

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
17. November 2011 (17.11.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/141367 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B21D 22/02 (2006.01) *C21D 9/46* (2006.01)
C21D 1/673 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/057280

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. Mai 2011 (06.05.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 020 373.4 12. Mai 2010 (12.05.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **VOESTALPINE STAHL GMBH** [AT/AT]; Voestalpine-Strasse 3, A-4020 Linz (AT).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SAMEK, Ludovic** [AT/AT]; Hirtstrasse 11/18/5, A-4030 Linz (AT). **PE-RUZZI, Martin** [AT/AT]; Waltherstraße 16, A-4020 Linz (AT). **ARENHOLZ, Enno** [AT/AT]; Langfeldstraße 60, A-4040 Plesching (AT).

(74) Anwälte: **LANGE, Thomas** et al.; Lambsdorff & Lange, Dingolfinger Str. 6, 81673 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

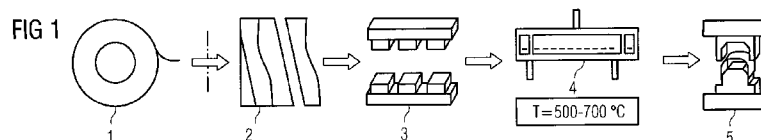
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A STRUCTURAL PART FROM AN IRON-MANGANESE-STEEL SHEET

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES BAUTEILS AUS EINEM EISEN-MANGAN-STAHLEBLECH



(57) Abstract: In a method for producing a structural part from an iron-manganese-steel sheet (1), a sheet-metal workpiece (2) is cold-formed in a forming die (3). The formed sheet-metal workpiece is heated to a temperature between 500°C and 700°C (4) and calibrated in a calibrating die (5).

(57) Zusammenfassung: In einem Verfahren zur Herstellung eines Bauteils aus einem Eisen-Mangan-Stahlblech (1) wird ein Blechwerkstück (2) in einem Formwerkzeug (3) kalt umgeformt. Das umgeformte Blechwerkstück wird auf eine Temperatur zwischen 500°C und 700°C erwärmt (4) und in einem Kalibrierwerkzeug (5) kalibriert.



WO 2011/141367 A1

Beschreibung

Verfahren zur Herstellung eines Bauteils aus einem Eisen-
Mangan-Stahlblech

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils aus einem Eisen-Mangan-Stahlblech.

Eisen-Mangan-Stähle sind Leichtbaustähle, die eine hohe Festigkeit und gleichzeitig eine hohe Dehnbarkeit aufweisen können. Dies macht Eisen-Mangan-Stähle zu einem Werkstoff mit großem Potential im Fahrzeugbau. Eine hohe Werkstofffestigkeit ermöglicht eine Reduzierung des Karosseriegewichts, wodurch der Kraftstoffverbrauch gesenkt werden kann. Eine hohe Dehnungsfähigkeit und Stabilität der Stähle ist sowohl für die Herstellung der Karosserieteile durch Tiefziehprozesse als auch für deren Crash-Verhalten von Bedeutung. Beispielsweise müssen Struktur und/oder Sicherheitsteile wie z.B. Türaufprallträger, A- und B-Säulen, Stoßfänger oder Längs- und Querträger komplexe Bauteilgeometrien realisieren und gleichzeitig die Gewichtsziele und Sicherheitsanforderungen erreichen können.

Es ist bereits bekannt, Karosseriebauteile aus Eisen-Mangan-Stahlblech durch Kaltumformung herzustellen. Die Kaltumformung führt jedoch durch Kaltverfestigung in umgeformten Bereichen zu einer Verminderung der Verformbarkeit und somit zu einer Reduzierung des Energieabsorptionspotentials im Belastungsfall (Crash). Solche durch die Kaltverfestigung bewirkten inhomogenen mechanischen Bauteileigenschaften können dazu führen, dass das Bauteil die Sicherheitsanforderungen nicht erreicht. Weitere Nachteile der Kaltumformtechnik bestehen darin, dass sie das Risiko der verzögerten Rissbildung durch Wasserstoffversprödung erhöht, das umgeformte Teil ein deutliches Rückfederungsverhalten (sogenannter „spring back“-

35

Effekt) zeigt und kalt umgeformte Bauteile eine unzureichende numerische Simulierbarkeit des Bauteilverhaltens im Belastungsfall aufweisen.

5 Die Warmumformung bietet eine bekannte Alternative zum Kaltumformverfahren. Übliche Warmumformprozesse werden bei hohen Temperaturen von etwa 900°C oder darüber ausgeführt. Das Warmumformen vermindert sowohl die Rückfederung des umgeformten Bauteils als auch die Kaltverfestigung in umgeformten
10 Bereichen. Somit lassen sich mit der Warmumformtechnik komplexe Tiefziehteile ohne nennenswerte Rückfederung in einem Zug herstellen. Nachteilig bei der Warmumformung sind jedoch die hohen Prozesstemperaturen und die durch das Warmumformen bewirkte, werkstoffabhängige Verminderung der Festigkeit des
15 Bauteils nach dem Abkühlprozess.

Um die Festigkeitsverminderung zu vermeiden, wird die Warmumformung häufig mit der Härtetechnik kombiniert. Diese beruht auf der bekannten Möglichkeit der Festigungssteigerung von
20 Stahlwerkstoffen durch Martensit-Bildung. Beim Härten wird durch eine Erwärmung des Bauteils auf die sogenannte Härte-temperatur oberhalb Ac3 ein austenitisches Gefüge erzeugt, das anschließend durch schnelles Abkühlen vollständig in Martensit umgewandelt wird. Bedingung für die vollständige Mar-
25 tensit-Umwandlung ist dabei, dass eine kritische Abkühlgeschwindigkeit überschritten wird. Hierfür bedarf es gekühlter Presswerkzeuge, die durch Kontakt der heißen Werkstückoberfläche mit der kalten Werkzeugoberfläche eine ausreichend schnelle Abkühlung des Werkstückes ermöglichen.

30

Eine der Erfindung zugrunde liegende Aufgabenstellung kann darin gesehen werden, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit dem kostengünstig die Herstellung umgeformter Bauteile aus Eisen-Mangan-Stahlblech mit guten mechanischen Eigen-
35 schaften ermöglicht wird. Insbesondere soll das Verfahren die

Herstellung von umgeformten Blechwerkstücken mit komplexer Bauteilgeometrie und günstigen Materialeigenschaften auch in umgeformten Bauteilbereichen erlauben.

5 Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabenstellung wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

10 Es wird ein Verfahren zur Herstellung einer Bauteils aus einem Eisen-Mangan-Stahlblech zur Verfügung gestellt, bei welchem ein Blechwerkstück in einem Formwerkzeug kalt umgeformt wird, das umgeformte Blechwerkstück auf eine Temperatur zwischen 500°C und 700°C erwärmt wird und das erwärmte
15 Blechwerkstück in einem Kalibrierwerkzeug kalibriert wird. Durch das Kalibrieren des umgeformten Blechwerkstückes bei den angegebenen, erhöhten Temperaturen kann erreicht werden, dass eine bei der Kaltumformung eingetretene Kaltverfestigung in den umgeformten Bereichen wieder abgebaut wird. Insbesondere kann dadurch eine Homogenisierung der mechanischen Eigenschaften über das gesamte Bauteil erreicht werden. Weitere
20 Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens sind darin zu sehen, dass durch das Kalibrieren des erwärmten Bauteils sowohl das Risiko der verzögerten Rissbildung durch Wasserstoffversprödung als auch die Rückfederung des Bauteils nach der Entnahme aus dem Kalibrierwerkzeug wesentlich reduziert sind.
25

Es wird darauf hingewiesen, dass bei den genannten Temperaturen die Austenitisierungstemperatur Ac3 nicht überschritten
30 wird, d.h. dass beim Erwärmen keine Umwandlung des Werkstückgefüges in ein vollständig austenitisches Gefüge auftritt.

Der Grad des Abbaus der Kaltverfestigung in den umgeformten Bauteilbereichen kann durch die Wahl der Temperatur gesteuert
35 werden. Bei hohen Temperaturen kann die Festigkeit der umge-

formten Bereiche sogar unter die Festigkeit in nicht oder weniger stark umgeformten Bereichen abgesenkt werden. Um einen zu starken Abbau der Kaltverfestigung zu vermeiden, kann eine Temperatur zwischen 600°C und 680°C vorteilhaft sein. Zum Erwärmen des umgeformten Blechwerkstückes auf die beim Kalibrieren benötigte erhöhte Temperatur kann das umgeformte Blechwerkstück in einem Ofen erwärmt und nach der Erwärmung in das Kalibrierwerkzeug eingelegt werden. Denkbar ist auch, dass die Erwärmung des Blechwerkstückes direkt im Kalibrierwerkzeug stattfindet. In beiden Fällen kann die Anfangstemperatur beim Kalibrieren ebenfalls in dem angegebenen Bereich zwischen 500°C und 700°C liegen. Beim Kalibrieren findet dann eine Abkühlung des umgeformten Blechwerkstücks in einem gehaltenen bzw. fixierten Zustand statt.

15

Die Verweildauer des Blechwerkstückes in dem Ofen kann so gewählt werden, dass eine homogene Durchwärmung des Blechwerkstückes gewährleistet wird, wobei zu berücksichtigen ist, dass mit zunehmender Dicke des Blechwerkstückes typischerweise eine Verlängerung der Zeitdauer für den Aufwärmvorgang zu veranschlagen ist.

20

Im Kalibrierwerkzeug wird eine rasche Abkühlung des Blechwerkstückes im gehaltenen Zustand vorgenommen. Da bei der Abkühlung keine wie beim sogenannten Presshärten erforderliche Gefügeumwandlung vom Austenit-Gefüge in das Martensit-Gefüge bewirkt werden muss, muss nicht die aus dem Presshärten bekannte kritische minimale Abkühlrate eingehalten werden, d.h. die Abkühlgeschwindigkeit in dem Kalibrierwerkzeug kann nach anderen Gesichtspunkten (beispielsweise Taktzeiten, Betriebskosten, Werkzeugkosten, etc.) festgelegt werden.

30

Für den Abbau der Kaltverfestigung in umgeformten Abschnitten des Blechwerkstückes ist die Erwärmungstemperatur des umge-

35

formten Blechwerkstückes von Bedeutung. In einem Ausführungs-
beispiel kann diese so eingestellt werden, dass die Kaltver-
festigung in umgeformten Abschnitten des (umgeformten)
Blechwerkstückes durch die Kalibrierung um mindestens 70%,
5 insbesondere mindestens 80%, abgebaut wird.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann die Erwär-
mungstemperatur des Blechwerkstückes so eingestellt werden,
dass das kalibrierte Blechwerkstück über seine gesamte Geome-
10 trie eine maximale Schwankungsbreite der Zugfestigkeit von
20%, insbesondere 10%, aufweist. Mit anderen Worten ist eine
weitgehende Homogenisierung der mechanischen Bauteileigen-
schaften in Bezug auf die Zugfestigkeit erreichbar.

15 Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Beschreibung unter
Bezugnahme auf die Zeichnungen in beispielhafter Weise näher
erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Abfolge von
20 Verfahrensschritten nach einem Ausführungsbeispiel
der Erfindung; und

Fig. 2 ein Schaubild, in welchem die Härte eines umgeform-
ten Bauteils gegenüber einer Distanz vom Umformort
25 aufgetragen ist.

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele für ein Herstel-
lungsverfahren eines Bauteils aus Eisen-Mangan-Stahlblech be-
schrieben. Bei dem Bauteil kann es sich beispielsweise um ein
30 Karosseriebauteil für den Fahrzeugbau handeln. Das Karosse-
riebauteil kann eine komplexe Bauteilgeometrie aufweisen. Es
kann sich um ein Struktur- und/oder Sicherheitsteil handeln,
das gegebenenfalls besondere Sicherheitsanforderungen im Be-
lastungsfall (Crash) genügen muss. Beispielsweise kann es
35 sich bei dem Bauteil um eine A- oder B-Säule, einen Seiten-

aufprallschutzträger in Türen, einen Schweller, ein Rahmenteil, ein Stoßstangenfänger, ein Querträger für Boden und Dach oder um einen vorderen oder hinteren Längsträger handeln.

5

Das Bauteil besteht aus einem Eisen-Mangan(FeMn)-Stahl. FeMn-Bauteile sind im Fahrzeugbau bekannt und können einen Mangan-gehalt von etwa 12 bis 35 Gew% aufweisen. Verwendbar sind beispielsweise TWIP-, TRIP/TWIP- und TRIPLEX-Stähle sowie
10 Mischformen dieser Stähle.

TWIP-Stähle (TWining Induced Plasticity) sind Austenit-Stähle. Sie zeichnen sich durch einen hohen Mangangehalt (z.B. über 25%) und relativ hohe Legierungszusätze von Alumi-
15 nium und Silizium aus. Bei plastischer Kaltverformung findet eine intensive Zwillingsbildung statt, der den Stahl verfestigt. TWIP-Stähle weisen eine hohe Bruchdehnung auf. Sie eignen sich deshalb besonders zur Herstellung von Struktur- oder Sicherheitsteilen in unfallrelevanten Bereichen der Ka-
20 rosserie.

TRIP/TWIP-Stähle sind Kombinationen aus TWIP- und TRIP-Stählen (TRansformation Induced Plasticity). TRIP-Stähle be-
stehen im Wesentlichen aus mehreren Phasen von Eisen-
25 Kohlenstoff-Legierungen, nämlich Ferrit, Bainit und kohlenstoffreichem Rest-Austenit. Der TRIP-Effekt basiert auf der Verformungs-induzierten Umwandlung des Rest-Austenits in die hochfeste martensitische Phase (α -Martensit). Bei TRIP/TWIP-Stählen tritt ein doppelter TRIP-Effekt auf, da das austeni-
30 tische Gefüge zunächst in das hexagonale und dann in das kubisch raumzentrierte Martensit gewandelt wird. Aufgrund der zwei martensitischen Umwandlungen weisen TRIP/TWIP-Stähle eine doppelte Dehnungsreserve auf.

TRIPLEX-Stähle bestehen aus einem mehrphasigen Gefüge aus α -Ferrit und γ -Austenit-Mischkristallen mit einer martensitischen s-Phase und/oder K-Phase. Sie weisen eine gute Umformbarkeit auf.

5

Ferner können Kombinationen der genannten Stähle bei Ausführungsbeispielen der Erfindung zum Einsatz kommen. Die beispielhafte Aufzählung der oben genannten Stähle ist nicht abschließend, andere FeMn-Stähle können für die Erfindung ebenfalls eingesetzt werden.

Fig. 1 zeigt in schematischer Weise ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei auch optionale Verfahrensschritte dargestellt sind. Ausgangspunkt des Verfahrensablaufs ist ein Coil 1 aus Bandstahl, wie es beispielsweise in einem Stahlwerk hergestellt und an einen Kunden (z.B. Fahrzeughersteller oder Zulieferer) ausgeliefert wird. Bei dem FeMn-Bandstahl kann es sich beispielsweise um einen kaltgewalzten und geblühten Stahl handeln. Es ist jedoch auch möglich, einen warmgewalzten Stahl einzusetzen. Der Herstellungsprozess des FeMn-Bandstahls im Stahlwerk sollte so ausgestaltet sein, dass eine gute Kaltumformbarkeit des Stahls gewährleistet ist.

Der Bandstahl wird dann z.B. beim Fahrzeughersteller oder Zulieferer in FeMn-Platinen 2 geschnitten. Das Schneiden erfolgt in einer Schneidestation.

Eine oder mehrere Platinen 2 werden dann in ein Kaltumformwerkzeug 3 eingelegt und kalt umgeformt. Die Temperaturen im Kaltumformwerkzeug können im üblichen Bereich, z.B. bei ca. 70°C bis 80°C liegen. Öfen werden zur Realisierung dieser Temperaturen nicht verwendet. Die Verweildauer des Werkstücks in dem Kaltumformwerkzeug 3 ist typischerweise ohne wesentlichen Einfluss auf die Werkstückeigenschaften.

Bei der Kaltumformung werden in Abhängigkeit von der Bauteil-
geometrie lokal unterschiedliche Festigkeiten erzielt. Je
größer der lokale Umformungsgrad ist, um so höher liegt der
entsprechende Festigkeitswert. Dieser Effekt wird auch als
5 Kaltverfestigung bezeichnet. Es können starke Kaltverfesti-
gungen bis zu etwa 1800 MPa auftreten. Die Zugfestigkeit des
Ausgangsmaterials (Platine 2) kann z.B. etwa bei $R_m \approx 1100$
MPa liegen, die Dehngrenze z.B. $R_{p0.2} \approx 600$ MPa betragen und
10 die Bruchdehnung A des Ausgangsmaterials kann z.B. 40% oder
mehr betragen ($A \geq 40\%$). Beim Kaltumformen kann der Rückfede-
rung Rechnung getragen werden und das Werkstück über sein
endgültiges Geometriemaß hinaus umgeformt werden. Dies ist
aufgrund der nachfolgenden Prozessschritte jedoch nicht zwin-
15 gend erforderlich. Das Kaltumformwerkzeug 3 kann in Form ei-
ner Tiefziehpresse realisiert sein.

Ferner ist es möglich, dass in dem Kaltumformwerkzeug 3
gleichzeitig ein Beschnitt des Werkstückes vorgenommen wird.
20 Bei diesem Beschnitt kann es sich um den Endbeschnitt des
Bauteils handeln. Ferner können gegebenenfalls erforderliche
Ausstanzungen bzw. die Erzeugung eines Lochbildes im Kaltum-
formwerkzeug 3 vorgenommen werden. D.h., nach dem Kaltumform-
schritt kann bereits ein Bauteil mit vollständig fertige-
25 stellter Bauteilform in Bezug auf materialentfernende Prozes-
se vorliegen.

Es ist auch möglich, dass materialentfernende Prozesse
(Beschnitt, Lochbilderzeugung etc.) in einer Schneidstraße
30 (nicht dargestellt) vorgenommen werden, die außerhalb und
hinter dem Kaltumformwerkzeug 3 (welches sich in der soge-
nannten Pressenstraße befindet) angeordnet ist. Auch in die-
sem Fall kann nach dem Beschnitt bzw. der Lochbilderzeugung
in Bezug auf materialentfernende Prozesse bereits das Endbau-
35 teil vorliegen.

Das kalt umgeformte und gegebenenfalls beschnittene Werkstück wird anschließend einem Ofen 4 zugeführt und dort auf eine Temperatur zwischen 500°C und 700°C erwärmt. Die Erwärmung sollte solange durchgeführt werden, dass das Bauteil homogen auf eine einheitliche Temperatur ($T = 500^{\circ}\text{C} - 700^{\circ}\text{C}$) gebracht wird. Mit Erreichen der einheitlichen Temperatur kann es für eine gewisse Zeit auf dieser Temperatur gehalten werden. Beispielsweise kann die Verweildauer im Ofen 10 min betragen, wobei 5 min für das Erreichen der homogenen Temperaturverteilung und die weiteren 5 min für das Halten des Bauteils bei dieser homogenen Temperatur verwendet werden. Da mit der Temperaturerhöhung jedoch keine für die Bauteileigenschaften ausschlaggebende Gefügeumwandlung verbunden ist, sollte der Erwärmungsschritt auch ohne Haltezeit durchführbar sein. Es ist möglich, dass die Ofentemperatur deutlich höher als die gewünschte Zieltemperatur $T = 500^{\circ}\text{C} - 700^{\circ}\text{C}$ des Werkstückes liegt und die Werkstücktemperatur über die Verweildauer im Ofen 4 gesteuert wird.

20

Als Ofen 4 kann ein Strahlungsofen eingesetzt werden oder es können Öfen vorgesehen sein, die dem Werkstück auf andere Weise Energie zuführen. Beispielsweise können eine konvektive Erwärmung, eine induktive Erwärmung oder eine Infrarot-Erwärmung sowie Kombinationen der genannten Mechanismen verwendet werden.

Das auf die Zieltemperatur zwischen 500°C und 700°C erwärmte, umgeformte Werkstück wird dann aus dem Ofen 4 entnommen, in ein Kalibrierwerkzeug 5 eingelegt und dort in der gewünschten Form fixiert und abgekühlt. Die Temperatur des Werkstücks beim Beginn des Kalibriervorgangs kann auch niedriger sein als die Temperatur des Werkstücks bei der Entnahme aus dem Ofen, sie kann insbesondere zwischen 400°C und 700°C liegen. Bei dem Kalibrierwerkzeug 5 kann es sich beispielsweise um

eine Kalibrierpresse handeln. Das Kalibrieren gewährleistet die Maßhaltigkeit des Werkstückes. Die Oberflächengeometrie der Pressflächen des Werkzeugs entspricht der Endform der Werkstücks oder ist sehr endformnah, da durch die Kalibrierung in dem Kalibrierwerkzeug die Rückfederung deutlich reduziert wird. Durch das Halten des Werkstücks im Kalibrierwerkzeug in der gewünschten Form wird somit dem Werkstück die Endform verliehen.

10 Die Abkühlung des Werkstücks erfolgt in dem Kalibrierwerkzeug
5 bei fixiertem Werkstück, d.h. bei Anlage der Werkstückoberflächen an den Werkzeugoberflächen. Die Wärmeabfuhr erfolgt über das Werkzeug. Die Abkühlgeschwindigkeit kann z.B. ungefähr 30°C/s betragen, dürfte jedoch unkritisch sein, da anders als beim Presshärten keine kritische Abkühlgeschwindigkeit überschritten werden muss. Beispielsweise kann die Abkühlgeschwindigkeit kleiner als 50°C/s sein, was ohne größeren werkzeugtechnischen Aufwand erreichbar ist und in vielen Fällen ausreichend kurze Taktzeiten ermöglicht. Höhere Abkühlraten, beispielsweise im Bereich von 50°C/s bis 150°C/s , sind ebenfalls möglich. Das Kalibrierwerkzeug 5 kann eine Kühleinrichtung (z.B. Wasserkühlung) aufweisen. Durch die Erwärmung und das nachfolgende „gehaltene“ Abkühlen des Werkstücks in fixierter Werkstückgeometrie wird die in den Bereichen starker Dehnung erzielte Kaltverfestigung abgebaut, d.h. verringert, egalisiert oder gegebenenfalls sogar überkompensiert, wie dies noch später im Zusammenhang mit Fig. 2 erläutert wird.

30 Die Temperatur des erwärmten Werkstücks zu Beginn der Kalibrierung kann ebenfalls den angegebenen Bereich von $T = 500^{\circ}\text{C}$ bis 700°C oder nur geringfügig darunter betragen. Dies kann dadurch gewährleistet werden, dass der Transportweg zwischen dem Ofen 4 und dem Kalibrierwerkzeug 5 kurz ist und/oder dass
35 das erwärmte Werkstück auf dem Transportweg zwischen dem Ofen

4 und dem Kalibrierwerkzeug 5 z.B. durch Wärmestrahlung erwärmt bzw. warmgehalten wird. Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Ofen 4 und das Kalibrierwerkzeug 5 in ein und derselben Pressenstation zu verwirklichen, d.h. ein Kalibrierwerkzeug 5 vorzusehen, welches mit einem Ofen gekoppelt ist.

Die anhand Fig. 1 beschriebenen Ausführungsbeispiele der Erfindung können in vielfacher Hinsicht modifiziert und weitergebildet werden. Beispielsweise können beschichtete FeMn-Stähle für das Verfahren eingesetzt werden. Das Blechwerkstück kann mit einer organischen und/oder anorganischen oder metallischen Beschichtung, insbesondere einer Legierung auf Basis von Zink oder Aluminium, beschichtet werden. Die Beschichtung kann vor dem Kaltumformen oder zu einem anderen Zeitpunkt, z.B. nach dem Kalibrieren, vorgenommen werden.

Ein kathodischer Korrosionsschutz wird beispielsweise durch eine Verzinkung bewirkt. Die Beschichtung kann elektrolytisch oder durch ein Schmelztauchverfahren vor dem Kaltumformschritt 3 (z.B. am schon beim Stahlhersteller am Coil 1) oder auch nach dem Kaltumformschritt 3 und vor der Erwärmung im Ofen 4 vorgenommen werden. Durch die Wärmebehandlung vor oder während des Kalibrierens bildet sich bei einer Zn-Beschichtung eine Mischkristallschicht zwischen dem FeMn-Stahl und der Zn-Beschichtung aus, die für eine gute Haftung der Zn-Schicht auf dem Bauteil sorgt. Es ist auch möglich, die Beschichtung (z.B. Verzinkung) erst am fertigen Bauteil, d.h. nach dem Kalibrieren in dem Kalibrierwerkzeug 5 vorzunehmen.

Fig. 2 bezieht sich auf weitere Ausführungsbeispiele des anhand Fig. 1 beispielhaft erläuterten Verfahrens und illustriert den Abbau der Kaltverfestigung in Abhängigkeit von der beim Erwärmen erreichten Werkstücktemperatur. Dargestellt ist die Vickershärte Hv in Abhängigkeit von der Entfernung von dem Ort der Umformung. Verwendet wurde eine Platine 2,

die aus einem kaltgewalzten, geglühten FeMn-Bandstahl geschnitten wurde. Die Platine 2 wies eine Zugfestigkeit $R_m \approx 1100$ MPa auf, die der Zugfestigkeit des Bandstahls entsprach. Die Bruchdehnung betrug $A \approx 60\%$. Aus mehreren Platinen 2 wurden
5 mittels eines Kaltumformwerkzeugs 3 mehrere identische Näpfchen tiefgezogen, deren Durchmesser $D = 50$ mm betrug. Die Näpfchen wurden dann in einem Ofen 4 auf die unterschiedlichen Temperaturen $T = 500^\circ\text{C}$, 600°C , 650°C und 700°C erwärmt. Die Verweildauer im Ofen 4 betrug jeweils 10 min, sodass eine
10 vollständige und homogene Durchwärmung der Näpfchen gewährleistet war. Unmittelbar anschließend und mit im wesentlichen derselben Temperatur T wurden die heißen Näpfchen in einem Kalibrierwerkzeug 5 in der Endform fixiert und dort abgekühlt. Die Abkühlgeschwindigkeit betrug bei diesem Beispiel
15 etwa 30°C/s .

Die Vickershärte H_v kann als Maß für die Zugfestigkeit R_m verwendet werden, wobei der Umrechnungsfaktor etwa 3,1 beträgt, d.h. eine Vickershärte $H_v = 350$ entspricht etwa einer
20 Zugfestigkeit $R_m \approx 1100$ MPa des Ausgangsmaterials, siehe Bezugszeichen 6. Fig. 2 zeigt für das kaltgezogene, nicht erwärmte Näpfchen eine Kaltverfestigung im Bereich von $R_m = 1600$ MPa (entspricht $H_v = 520$), siehe Bezugszeichen 7, die im Bauteil zu stark inhomogenen mechanischen Eigenschaften führt. Außerdem wird das Risiko der verzögerten Rissbildung durch Wasserstoffversprödung erhöht, da dieses insbesondere dort auftritt, wo beim Kaltumformen ein hoher Kaltverfestigungsgradient beobachtet wird.

30 Die erfindungsgemäße Warmkalibrierung führt zur Verringerung der Kaltverfestigung in den Näpfchen. Bei einer Temperatur $T = 500^\circ\text{C}$ beträgt die Zugfestigkeit in der Nähe des Umformortes noch $R_m \approx 1490$ MPa ($H_v = 480$), bei $T = 600^\circ\text{C}$ ist die maximale Kaltverfestigung bereits auf $R_m \approx 1330$ MPa ($H_v = 430$)

gesunken, $T = 650^{\circ}\text{C}$ führt nahezu zu einer Egalisierung der mechanischen Eigenschaften ($R_m \approx 1120 \text{ MPa}$, entspricht $H_v = 360$) in umgeformten und nicht umgeformten Abschnitten des Bauteils, und bei $T = 700^{\circ}\text{C}$ ergibt sich eine Überkompensation, d.h. die Werkstückfestigkeit im umformungsnahen Abschnitt

5 beträgt $R_m \approx 870 \text{ MPa}$ ($H_v = 280$) und liegt damit signifikant unter der Zugfestigkeit in Abschnitten des Werkstücks (Näpfchen), die nicht oder nur geringfügig umgeformt wurden.

10 Aus Fig. 2 ist erkennbar, dass durch die Wahl einer geeigneten Temperatur T für die Warmkalibrierung die Kaltverfestigung im umformungsnahen Bereich eines Bauteils gezielt beeinflussbar und nach Wunsch auf einen bestimmten Wert abbaubar ist. Beispielsweise können homogene mechanische Eigenschaften

15 in Bezug auf die Zugfestigkeit mit einer Schwankungsbreite von weniger als 20% oder sogar 10% bezogen auf umgeformte und nicht umgeformte Abschnitte des Bauteils erreicht werden. Auch ist es möglich, die Kaltverfestigung z.B. um 70% oder 80% abzubauen. Fig. 2 verdeutlicht, dass durch die Wärmebehandlung und die Warmkalibrierung nur die durch Kaltverfestigung bewirkten erhöhten Festigkeitswerte beeinflusst und abgebaut werden, während sich die mechanischen Eigenschaften in den übrigen Abschnitten des Werkstücks, die keiner Umformung unterzogen werden, kaum ändern. D.h. mit anderen Worten, es

20 kann erreicht werden, dass ein Bauteil mit komplexer Bauteilgeometrie über seine gesamte Erstreckung homogene mechanische Eigenschaften aufweist oder dass es an Umformungsorten gezielt erhöhte oder erniedrigte Festigkeiten im Vergleich zu nicht umgeformten Abschnitten erlangt.

30

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils aus einem Eisen-Mangan-Stahlblech, mit den Schritten:

5 Kaltumformen eines Blechwerkstückes (2) in einem Formwerkzeug (3);

Erwärmen des umgeformten Blechwerkstückes auf eine Temperatur zwischen 500°C und 700°C; und

10 Kalibrieren des erwärmten Blechwerkstückes in einem Kalibrierwerkzeug (5).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Temperatur zwischen 600°C und 680°C beträgt.

15 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, mit dem Schritt:

Erwärmen des umgeformten Blechwerkstückes in einem Ofen (4); und

20 Einlegen des erwärmten Blechwerkstückes in das Kalibrierwerkzeug (5).

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Verweildauer des Blechwerkstückes in dem Ofen (4) so gewählt wird, dass eine im wesentlichen homogene Durchwärmung des Blechwerkstückes gewährleistet wird.

25 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Eisen-Mangan-Stahlblech ein TWIP-Stahl, TRIP/TWIP-Stahl oder TRIPLEX-Stahl ist.

30 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Mangan-Gehalt des Eisen-Mangan-Stahlblechs zwischen 12 und 35 Gew% beträgt.

35 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Temperatur so eingestellt wird, dass eine Kaltverfesti-

gung in umgeformten Abschnitten des umgeformten Blechwerkstückes durch die Kalibrierung um mindestens 70%, insbesondere 80% abgebaut wird.

5 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Temperatur so eingestellt wird, dass das kalibrierte Blechwerkstück über seine gesamte Geometrie eine maximale Schwankungsbreite der Zugfestigkeit von 20%, insbesondere 10% aufweist.

10

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüchen, mit dem Schritt:

15 Beschichten des Blechwerkstückes mit einer organischen und/oder anorganischen oder metallischen Beschichtung, insbesondere einer Legierung auf Basis von Zink oder Aluminium, vor dem Kaltumformen.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüchen, mit dem Schritt:

20 Beschichten des Blechwerkstückes mit einer organischen und/oder anorganischen oder metallischen Beschichtung, insbesondere einer Legierung auf Basis von Zink oder Aluminium, nach dem Kalibrieren.

25

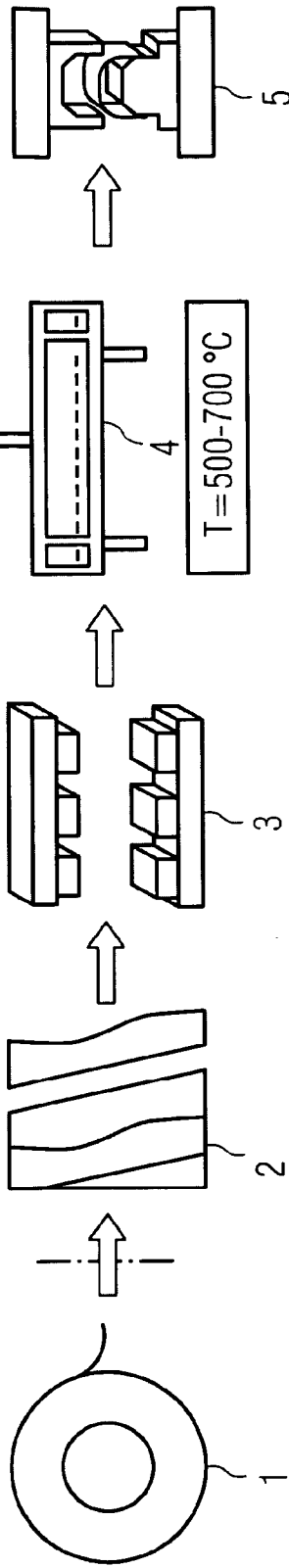


FIG 1

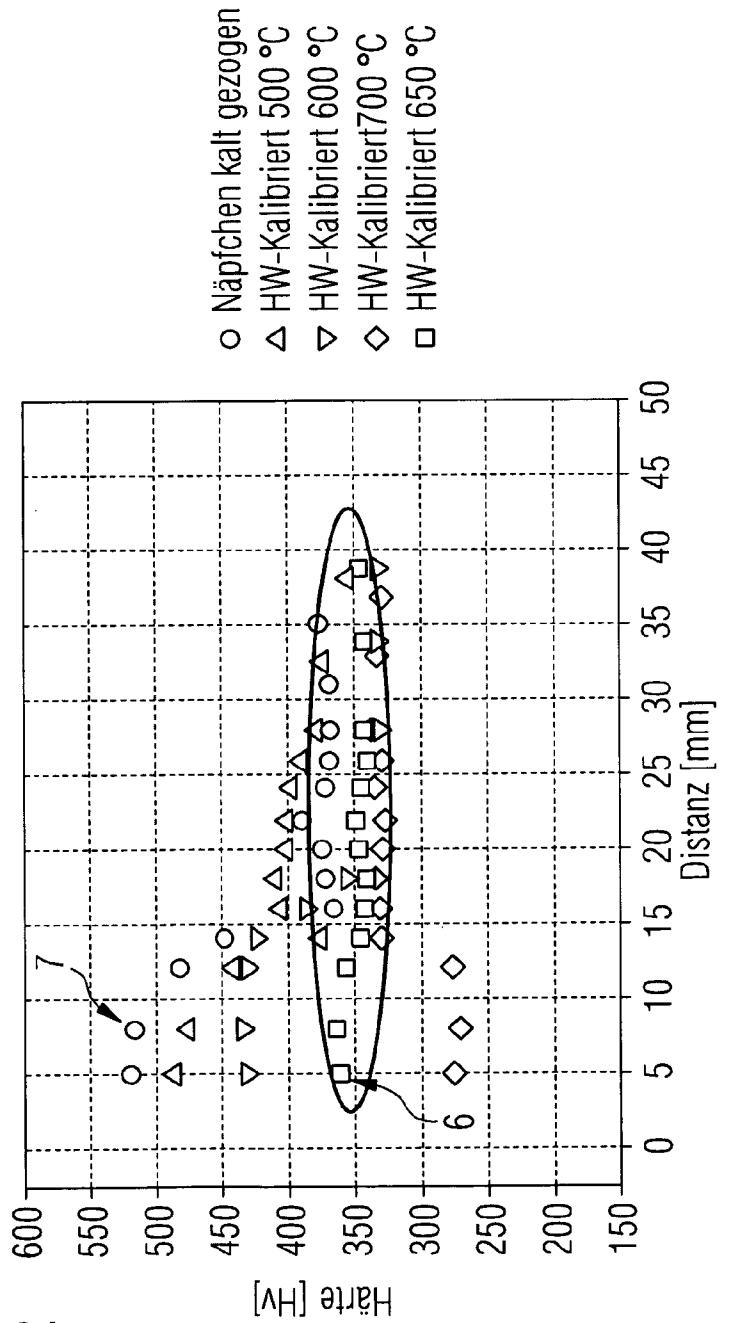


FIG 2

- Näpfchen kalt gezogen
- △ HW-Kalibriert 500 °C
- ▽ HW-Kalibriert 600 °C
- ◇ HW-Kalibriert 700 °C
- ◻ HW-Kalibriert 650 °C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/057280

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B21D22/02 C21D1/673 C21D9/46
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B21D C21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2008 050315 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 20 May 2009 (2009-05-20) paragraph [0018] - paragraph [0019]; claim 1; figures	1-10
A	WO 2004/033126 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]; BRODT MARTIN [DE]; FISCHER UWE [DE]; MEHRHOL) 22 April 2004 (2004-04-22) page 9, paragraph 1 - page 12, paragraph 1; claim 1; figures	1
A	EP 1 462 192 A1 (AUDI NSU AUTO UNION AG [DE]) 29 September 2004 (2004-09-29) paragraph [0021] - paragraph [0024]; claim 1; figures	1

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 19 August 2011	Date of mailing of the international search report 09/09/2011
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Pieracci, Andrea

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2011/057280

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102008050315 A1	20-05-2009	NONE	

WO 2004033126 A1	22-04-2004	EP 1536898 A1	08-06-2005
		JP 4319987 B2	26-08-2009
		JP 2005539145 A	22-12-2005
		US 2006137779 A1	29-06-2006

EP 1462192 A1	29-09-2004	AT 401977 T	15-08-2008
		DE 10314115 A1	14-10-2004
		ES 2308058 T3	01-12-2008

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B21D22/02 C21D1/673 C21D9/46 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B21D C21D		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2008 050315 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 20. Mai 2009 (2009-05-20) Absatz [0018] - Absatz [0019]; Anspruch 1; Abbildungen	1-10
A	WO 2004/033126 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]; BRODT MARTIN [DE]; FISCHER UWE [DE]; MEHRHOL) 22. April 2004 (2004-04-22) Seite 9, Absatz 1 - Seite 12, Absatz 1; Anspruch 1; Abbildungen	1
A	EP 1 462 192 A1 (AUDI NSU AUTO UNION AG [DE]) 29. September 2004 (2004-09-29) Absatz [0021] - Absatz [0024]; Anspruch 1; Abbildungen	1
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
19. August 2011		09/09/2011
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Pieracci, Andrea

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/057280

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102008050315 A1	20-05-2009	KEINE	

WO 2004033126 A1	22-04-2004	EP 1536898 A1	08-06-2005
		JP 4319987 B2	26-08-2009
		JP 2005539145 A	22-12-2005
		US 2006137779 A1	29-06-2006

EP 1462192 A1	29-09-2004	AT 401977 T	15-08-2008
		DE 10314115 A1	14-10-2004
		ES 2308058 T3	01-12-2008
