1	0,9	30	100	35	71

Patentansprüche

- 5 1. Verwendung eines Sulfats, ausgewählt aus der Gruppe "Aluminium-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-Sulfat, Magnesium-Sulfat", als Beschichtungsmittel zur Verbesserung des tribologischen Verhaltens eines Stahlflachprodukts beim Umformen in einer Umformmaschine.
2. Verwendung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sulfat ausgewählt ist aus der Gruppe "Aluminium-III-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-II-Sulfat, Eisen-III-Sulfat, Magnesium-Sulfat".
- 10 3. Verwendung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aus dem Beschichtungsmittel erzeugte Schicht wasserlöslich ist.
4. Verfahren zum Herstellen eines Stahlbauteils durch Umformen eines Stahlflachprodukts in einer Umformmaschine umfassend folgende Arbeitsschritte:
15 - Bereitstellen des Stahlflachprodukts,
 - Erzeugen einer tribologisch wirksamen Schicht auf mindestens einer der sich bei der Umformung berührenden Flächen des Stahlflachprodukts oder der zum Umformen eingesetzten Umformmaschine durch Beschichten mit einem Beschichtungsmittel aus der Gruppe "Aluminium-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-Sulfat, Magnesium-Sulfat";
20 - Einlegen des Stahlflachprodukts in das Umformwerkzeug;
 - Umformen des in die Umformmaschine eingelegten Stahlflachprodukts zu dem Bauteil.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sulfat ausgewählt ist aus der Gruppe "Aluminium-III-Sulfat, Ammonium-Sulfat, Eisen-II-Sulfat, Eisen-III-Sulfat, Magnesium-Sulfat".
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umformung als Kaltumformung ausgeführt wird.
- 30 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die tribologisch wirksame Schicht auf dem Stahlflachprodukt erzeugt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Beschichtungsmittel als wässrige Lösung aufgetragen wird.
- 35 9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wässrige Lösung aus zwei Komponenten besteht, von denen die eine Komponente Wasser als Lösungsmittel und die andere Komponente das jeweilige Sulfat als tribologisch wirksamer Bestandteil ist.
- 40 10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Lösungsmittel destilliertes Wasser ist.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gehalt des tribologisch wirksamen Bestandteils in der wässrigen Lösung 0,2 - 1 mol/l (bezogen auf die SO_4^{2-} Ionenkonzentration) beträgt.
- 45 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schwefelanteil der auf dem Stahlflachprodukt erzeugten tribologisch wirksamen Schicht 5 - 50 mg/m² beträgt.
- 50 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Reibungskoeffizient des Stahlflachprodukts nach dem Beschichten mit der tribologisch wirksamen Schicht maximal 0,15 beträgt.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlflachprodukt mit einer Korrosionsschutzschicht beschichtet ist und **dass** die tribologisch wirksame Schicht auf die Korrosionsschutzschicht aufgetragen wird.
- 55 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die tribologisch wirksame Schicht bei Umgebungstemperatur aufgetragen wird.

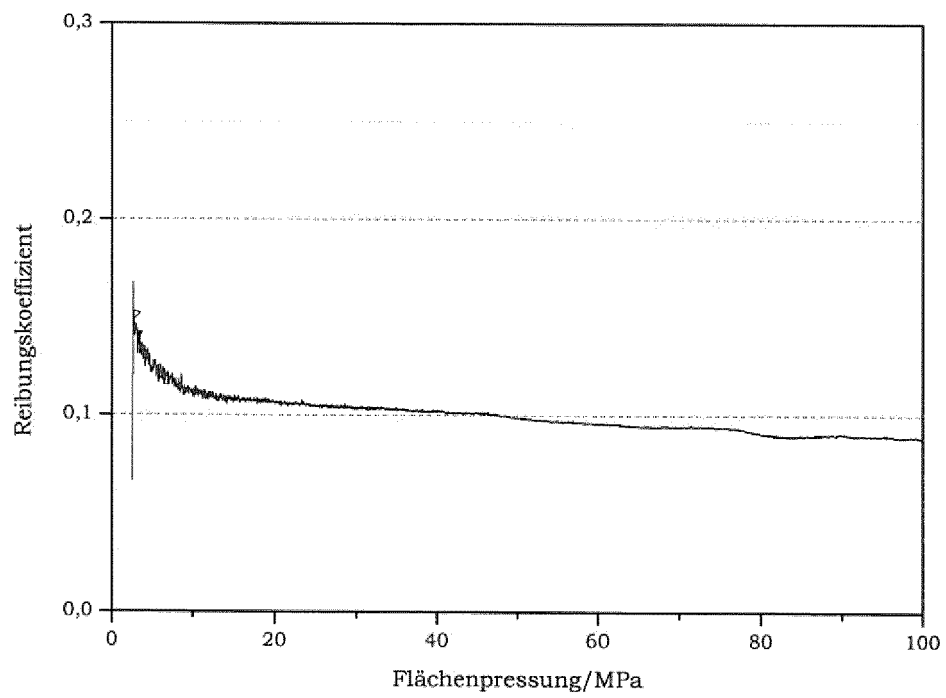


Fig. 1

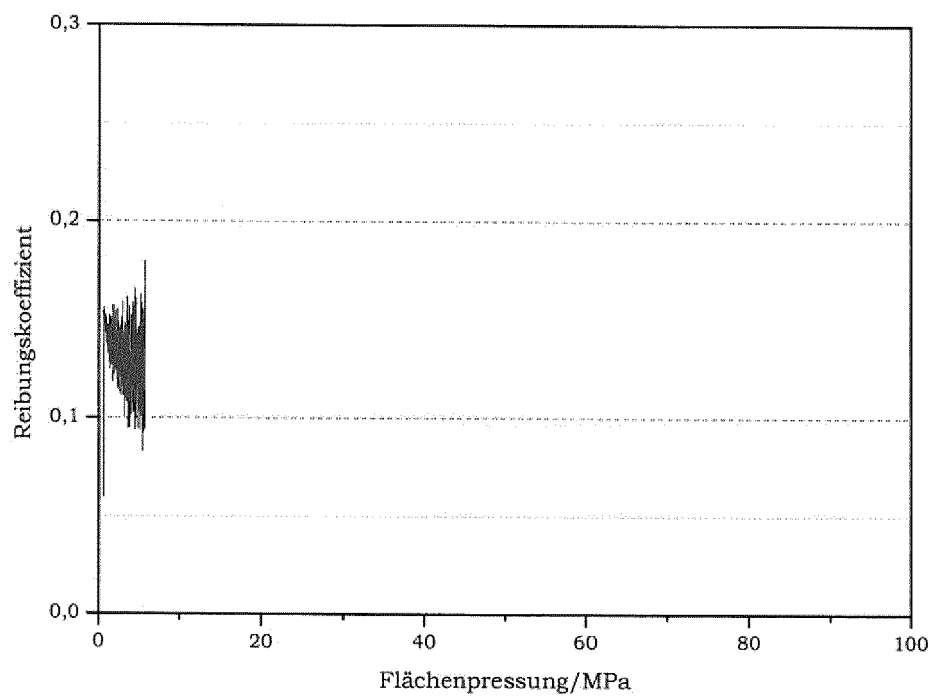


FIG. 2

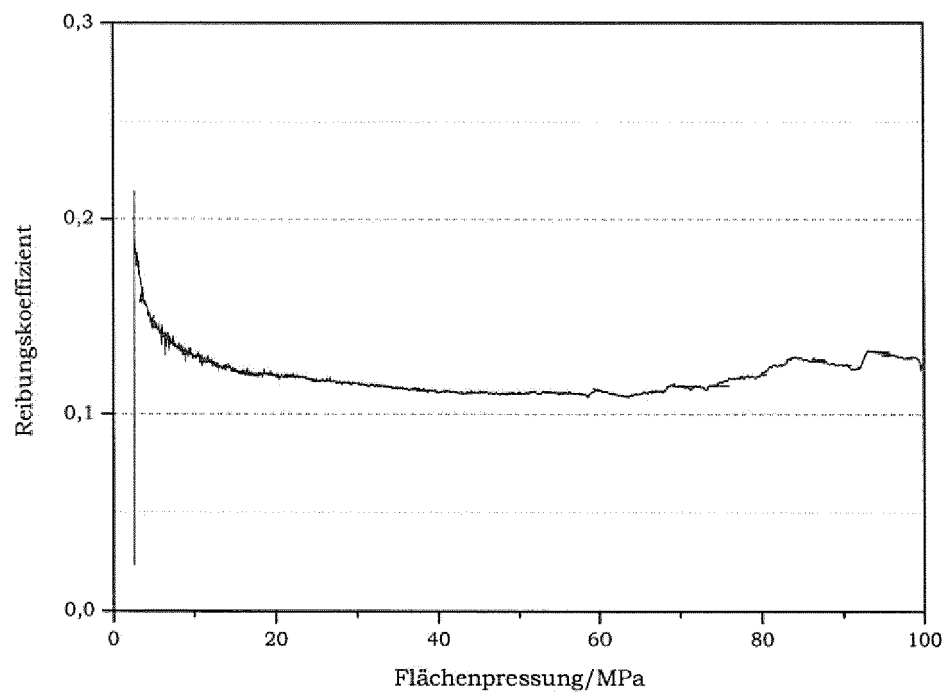


FIG. 3

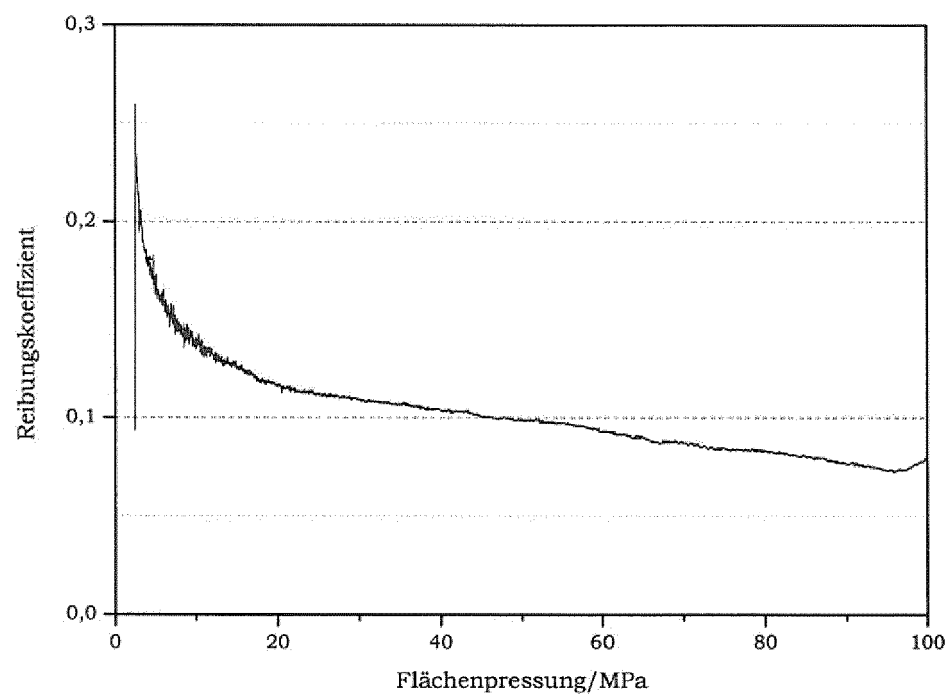


FIG. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 18 4415

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2004/255818 A1 (PAWLOSKI DAVID ROY [US]) 23. Dezember 2004 (2004-12-23) * Absätze [0003], [0009], [0010], [0013], [0024], [0034], [0038], [0039]; Ansprüche; Tabellen 1,2 *	1-8,14, 15	INV. C10M173/02 C10M103/06
X	GB 739 313 A (PYRENE CO LTD) 26. Oktober 1955 (1955-10-26) * das ganze Dokument *	1-8,15	
X	US 4 168 241 A (KOZIMA TAKASHI ET AL) 18. September 1979 (1979-09-18) * Spalte 1, Zeilen 5-10; Ansprüche 33-43; Tabellen 1,2 *	1-7,12, 13	
Y		1-15	
Y	US 6 194 357 B1 (MURATA MOTOHARU [JP] ET AL) 27. Februar 2001 (2001-02-27) * Spalte 3, Zeilen 52-67; Ansprüche 5-11 *	1-15	
X	DATABASE WPI Week 198633 Thomson Scientific, London, GB; AN 1986-217980 XP002736455, & SU 1 204 283 A (BOLYCHEV V S) 15. Januar 1986 (1986-01-15) * Zusammenfassung *	1-5,7,8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C10M C10N
A	GB 166 949 A (RUSTPROOFING SYNDICATE LTD; THEODORE FRANK NEWMAN) 21. Juli 1921 (1921-07-21) * das ganze Dokument *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 26. Februar 2015	Prüfer Kazemi, Pirjo
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 14 18 4415

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
 Patentedokumente 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.

26-02-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2004255818 A1	23-12-2004	US 2004255818 A1 WO 2005001148 A2	23-12-2004 06-01-2005
GB 739313 A	26-10-1955	BE 525946 A CH 321118 A DE 1113123 B GB 739313 A NL 95016 C NL 181940 B	26-02-2015 30-04-1957 24-08-1961 26-10-1955 26-02-2015 26-02-2015
US 4168241 A	18-09-1979	KEINE	
US 6194357 B1	27-02-2001	KEINE	
SU 1204283 A	15-01-1986	-----	
GB 166949 A	21-07-1921	KEINE	

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 Patentedokumente

- DE 10115696 A1 [0011]
- DE 102008016348 A1 [0012]
- DE 10007625 A1 [0013]
- DE 69906555 T1 [0014]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Fertigungsverfahren. **N PROF. DR.-ING. FRITZ KLOCKE ; PROF. EM. DR.** Ing. Dr. h.c. mult. Wilfried König. Springer-Verlag, 2006, vol. 4 [0010]
- **FRITZ KLOCKE ; WILFRIED KÖNIG.** Fertigungsverfahren 4. Springer-Verlag, 2006, vol. 4 [0040]