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

(11) **EP 3 004 401 B1**

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
31.05.2017 Patentblatt 2017/22

(21) Anmeldenummer: **14731900.8**

(22) Anmeldetag: **30.04.2014**

(51) Int Cl.:
C21D 7/13 *(2006.01)* ***C21D 8/02*** *(2006.01)*
C21D 8/10 *(2006.01)* ***C21D 9/08*** *(2006.01)*
C21D 9/46 *(2006.01)* ***C22C 38/00*** *(2006.01)*
C22C 38/12 *(2006.01)* ***C22C 38/14*** *(2006.01)*
C23C 2/06 *(2006.01)* ***C23C 2/12*** *(2006.01)*
C22C 38/02 *(2006.01)* ***C22C 38/04*** *(2006.01)*
C22C 38/06 *(2006.01)* ***C22C 38/08*** *(2006.01)*
C22C 38/16 *(2006.01)* ***C21D 1/673*** *(2006.01)*
C21D 1/34 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2014/000233

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/190957 (04.12.2014 Gazette 2014/49)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES BAUTEILS DURCH WARMUMFORMEN EINES VORPRODUKTES AUS STAHL**

METHOD FOR PRODUCING A COMPONENT BY HOT FORMING A PRE-PRODUCT MADE OF STEEL

PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE PIÈCE STRUCTURALE PAR FORMAGE À CHAUD D'UN PRODUIT SEMI-FINI EN ACIER

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **28.05.2013 DE 102013009232**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.04.2016 Patentblatt 2016/15

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

(72) Erfinder:
- **MÜTZE, Stefan**
  31228 Peine (DE)
- **BRAUN, Michael**
  38165 Lehre (DE)
- **MAIKRANZ-VALENTIN, Manuel**
  34225 Baunatal (DE)

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

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2012/147963 **DE-A1-102011 108 162**
DE-C1- 4 318 931

- **LENZE F-J ET AL: "Herstellung von Karosseriebauteilen aus warmumgeformten h chfesten Stahlwerkstoffe", EFB TAGUNGSBAND, EUROPAEISCHE FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FUER BLECHVERARBEITUNG, DE, Bd. 25, 31. Dezember 2005 (2005-12-31), Seiten 53-61, XP009098694,**
- **Thk: "Anwendungsbereiche Complexphasen-Stähle CP-W", , 28. Februar 2013 (2013-02-28), XP055133691, Gefunden im Internet: URL:http://www.thyssenkrupp-steel-europe.com/tiny/qE0/download.pdf [gefunden am 2014-08-07]**

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).

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

(Forts. nächste Seite)

- **Domex ET AL: "Härtbare Stähle - Borstähle Warmgewalztes härtbares Stahlblech z.B. 22MnB5", , 11. Januar 2005 (2005-01-11), XP055133704, Gefunden im Internet: URL:http://www.ssab.com/Global/DOMEX/Datasheets/de/410_Domex%20H%c3%a4rtbare%20St%c3 %a4hle%20-%20Borst%c3%a4hle.pdf [gefunden am 2014-08-07]**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils durch Warmumformen eines Vorproduktes aus Stahl gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Als Vorprodukte werden nachfolgend z. B. Bleche vom Coil geschnitten oder als Platinenzuschnitt oder nahtlose bzw. geschweißte Rohre, die fallweise zusätzlich kaltgezogen sein können, verstanden.

[0002] Derartige Bauteile werden hauptsächlich in der Automobil- und Nutzfahrzeugindustrie verwendet, aber auch im Maschinenbau oder Bauwesen bieten sich Einsatzmöglichkeiten.

[0003] Der heiß umkämpfte Markt zwingt die Automobilhersteller ständig nach Lösungen zur Senkung ihres Flottenverbrauches unter Beibehaltung eines höchstmöglichen Komforts und Insassenschutzes zu suchen. Dabei spielt einerseits die Gewichtsersparnis aller Fahrzeugkomponenten eine entscheidende Rolle andererseits aber auch ein möglichst günstiges Verhalten der einzelnen Bauteile bei hoher statischer und dynamischer Beanspruchung im Betrieb wie auch im Crashfall.

[0004] Dieser Notwendigkeit versuchen die Vormateriallieferanten dadurch Rechnung zu tragen, dass durch die Bereitstellung hoch- und höchstfester Stähle die Wanddicken reduziert werden können bei gleichzeitig verbessertem Bauteilverhalten bei der Fertigung und im Betrieb.

[0005] Diese Stähle müssen daher vergleichsweise hohen Anforderungen hinsichtlich Festigkeit, Dehnfähigkeit, Zähigkeit, Energieaufnahme und Korrosionsbeständigkeit sowie ihrer Verarbeitbarkeit beispielsweise bei der Kaltumformung und beim Schweißen genügen.

[0006] Unter den vorgenannten Aspekten gewinnt die Herstellung von Bauteilen aus warmumformbaren Stählen zunehmend an Bedeutung, da diese bei geringerem Materialaufwand die gestiegenen Anforderungen an die Bauteileigenschaften ideal erfüllen. Die Herstellung von Bauteilen mittels Abschreckung von Vorprodukten aus presshärtbaren Stählen durch Warmumformen in einem Umformwerkzeug ist aus der DE 601 19 826 T2 bekannt. Hier wird eine zuvor oberhalb der Austenitisierungstemperatur auf 800 - 1200°C erwärmte und ggf. mit einem metallischen Überzug aus Zink oder auf Basis von Zink versehene Blechplatine in einem fallweise gekühlten Werkzeug durch Warmumformung zu einem Bauteil umgeformt, wobei während des Umformens durch schnellen Wärmeentzug das Blech bzw. Bauteil im Umformwerkzeug eine Abschreckhärtung (Presshärtung) erfährt und dadurch die geforderten Gefüge- und Festigkeitseigenschaften erreicht.

[0007] Der metallische Überzug wird als Korrosionsschutz üblicherweise im kontinuierlichen Schmelztauchverfahren auf ein Warm- oder Kaltband bzw. auf das daraus hergestellte Vorprodukt aufgebracht, z. B. als Feuerverzinkung oder Feueraluminierung.

[0008] Anschließend wird die Platine für das Umformwerkzeug der Warmumformung passend zugeschnitten. Möglich ist auch, das jeweils umzuformende Werkstück, bzw. den Zuschnitt, mit einem Schmelztauchüberzug zu versehen.

[0009] Das Aufbringen eines metallischen Überzugs auf das umzuformende Vorprodukt vor dem Warmumformen ist bei diesem Verfahren von Vorteil, weil durch den Überzug eine Verzunderung des Grundmaterials und durch eine zusätzliche Schmierwirkung übermäßiger Werkzeugverschleiß wirksam vermieden werden.

[0010] Bekannte warmumformbare Stähle für diesen Einsatzbereich sind z. B. der Mangan-Bor-Stahl "22MnB5" und neuerdings auch luftvergütbare Stähle gemäß der DE 10 2010 024 664 A1.

[0011] Um Bauteile mit sehr hohen Festigkeiten von mehr als 980 MPa bei noch ausreichend hoher Zähigkeit zu erreichen, ist es aus der EP 2 546 375 A1 bekannt, einen Stahl mit einem im Ausgangszustand ferritischen Gefüge mittels Pressformhärtung entsprechend umzuformen und durch eine stufenförmige Prozessführung ein Gefüge aus Bainit, angelassenem Martensit und Restaustenit am fertigen Bauteil einzustellen. Hierbei wird das umzuformende Blech zunächst auf eine Temperatur von 750 bis 1000°C erwärmt und auf dieser Temperatur 5 bis 1000 Sekunden gehalten, anschließend bei 350 bis 900°C umgeformt und auf 50 bis 350°C abgekühlt. Schließlich erfolgt eine Wiedererwärmung auf eine Temperatur von 350 bis 490°C, die in einem Zeitraum von 5 bis 1000 Sekunden gehalten wird. Das Gefüge am fertigen Bauteil besteht dabei aus 10 bis 85% Martensit, 5 bis 40% Restaustenit und mindestens 5% Bainit.

[0012] Die Herstellung eines Bauteils durch Warmumformen mittels Presshärtung weist jedoch mehrere Nachteile auf.

[0013] Zum Einen benötigt dieses Verfahren durch die Aufheizung des Vorproduktes auf Austenitisierungstemperatur sowie bei der Umwandlung von Ferrit in Austenit sehr viel Energie, was das Verfahren teuer macht und erhebliche Mengen CO_2 produziert.

[0014] Außerdem ist zur Vermeidung einer übermäßigen Verzunderung der Blechoberfläche wie oben beschrieben eine zusätzliche metallische Schutzschicht oder eine Schutzschicht auf Lackbasis erforderlich oder eine erhebliche Nacharbeit der durch Erwärmung und Umformung verzunderten Oberfläche.

[0015] Da die Umformung bei Temperaturen oberhalb der Ac_3-Temperatur in der Regel deutlich oberhalb 800°C erfolgt, werden zudem extrem hohe Anforderungen bezüglich der Temperaturstabilität an diese Schichten gestellt.

[0016] Ein weiterer Nachteil ist auch, dass zur Erlangung entsprechender Bauteilfestigkeiten nach der Presshärtung nur umwandlungsfähige Stähle mit einer ausreichenden Umwandlungsträgheit eingesetzt werden können, die entsprechend teure Legierungszusätze für die zu erreichende Gefügestruktur und Härte nach der Umformung aufweisen müssen.

[0017] Zusammengefasst ist festzustellen, dass das bekannte Verfahren zur Herstellung von Bauteilen aus Stahl durch Warmumformung oberhalb der Austenitisierungstemperatur aufgrund der erforderlichen großen Öfen verbunden mit langen Aufheizzeiten zu hohen Fertigungs- und Energiekosten und damit hohen Bauteilkosten führt.

[0018] Zur Verbesserung des Umformvermögens hochfester Stähle ist aus der DE 10 2004 028 236 B3 außerdem bekannt, Werkstücke anstatt durch Kaltumformung durch Warmumformung bei Temperaturen von 400 bis 700°C weiter zu einem Bauteil zu verarbeiten (Halbwarmumformung). Nachteilig ist hierbei, dass das umgeformte Bauteil im Gegensatz zu pressgehärteten Bauteilen durch die Erwärmung unterhalb der Umwandlungstemperatur eine Erweichung erfährt, die Festigkeit gegenüber dem Ausgangszustand also verringert wird.

[0019] Aus der DE 10 2011 108 162 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils durch Halbwarmumformen eines Vorproduktes aus Stahl unterhalb der Ac_1-Umwandlungstemperatur bekannt, bei dem eine Festigkeitssteigerung im Bauteil durch eine Kaltumformung des Vorproduktes vor der Erwärmung auf Umformtemperatur erreicht wird. Wahlweise kann eine zusätzliche Festigkeitssteigerung im Bauteil durch Verwendung höherfester Werkstoffe, wie bainitische, martensitische, mikrolegierte und Dual- oder Mehrphasenstähle erreicht werden. Nachteilig ist hierbei der zusätzliche Aufwand durch die notwendige Kaltumformung vor der Erwärmung auf Umformtemperatur. Dualphasenstähle weisen bei der Warmumformung zudem den Nachteil einer Empfindlichkeit gegen kantenrissinduziertes Versagen während der Umformung auf.

[0020] Hinweise auf konkret einzuhaltende Legierungszusammensetzungen oder Vorgaben für das Gefüge des Vorproduktes zur gezielten Einstellung der mechanischen Eigenschaften des Bauteils nach der Halbwarmumformung bei Einsatz höherfester Stähle werden nicht offenbart.

[0021] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils durch Warmumformung eines Vorproduktes aus Stahl bei Temperaturen unterhalb des A_{c1}-Umwandlungspunktes anzugeben, welches kostengünstig ist und mit dem vergleichbare oder verbesserte Eigenschaften des umgeformten Bauteils wie beim bekannten Warmumformen durch Presshärten erreicht werden. Insbesondere sollen Festigkeiten von mehr als 800 MPa bei Streckgrenzen von über 700 MPa und Bruchdehnungen A_{80} von mehr als 8% am fertigen Bauteil bei einem duktilen Versagensverhalten des Bauteils erreicht werden.

[0022] Nach der Lehre der Erfindung wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils durch Warmumformen eines Vorproduktes aus Stahl gelöst, bei dem das Vorprodukt auf Umformtemperatur erwärmt und anschließend umgeformt wird, wobei das Bauteil nach der Umformung eine bainitische Gefügestruktur mit einer Mindestzugfestigkeit von 800 MPa aufweist, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass die Erwärmung auf eine Temperatur unterhalb der A_{c1}-Umwandlungstemperatur erfolgt, wobei schon das Vorprodukt aus einem

[0023] Stahl mit einem Gefüge aus mindestens 70% Bainit besteht, und wobei das Vorprodukt folgende Legierungszusammensetzung in Gew.% aufweist:

C: 0,02 bis 0,3
Si: 0,01 bis 0,5
Mn: 1,0 bis 3,0
P: max. 0,02
S: max. 0,01
N: max. 0,01
Al: bis 0,1
Cu: bis 0,2
Cr: bis 3,0
Ni: bis 0,2
Mo: bis 0,2
Ti: bis 0,2
V: bis 0,2
Nb: bis 0,1
B: bis 0,01

[0024] Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen.

[0025] Das erfindungsgemäße Verfahren weist gegenüber dem aus der DE 601 19 826 T2 oder der EP 2 546 375 A1 bekannten Verfahren zur Herstellung eines Bauteils mittels Presshärtung den Vorteil auf, dass bei deutlich geringerem Energiebedarf für die Erwärmung durch den Einsatz eines schon im Ausgangszustand bainitischen Stahls ein Bauteil mit mechanischen Kennwerten bereitgestellt wird, die gleich oder sogar besser sind, als die mechanischen Eigenschaften im Ausgangszustand des Vorproduktes. Dadurch werden Energiekosten eingespart.

[0026] Gegenüber der DE 10 2011 108 162 A1 kann mit der erfindungsgemäßen Legierungszusammensetzung und einem Vorprodukt, welches im Ausgangszustand schon ein Gefüge mit mindestens 50% Bainit aufweist, auf den zusätzlichen Schritt einer Kaltverformung des Vorproduktes zur Festigkeitssteigerung verzichtet und die geforderten me-

chanischen Eigenschaften des Bauteils nach der Halbwarmumformung gezielt eingestellt werden.

[0027] Die Verwendung eines schon am Vorprodukt erzeugten bainitischen Stahls mit der angegebenen Legierungszusammensetzung ist von großem Vorteil, da schon der Ausgangswerkstoff eine hohe Zugfestigkeit und Dehnung aufweist, die auch nach der (umwandlungsfreien) Umformung erhalten bleiben oder sogar höher sind.

[0028] Der für das erfindungsgemäße Verfahren eingesetzte bainitische Stahl erhält sein Gefüge erfindungsgemäß über eine entsprechende Temperaturführung schon beim Herstellungsprozess des Vorproduktes. Bei Warmband kann die Gefügeeinstellung z. B. über thermomechanisches Walzen, bei Kaltband z. B. durch den Glühprozess nach dem Kaltwalzen oder bei der Feuerverzinkung erfolgen.

[0029] Eine wie bei anderen höherfesten Stählen bekannte "Erweichung" nach der Umformung konnte bei diesem bainitischen Stahl nicht beobachtet werden. Eine "Erweichung" geht oftmals einher mit einer Gefügeumwandlung und ist somit zeit- und temperaturkritisch. Der Einsatz des erfindungsgemäßen Vorproduktes aus mehrheitlich bainitischem Stahl ist dagegen weitgehend unempfindlich, so dass z. B. beabsichtigte oder unbeabsichtigte Zeitund Temperaturänderungen bei Erwärmung und Umformung keine Verschlechterungen der mechanischen Eigenschaften bewirken. Durch dieses vorteilhafte Werkstoffverhalten können auch anspruchsvolle mehrstufige Prozessschritte reproduzierbar durchgeführt werden.

[0030] Der besondere Vorteil der Verwendung dieses Legierungskonzeptes und der bainitischen Gefügestruktur besteht weiterhin in einer sehr feinen und homogenen Gefügestruktur mit mindestens 70% Bainit und nur geringen Anteilen an Ferrit, Restaustenit und Martensit. Notwendig zur Erreichung der geforderten mechanischen Eigenschaften ist es, dass das Gefüge mindestens 70% Bainit aufweist und die Anteile an Restaustenit + Martensit <10% sind und der Rest aus Ferrit besteht.

[0031] Besonders gleichmäßige und homogene Werkstoffeigenschaften können erreicht werden, wenn der bainitische Stahl des Vorproduktes folgende Legierungszusammensetzung in Gew. % aufweist:

C: 0,02 bis 0,11%
Si: 0,01 bis 0,5%
Mn: 1,0 bis 2,0%
P: max. 0,02%
S: max. 0,01%
N: max. 0,01%
Al_{min}: 0,015 bis 0,1%
B: max. 0,004%
Nb+V+Ti: max. 0,2%

[0032] In einer weiter verbesserten Ausgestaltung der Erfindung weist der Stahl des Vorproduktes folgende Legierungszusammensetzung in Gew.% auf:

C: 0,05 bis 0,11%
Si: 0,1 bis 0,5%
Mn: 1,0 bis 2,0%
P: max. 0,02%
S: max. 0,01%
N: 0,003 bis 0,01%
Al_{min}: 0,03 bis 0,1%
B: max. 0,004%
Mo: 0,04 bis 0,2
Ti: 0,04 bis 0,2
Nb+V+Ti: 0,1 bis 0,2%

[0033] Die Zugabe von Stickstoff von mindestens 0,003 bis 0,01 Gew.-% sorgt in Kombination mit Kohlenstoff und einem Mindestgehalt an Titan von 0,04 bis 0,2 Gew.-% durch die Bildung von Titancarbonitriden vorteilhaft für ein feinkörniges Gefüge mit hohen Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften. Durch die Zugabe von Molybdän in Gehalten von 0,04 bis 0,2 Gew.-% werden zudem die sich bildenden Ausscheidungen vorteilhaft sehr klein gehalten.

[0034] Vergleichsuntersuchungen wurden an Stählen mit den in Tabelle 1 abgegebenen Legierungszusammensetzungen durchgeführt. Die Ergebnisse für die mechanischen Eigenschaften vor und nach der Halbwarmumformung zeigt die Tabelle 2.

[0035] Untersucht wurden Bleche mit einer Dicke von 1,8 bis 2,25 mm die im Ofen bei einer Temperatur von 600°C für 3 Minuten aufgeheizt und im Anschluss zwischen zwei ebenen Werkzeugkomponenten in einer Umformpresse abgekühlt wurden.

[0036] Die untersuchten Werkstoffe sind in den Tabellen 1 und 2 mit den Buchstaben a, b, c, d, e und f bezeichnet. Die Legierungszusammensetzungen der Werkstoffe entsprechen der erfindungsgemäßen, wobei die Gefüge aber im Ausgangszustand unterschiedlich eingestellt waren. Stahl a wies im Ausgangszustand also vor der Erwärmung auf Umformtemperatur ein ferritisch-bainitisches Grundgefüge "FB", Stahl b ein bainitisches "B", Stahl c ein Mischgefüge aus Martensit, Bainit und Ferrit "MBF", wobei der Martensitanteil dominant ist. Die Stähle d und e wiesen ein ferritisches "F" und der Stahl f ein martensitisches Grundgefüge "M" auf. Bei den Stählen a und c lag der Bainitanteil im Gefüge unter 50% und bei Stahl b über 50%. Ersichtlich ist aus Tabelle 2, dass nur der Stahl b mit einem mehrheitlich bainitischen Ausgangsgefüge des Vorproduktes, die Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften mit einer Mindestzugfestigkeit von 800 MPa und einer Mindestbruchdehnung A80 von mehr als 8% nach der Halbwarmumformung erfüllt.

[0037] Typische Anwendungen zur Ausnutzung des hohen Festigkeitspotentials bei gleichzeitiger Gewichtseinsparung am Bauteil sind der Mobilkranbau, Längs- und Querträger in Lastwagen und Anhängern, Sicherheits- und Fahrwerksteile im Pkw und der Waggonbau.

[0038] Der erfindungsgemäße Stahl oder das daraus hergestellte Bauteil zeichnet sich durch eine sehr hohe Streckgrenze und Zugfestigkeit von über 800 MPa bei einer ausreichend hohen Dehnung aus. Aufgrund der chemischen Zusammensetzung ist zudem eine gute Schweißbarkeit gegeben.

[0039] Der vorab genannte Stahl kann weiterhin in bekannter Weise mit einer zunder- bzw. korrosions-hemmenden Schicht auf Lackbasis oder mit einem metallischen Überzug versehen sein. Der metallische Überzug kann Zink und/oder Magnesium und/oder Aluminium und/oder Silizium enthalten.

[0040] Im Gegensatz zu gängigen Fertigungsrouten kann bereits oberflächenveredeltes Warm- oder Kaltband für die Umformung im Anschluss an eine Erwärmung eingesetzt werden, da die Haftung und die Duktilität eine Halbwarmumformung mit geringen Umformgraden erträgt. Der metallische Überzug ist gegen kurzzeitige Wiedererwärmungen der Kombination Substrat/Beschichtung (Stahlband/Beschichtung) unterhalb der Ac_1-Temperatur des Substrats resistent, um die Wiedererwärmung vor der Halbwarmformung und der eigentlichen Halbwarmformung zu überstehen.

[0041] Aufgrund der vergleichsweise geringen Wärmemenge kann auf großräumige Wiedererwärmungsaggregate, wie z. B. auf Tunnelöfen oder Kammeröfen, zugunsten schnell und direkt wirkender Systeme (induktiv, konduktiv und insbesondere Strahlung) verzichtet werden.

[0042] Außerdem kommt das beschriebene neue Verfahren mit erheblich weniger Wärmeenergie aus, bzw. der energetische Wirkungsgrad ist höher als beim Presshärten. Dadurch sind die Prozesskosten geringer und der CO_2 Ausstoß wird reduziert.

[0043] Bevorzugt erfolgt die Wiedererwärmung vor dem Halbwarmformen mittels Strahlung, da hier der Wirkungsgrad deutlich höher ist als bei einer Erwärmung in einem Ofen oder bei konduktiver Erwärmung und der Energieeintrag in das Material je nach Oberflächenbeschaffenheit schneller und effektiver erfolgt.

[0044] Der Werkstoff ist auch sehr gut für eine partielle Erwärmung geeignet. Durch den Einsatz von z. B. Strahlern können gezielt einzelne Bereiche des umzuformenden Vorprodukts erwärmt werden, um umformbarkeitsoptimierte Zonen zu erhalten. Dies ermöglicht vorteilhaft die Nutzung von konventionellen Pressen zur Kaltumformung, so dass auf eine komplexe Warmumformanlage, wie sie beim Presshärten notwendig ist, verzichtet werden kann.

[0045] Für den Transport zwischen Wärmequelle und Umformwerkzeug kann es weiterhin sinnvoll sein, besonders im Falle von sehr dünnen Blechen (z. B. <0,8mm), eine Profilierung der Zuschnitte zur Erhöhung der lokalen Steifigkeit vorzusehen. Dies ist beim konventionellen Presshärten nicht möglich, da die zu erzielende Festigkeit eine schroffe Abkühlung erfordert, welche sich über Leibung im Werkzeug aufgrund der Profilierung ausschließt.

[0046] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das Vorprodukt auf eine Temperatur von unterhalb 720°C vorteilhaft in einem Temperaturbereich von 400 - 700°C erwärmt und anschließend zu einem Bauteil umgeformt. Die optimale Umformtemperatur ist abhängig von der geforderten Festigkeit des Bauteils und liegt bevorzugt etwa zwischen 500°C und 700°C. Lange Haltezeiten, um ein bainitisches Gefüge zu erhalten wie in der EP 2 546 375 A1 beschrieben, sind nicht erforderlich, so dass die Prozesszeit für die Herstellung des Bauteils deutlich verkürzt wird.

[0047] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird bei Erwärmung des Vorproduktes auf Umformtemperatur eine lokale Überschreitung des Temperaturbereichs des Halbwarmformens in den Austenitisierungsbereich vorgenommen, um gezielt lokale Eigenschaftsänderungen vorzunehmen (z. B. lokale Härtung), die in Kombination mit der Festigkeitssteigerung des restlichen Materials den späteren Beanspruchungen des Bauteils angepasst sind.

Tab. 1

	Werkstoff		C	Si	Mn	P	S	N	Al	Cu	Cr	Ni	V	Ti	Nb	Mo	B	
FB	a		0,07	0,08	1,4	0,01	0,002	0,005	0,041	0,03	0,04	0,04	0,05	-	0,04	-	-	
B	b		0,08	0,47	1,9	0,01	0,001	0,006	0,066	0,03	0,03	0,04	0,01	0,12	0,05	0,14	-	
MBF	C		0,23	0,25	1,2	0,01	0,002	0,005	0,038	0,04	0,16	0,04	0,01	0,03	-	-	0,003	
F	d		0,10	0,28	2,0	0,01	0,001	0,006	0,041	0,02	0,33	0,04	0,01	0,04	0,04	-	0,003	
M	f		0,15	0,12	1,7	0,01	0,001	0,005	0,045	0,02	0,33	0,04	0,01	0,02	-	-	-	
F	e		0,09	0,25	1,8	0,01	0,001	0,005	0,041	0,03	0,33	0,04	0,01	-	0,01	-	-	

Tabelle 2

	Werkstoff		Zugfestigkeit R_m[MPa]		Streckgrenze $R_{p0,2}$[MPa]		Bruchdehnung A_{80}[%]	
			vor HWU	nach HWU	vor HWU	nach HWU	vor HWU	nach HWU
FB	a		591	632	552	589	19	16
B	b		788	854	678	833	14	12
MBF	C		982	979	915	922	7	7
F	d		855	778	644	767	13	12
M	f		1343	1246	1047	1173	6	1
F	e		676	650	407	498	22	18

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils durch Warmumformen eines Vorproduktes aus Stahl bei dem das Vorprodukt auf Umformtemperatur erwärmt und anschließend umgeformt wird, wobei das Bauteil nach der Umformung eine bainitische Gefügestruktur mit einer Mindestzugfestigkeit von 800 MPa aufweist,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Erwärmung auf eine Temperatur unterhalb der Ac1-Umwandlungstemperatur erfolgt, wobei schon das Vorprodukt aus einem Stahl mit einem Gefüge aus mindestens 70% Bainit besteht und die Anteile an Restaustenit + Martensit <10% sind und der Rest aus Ferrit besteht., und wobei das Vorprodukt folgende Legierungszusammensetzung in Gew.% aufweist:

C: 0,02 bis 0,3
Si: 0,01 bis 0,5
Mn: 1,0 bis 3,0
P: max. 0,02
S: max. 0,01
N: max. 0,01
Al: bis 0,1
Cu: bis 0,2
Cr: bis 3,0
Ni: bis 0,2
Mo: bis 0,2
Ti: bis 0,2
V: bis 0,2
Nb: bis 0,1
B: bis 0,01

Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Stahl eine Legierung mit folgender Zusammensetzung in Gew.% aufweist:

C: 0,02 bis 0,11%
Si: 0,01 bis 0,5%
Mn: 1,0 bis 2%
P: max. 0,02%
S: max. 0,01%
Al: 0,015 bis 0,1%
B: max. 0,004%
Nb+V+Ti: max.0,2%

3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Stahl eine Legierung mit folgender Zusammensetzung in Gew.% aufweist:

C: 0,05 bis 0,11%
Si: 0,1 bis 0,5%
Mn: 1,0 bis 2,0%
P: max. 0,02%
S: max. 0,01%
N: 0,003 bis 0,01%
Almin: 0,03 bis 0,1 %
B: max. 0,004%
Mo: 0,04 bis 0,2
Ti: 0,04 bis 0,2
Nb+V+Ti: 0,1 bis 0,2%

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Erwärmung des Vorproduktes auf Warmumformtemperatur nur partiell und die partielle Erwärmung wahlweise oberhalb der Ac1-Umwandlungstemperatur erfolgt.

5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Erwärmung des Vorproduktes auf eine Temperatur von unterhalb 720°C erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Erwärmung des Vorproduktes in einem Temperaturbereich von 400 bis 700°C erfolgt.

7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Erwärmung des Vorproduktes in einem Temperaturbereich von 500 bis 700°C erfolgt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Vorprodukt vor der Erwärmung mit einem metallischen oder lackartigen Überzug versehen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass der metallische Überzug Zn und/oder Mg und/oder Al und/oder Si enthält.

10. Verfahren nach mindestens einem der Anspruch 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Erwärmung auf Umformtemperatur induktiv, konduktiv oder mittels Strahlung erfolgt.

11. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Vorprodukt eine Blechplatine oder ein Rohr verwendet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Blechplatine aus Warmband oder Kaltband besteht.

13. Verfahren nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Rohr ein nahtlos warmgewalztes oder ein aus Warm- oder Kaltband hergestelltes geschweißtes Rohr ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13,

dadurch gekennzeichnet,
dass das Rohr ein nahtlos warmgewalztes oder ein aus Warm- oder Kaltband hergestelltes geschweißtes Rohr ist, dass nochmals einem oder mehrfachen Zieh- und/oder Glühprozessen unterzogen worden ist..

Claims

1. A method for producing a component by hot forming a pre-product made of steel, in which the pre-product is heated to forming temperature and then formed, wherein the component after forming has a bainitic microstructure with a minimum tensile strength of 800 MPa,
characterised in that
the heating takes place to a temperature below the Ac1 transformation temperature, wherein the pre-product already consists of a steel having a structure of at least 70% bainite and the contents of residual austenite + martensite are <10% and the remainder consists of ferrite, and wherein the pre-product has the following alloy composition in wt. %:

C: 0.02 to 0.3
Si: 0.01 to 0.5
Mn: 1.0 to 3.0
P: max 0.02
S: max 0.01
N: max 0.01
Al: up to 0.1
Cu: up to 0.2
Cr: up to 3.0
Ni: up to 0.2
Mo: up to 0.2
Ti: up to 0.2
V: up to 0.2
Nb: up to 0.1
B: up to 0.01

remainder iron and impurities associated with smelting.

2. The method according to claim 1,
characterised in that
the steel comprises an alloy with the following composition in wt.%:

C: 0.02 to 0.11%
Si: 0.01 to 0.5%
Mn: 1.0 to 2%
P: max 0.02%
S: max 0.01%
Al: 0.015 to 0.1%
B: max. 0.004%
Nb+V+Ti: max 0.2%.

3. The method according to claim 1,
characterised in that
the steel comprises an alloy with the following composition in wt.%:

C: 0.05 to 0.11%
Si: 0.1 to 0.5%
Mn: 1.0 to 2.0%
P: max. 0.02%
S: max 0.01%
N: 0.003 to 0.01%
Al min: 0.03 to 0.1%
B: max 0.004%

Mo: 0.04 to 0.2
Ti: 0.04 to 0.2
Nb+V+Ti: 0.1 to 0.2%.

4. The method according to one of claims 1 to 3,
characterised in that
the heating of the pre-product to hot forming temperature takes place only partially and the partial heating optionally takes place above the Ac1 transformation temperature.

5. The method according to at least one of claims 1 to 4,
characterised in that
the heating of the pre-product takes place to a temperature below 720°C.

6. The method according to claim 5,
characterised in that
the heating of the pre-product takes place to a temperature in a range from 400 to 700°C.

7. The method according to claim 6,
characterised in that
the heating of the pre-product takes place to a temperature in a range from 500 to 700°C.

8. The method according to one of claims 1 to 7,
characterised in that
prior to the heating step, the pre-product is provided with a metallic or lacquer-like coating.

9. The method according to claim 8,
characterised in that
the metallic coating contains Zn and/or Mg and/or Al and/or Si.

10. The method according to at least one of claims 1 to 9,
characterised in that
the heating to forming temperature is accomplished inductively, conductively or by means of radiation.

11. The method according to at least one of claims 1 to 10,
characterised in that
a sheet metal blank or a tube is used as the pre-product.

12. The method according to claim 11,
characterised in that
the sheet metal blank consists of hot-rolled strip or cold-rolled strip.

13. The method according to claim 11,
characterised in that
the tube is a seamlessly hot rolled tube or a welded tube made of hot-rolled strip or cold-rolled strip.

14. The method according to claim 13,
characterised in that
the tube is a seamlessly hot rolled tube or a welded tube made of hot-rolled strip or cold-rolled strip which has been subjected again to one or multiple drawing and/or annealing processes.

Revendications

1. Procédé pour la fabrication d'une pièce structurelle par formage à chaud d'un produit semi-fini en acier, dans lequel le produit semi-fini est chauffé à une température de formage et ensuite mis en forme, dans lequel la pièce structurelle présente, après la mise en forme, une structure bainitique avec une résistance à la traction minimum de 800 MPa,
caractérisé en ce que
le chauffage a lieu jusqu'à une température au-dessous de la température de transition Ac1, dans lequel le produit

semi-fini est déjà constitué d'un acier avec une structure comprenant au moins 70 % de bainite et les parts d'austénite restante et de martensite < 10 % et le reste est constitué de ferrite, et dans lequel le produit semi-fini présente la composition d'alliage suivante, en pourcentage en poids :

C	0,02 à 0,3
Si	0,01 à 0,5
Mn	1,0 à 3,0
P	0,02 au maximum
S	0,01 au maximum
N	0,01 au maximum
Al	jusqu'à 0,1
Cu	jusqu'à 0,2
Cr	jusqu'à 3,0
Ni	jusqu'à 0,2
Mo	jusqu'à 0,2
Ti	jusqu'à 0,2
V	jusqu'à 0,2
Nb	jusqu'à 0,1
B	jusqu'à 0,01

le reste étant du fer et des impuretés provenant de la fusion.

2. Procédé selon la revendication 1
caractérisé en ce que l'acier est un alliage avec la composition suivante, en pourcentage en poids :

C	0,02 à 0,11 %
Si	0,01 à 0,5 %
Mn	1,0 à 2 %
P	0,02 % au maximum
S	0,01 % au maximum
Al	0,015 à 0,1 %
B	0,004 % au maximum
Nb+V+Ti	0,2 % au maximum.

3. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce que l'acier est un alliage avec la composition suivante, en pourcentage en poids :

C	0,05 à 0,11 %
Si	0,1 à 0,5 %
Mn	1,0 à 2,0%
P	0,02 % au maximum
S	0,01 % au maximum
N	0,003 à 0,01 %
Al	0,03 à 0,1 % au minimum
B	0,04 % au maximum
Mo	0,04 à 0,2
Ti	0,04 à 0,2
Nb+V+Ti	0,1 à 0,2 %.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3
caractérisé en ce que le chauffage du produit semi-fini à la température de formage à chaud a lieu uniquement

partiellement et le chauffage partiel a lieu sélectivement au-dessus de la température de transition Ac1.

5. Procédé selon l'une au moins des revendications 1 à 4,
caractérisé en ce que le chauffage du produit semi-fini a lieu à une température au-dessous de 720 °C.

6. Procédé selon la revendication 5,
caractérisé en ce que le chauffage du produit semi-fini a lieu dans une plage de température de 400 à 700 °C.

7. Procédé selon la revendication 8,
caractérisé en ce que le chauffage du produit semi-fini a lieu dans une plage de température de 500 à 700 °C.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7,
caractérisé en ce que le produit semi-fini est doté d'un revêtement métallique ou d'un revêtement semblable à une laque avant le chauffage.

9. Procédé selon la revendication 8,
caractérisé en ce que le revêtement métallique contient Zn et/ou Mg et/ou Al et/ou Si.

10. Procédé selon l'une au moins des revendications 1 à 9,
caractérisé en ce que le chauffage à la température de formage a lieu par voie inductive, conductive ou au moyen d'un rayonnement.

11. Procédé selon l'une au moins des revendications 1 à 10,
caractérisé en ce que l'on utilise à titre de produit semi-fini une plaque de tôle ou un tube.

12. Procédé selon la revendication 11,
caractérisé en ce que la plaque de tôle est une bande produite à chaud ou à froid.

13. Procédé selon la revendication 11,
caractérisé en ce que le tube est un tube sans soudure laminé à chaud ou un tube soudé produit à partir d'une bande laminée à chaud ou à froid.

14. Procédé selon la revendication 13,
caractérisé en ce que le tube est un tube sans soudure laminé à chaud ou un tube soudé produit à partir d'une bande laminée à chaud ou à froid, qui a été à nouveau soumis à un ou à plusieurs processus d'étirage et/ou de recuit.

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 60119826 T2 **[0006] [0025]**
- DE 102010024664 A1 **[0010]**
- EP 2546375 A1 **[0011] [0025] [0046]**
- DE 102004028236 B3 **[0018]**
- DE 102011108162 A1 **[0019] [0026]**