

(19)



(11)

EP 2 840 159 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
25.02.2015 Patentblatt 2015/09

(51) Int Cl.:
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) **C22C 38/18** (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13181374.3**

(22) Anmeldetag: **22.08.2013**

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

- **Heller, Thomas**
47229 Duisburg (DE)
- **Hisker, Frank**
46240 Bottrop (DE)
- **Kawalla, Rudolf**
09627 Bobritzsch (DE)
- **Korpala, Grzegorz**
09599 Freiberg (DE)

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

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

(72) Erfinder:
 • **Hammer, Brigitte**
 45562 Vörde (DE)

(54) **Verfahren zum Herstellen eines Stahlbauteils**

(57) Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt auf einfache Weise die Herstellung eines komplex geformten Stahlbauteils mit einer Zugfestigkeit $R_m > 1200$ MPa und einer Bruchdehnung $A_{50} > 6$ %. Hierzu wird erfindungsgemäß ein Stahlflachprodukt bereitgestellt, das neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) C: 0,10 - 0,60 %, Si: 0,4 - 2,5 %, Al: bis zu 3,0 % Mn: 0,4 - 3,0 %, Ni: bis zu 1 %, Cu: bis zu 2,0 %, Mo: bis zu 0,4 %, Cr: bis zu 2 %, Co: bis zu 1,5 %, Ti: bis zu 0,2 %, Nb: bis zu 0,2 %, V: bis zu 0,5 %, enthält, wobei das Gefüge des Stahlflachprodukts zu mindestens 10 Vol.-%

aus Restaustenit besteht, der globulare Restaustenitinseln mit einer Korngröße von mindestens $1 \mu\text{m}$ umfasst. Das Stahlflachprodukt wird auf eine $150 - 400$ °C betragende Umformtemperatur erwärmt und bei der Umformtemperatur mit einem Umformgrad, der höchstens gleich der Gleichmaßdehnung A_g ist, zu dem Bauteil umgeformt. Abschließend wird das so erhaltene Stahlflachprodukt abgekühlt. Ein derart bei erhöhten Temperaturen geformtes Bauteil besitzt gegenüber aus demselben Stahlflachprodukt, jedoch bei Raumtemperatur geformten Bauteilen eine deutlich gesteigerte Festigkeit.

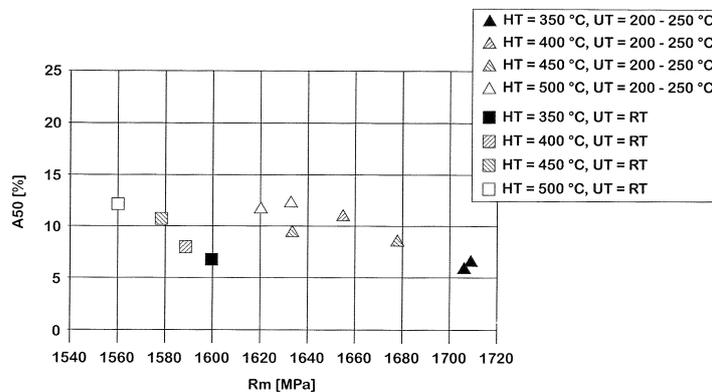


Fig. 1

EP 2 840 159 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Stahlbauteils, das eine Zugfestigkeit Rm von mehr als 1200 MPa und eine Bruchdehnung A50 von mindestens 6 % aufweist.

[0002] Erfindungsgemäß hergestellte Stahlbauteile zeichnen sich durch eine sehr hohe Festigkeit in Kombination mit guten Dehnungseigenschaften aus und sind als solche insbesondere als Bauteile für Kraftfahrzeugkarosserien geeignet.

[0003] Unter dem Begriff "Stahlflachprodukt" werden hier durch einen Walzprozess erzeugte Stahlbleche oder Stahlbänder sowie davon abgeteilte Platinen und desgleichen verstanden. Stahlbauteile der erfindungsgemäßen Art werden durch einen Umformprozess aus solchen Stahlflachprodukten hergestellt.

[0004] Sofern hier Legierungsgehalte lediglich in "%" angegeben sind, ist damit immer "Gew.-%" gemeint, sofern nicht ausdrücklich etwas anderes angegeben ist.

[0005] Wenn hier von "Bruchdehnung A50", "Bruchdehnung A80" oder "Zugfestigkeit Rm" die Rede ist, so sind damit die gemäß DIN EN 6892-1 ermittelten mechanischen Kennwerte gemeint.

[0006] Aus der US 6,364,968 B1 ist ein Verfahren zum Herstellen eines warmgewalzten Stahlblechs bekannt, das bei einer

[0007] Dicke von nicht mehr als 3,5 mm eine gleichmäßige Verteilung seiner mechanischen Eigenschaften und ein besonders gutes Lochaufweitungsverhalten aufweisen soll. Das Verfahren sieht dabei vor, dass eine Bramme, die (in Gew.-%) 0,05 - 0,30 % C, 0,03 - 1,0 % Si, 1,5 - 3,5 % Mn, bis zu 0,02 % P, bis zu 0,005 % S, bis zu 0,150 Al, bis zu 0,0200 % N sowie alternativ oder in Kombination 0,003 - 0,20 % Nb oder 0,005 - 0,20 % Ti, aufweist, auf bis zu 1200 °C erwärmt wird und anschließend mit einer Warmwalzendtemperatur von mindestens 800 °C, insbesondere 950 - 1050 °C, zu einem Warmband warmgewalzt wird. Anschließend wird das erhaltene Warmband mit einer Abkühlrate von 20 - 150 °C/sec auf eine Haspeltemperatur von 300 - 550 °C abgekühlt, bei der es zu einem Coil gewickelt wird. Die Abkühlung setzt dabei innerhalb von 2 Sekunden nach Ende des Warmwalzens ein. Das so erhaltene Warmband soll ein feines bainitisches Gefüge mit einem Bainit-Anteil von mindestens 90 % besitzen, dessen mittlere Korngröße 3,0 µm nicht überschreitet, wobei das Verhältnis der Länge der längsten Achse zur Länge der kürzesten Achse der Körner nicht mehr als 1,5 und die Länge der längsten Achse der Körner nicht mehr als 10 µm betragen soll. Der nicht vom Bainit eingenommene Rest des Gefüges soll aus angelassenem Martensit bestehen, der hinsichtlich seiner Erscheinung und seiner Eigenschaften dem Bainit sehr ähnlich ist. In dieser Weise erzeugte und beschaffene Warmbänder weisen Zugfestigkeiten von 850 - 1103 MPa bei einer Dehnung von 15 - 23 % auf.

[0008] Aus der EP 2 546 382 A1 ist zudem ein Verfahren zur Herstellung eines Stahlblechs mit einer Zugfestigkeit von mindestens 1470 MPa bekannt, bei dem das Produkt aus Dehnung und Zugfestigkeit mindestens 29000 MPa% beträgt. Der Stahl, aus dem das Stahlblech besteht, enthält dabei neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) 0,30 - 0,73 % C, bis zu 3,0 % Si, bis zu 3,0 Al, wobei die Summe der Si- und Al-Gehalte mindestens 0,7 % beträgt, 0,2 - 8,0 % Cr, bis zu 10,0 % Mn, wobei die Summe der Cr- und Mn-Gehalte mindestens 1,0 % beträgt, bis zu 0,1 % P, bis zu 0,07 % S sowie bis zu 0,010 % N. Das derart zusammengesetzte Stahlblech wird derart verarbeitet, dass der Flächenanteil an Martensit bezogen auf das gesamte Mikrogefüge des Stahls im Bereich von 15 - 90 % liegt und der Gehalt an Restaustenit des Gefüges 10 - 50 % beträgt. Dabei sollen mindestens 50 % des Martensits als angelassener Martensit vorliegen und der Flächenanteil des angelassenen Martensits mindestens 10 % sein. Sofern im Gefüge vorhanden, soll gleichzeitig das Flächenverhältnis von im Gefüge anwesenden polygonalen Ferriten höchstens 10 % betragen.

[0009] Um dies zu erreichen, wird gemäß der EP 2 546 382 A1 zunächst ein in der angegebenen Weise zusammengesetztes warmgewalztes Stahlband erzeugt, indem ein Stahlvormaterial, wie eine Bramme, auf 1000 - 1300 °C erwärmt wird und darauf folgend bei einer 870 - 950 °C betragenden Warmwalzendtemperatur zu einem Warmband gewalzt wird. Das erhaltene Warmband wird anschließend bei einer Haspeltemperatur von 350 - 720 °C zu einem Coil gewickelt. Nach dem Haspeln erfolgt ein Beizen mit anschließendem Kaltwalzen bei Verformungsgraden von 40 - 90 %. Das so erhaltene kaltgewalzte Band wird für 15 - 1000 Sekunden bei einer Temperatur geglüht, in dem es ein rein austenitisches Gefüge besitzt, und dann mit einer Abkühlgeschwindigkeit von mindestens 3 °C/s auf eine Temperatur abgekühlt, die in einem unterhalb der Martensitstarttemperatur beginnenden und bis zu einer 150 °C niedrigeren Temperatur reichenden Temperaturbereich liegt, um angelassenen Martensit im Gefüge des Stahlblechs zu erzeugen. Daraufhin wird das kaltgewalzte Stahlband über eine Dauer von 15 - 1000 Sekunden auf 340 - 500 °C erwärmt, um den vorhandenen Restaustenit zu stabilisieren. Die so erzeugten kaltgewalzten Stahlbleche erreichten Zugfestigkeiten von mehr als 1600 MPa bei einer Dehnung von bis zu 27 %.

[0010] Vor dem Hintergrund des voranstehend erläuterten Standes der Technik bestand die Aufgabe der Erfindung darin, ein Verfahren anzugeben, das auf einfache Weise die Herstellung komplex geformter Bauteile aus Stahlflachprodukten der voranstehend erläuterten Art ermöglicht.

[0011] Erfindungsgemäß ist diese Aufgabe dadurch gelöst worden, dass zur Herstellung von hochfesten und gute Dehnungseigenschaften aufweisenden Stahlbauteilen die in Anspruch 1 angegebenen Arbeitsschritte durchlaufen werden.

[0012] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben und werden nachfolgend wie der allgemeine Erfindungsgedanke im Einzelnen erläutert.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren ist zum Herstellen eines Stahlbauteils geeignet, das eine Zugfestigkeit R_m von mehr als 1200 MPa und eine Bruchdehnung A50 von mindestens 6 % besitzt. Zu diesem Zweck umfasst das erfindungsgemäße Verfahren folgende Arbeitsschritte:

- Bereitstellen eines Stahlflachprodukts, das neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%):

C: 0,10 - 0,60 %,

Si: 0,4 - 2,5 %,

Al: bis zu 3,0 %

Mn: 0,4 - 3,0 %,

Ni: bis zu 1 %,

Cu: bis zu 2,0 %,

Mo: bis zu 0,4 %,

Cr: bis zu 2 %,

Co: bis zu 1,5 %,

Ti: bis zu 0,2 %,

Nb: bis zu 0,2 %,

V: bis zu 0,5 %,

enthält, wobei das Gefüge des Stahlflachprodukts zu mindestens 10 Vol.-% aus Restaustenit besteht, der globulare Restaustenitinseln mit einer Korngröße von mindestens 1 μm umfasst,

- Erwärmen des Stahlflachprodukts auf eine Umformtemperatur, die 150 - 400 °C beträgt,
- Umformen des auf die Umformtemperatur erwärmten Stahlflachprodukts zu dem Bauteil mit einem höchstens bis zur Gleichmaßdehnung A_g reichenden Umformgrad, in der Praxis auch Umformdehnung oder Verformungsgrad genannt,
- Abkühlen des erhaltenen Bauteils.

[0014] Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass ein Bauteil, das durch Umformen eines 150 - 400 °C warmen Stahlflachprodukts der erfindungsgemäß beschaffenen Art hergestellt wird, nach einer anschließenden Abkühlung auf Raumtemperatur eine gegenüber der Festigkeit des ursprünglichen Stahlflachprodukts deutlich erhöhte Festigkeit bei nahezu unveränderten Dehnungseigenschaften besitzt.

[0015] In Folge der Erwärmung in dem erfindungsgemäß vorgegebenen Temperaturbereich steigt die Dehnbarkeit des erfindungsgemäß verarbeiteten Stahlflachprodukts deutlich an, so dass ohne besonderen Aufwand und bei minimierter Gefahr der Entstehung von Rissen vorgebeugt und Bauteilformen erzeugt werden können, die eine besonders komplexe Gestalt besitzen. Praktische Versuche haben hier ergeben, dass Stahlflachprodukte der erfindungsgemäß bereitgestellten Art im Temperaturbereich, in dem erfindungsgemäß die Umformung erfolgen soll, regelmäßig eine Bruchdehnung A50 von mindestens 30 % erreichen, wogegen die Bruchdehnung A50 des Bauteils bei Raumtemperatur gegenüber dem als Ausgangsprodukt dienenden Stahlflachprodukt unverändert im Bereich von typischerweise 22 % liegt.

[0016] Überraschender Weise nehmen somit die Dehnungseigenschaften eines erfindungsgemäß hergestellten Bauteils trotz der gestiegenen Festigkeit im Vergleich zu einem bei Raumtemperatur geformten Bauteil nicht ab. Die Erfindung ergibt somit durch eine Vorverformung bei 150 - 400 °C eine deutliche Festigkeitssteigerung bei unveränderter Dehnbarkeit des jeweils erhaltenen Bauteils.

[0017] Für die nach der Umformung erfolgende Abkühlung muss kein besonderer Aufwand getrieben werden. So kann die Abkühlung des Stahlflachprodukts nach dem Umformen an ruhender Luft erfolgen.

[0018] Die durch die erfindungsgemäß vorgenommene Umformung erzielte Steigerung der Festigkeit ist beträchtlich. So konnte nachgewiesen werden, dass durch eine Bauteilumformung von 15 %, die bei erfindungsgemäß erhöhten Temperaturen durchgeführt worden ist, regelmäßig die Zugfestigkeit um ca. 80 - 120 MPa gegenüber der Zugfestigkeit von Proben gesteigert werden konnte, die ebenfalls mit einem Umformgrad von 15 %, jedoch bei Raumtemperatur umgeformt worden sind. Gleichzeitig entsprechen die Dehnungseigenschaften des erfindungsgemäß erhaltenen Bauteils den Dehnungseigenschaften des bei Raumtemperatur umgeformten Bauteils, so dass das erfindungsgemäß erzeugte Bauteil aufgrund seines Verformungsverhaltens insbesondere für den Einsatz in Automobilkarosserien geeignet ist.

[0019] Der Grund für die durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise erzielte Festigkeitssteigerung besteht nach

den Erkenntnissen der Erfindung darin, dass sich im Gefüge des erfindungsgemäß verarbeiteten Stahlflachprodukts vorhandener globularer Restaustenit, der durch eine Korngröße von mindestens 1 μm gekennzeichnet ist, unter der Last der Umformung in dem erfindungsgemäß vorgegebenen Temperaturbereich von 150 - 400 °C in filmartigen Restaustenit und bainitischen Ferrit bzw. unterhalb von der Martensitstarttemperatur in Martensit umwandelt. Während der Umformung im betreffenden Temperaturbereich trägt somit der im Stahlflachprodukt vorhandene globulare Restaustenit zur Steigerung der Dehnung bei. Nach der Umformung und Abkühlung des Bauteils zeigt der erfindungsgemäß verarbeitete Stahl dann höhere Zugfestigkeiten in Folge des zusätzlich gebildeten ferritischen Bainits bzw. Martensits. Die über die Abkühlung unverändert erhalten bleibenden Anteile an filmartigem Restaustenit gewährleisten die nach der Umformung erreichte gute Restdehnung. Besonders sicher lässt sich dieser Effekt nutzen, wenn das Stahlflachprodukt für die erfindungsgemäße Umformung zu dem Bauteil auf 200 - 400 °C, insbesondere 200 - 300 °C, erwärmt wird.

[0020] Aufgrund der vergleichbar niedrigen Temperaturen, bei denen erfindungsgemäß die Umformung durchgeführt wird, eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren insbesondere dazu, Stahlflachprodukte, die mit einer metallischen Schutzbeschichtung versehen sind, zu Bauteilen umzuformen. Die metallische Schutzschicht wird durch die erfindungsgemäß erfolgende Erwärmung allenfalls geringfügig beeinflusst. Dabei kann es sich bei der Schutzbeschichtung beispielsweise um eine konventionelle Zink-, Zinklegierungs-, Aluminium- oder Aluminiumlegierungs-, Magnesium- oder Magnesiumlegierungsbeschichtung handeln.

[0021] Die Zusammensetzung eines erfindungsgemäß verarbeiteten Stahlflachprodukts ist unter Berücksichtigung folgender Gesichtspunkte gewählt worden:

[0022] Kohlenstoff in Gehalten von 0,1 - 0,6 Gew.-% verzögert im Stahl des erfindungsgemäß verarbeiteten Stahlflachprodukts die Umwandlung zu Ferrit/Perlit, senkt die Martensitstarttemperatur MS und trägt zur Erhöhung der Härte bei. Um diese positiven Effekte zu nutzen, kann der C-Gehalt des erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts auf mindestens 0,25 Gew.-%, insbesondere mindestens 0,27 Gew.-%, mindestens 0,28 Gew.-% oder mindestens 0,3 Gew.-%, gesetzt werden, wobei sich die durch den vergleichbar hohen Kohlenstoffgehalt erzielten Effekte dann besonders sicher nutzen lassen, wenn der C-Gehalt im Bereich von > 0,25 - 0,5 Gew.-%, insbesondere 0,27 - 0,4 Gew.-% oder 0,28 - 0,4 Gew.-%, liegt.

[0023] Durch die Anwesenheit von Si in Gehalten von 0,4 - 2,5 Gew.-% und Al in Gehalten von bis zu 3 Gew.-% im erfindungsgemäß verarbeiteten Stahlflachprodukt kann die Karbidbildung im Bainit unterdrückt und damit einhergehend der Restaustenit durch gelösten Kohlenstoff stabilisiert werden. Zudem trägt Si zur Mischkristallverfestigung bei. Um möglicherweise schädliche Einflüsse von Si zu vermeiden, kann der Si-Gehalt auf 2,0 Gew.-% beschränkt werden. Um Si als Mischkristallbildner zur Steigerung der Festigkeit zu nutzen, kann es zweckmäßig sein, wenn das erfindungsgemäß verarbeitete Stahlflachprodukt mindestens 1 Gew.-% Si enthält.

[0024] Al kann im erfindungsgemäß verarbeiteten Stahl den Si-Gehalt zum Teil ersetzen. Hierzu kann ein Mindestgehalt von 0,4 Gew.-% Al vorgesehen sein. Dies gilt insbesondere dann, wenn durch die Zugabe von Al die Härte oder Zugfestigkeit des Stahls zu Gunsten einer verbesserten Verformbarkeit auf einen niedrigeren Wert eingestellt werden soll.

[0025] Die positiven Einflüsse der gleichzeitigen Anwesenheit von Al und Si können dann besonders effektiv genutzt werden, wenn die Gehalte an Si und Al innerhalb der erfindungsgemäß vorgegebenen Grenzen die Bedingung $\%Si + 0,8\%Al > 1,2$ Gew.-% oder sogar die Bedingung $\%Si + 0,8\%Al > 1,5$ Gew.-% (mit %Si: jeweiliger Si-Gehalt in Gew.-%, %Al: jeweiliger Al-Gehalt in Gew.-%) erfüllen.

[0026] Mn in Gehalten von mindestens 0,4 Gew.-% und bis zu 3,0 Gew.-%, insbesondere bis zu 2,5 Gew.-% oder 2,0 Gew.-%, fördert im erfindungsgemäß verarbeiteten Stahl die Bainitbildung, wobei die optional zusätzlich vorhandenen Gehalte an Cu, Cr und Ni ebenfalls zur Bildung von Bainit beitragen. Abhängig von den jeweils anderen Bestandteilen des erfindungsgemäß verarbeiteten Stahls kann es dabei zweckmäßig sein, den Mn-Gehalt auf maximal 1,6 Gew.-% oder 1,5 Gew.-% zu beschränken.

[0027] Durch die optionale Zugabe von Cr kann die Martensitstarttemperatur abgesenkt und die Neigung des Bainits zur Umwandlung in Perlit oder Zementit unterdrückt werden. Des Weiteren fördert Cr in Gehalten bis zur erfindungsgemäß vorgegebenen Obergrenze von maximal 2 Gew.-% die ferritische Umwandlung, wobei sich optimale Wirkungen der Anwesenheit von Cr in einem erfindungsgemäßen Stahlflachprodukt dann ergeben, wenn der Cr-Gehalt auf 1,5 Gew.-% beschränkt ist.

[0028] Durch die optionale Zugabe von Ti, V oder Nb kann die Entstehung von feinkörnigem Gefüge unterstützt und die ferritische Umwandlung gefördert werden. Darüber hinaus tragen diese Mikrolegierungselemente durch die Bildung von Ausscheidungen zur Steigerung der Härte bei. Besonders effektiv lassen sich die positiven Wirkungen von Ti, V und Nb im erfindungsgemäß verarbeiteten Stahlflachprodukt dann nutzen, wenn ihr Gehalt jeweils im Bereich von 0,002 - 0,15 Gew.-% liegt, insbesondere 0,14 Gew.-% nicht überschreitet.

[0029] Die Bildung des erfindungsgemäß vorgesehenen Gefüges lässt sich insbesondere dadurch gewährleisten, dass die Gehalte des erfindungsgemäß verarbeiteten Stahlflachprodukts an Mn, Cr, Ni, Cu und C die folgende Bedingung

$$1 < 0,5\%Mn + 0,167\%Cr + 0,125\%Ni + 0,125\%Cu + 1,334\%C < 2$$

erfüllen, wobei mit %Mn der jeweilige Mn-Gehalt in Gew.-%, mit %Cr der jeweilige Cr-Gehalt in Gew.-%, mit %Ni der jeweilige Ni-Gehalt in Gew.-%, mit %Cu der jeweilige Cu-Gehalt in Gew.-% und mit %C der jeweilige C-Gehalt in Gew.-% bezeichnet sind.

[0030] Als Ausgangsprodukt für das erfindungsgemäße Verfahren eignen sich grundsätzlich warm- oder kaltgewalzte Stahlflachprodukte mit einer den erfindungsgemäßen Vorgaben entsprechenden Zusammensetzung. Hierzu in Frage kommende warmgewalzte Stahlflachprodukte und ein Verfahren zu ihrer Herstellung sind Gegenstand der Europäischen Patentanmeldung EP 12 17 83 30.2, deren Inhalt hiermit ausdrücklich in die Offenbarung der vorliegenden Patentanmeldung einbezogen wird.

[0031] Wie in der genannten Europäischen Patentanmeldung EP 12 17 83 30.2 erläutert, zeichnen sich die gemäß dieser Patentanmeldung erzeugten warmgewalzten Stahlflachprodukte durch eine optimale Kombination aus Dehneigenschaften und Festigkeit aus. Diese Eigenschaftskombination kann dadurch besonders sicher erreicht werden, dass das Gefüge von erfindungsgemäß verarbeiteten Stahlflachprodukten, neben optional vorhandenen Anteilen von bis zu 5 Vol.-% Ferrit und bis zu 10 Vol.-% Martensit, zu mindestens 60 Vol.-% aus Bainit und als Rest aus Restaustenit besteht, wobei der Restaustenitgehalt mindestens 10 Vol.-% beträgt, zumindest ein Teil des Restaustenits in blockiger Form vorliegt und die Blöcke des in blockiger Form vorliegenden Restaustenits zu mindestens 98 % einen mittleren Durchmesser von weniger als 5 µm aufweisen.

[0032] Ein gemäß der EP 12 17 83 30.2 beschaffenes warmgewalztes Stahlflachprodukt weist dementsprechend ein von zwei Phase dominiertes Gefüge auf, dessen einer dominierender Bestandteil Bainit und dessen zweiter dominierender Bestandteil Restaustenit ist. Neben diesen beiden Hauptkomponenten können geringe Anteile an Martensit und Ferrit vorhanden sein, deren Gehalte jedoch zu gering sind, um einen Einfluss auf die Eigenschaften des warmgewalzten Stahlflachprodukts zu haben.

[0033] Von "blockartigem" Restaustenit spricht man in diesem Zusammenhang dann, wenn bei den im Gefüge vorhandenen Gefüge-Bestandteilen an Restaustenit das Verhältnis aus Länge/Breite, d. h. längste Ausdehnung/Dicke, 1 bis 5 beträgt. Dagegen wird Restaustenit als "filmartig" bezeichnet, wenn bei den im Gefüge vorhandenen Restaustenitansammlungen das Verhältnis Länge/Breite größer als 5 ist und die Breite der jeweiligen Gefüge-Bestandteile an Restaustenit kleiner als 1 µm ist. Filmartiger Restaustenit liegt dementsprechend typischerweise als fein verteilte Lamelle vor.

[0034] Ein Verfahren zum Herstellen eines als Ausgangsprodukt für das erfindungsgemäße Verfahren geeigneten warmgewalzten Stahlflachprodukts umfasst folgende Arbeitsschritte:

- Bereitstellen eines Vorprodukts in Form einer Bramme, Dünnbramme oder eines gegossenen Bands, das neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%): 0,10 - 0,60 % C, 0,4 - 2,0 % Si, bis zu 2,0 % Al, 0,4 - 2,5 % Mn, bis zu 1 % Ni, bis zu 2,0 % Cu, bis zu 0,4 % Mo, bis zu 2 % Cr, bis zu 0,2 % Ti, bis zu 0,2 % Nb und bis zu 0,5 % V enthält;
- Warmwalzen des Vorprodukts zu einem Warmband in einem oder mehreren Walzstichen, wobei das erhaltene Warmband beim Verlassen des letzten Walzstichs eine Warmwalzendtemperatur von mindestens 880 °C aufweist;
- beschleunigtes Abkühlen des erhaltenen Warmbands mit einer Abkühlrate von mindestens 5 °C/s auf eine Haspeltemperatur, die zwischen der Martensitstarttemperatur MS und 600 °C liegt;
- Haspeln des Warmbands zu einem Coil;
- Abkühlen des Coils, wobei die Temperatur des Coils während der Abkühlung zur Bildung von Bainit solange in einem Temperaturbereich gehalten wird, dessen Obergrenze gleich der Bainitstarttemperatur BS, ab der Bainit im Gefüge des Warmbands entsteht, und dessen Untergrenze gleich der Martensitstarttemperatur MS ist, ab der Martensit im Gefüge des Warmbands entsteht, bis mindestens 60 Vol.-% des Gefüges des Warmbands aus Bainit bestehen.

[0035] Ein für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens als Ausgangsprodukt geeignetes kaltgewalztes Stahlflachprodukt und ein Verfahren zur Herstellung eines solchen kaltgewalzten Stahlflachprodukts sind Gegenstand der Europäischen Patentanmeldung 12 17 83 32.8, deren Inhalt hiermit ebenfalls ausdrücklich in die Offenbarung der vorliegenden Patentanmeldung einbezogen wird.

[0036] Bei einer unter die erfindungsgemäß vorgegebene Stahlzusammensetzung fallenden Legierung besteht das

Gefüge des kaltgewalzten Stahlflachprodukts vorzugweise zu mindestens 20 Vol.-% aus Bainit, zu 10 - 35 Vol.-% aus Restaustenit und als Rest aus Martensit. Dabei versteht es sich von selbst, dass im Gefüge des Stahlflachprodukts technisch unvermeidbare Spuren anderer Gefügebestandteile vorhanden sein können. Ein derartiges für die erfindungsgemäße Verarbeitung geeignetes kaltgewalztes Stahlflachprodukt weist dementsprechend ein dreiphasiges Gefüge auf, dessen dominierender Bestandteil Bainit ist und das darüber hinaus aus Restaustenit sowie als Rest aus Martensit besteht. Optimaler Weise liegt der Bainitanteil bei mindestens 50 Vol.-%, insbesondere mindestens 60 Vol.-%, und der Restaustenitanteil im Bereich von 10 - 25 Vol.-%, wobei auch hier der Rest des Gefüges jeweils durch Martensit aufgefüllt ist. Der optimale Martensitanteil beträgt mindestens 10 Vol.-%. Ein derart zusammengesetztes Gefüge bewirkt bei der für ein erfindungsgemäß verarbeitetes kaltgewalztes Stahlflachprodukt geforderten hohen Zugfestigkeit R_m von typischerweise mindestens 1400 MPa und einer Bruchdehnung A_{80} von mindestens 5 % ein optimales Produkt $R_m \times A_{80}$ von Dehnung und Zugfestigkeit. Neben den Hauptkomponenten "Bainit", "Restaustenit" und "Martensit" können im kaltgewalzten erfindungsgemäß verarbeiteten Stahlflachprodukt Gehalte an anderen Gefügebestandteilen vorhanden sein, deren Anteile jedoch zu gering sind, um einen Einfluss auf die Eigenschaften des kaltgewalzten Stahlflachprodukts zu haben. Der Restaustenit liegt bei einem derart beschaffenen, für die erfindungsgemäße Verarbeitung geeigneten Stahlflachprodukt überwiegend filmartig mit kleinen globularen Inseln von blockigem Restaustenit mit einer Korngröße $< 5 \mu\text{m}$ vor, so dass der Restaustenit eine hohe Stabilität und damit einhergehend eine geringe Neigung zur unerwünschten Umwandlung in Martensit besitzt. Der C-Gehalt des Restaustenits beträgt dabei typischerweise mehr als 1,0 Gew.-%.

[0037] Ein Verfahren zum Herstellen eines solcherart beschaffenen, erfindungsgemäß verarbeiteten kaltgewalzten Stahlflachprodukts umfasst folgende Arbeitsschritte:

- Bereitstellen eines Vorprodukts in Form einer Bramme, Dünnbramme oder eines gegossenen Bands, das neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) C: 0,10 - 0,60 %, Si: 0,4 - 2,5 %, Al: bis zu 3,0 %, Mn: 0,4 - 3,0 %, Ni: bis zu 1,0 0 %, Cu: bis zu 2,0 0 %, Mo: bis zu 0,4 %, Cr: bis zu 2 %, Co: bis zu 1,5 %, Ti: bis zu 0,2 %, Nb: bis zu 0,2 %, V: bis zu 0,5 % enthält;
- Warmwalzen des Vorprodukts zu einem Warmband in einem oder mehreren Walzstichen, wobei das erhaltene Warmband beim Verlassen des letzten Walzstichs eine Warmwalzendtemperatur von mindestens 830 °C aufweist;
- Haspeln des erhaltenen Warmbands bei einer Haspeltemperatur, die zwischen der Warmwalzendtemperatur und 560 °C liegt;
- Kaltwalzen des Warmbands zu einem Kaltband mit einem Kaltwalzgrad von mindestens 30 %;
- Wärmebehandeln des erhaltenen Kaltbands, wobei das Kaltband im Zuge der Wärmebehandlung
 - auf eine mindestens 800 °C betragende Glühtemperatur erwärmt wird,
 - optional über eine Glühdauer von 50 - 150 s bei der Glühtemperatur gehalten wird,
 - ausgehend von der Glühtemperatur mit einer mindestens 8 °C/s betragenden Abkühlgeschwindigkeit auf eine Haltetemperatur abgekühlt wird, die in einem Haltetemperaturbereich liegt, dessen Obergrenze 470 °C beträgt und dessen Untergrenze höher ist als die Martensitstarttemperatur M_S , ab der Martensit im Gefüge des Kaltbands entsteht, und
 - im Haltetemperaturbereich über einen Zeitraum gehalten wird, der ausreicht, um im Gefüge des Kaltbands mindestens 20 Vol.-% Bainit zu bilden.

[0038] Die voranstehend erwähnte Martensitstarttemperatur, d. h. die Temperatur, ab der sich in erfindungsgemäß verarbeitetem Stahl Martensit bildet, kann jeweils gemäß der im Artikel "Thermodynamic Extrapolation and Martensite-Start-Temperature of Substitutionally Alloyed Steels" von H. Bhadeshia, erschienen in Metal Science 15 (1981), Seiten 178 -180 erläuterten Vorgehensweise berechnet werden.

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

Fig. 1 ein Diagramm, in dem für vier warmgewalzte Stahlflachprodukte derselben Zusammensetzung S1 in erfindungsgemäßer Weise erzeugten Bauteile B1, B2, B3, B4 die Bruchdehnung A_{50} über die Zugfestigkeit R_m aufgetragen ist;

Fig. 2 eine Abbildung einer Gefügeprobe des Bauteils B4;

EP 2 840 159 A1

Fig. 3a,3b Abbildungen einer Gefügeprobe des Stahlflachprodukts, aus dem das Bauteil B4 geformt ist, in 20000-facher Vergrößerung und zwar vor (Fig. 3a) und nach (Fig. 3b) der Umformung;

Fig. 4a,4b Abbildungen einer Gefügeprobe des Stahlflachprodukts, aus dem das Bauteil B4 geformt ist, in 50000-facher Vergrößerung und zwar vor (Fig. 4a) und nach (Fig. 4b) der Umformung.

[0040] Es ist ein Stahl mit der in Tabelle 1 angegebenen Zusammensetzung erschmolzen worden.

[0041] Die Stahlschmelze ist auf konventionelle Weise zu Brammen vergossen worden, die anschließend auf ebenso konventionelle Weise auf eine Wiedererwärmungstemperatur OT erwärmt worden sind.

[0042] Die erwärmten Brammen sind in einer ebenfalls konventionellen Warmwalzstaffel zu Warmbändern W1 - W4 mit einer Dicke von jeweils 2,0 mm warmgewalzt worden.

[0043] Die aus der Warmwalzstaffel austretenden Warmbänder W1 - W4 wiesen jeweils eine Warmwalzendtemperatur ET auf, von der ausgehend sie mit einer Abkühlrate KR auf eine Haspeltemperatur HT beschleunigt abgekühlt worden sind. Bei dieser Haspeltemperatur HT sind die Warmbänder W1 - W4 zu Coils gewickelt worden.

[0044] Die Coils sind anschließend jeweils in einem Temperaturbereich abgekühlt worden, dessen Obergrenze durch die jeweilige Haspeltemperatur HT und dessen Untergrenze durch die für den Stahl S1 berechnete Martensitstarttemperatur MS festgelegt war. Die Berechnung der Martensitstarttemperatur MS erfolgte dabei gemäß der im Artikel "Thermodynamic Extrapolation and Martensite-Start-Temperature of Substitutionally Alloyed Steels" von H. Bhadeshia, erschienen in Metal Science 15 (1981), Seiten 178 -180 erläuterten Vorgehensweise.

[0045] Die Dauer, über die das Coil in dem in der voranstehend beschriebenen Weise definierten Temperaturbereich abgekühlt worden ist, war so bemessen, dass die so erhaltenen Warmbänder jeweils ein aus Bainit und Restaustenit bestehendes Gefüge aufwiesen, in dem die Anteile anderer Gefügebestandteile allenfalls in unwirksamen, gegen "0" gehende Mengen vorhanden waren.

[0046] Die jeweiligen Betriebsparameter Wiedererwärmungstemperatur OT, Warmwalzendtemperatur ET, Abkühlrate KR, Haspeltemperatur HT und Martensitstarttemperatur MS sind in Tabelle 2 angegeben.

[0047] In Tabelle 3 sind darüber hinaus die für die einzelnen Warmbänder W1 - W4 ermittelten mechanischen Eigenschaften Zugfestigkeit Rm, Streckgrenze Rp, Bruchdehnung A80, Güte Rm*A80 sowie der jeweilige Restaustenitgehalt RA angegeben.

[0048] Proben der so erhaltenen, in Form der Warmbänder W1 - W4 vorliegenden Stahlflachprodukte sind anschließend auf eine im Bereich von 200 - 250 °C liegende Umformtemperatur UT erwärmt und mit einem Umformgrad von bis zu 15 % zu jeweils einem Bauteil umgeformt worden. Bei der Temperatur UT war die Bruchdehnung A50 der Proben > 30 %, so dass in dem erfindungsgemäßen Temperaturbereich der Umformung auch die Abbildung von komplexen Formelementen ohne die Gefahr einer Rissbildung möglich war.

[0049] Nach dem Umformen im Temperaturbereich von 200 - 250 °C sind die aus den Proben der Warmbänder W1 - W4 15 % umgeformten Bauteile an Luft auf Raumtemperatur abgekühlt und ihre Bruchdehnung A50 sowie ihre Zugfestigkeit Rm bestimmt worden.

[0050] Zum Vergleich sind weitere Proben der Warmbänder W1 - W4 bei Raumtemperatur RT, d. h. kalt, zu den jeweiligen Bauteilen umgeformt worden. Auch an den so geformten Bauteilen ist die Bruchdehnung A50 und die Zugfestigkeit Rm bestimmt worden.

[0051] Es zeigte sich, dass nach der Abkühlung auf Raumtemperatur bei im Wesentlichen konstanten Werten der Bruchdehnung A50 die Zugfestigkeit Rm der erfindungsgemäß umgeformten Proben um jeweils 80 - 120 MPa höher lag als bei den bei Raumtemperatur umgeformten Proben.

[0052] In Fig. 2 ist ein Ausschnitt einer Gefügeprobe dargestellt, die bei Raumtemperatur aus dem Bauteil entnommen worden ist, das aus dem aus dem Stahl S1 bestehenden Warmband W2 in erfindungsgemäßer Weise bei Temperaturen von 200 - 250 °C geformt worden ist. Deutlich zu erkennen ist dort der durch die Umformung im genannten Temperaturbereich aus den zuvor globulitischen Restaustenitinseln entstandene, filmartig vorliegende Restaustenit RAf.

[0053] In Fig. 3a,3b sind in jeweils 20000-facher Vergrößerung Ausschnitte einer Gefügeprobe des aus dem Stahl S1 bestehenden Stahlbauteils vor (Fig. 3a) und nach (Fig. 3b) der erfindungsgemäßen Umformung wiedergegeben.

[0054] In Fig. 4a,4b finden sich entsprechende Aufnahmen der Gefügeproben des aus dem Stahl S1 bestehenden Stahlbauteils vor (Fig. 4a) und nach (Fig. 4b) der erfindungsgemäßen Umformung in 50000-facher Vergrößerung.

[0055] Auch der Vergleich der Figur 3a mit der Figur 3b und der Figur 4a mit der Figur 4b zeigen deutlich die Veränderungen, die mit einer erfindungsgemäßen Verformung bewirkt werden.

[0056] Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt somit auf einfache Weise die Herstellung eines komplex geformten Stahlbauteils mit einer Zugfestigkeit Rm > 1200 MPa und einer Bruchdehnung A50 > 6 %. Hierzu wird erfindungsgemäß ein Stahlflachprodukt bereitgestellt, das neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) C: 0,10 - 0,60 %, Si: 0,4 - 2,5 %, Al: bis zu 3,0 % Mn: 0,4 - 3,0 %, Ni: bis zu 1 %, Cu: bis zu 2,0 %, Mo: bis zu 0,4 %, Cr: bis zu 2 %, Co: bis zu 1,5 %, Ti: bis zu 0,2 %, Nb: bis zu 0,2 %, V: bis zu 0,5 %, enthält, wobei das Gefüge des Stahlflachprodukts zu mindestens 10 Vol.-% aus Restaustenit besteht, der globulare Restaustenitinseln mit einer Korngröße von mindestens

EP 2 840 159 A1

1 µm umfasst. Das Stahlflachprodukt wird auf eine 150 - 400 °C betragende Umformtemperatur erwärmt und bei der Umformtemperatur mit einem Umformgrad, der höchstens gleich der Gleichmaßdehnung Ag ist, zu dem Bauteil umgeformt. Abschließend wird das so erhaltene Stahlflachprodukt abgekühlt. Ein derart bei erhöhten Temperaturen geformtes Bauteil besitzt gegenüber aus demselben Stahlflachprodukt, jedoch bei Raumtemperatur geformten Bauteilen eine deutlich gesteigerte Festigkeit.

Tabelle 1

Stahl	C	Si	Al	Mn	Ni	Cu	Cr	Sonstige
S1	0,48	1,5	0,02	1,48	0,034	1,51	0,9	

Angaben in Gew.-%,
Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen

Tabelle 2

Warmband	OT [°C]	ET [°C]	KR [°C/s]	HT [°C]	MS [°C]
W1	1150	970	20	350	245
W2	1200	1000	10	400	315
W3	1200	1000	20	450	270
W4	1150	1000	20	500	230

Tabelle 3

Warmband	Rm [MPa]	Rp [MPa]	A80 [%]	RM*A80 [MPa*%]	RA [Vol.-%]
W1	1357	807	22,2	27387	36
W2	1318	751	17,8	21328	17
W3	1217	821	25,8	28544	32
W4	1345	889	21,0	25677	30

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Stahlbauteils, das eine Zugfestigkeit Rm von mehr als 1200 MPa und eine Bruchdehnung A50 von mehr als 6 % aufweist, umfassend folgende Arbeitsschritte:

- Bereitstellen eines Stahlflachprodukts, das neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%):

C: 0,10 - 0,60 %,
Si: 0,4 - 2,5 %,
Al: bis zu 3,0 %,
Mn: 0,4 - 3,0 %,
Ni: bis zu 1 %,
Cu: bis zu 2,0 %,
Mo: bis zu 0,4 %,
Cr: bis zu 2 %,
Co: bis zu 1,5 %,
Ti: bis zu 0,2 %,
Nb: bis zu 0,2 %,
V: bis zu 0,5 %,

enthält, wobei das Gefüge des Stahlflachprodukts zu mindestens 10 Vol.-% aus Restaustenit besteht, der globulare Restaustenitinseln mit einer Korngröße von mindestens 1 µm umfasst,

EP 2 840 159 A1

- Erwärmen des Stahlflachprodukts auf eine Umformtemperatur, die 150 - 400 °C beträgt,
- Umformen des auf die Umformtemperatur erwärmten Stahlflachprodukts zu dem Bauteil mit einem höchstens bis zur Gleichmaßdehnung A_g reichenden Umformgrad,
- Abkühlen des umgeformten Stahlflachprodukts.

- 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das bereitgestellte Stahlflachprodukt mit einer metallischen Schutzbeschichtung versehen ist.
- 10
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das bereitgestellte Stahlflachprodukt ein warmgewalztes Stahlband oder -blech ist.
- 15
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gefüge des warmgewalzten Stahlflachprodukts mindestens 60 Vol.-% Bainit und mindestens 10 Vol.-% Restaustenit sowie optional bis zu 5 Vol.-% Ferrit und bis zu 10 Vol.-% Martensit enthält und **dass** zumindest ein Teil des Restaustenits in blockiger Form und die Blöcke des in blockiger Form vorliegenden Restaustenits zu mindestens 98 % einen mittleren Durchmesser von weniger als 5 μm aufweisen.
- 20
5. Stahlflachprodukt nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** seine Gehalte an Mn, Cr, Ni, Cu und C die folgende Bedingung erfüllen:

$$1 < 0,5\%Mn + 0,167\%Cr + 0,125\%Ni + 0,125\%Cu + 1,334\%C < 2$$

25

mit %Mn: jeweiliger Mn-Gehalt in Gew.-%,
%Cr: jeweiliger Cr-Gehalt in Gew.-%,
%Ni: jeweiliger Ni-Gehalt in Gew.-%,
%Cu: jeweiliger Cu-Gehalt in Gew.-%,
%C: jeweiliger C-Gehalt in Gew.-%.

- 30
6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das bereitgestellte Stahlflachprodukt ein kaltgewalztes Stahlband oder -blech ist.
- 35
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gefüge des kaltgewalzten Stahlflachprodukts mindestens 20 Vol.-% Bainit, 10 - 35 Vol.-% Restaustenit und mindestens 10 Vol.-% Martensit enthält.
- 40
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das kaltgewalzte Stahlflachprodukt mindestens 50 Vol.-% Bainit enthält.
- 45
9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Summe der Al- und Si-Gehalte des bereitgestellten Stahlflachprodukts mindestens 1,5 Gew.-% beträgt.
- 50
10. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die nach dem Umformen erfolgende Abkühlung des Stahlflachprodukts an ruhender Luft erfolgt.
- 55

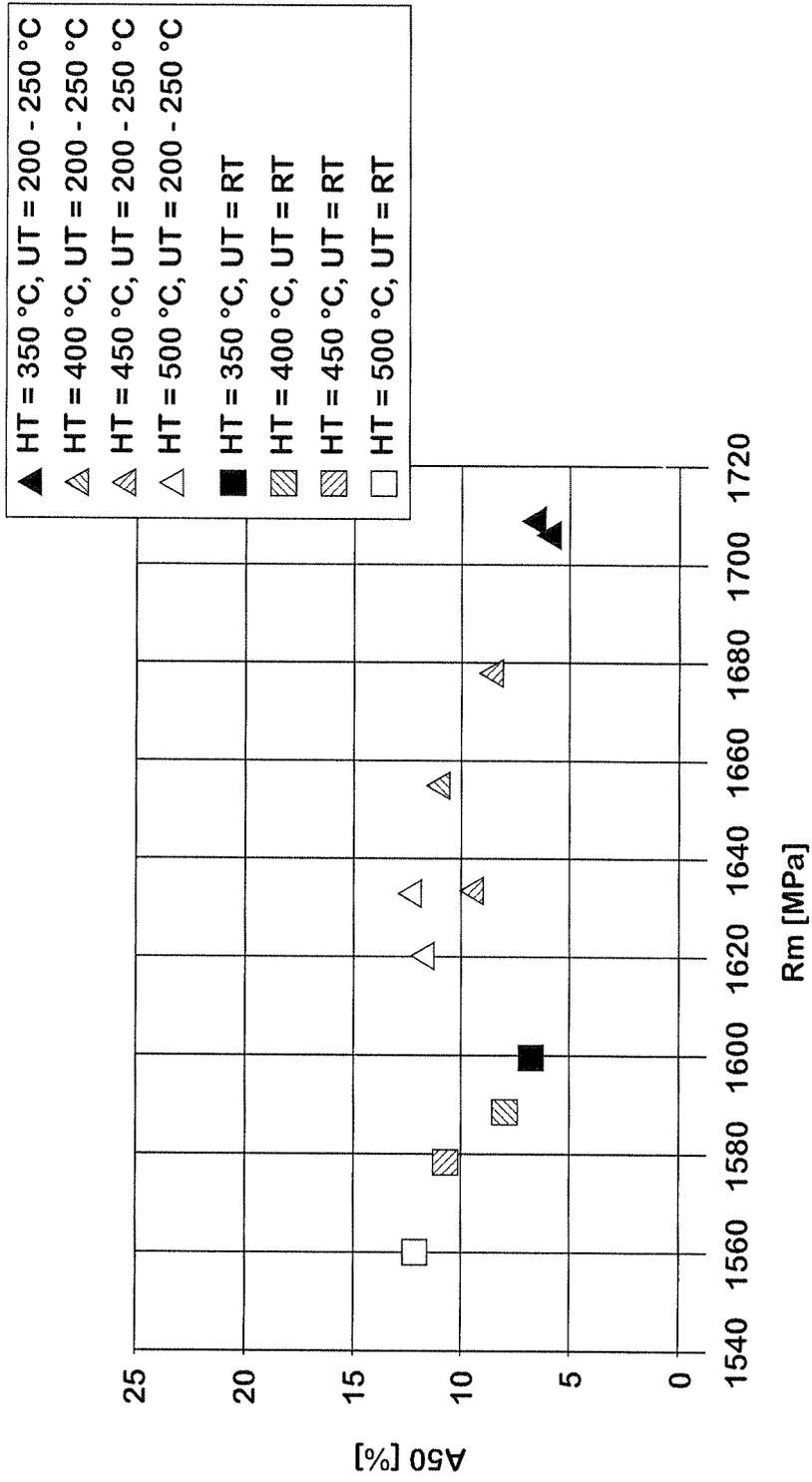


Fig. 1

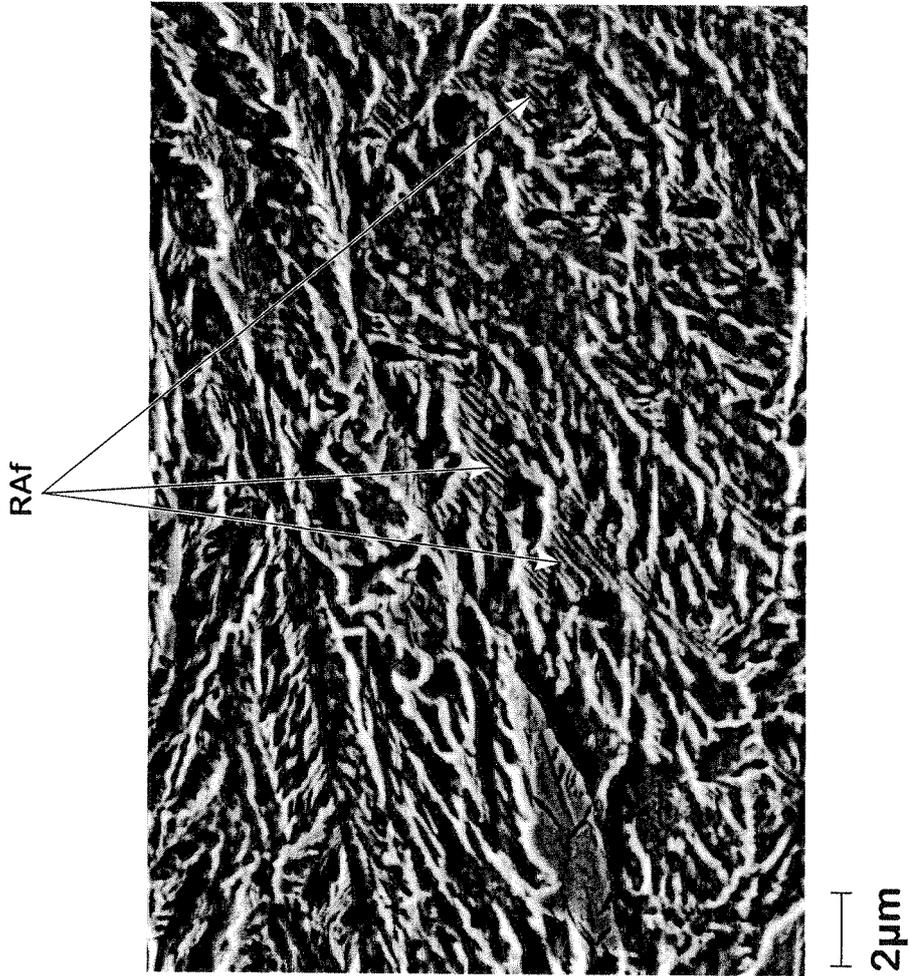


Fig. 2

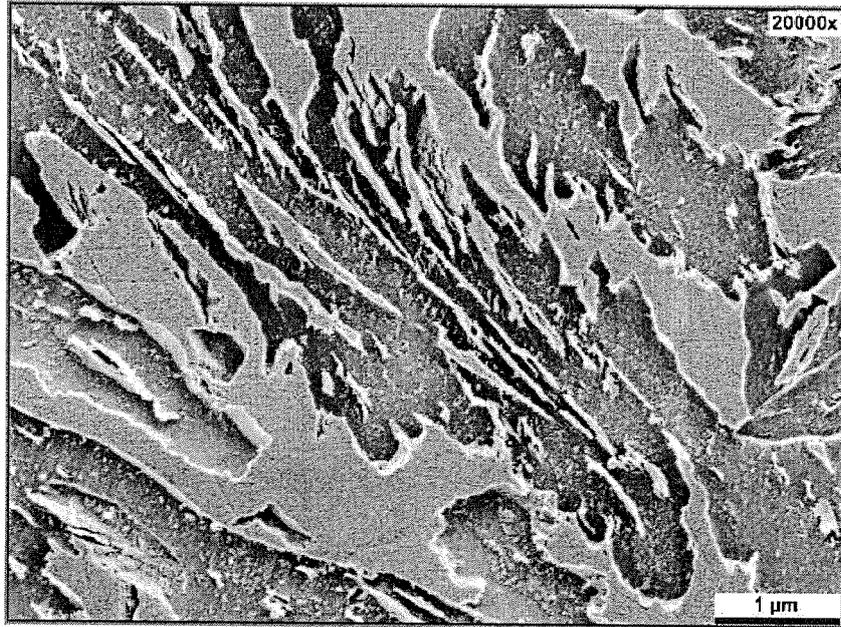


Fig. 3a

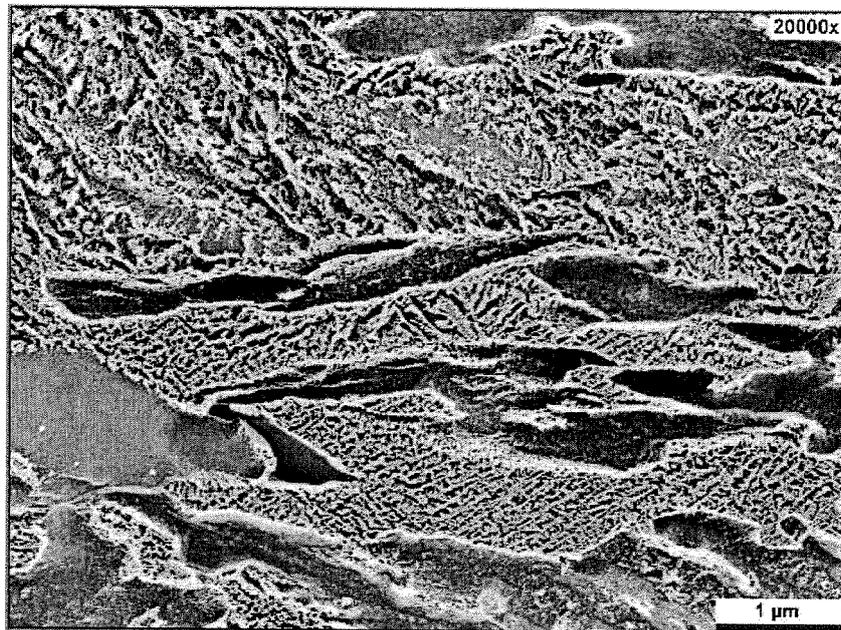


Fig. 3b

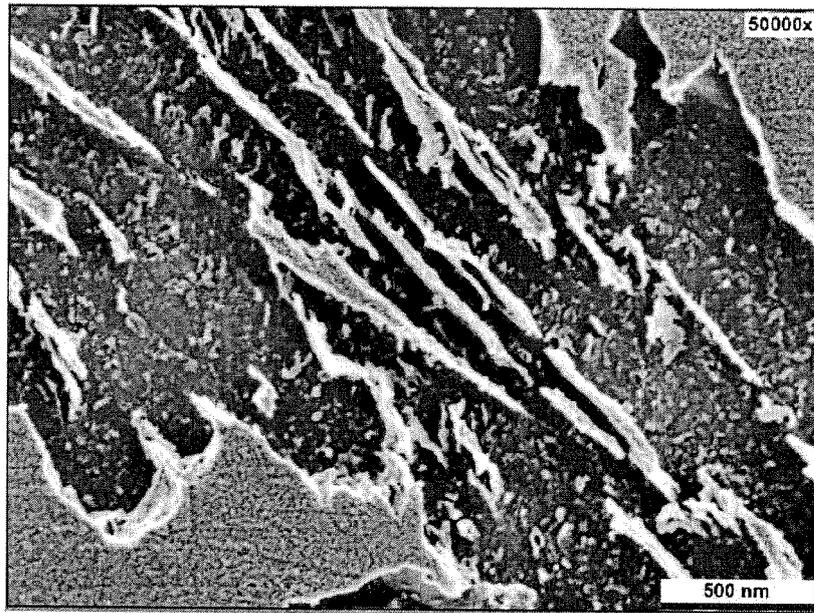


Fig. 4a

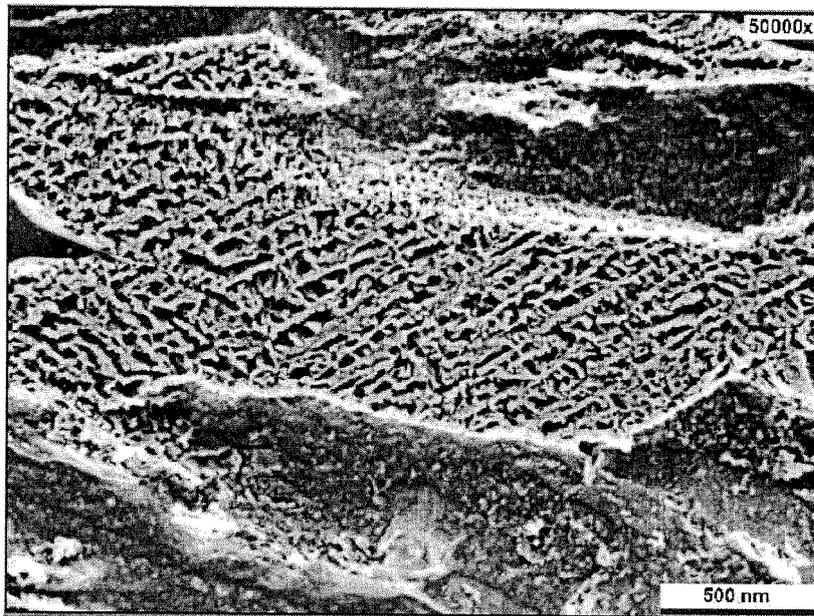


Fig. 4b



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 13 18 1374

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP 2005 097725 A (NIPPON STEEL CORP) 14. April 2005 (2005-04-14) * Absatz [0008] - Absatz [0010] * * Absatz [0035] - Absatz [0042] * * Beispiele A, D, H; Tabellen 1, 2 * -----	1,2	INV. C22C38/02 C22C38/04 C22C38/06 C22C38/08 C22C38/16 C22C38/18 C21D8/02
X	WO 2012/063620 A1 (NHK SPRING CO LTD) 18. Mai 2012 (2012-05-18) * Absatz [0101] - Absatz [0109]; Tabelle 2 * * & US 2013/240093 A1 (OKADA HIDEKI [JP] ET AL) 19. September 2013 (2013-09-19) * Absatz [0101] - Absatz [0109]; Tabelle 2 * * -----	1	
A	US 2006/060269 A1 (NAKANO TOMOHIRO [JP] ET AL) 23. März 2006 (2006-03-23) * das ganze Dokument * -----	1-5	
A	US 2012/211128 A1 (CORQUILLET JACQUES [FR] ET AL) 23. August 2012 (2012-08-23) * das ganze Dokument * -----	1-5	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	WO 2011/111330 A1 (JFE STEEL CORP [JP]; MATSUDA HIROSHI [JP]; FUNAKAWA YOSHIMASA [JP]; TA) 15. September 2011 (2011-09-15) * das ganze Dokument * * -----	1-5	C22C C21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 23. Januar 2014	Prüfer Huber, Gerrit
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.02 (P04C03)



5

GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE

Die vorliegende europäische Patentanmeldung enthielt bei ihrer Einreichung Patentansprüche, für die eine Zahlung fällig war.

10

Nur ein Teil der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für jene Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war, sowie für die Patentansprüche, für die Anspruchsgebühren entrichtet wurden, nämlich Patentansprüche:

15

Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war.

20

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

25

Siehe Ergänzungsblatt B

30

Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.

35

Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Recherchenabteilung nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.

Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind, nämlich Patentansprüche:

40

Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen, nämlich Patentansprüche:

45

see annex

50

Der vorliegende ergänzende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen (Regel 164 (1) EPU).

55



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung
EP 13 18 1374

5

10

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

1. Ansprüche: 1-5

Warmgewalztes Stahlband

15

2. Ansprüche: 6-10

Kaltgewalztes Stahlband

20

25

30

35

40

45

50

55

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

EP 13 18 1374

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

23-01-2014

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2005097725 A	14-04-2005	JP 4288201 B2	01-07-2009
		JP 2005097725 A	14-04-2005
WO 2012063620 A1	18-05-2012	CN 103201404 A	10-07-2013
		EP 2639328 A1	18-09-2013
		JP 5250609 B2	31-07-2013
		JP 2012102378 A	31-05-2012
		KR 20130099145 A	05-09-2013
		US 2013240093 A1	19-09-2013
		WO 2012063620 A1	18-05-2012
US 2006060269 A1	23-03-2006	CN 1764730 A	26-04-2006
		DE 112004000474 T5	04-05-2006
		US 2006060269 A1	23-03-2006
		WO 2004085685 A1	07-10-2004
US 2012211128 A1	23-08-2012	AT 513932 T	15-07-2011
		BR PI0616261 A2	14-06-2011
		CA 2623146 A1	29-03-2007
		CN 101292049 A	22-10-2008
		EP 1767659 A1	28-03-2007
		EP 1929053 A1	11-06-2008
		EP 2287344 A1	23-02-2011
		ES 2366133 T3	17-10-2011
		JP 5386170 B2	15-01-2014
		JP 2009508692 A	05-03-2009
		KR 20080053312 A	12-06-2008
		KR 20110121657 A	07-11-2011
		KR 20120099526 A	10-09-2012
		KR 20130017102 A	19-02-2013
		MA 29790 B1	01-09-2008
		US 2008308194 A1	18-12-2008
US 2012211128 A1	23-08-2012		
WO 2007034063 A1	29-03-2007		
ZA 200802385 A	28-01-2009		
WO 2011111330 A1	15-09-2011	CN 102884218 A	16-01-2013
		EP 2546382 A1	16-01-2013
		JP 5287770 B2	11-09-2013
		JP 2011184756 A	22-09-2011
		KR 20120113806 A	15-10-2012
		US 2013087253 A1	11-04-2013
		WO 2011111330 A1	15-09-2011

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 6364968 B1 [0006]
- EP 2546382 A1 [0008] [0009]
- EP 12178330 A [0030] [0031] [0032]
- EP 12178332 A [0035]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **H. BHADSHIA.** Thermodynamic Extrapolation and Martensite-Start-Temperature of Substitutionally Alloyed Steels. *Metal Science*, 1981, vol. 15, 178-180 [0038] [0044]