

(19)



(11)

EP 3 541 966 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.12.2020 Patentblatt 2020/53

(51) Int Cl.:
C21D 9/00 (2006.01) B21D 53/88 (2006.01)
C22C 38/12 (2006.01) C22C 38/14 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17818037.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2017/100969

(22) Anmeldetag: **15.11.2017**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2018/091038 (24.05.2018 Gazette 2018/21)

(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON FAHRWERKSTEILEN AUS MIKROLEGIERTEM STAHL MIT VERBESSERTER KALTUMFORMBARKEIT

METHOD FOR PRODUCING CHASSIS PARTS FROM MICRO-ALLOYED STEEL WITH IMPROVED COLD WORKABILITY

PROCÉDÉ DE FABRICATION DE COMPOSANTS DE CHÂSSIS EN ACIER MICRO-ALLIÉ À FORMABILITÉ À FROID AMÉLIORÉE

(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**

- **MÜTZE, Stefan**
31228 Peine (DE)
- **PELZ, Christian**
38302 Wolfenbüttel (DE)

(30) Priorität: **15.11.2016 DE 102016121902**

(74) Vertreter: **Meissner, Peter E.**
Meissner & Meissner
Patentanwaltsbüro
Hohenzollerndamm 89
14199 Berlin (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.09.2019 Patentblatt 2019/39

(73) Patentinhaber: **Salzgitter Flachstahl GmbH**
38239 Salzgitter (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1-102012 002 079 DE-A1-102014 016 614

(72) Erfinder:

- **DENKS, Ingwer**
38302 Wolfenbüttel (DE)

EP 3 541 966 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 Verfahren zur Herstellung von Fahrwerksbauteilen aus mikrolegiertem Stahl mit verbesserter Kaltumformbarkeit, hergestellt aus kaltumgeformten Platinen gemäß Patentanspruch 1, wobei die Platinen eine verbesserte Kaltumformbarkeit kaltverfestigter, mechanisch getrennter Kantenbesitzen. Fahrwerksbauteile können zum Beispiel Achsträger, Querlenker, Mehrlenkerhinterachsen, Verbundlenkerachsen, Vorderachse, Lenker sowie Längs- und Quertraversen sein.

[0002] Die Herstellung von Fahrwerksbauteilen durch Kaltumformen ist zum Beispiel aus der Offenlegungsschrift DE 10 2008 060 161 A1 bekannt. Offenbart wird ein Verfahren zur Herstellung einer Fahrwerkskomponente mit erhöhter Dauerfestigkeit. Für die Kaltumformung wird ein Werkstoff eingesetzt, bestehend aus (in Gewichtsprozent): Kohlenstoff (C): 0,22% bis 0,25%, Silizium (Si): 0,20% bis 0,30%, Mangan (Mn): 1,20% bis 1,40%, Phosphor (P): maximal 0,020%, Schwefel (S): maximal 0,010%, Aluminium (Al): 0,020% bis 0,060%, Bor (B): 0,0020% bis 0,0035%, Chrom (Cr): 0,10% bis 0,20%, Titan (Ti): 0,020% bis 0,050%, Molybdän (Mo): maximal 0,35%, Kupfer (Cu): maximal 0,10%, Nickel (Ni): maximal 0,30%, Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen. Zur Erhöhung der Dauerfestigkeit des Bauteils wird das Halbzeug einer Nitrierbehandlung unterzogen. Die Kaltumformbarkeit kaltverfestigter, mechanisch getrennter Blechkanten wird nicht thematisiert.

[0003] Üblicherweise wird zur Herstellung eines Fahrwerksbauteils zunächst eine Blechplatine, vornehmlich aus Warmband bei Raumtemperatur auf Maß geschnitten. Als Schneidverfahren kommen zumeist mechanische Trennverfahren, wie z.B. das Abscheren oder Stanzen, seltener aber auch thermische Trennverfahren, wie z.B. das Laserschneiden, zur Anwendung. Thermische Trennverfahren sind deutlich kostenintensiver im Vergleich zu mechanischen Trennverfahren, so dass diese nur in Ausnahmefällen eingesetzt werden.

[0004] Nach dem Zuschneiden wird die zugeschnittene Platine in ein Umformwerkzeug gelegt und in ein- oder mehrstufigen Umformschritten zu einem fertigen Fahrwerksbauteil umgeformt.

[0005] Vor der Kaltumformung werden diverse weitere Fertigungsschritte, wie z.B. Stanz- und Schneidoperationen an der Platine und das Anbringen von Lochungen zur Gewichtsreduzierung oder Durchführungen von Leitungen etc. durchgeführt, und es werden fallweise während der Umformung kombinierte Umstell- oder Aufweitoperationen an den gelochten Abschnitten vorgenommen.

[0006] Bei der Kaltumformung werden die Schnittkanten, insbesondere wenn sie auf- bzw. hochgestellt werden, z.B. bei Kragenoperationen in gelochten Platinen, besonders belastet. An den Schnittkanten können diverse Vorschädigungen vorliegen. Zum einen bedingt durch eine Kaltverfestigung des Werkstoffs, hervorgerufen

durch das mechanische Trennen, das eine totale Umformung bis zur Materialtrennung darstellt. Zum anderen kann eine Kerbwirkung auftreten, welche durch die Topographie der Schnittfläche entsteht.

[0007] Gerade bei hoch- und höchstfesten Blechwerkstoffen tritt daher abhängig von der konkreten Legierungszusammensetzung und dem Gefüge bei der anschließenden Umformung eine erhöhte Risswahrscheinlichkeit in den Randbereichen dieser Schnittkanten auf.

[0008] Die genannten Vorschädigungen an den Blechkanten können zum vorzeitigen Versagen bei nachfolgenden Umformoperationen bzw. im Fahrbetrieb führen. Die Prüfung des Umformverhaltens geschnittener Blechkanten im Hinblick auf deren Kantenrissempfindlichkeit wird mit einem Lochaufweitversuch nach ISO 16630 durchgeführt. Beim Lochaufweitversuch wird in das Blech durch Scherschneiden ein kreisrundes Loch eingebracht, das dann durch einen konischen Stempel aufgeweitet wird. Die Messgröße ist die auf den Ausgangsdurchmesser bezogene Änderung des Lochdurchmessers, bei der am Rand des Lochs der erste Riss durch das Blech auftritt.

[0009] Um die vorab beschriebene Kantenrissempfindlichkeit bei der Kaltumformung von schergeschnittenen oder gestanzten Blechkanten zu minimieren, sind z.B. Ansätze zur Veränderung der Legierungszusammensetzung und Werkstoffprozessierung (z.B. gezieltes Einstellen von bainitischen Gefügen) oder der Verfahrenstechnik beim Kaltbeschnitt der Platine (z.B. über Modifikationen von Schneidspalt, Geschwindigkeit, Mehrfachbeschnitt etc.) bekannt.

[0010] Diese Maßnahmen sind entweder teuer und aufwändig (z.B. mehrstufige Schneidoperationen, Instandhaltung von 3-D Schnitten etc.), oder sie liefern noch keine optimalen Ergebnisse.

[0011] Aus der Offenlegungsschrift DE 10 2012 002 079 A1 ist ein höchstfester mikrolegierter Mehrphasenstahl für ein kalt- oder warmgewalztes Stahlband mit hoher Kantenrissbeständigkeit bekannt.

[0012] Des Weiteren ist es aus der Offenlegungsschrift DE 10 2009 049 155 A1 bekannt, zumindest den Bereich der Schnittkante auf eine definierte Temperatur zu erwärmen und das Schneiden bei dieser Temperatur durchzuführen, um die Umformbarkeit der geschnittenen Kanten zu verbessern und so die Kaltverfestigung im Bereich der Schnittkante zu reduzieren oder zu vermeiden. Nachteilig sind hierbei der zur Erwärmung des Bleches notwendige hohe technische und wirtschaftliche Aufwand einerseits und andererseits die für die Zwangskopplung von Erwärmung der Platine und unmittelbar nachfolgendem Schneiden, die die Produktion unflexibler machen.

[0013] Aus der Offenlegungsschrift DE 10 2011 121 904 A1 ist es zudem bekannt, ein schergeschnittenes Blech kalt umzuformen und vor weiteren Umformvorgängen die kaltverfestigten Bereiche lokal mittels eines Lasers zu erwärmen mit dem Ziel einer partiellen Entfestigung. Nachteilig ist hierbei insbesondere die lokale Ent-

festigung, die hinsichtlich des eingesetzten oft hoch- und höchstfesten Materials insbesondere bei Belastungssituationen und unter schwingender Beanspruchung eine Ungänze darstellt. Darüber hinaus ist unklar, wo genau die Erwärmung stattfinden und wie die lokale Erwärmung mit Temperatur und Zeitverlauf konkret erfolgen soll. Des Weiteren ist unklar, wie und in welchem Maße durch die partielle Entfestigung das Umformvermögen des bereits kaltumgeformten Bleches verbessert werden kann.

[0014] Aus der Offenlegungsschrift DE 10 2014 016 614 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines kaltumgeformten Bauteils aus einer bei Raumtemperatur scher- geschnittenen Blechplatte mit fallweise diversen weiteren bei Raumtemperatur durchgeführten Fertigungs- schritten, wie z.B. Lochstanz- oder Schneidoperationen- bekannt, bei dem die bei den Schneid- oder Stanzope- rationen kalt verfestigten Blechkantenbereiche, welche eine anschließende Kaltumformung bei der Herstellung des Bauteils erfahren, auf eine Temperatur von mindes- tens 600°C erwärmt werden und die Zeit der Tempera- turbeaufschlagung weniger als 10 Sekunden beträgt. Hierdurch soll die Kaltumformbarkeit dieser kaltverfes- tigten Blechkanten deutlich verbessert werden. Anwen- dung findet dieses Verfahren u.A. bei mikrolegierten Stählen. Es finden sich jedoch keinerlei Hinweise auf eine konkrete Legierungszusammensetzung der dort of- fenbarten Stähle und die Auswirkung der Wärmebehand- lung auf das entstehende Gefüge.

[0015] Derzeitiger Stand der Technik ist daher eine aufwändige Nacharbeit der hochgestellten Kanten. Ein sehr hoher Ausschuss in der Produktion bei unterschied- lichen Verarbeitern ist üblich. Die Darstellung komplexer Bauteilgeometrien ist zudem mit dem aus der Offenle- gungsschrift DE 10 2008 060 161 A1 bekannten Werk- stoff nicht möglich, und damit ist die konstruktive Gestal- tungsfreiheit eingeschränkt.

[0016] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung von Fahrwerksbauteilen aus mikrolegiertem Stahl, hergestellt aus kalt umgeformten Platinen, anzugeben, welche eine verbesserte Umform- barkeit kaltverfestigter, mechanisch getrennter Blech- kanten besitzen.

[0017] Nach der Lehre der Erfindung wird diese Auf- gabe durch ein Verfahren mit folgenden Schritten gelöst:

- Bereitstellen eines Warmbandes oder eines Warm- bandblechs, aufweisend folgende Legierungszu- sammensetzung in Gewichts.-%: C: 0,04 bis 0,12, Si: max. 0,7, Mn: 1,0 bis 2,2, P: max.0,02, S: max. 0,002, N: max. 0,03, V: 0,005 bis 0,5, Nb: 0,005 bis 0,1, Ti: 0,005 bis 0,2, (V+Nb+Ti: min. 0,05max. 0,4) sowie eines oder mehrere der Elemente aus der Summe von Cu+Cr+ Ni: max. 1 (mind. 0,0) mit Cr: max. 0,9, Ni: max. 0,5, Cu: max. 0,5, sowie optional Mo: max. 0,5, Rest Eisen und erschmelzungsbe- dingte Verunreinigungen,
- Zuschneiden einer Platine bei Raumtemperatur so- wie optionaler Durchführung weiterer Stanz- oder

Schneidoperationen, zur Erzielung von Aussparun- gen, Löchern oder Durchbrüchen an der Platine bei Raumtemperatur

- Erwärmen ausschließlich der durch die Schneid- oder Stanzoperationen kalt verfestigten Blechkantenbereiche der Platine auf eine Temperatur von mindestens 700°C mit einer Haltezeit von höchstens 10 Sekunden und anschließender Abkühlung an Luft
- Kaltumformen der Platine in einem oder mehreren Schritten zu einem Fahrwerksbauteil bei Raumtemperatur.

[0018] Auf Grund der geringeren Herstellungskosten wird Warmband gegenüber Kaltband in vielen Anwen- dungsfällen bevorzugt.

[0019] Der Vorteil von erfindungsgemäß mikrolegier- tem Warmband mit dem genannten Zusammenset- zungsbereich besteht darin, dass in Kombination mit der erfindungsgemäßen Wärmebehandlung im Übergangs- bereich zum Grundwerkstoff ein besonders günstiges Gefüge ausgebildet wird. Dieser Übergangsbereich ist auch als Wärmeeinflusszone bekannt. Insbesondere zu nennen ist der geringe Härteunterschiede in den zu er- wartenden Gefügebestandteilen und ein vergleichswei- se geringer Härteabfall im Übergangsbereich gegen- über dem Grundwerkstoff. Dieser Bereich ist hinsichtlich der Rissausbildung beim Kragenziehen besonders ge- fährdet. Der Grund ist, dass hohe Spannungen bei der Formung des Kragens vorliegen, gleichzeitig aber im Ge- gensatz zur Kante und zum Grundwerkstoff, das Gefüge zur Inhomogenität neigt und daher gegenüber Rissaus- breitung einen vergleichsweise geringen Widerstand aufweist. Bezüglich der Inhomogenität ist insbesondere die Ausbildung von hohen Härteunterschieden zwischen den Phasenbestandteilen hinsichtlich des Risswider- standes ungünstig. Bei mikrolegierten Stählen mit oben genannter Zusammensetzung werden die Härteunter- schiede zwischen den Phasenbestandteilen insbeson- dere durch die genannte Zugabe von Mikrolegierungse- lementen verringert und so insgesamt der Kantenrisswi- derstand erhöht. Die Verringerung der Härteunterschie- de zwischen den Gefügebestandteilen ist insbesondere auf die angegebenen Gehalten an Mikrolegierungsele- mente (V, Nb, Ti) zurückzuführen. Dabei besteht die Wir- kung der genannten Mikroelemente insbesondere darin, dass durch Ausscheidungsbildung die Härte des natür- licherweise vergleichsweise weichen Ferrits bedeutend zunimmt. Die Wirkung ist als Ausscheidungsverfestigung bekannt. Da die ebenfalls in dem Übergangsbereich zu erwartenden kohlenstoffreichen, harten Gefügebestand- teile (Bainit, Martensit) nicht in gleicher Weise durch Aus- scheidungsbildung in der Härte zunehmen, wird eine Ho- mogenität der Härteunterschiede erreicht.

[0020] Eine effektive Wirkung ist erst bei einem Sum- mengehalt von V+Nb+Ti: min. 0,05 zu erwarten. Auf- grund eines gewissen Sättigungsverhaltens und aus Kostengründen sind Gehalte über V+Nb+Ti = 0,4 nicht sinnvoll.

[0021] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird mindestens bis Ac1, vorzugsweise bis über Ac3 erwärmt. Vorteilhaft kann zur Verringerung der Behandlungsdauer üblicherweise zum Beispiel 100°C über AC3 erwärmt werden.

[0022] Hierbei erfolgt eine teilweise, vorzugsweise vollständige Umwandlung in Austenit, der durch die anschließende rasche Abkühlung in Martensit und/oder Bainit umwandelt. Das finale Gefüge im Randbereich der schergeschnittenen Kanten besteht also üblicherweise aus Martensit und/oder Bainit sowie geringe Anteile von angelassenem Grundgefüge. Der Anteil des angelassenen Grundgefüges nimmt mit zunehmendem Randabstand ab, während der Anteil des ursprünglichen Grundgefüges mit zunehmenden Randabstand zunimmt.

[0023] Der erfindungsgemäß behandelte Randbereich unterscheidet sich vom schergeschnittenen Zustand abgesehen von der Gefügeänderung darin, dass die Kaltverfestigung eliminiert ist. In der Summe ist das neugebildete Gefüge ohne Kaltverfestigung dem Gefüge im schergeschnittenen Zustand mit Kaltverfestigung hinsichtlich der Anrissstoleranz deutlich zu bevorzugen, obwohl tendenziell das neugebildete Gefüge eine etwas geringere Zähigkeit aufweisen kann.

[0024] Fahrwerksbauteile stellen ein Anwendungsbeispiel dar, bei dem hohe Anforderungen an die Umformbarkeit der flächigen Bauteilbereiche als auch der schergeschnittenen Kanten gestellt werden. Ein Optimum in der Umformbarkeit beider Bereiche kann bereits einen entscheidenden Vorteil in der Konstruktion neuer Bauteilgeometrien bedeuten.

[0025] Bei der Umformung flächiger Bauteilbereiche lässt sich die kritische Umformbarkeit mit Hilfe des Grenzformänderungsdiagramms darstellen. Ein Optimum wird erreicht, wenn die Grenzformänderungskurve ein möglichst hohes Niveau erreicht. Die Rissanfälligkeit der schergeschnittenen Kanten wird hingegen nicht durch die Lage der Grenzformänderungskurve wiedergegeben. Empirisch belegt ist, dass häufig ein hohes Niveau der Grenzformänderungskurve mit einer hohen Rissanfälligkeit der schergeschnittenen Kante einhergeht.

[0026] Ein Optimum in der Umformbarkeit beider Bereiche lässt sich daher nur durch Kombination des erfindungsgemäßen Verfahrens mit dem erfindungsgemäßen Werkstoff erreichen, der ein hohes Niveau der Grenzformänderungskurve aufweist.

[0027] Erfindungsgemäß hergestellte Fahrwerksbauteile weisen den Vorteil auf, dass die vorliegende Legierungszusammensetzung des Werkstoffs eine hohe Zugfestigkeit von bis zu 1100 MPa aufweist.

[0028] Zudem weist der Stahl vorteilhaft eine besonders hohe Kaltverfestigung auf, was sich positiv auf die mechanischen Eigenschaften des fertig geformten Fahrwerksbauteils niederschlägt.

[0029] In Kombination mit der Legierungszusammensetzung und mit dem erfindungsgemäßen wärmebehandelten Gefüge werden Schnitt- und/oder Stanzkanten so-

wie Blechkanten erzeugt, die ein besonders hohes Umformvermögen beim Lochaufweitversuch ohne Rissbildung an den Blechkanten aufweisen.

[0030] Die vorgeschlagene Behandlung von schergeschnittenen Kanten von Platinenbereichen, die während der Formung zu einem Fahrwerksbauteil eine erhebliche Kaltverformung erfahren, führt zu einer ausgeprägten Reduzierung der Rissbildung im Fertigungsprozess.

[0031] Versuche haben gezeigt, dass es zur Verbesserung des Lochaufweitvermögens nicht notwendig ist, den Schneidprozess selbst bei erhöhter Temperatur der Schnittkantenbereiche durchzuführen, sondern dass es ausreichend ist, nur die kaltverfestigten, scherbeflussten Schnittkantenbereiche in einem unerwartet kurzen Zeitintervall im Bereich von weniger als 10 Sekunden, in der Regel aber zwischen 0,1 und 2,0 Sekunden, auf eine Temperatur von mindestens 700°C aufzuheizen. Erfindungsgemäß kann dies losgelöst vom Schneid- oder Stanzprozess und den nachfolgenden Fertigungsschritten zu einem beliebigen Zeitpunkt vor der Umformung zu einem Bauteil geschehen.

[0032] Die Wärmeeinwirkung erfolgt dabei über die gesamte Blechdicke und in Ebenenrichtung der Platine in einem Bereich, der höchstens der Blechdicke entspricht. Die Dauer der Wärmeeinwirkung richtet sich dabei nach der Art des Wärmebehandlungsverfahrens.

[0033] Die Erwärmung selbst kann auf beliebige Weise zum Beispiel konduktiv, induktiv über Strahlungserwärmung oder mittels Laserbearbeitung erfolgen. Hervorragend geeignet für die Wärmebehandlung ist die konduktive Erwärmung, wie sie zum Beispiel in der Automobilfertigung vielfach am Beispiel von Punktschweißungen angewendet wird. Vorteilhaft eignet sich zum Beispiel eine Punktschweißmaschine mit eher kurzen Einwirkzeiten zur Behandlung von gestanzten Löchern in der Platine, wohingegen bei zu behandelnden längeren Kantenabschnitten das induktive Verfahren, Strahlungserwärmung oder Laserbearbeitung mit längeren Einwirkzeiten in Frage kommt.

[0034] Zum Schutz der erwärmten Schnittkantenbereiche vor Oxidation sieht eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung vor, diese Bereiche mit Inertgasen, zum Beispiel Argon, zu spülen. Die Inertgasspülung erfolgt dabei während der Dauer der Wärmebehandlung, kann aber auch, falls es notwendig erscheint, zusätzlich schon kurz vor Beginn und/oder in einem begrenzten Zeitraum noch nach Durchführung der Wärmebehandlung erfolgen.

[0035] Somit erfolgt die Wärmeeinbringung nur sehr konzentriert in den scherbeflussten Schnittkantenbereichen und ist daher mit einem vergleichsweise geringem Energieaufwand verbunden, insbesondere hinsichtlich Verfahren, bei denen die gesamte Platine einer Erwärmung zugeführt wird oder eine um Größenordnungen zeitlich aufwendigere Spannungsarmglühung Anwendung findet.

[0036] Das Prozessfenster für die zu erreichende Temperatur im Schnittkantenbereich ist zudem sehr groß

und umfasst einen Temperaturbereich von 700°C bis hin zur Solidustemperatur von ca. 1500°C.

[0037] Die Versuche haben außerdem gezeigt, dass allein die Eliminierung der Kaltverfestigung entscheidend für eine deutliche Verbesserung des Lochaufweitvermögens ist und die nicht ausheilbaren Ungängen, wie z.B. Poren, einer untergeordneten Bedeutung zukommen. Dies ist unabhängig davon, ob die Wärmebehandlung unterhalb oder oberhalb der Umwandlungstemperatur Ac1 stattfindet.

[0038] Wird die Wärmebehandlung oberhalb von Ac1 durchgeführt, kommt es nach Behandlung im Zuge einer raschen Abkühlung aufgrund des umgebenden kalten Materials bei umwandlungsfähigen Stählen zu einer Umwandlung in sogenannte metastabile Phasen. Das daraufhin einstellende Gefüge wird sich vom Ausgangszustand hinsichtlich einer erhöhten Festigkeit unterscheiden.

[0039] Eine Gefügeumwandlung mit einer damit in aller Regel einhergehenden Härte- und Festigkeitssteigerung hat überraschenderweise keinen negativen Einfluss auf das Lochaufweitvermögen, unabhängig davon, ob ein im Vergleich zum Ausgangsgefüge härteres und weniger zähes Gefüge eingestellt wird, so dass auch Behandlungstemperaturen der Schnittkanten bis hin zur Solidusgrenze möglich sind. Entscheidend bleibt in jedem Falle, dass die durch das Schneiden eingebrachte Kaltverfestigung weitestgehend eliminiert wird.

[0040] Um die erfindungsgemäßen Ziele zu erreichen, reicht es nach den vorliegenden Untersuchungen nicht aus, eine Erwärmung unterhalb 700°C für die Dauer einiger Sekunden durchzuführen, da eine deutliche Reduzierung der durch den mechanischen Trennvorgang eingebrachten Versetzungen erfolgen muss.

[0041] Die erfindungsgemäße Erwärmung der Schnittkanten vor der Kaltumformung der Platine hat gegenüber den bekannten Maßnahmen zur Verminderung der Kantenrissempfindlichkeit den Vorteil, dass durch die Wärmebehandlung nur der scherbeeinflussten Kantenbereiche mikrostrukturell verändert und die Festigkeit dabei in der Regel nicht verringert, sondern erhöht wird. Die Unempfindlichkeit gegenüber Kantenrissen im Sinne eines größeren Lochaufweitvermögens kann damit um den Faktor 2 bis Faktor 5 verbessert werden.

[0042] Bei der industriellen Anwendung der Schnittkantenerwärmung an erfindungsgemäßen mikrolegierten Stählen für Fahrwerksbauteile kann aufgrund der deutlich erhöhten Umformbarkeit der kritischen scherbeeinflussten Blechkantenbereiche einerseits der Ausschuss deutlich gesenkt werden und andererseits können bislang notwendige Fügeoperationen zum Beispiel durch jetzt durchführbare Kragenoperationen bei der Ausbildung z.B. von Lagerstellen eingespart werden.

[0043] Die erfindungsgemäßen Verfahrensschritte zur Herstellung von Fahrwerksbauteilen in Kombination mit der Legierungszusammensetzung und dem Gefüge des mikrolegierten Stahls erlaubt durch das verbesserte Umformvermögen der Schnittkantenbereiche komplexere

Bauteilgeometrien und somit eine größere konstruktive Freiheit bei Verwendung derselben Werkstoffe. Zudem wird die Dauerfestigkeit des kalt umgeformten Bauteils erwartungsgemäß aufgrund des sich einstellenden, zwar möglicherweise im Vergleich zum Ausgangszustand härteren aber homogenen Gefüges nicht verringert, sondern vorteilhaft erhöht.

[0044] Die Wärmebehandlung der kalt umzuformenden Schnittkantenbereiche kann vollständig zu einem beliebigen Zeitpunkt nach den Schneid- oder Stanzprozessen und vor der Umformung der Platine oder als Zwischenschritt bei mehrstufigen Umformoperationen der Platine zur Herstellung von Fahrwerksbauteilen durchgeführt werden, so dass die Prozessschritte Schneiden bzw. Stanzen der Platine, Wärmebehandlung der Schnittkanten und Umformung der Platine voneinander vollständig entkoppelt sind. Somit wird die Fertigung deutlich flexibler, als es nach dem Stand der Technik bei Integration einer Kantenmodifikation durch Wärmebehandlung möglich ist.

[0045] Aufgrund der im Vergleich zu bekannten Maßnahmen kurzen Behandlungsdauer kann das Verfahren in einer Serienfertigung, die eine Taktung im Bereich von 0,1 bis 10 Sekunden vorgibt, als Zwischenfertigungsschritt integriert werden. Insbesondere die Fertigung von Blechkomponenten im Automobilbereich in mehreren aufeinander folgenden Schritten stellt somit einen prädestinierten Anwendungsbereich dar.

[0046] Die Umformung der so vorbereiteten Platine kann zudem vorteilhaft mit den bereits in der Produktion vorhandenen Umformwerkzeugen durchgeführt werden, da keine zusätzlichen Erwärmungseinrichtungen, wie z.B. Öfen, zum Aufheizen der Platine selbst notwendig sind. Dies ermöglicht eine weiterhin kostengünstige Fertigung und durch die Entkopplung der Fertigungsschritte eine hohe Flexibilität im Produktionsablauf.

[0047] Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann die Erwärmung der Schnittkanten jedoch abhängig vom vorgesehenen Produktionsablauf, wenn dies vorteilhaft erscheint, auch unmittelbar nach den mechanischen Schneid- oder Stanzprozessen oder unmittelbar vor der Umformung zu einem Bauteil, in einem mit dem jeweiligen Fertigungsprozess kombinierten Arbeitsschritt erfolgen. Zum Beispiel können die Schneid- und Stanzeinrichtungen mit einer nachgeschalteten Wärmebehandlungsvorrichtung versehen sein oder diese kann der Umformeinrichtung zum Kaltumformen der Platine direkt vorgeschaltet sein.

[0048] Die Platine selbst kann vorteilhaft z.B. flexibel mit unterschiedlichen Dicken gewalzt sein oder aus Kalt- oder Warmband gleicher oder unterschiedlicher Dicke gefügt sein.

[0049] Die Erfindung ist vorteilhaft anwendbar für warm- oder kaltgewalzte Stahlbänder mit Zugfestigkeiten von 600 MPa bis 1100 MPa, die mit einer korrosionshemmenden Schicht als metallischem und/oder organischem Überzug versehen sein können. Der metallische Überzug kann zum Beispiel aus Zink oder einer Legie-

rung aus Zink oder aus Magnesium oder aus Aluminium und/oder Silizium bestehen.

[0050] Die Eignung von beschichteten Stahlbändern erklärt sich aus der Möglichkeit, die Behandlung des Kantenbereichs auf einen Abstand zur Kante zu beschränken, der vom Betrag geringer als die Blechdicke ist, da in diesem Bereich der überwiegende Anteil der schädlichen Kaltverfestigung beim Scherschneiden vorliegt. So kann bei Blechdicken von einigen Millimetern Dicke der Bereich bis zu einem Abstand zur Kante von einigen hundert Mikrometern bereits ausreichend sein, so dass beispielsweise der wirksame Korrosionsschutz einer metallischen korrosionshemmenden Schicht nicht oder nur unerheblich beeinflusst wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Fahrwerksbauteils aus mikrolegiertem Stahl, mit verbesserter Kaltumformbarkeit kaltverfestigter, mechanisch getrennter Blechkanten, mit folgenden Verfahrensschritten:

- Bereitstellen eines Warmbandes oder eines Warmbandblechs, aufweisend folgende Legierungszusammensetzung in Gewichts.-%: C: 0,04 bis 0,12, Si: max. 0,7, Mn: 1,4 bis 2,2, P: max. 0,2, S: max. 0,002, N: max. 0,03, V: 0,005 bis 0,5, Nb: 0,005 bis 0,1, Ti: 0,005 bis 0,2, mit $0,05 \leq V + Nb + Ti \leq 0,4$ sowie eines oder mehrere der Elemente aus der Summe von Cu+Cr+ Ni: max. 1, mit Cr: max. 0,9, Ni: max. 0,5, Cu: max. 0,5, sowie optional Mo: max. 0,5, Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen,
- Zuschneiden einer Platine bei Raumtemperatur sowie optionaler Durchführung weiterer Stanz- oder Schneidoperationen, zur Erzielung von Aussparungen, Löchern oder Durchbrüchen an der Platine bei Raumtemperatur
- Erwärmen ausschließlich der durch die Schneid- oder Stanzoperationen kalt verfestigten Blechkantenbereiche der Platine auf eine Temperatur von mindestens 700°C mit einer Haltezeit von höchstens 10 Sekunden und anschließender Abkühlung an Luft
- Kaltumformen der Platine in einem oder mehreren Schritten zu einem Fahrwerksbauteil bei Raumtemperatur.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zeit der Temperaturbeaufschlagung 0,02 bis 10 Sekunden beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** Zeit der Temperaturbeaufschlagung 0,1 bis 2

Sekunden beträgt

4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erwärmung der kaltverfestigten Blechkantenbereiche auf eine Temperatur von 700°C bis Solidustemperatur erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erwärmung der kaltverfestigten Blechkantenbereiche auf eine Temperatur von Ac1 bis Solidustemperatur erfolgt.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erwärmung auf Umformtemperatur induktiv, konduktiv, mittels Strahlungserwärmung oder mittels Laserstrahlung erfolgt.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erwärmung mittels einer Widerstandsschweißeinrichtung oder mittels eines Lasers erfolgt.
8. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platine in einem oder in mehreren Schritten umgeformt wird.
9. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Blechplatine einen organischen und/oder metallischen Überzug aufweist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der metallische Überzug Zn und/oder Mg und/oder Al und/oder Si enthält.
11. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmebehandlung in Ebenenrichtung der Platine, ausgehend von der Blechkante, in einem Bereich erfolgt, der maximal der Blechdicke entspricht.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bereich um die Stelle der Wärmebehandlung vor Oxidation geschützt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet,**

dass zum Schutz vor Oxidation der Bereich um die Stelle der Wärmebehandlungsmindestens während der Wärmeeinwirkung mittels eines Inertgases gespült wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** der Bereich um die Stelle der Wärmebehandlung zusätzlich vor und/oder nach der Wärmeeinwirkung mittels eines Inertgases gespült wird.

15. Verwendung eines Stahls bestehend aus folgender Legierungszusammensetzung in Gewichts-%:
C: 0,04 bis 0,12, Si: max. 0,7, Mn: 1,4 bis 2,2, P: max. 0,02, S: max. 0,002, N: max. 0,03, V: 0,005 bis 0,5, Nb: 0,005 bis 0,1, Ti: 0,005 bis 0,2, und $0,05 \leq V+Nb+Ti \leq 0,4$ sowie eines oder mehrere der Elemente aus der Summe von Cu+Cr+ Ni: max. 1 mit Cr: max. 0,9, Ni: max. 0,5, Cu: max.0,5, sowie optional Mo: max. 0,5, Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen, zur Herstellung eines Fahrwerksbauteils mittels Kaltumformung einer Platine, bei der die Platine vor der Umformung aus einem Band oder Blech bei Raumtemperatur mechanisch zugeschnitten wird und fallweise weitere Stanz- oder Schneidoperationen zur Erzielung von Aussparungen oder Durchbrüchen bei Raumtemperatur durchgeführt werden, bei der vor der Umformung zu einem Fahrwerksbauteil an den geschnittenen oder gestanzten Blechkanten, welche eine Kaltverfestigung erfahren haben, eine Wärmebehandlung von mindestens 700°C über eine Zeitdauer von höchstens 10 Sekunden durchgeführt wird.

16. Verwendung eines Stahls nach Anspruch 15 zur Herstellung von Achsträgern, Querlenkern, Mehrlenkerhinterachsen, Verbundlenkerachsen, Vorderachsen, Lenkern, Längs- und Quertraversen.

Claims

1. Method for the production of a running gear component from microalloyed steel, having improved cold formability of cold-hardened, mechanically separated sheet edges, having the following method steps:

- providing a hot strip or a hot strip sheet, having the following alloy composition in % by weight:
C: 0.04 to 0.12, Si: max. 0.7, Mn: 1.4 to 2.2, P: max. 0.2, S: max. 0.002, N: max. 0.03, V: 0.005 to 0.5, Nb: 0.005 to 0.1, Ti: 0.005 to 0.2, with $0.05 \leq V+Nb+Ti \leq 0.4$ and also one or more of the elements from the sum of Cu+Cr+Ni: max. 1, with Cr: max. 0.9, Ni: max. 0.5, Cu: max. 0.5, and also optionally Mo: max. 0.5, remainder iron and melting-caused impurities,
- cutting a plate to size at room temperature and

also optional implementation of further stamping or cutting operations, in order to obtain recesses, holes or openings on the plate at room temperature

- heating exclusively the sheet edge regions of the plate, cold-hardened by the cutting or stamping operations, to a temperature of at least 700°C with a retaining time of at most 10 seconds and subsequent cooling in air
- cold forming of the plate in one or more steps to form a running gear component at room temperature.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the time of the temperature application is 0.02 to 10 seconds.
3. Method according to claim 2, **characterised in that** the time of the temperature application is 0.1 to 2 seconds.
4. Method according to claims 1 to 3, **characterised in that** the heating of the cold-hardened sheet edge regions is effected to a temperature of 700°C to solidus temperature.
5. Method according to claim 4, **characterised in that** the heating of the cold-hardened sheet edge regions is effected to a temperature of Ac1 to solidus temperature.
6. Method according to claims 1 to 5, **characterised in that** the heating to forming temperature is effected inductively, conductively, by means of radiation heating or by means of laser radiation.
7. Method according to claim 6, **characterised in that** the heating is effected by means of a resistance welding device or by means of a laser.
8. Method according to at least one of the claims 1 to 7, **characterised in that** the plate is formed in one or in several steps.
9. Method according to at least one of the claims 1 to 8, **characterised in that** the sheet plate has an organic and/or metallic coating.
10. Method according to claim 9, **characterised in that** the metallic covering comprises Zn and/or Mg and/or

A1 and/or Si.

11. Method according to at least one of the claims 1 to 10,
characterised in that
the heat treatment is effected in the plane direction
of the plate, starting from the sheet edge, in a region
which corresponds at most to the sheet thickness. 5
12. Method according to one of the claims 1 to 11,
characterised in that
the region about the position of the heat treatment
is protected from oxidation. 10
13. Method according to one of the claims 1 to 12,
characterised in that
for protection from oxidation, the region about the
position of the heat treatment is scoured by means
of an inert gas at least during the heat effect. 15
14. Method according to claim 13,
characterised in that
the region about the position of the heat treatment
is scoured by means of an inert gas in addition before
and/or after the heat effect. 20
15. Use of a steel consisting of the following alloy composition in % by weight:
C: 0.04 to 0.12, Si: max. 0.7, Mn: 1.4 to 2.2, P: max.
0.2, S: max. 0.002, N: max. 0.03, V: 0.005 to 0.5,
Nb: 0.005 to 0.1, Ti: 0.005 to 0.2, and $0.05 \leq V+Nb+Ti \leq 0.4$ and also one or more of the elements from the
sum of Cu+Cr+Ni: max. 1, with Cr: max. 0.9, Ni: max.
0.5, Cu: max. 0.5, and also optionally Mo: max. 0.5,
remainder iron and melting-caused impurities, for
the production of a running gear component by cold
forming a plate, in which the plate is mechanically
cut to size, before the forming, from a strip or sheet
at room temperature, and occasionally further
stamping or cutting operations are implemented in
order to obtain recesses or openings at room temperature,
in which, before forming into a running gear component,
a heat treatment of at least 700°C over a time period of
at most 10 seconds is implemented on the cut or stamped
sheet edges which have undergone a cold hardening. 25 30 35 40 45
16. Use of a steel according to claim 15 for the production
of axial supports, suspension arms, multi-link rear
axles, twist beam axles, front axles, connecting rods,
longitudinal and transverse tie-bars. 50

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un composant de châssis
à partir d'un acier microallié, présentant une aptitude
améliorée au formage à froid à arêtes de tôle
écrouies et mécaniquement séparées, comportant 55

les étapes suivantes :

- fourniture d'un bande laminée à chaud ou
d'une tôle laminée à chaud, présentant la composition
d'alliage suivante, en % en poids : C :
0,04 à 0,12, Si : max. 0,7, Mn : 1,4 à 2,2, P :
max. 0,2, S : max. 0,002, N : max. 0,03, V : 0,005
à 0,5, Nb : 0,005 à 0,1, Ti : 0,005 à 0,2, avec
 $0,05 \leq V+Nb+Ti \leq 0,4$, ainsi qu'un ou plusieurs
des éléments correspondant à un total
Cu+Cr+Ni : max. 1, avec Cr : max. 0,9, Ni : max.
0,5, Cu : max. 0,5, et optionnellement Mo : max.
0,5, le reste étant constitué de fer et d'impuretés
dues à l'élaboration,
- cisailage d'un flan à la température ambiante,
et optionnellement mise en œuvre d'opérations
supplémentaires d'estampage ou de découpage
pour obtenir des évidements, des trous ou
des percées sur le flan à la température ambiante,
- chauffage exclusivement des zones des arêtes
de tôle du flan, écrouies par les opérations de
découpage ou d'estampage, à une température
d'au moins 700 °C, avec un temps de maintien
au plus de 10 secondes, suivi d'un refroidissement
à l'air,
- formage à froid du flan en une ou plusieurs
étapes, pour obtenir un composant de châssis
à la température ambiante.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce
que** la durée de l'application de la température est
de 0,02 à 10 secondes.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce
que** la durée de l'application de la température est
de 0,1 à 2 secondes.
4. Procédé selon les revendications 1 à 3, **caractérisé
en ce que** le chauffage des zones des arêtes de tôle
écrouies a lieu à une température allant de 700 °C
jusqu'à la température du solidus.
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce
que** le chauffage des zones des arêtes de tôle
écrouies a lieu à une température comprise entre
Ac1 et la température du solidus.
6. Procédé selon les revendications 1 à 5, **caractérisé
en ce que** le chauffage à la température de formage
a lieu par induction, par conduction, par chauffage
par rayonnement ou à l'aide d'un rayonnement laser.
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce
que** le chauffage a lieu à l'aide d'un dispositif de
soudage par résistance ou à l'aide d'un laser.
8. Procédé selon au moins l'une des revendications 1

à 7, **caractérisé en ce que** le flan est formé en une ou plusieurs étapes.

d'essieux à bras composite, d'essieux avant, de bras oscillants, de longerons et de traverses.

9. Procédé selon au moins l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le flan de tôle présente un revêtement organique et/ou métallique. 5
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le revêtement métallique contient du Zn et/ou du Mg et/ou de l'Al et/ou du Si. 10
11. Procédé selon au moins l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** le traitement thermique a lieu dans la direction du plan du flan, en partant de l'arête de tôle, dans une zone qui correspond au maximum à l'épaisseur de la tôle. 15
12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** la zone autour du point de traitement thermique est protégée contre l'oxydation. 20
13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que**, pour être protégée de l'oxydation, la zone est, autour du point du traitement thermique, balayée par un gaz inerte au moins pendant l'action de la chaleur. 25
14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** la zone autour du point de traitement thermique est en outre balayée par un gaz inerte avant et/ou après l'action de la chaleur. 30
15. Utilisation d'un acier constitué de la composition d'alliage suivante, en % en poids : C : 0,04 à 0,12, Si : max. 0,7, Mn : 1,4 à 2,2, P : max. 0,2, S : max. 0,002, N : max. 0,03, V : 0,005 à 0,5, Nb : 0,005 à 0,1, Ti : 0,005 à 0,2, avec $0,05 \leq V + Nb + Ti \leq 0,4$, ainsi qu'un ou plusieurs des éléments correspondant au total Cu+Cr+Ni : max. 1, avec Cr : max. 0,9, Ni : max. 0,5, Cu : max. 0,5, et optionnellement Mo : max. 0,5, le reste étant constitué de fer et d'impuretés dues à l'élaboration, pour la fabrication d'un composant de châssis par formage à froid d'un flan, utilisation dans laquelle le flan, avant le formage, est mécaniquement cisailé à partir d'une bande ou d'une tôle, et optionnellement des opérations supplémentaires d'estampage ou de découpage sont mises en œuvre pour obtenir des évidements, des trous ou des percées sur le flan à la température ambiante, et, avant le formage conduisant à un composant de châssis, on met en œuvre un traitement thermique, à au moins 700 °C sur une durée d'au plus 10 secondes, des arêtes de tôle découpées ou estampées qui ont subi un écrouissage, 35
40
45
50
55
16. Utilisation d'un acier selon la revendication 15 pour la fabrication de supports d'essieux, de bras oscillants transversaux, d'essieux arrière multibras,

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 102008060161 A1 **[0002]** **[0015]**
- DE 102012002079 A1 **[0011]**
- DE 102009049155 A1 **[0012]**
- DE 102011121904 A1 **[0013]**
- DE 102014016614 A1 **[0014]**