

(19)



(11)

EP 1 399 598 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
23.02.2011 Patentblatt 2011/08

(51) Int Cl.:
C21D 8/02 (2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
13.10.2004 Patentblatt 2004/42

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2002/006870

(21) Anmeldenummer: **02738172.2**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/002772 (09.01.2003 Gazette 2003/02)

(22) Anmeldetag: **21.06.2002**

(54) **VERFAHREN ZUM HERSTELLEN VON HOCHFESTEN, AUS EINEM WARMBAND KALTVERFORMTEN STAHLPRODUKTEN MIT GUTER DEHNBARKEIT**

METHOD FOR PRODUCING HIGH-STRENGTH COLD-FORMED STEEL PRODUCTS FROM A HOT ROLLED STRIP, SAID PRODUCTS EXHIBITING GOOD MALLEABILITY

PROCEDE POUR FABRIQUER DES PRODUITS EN ACIER DE GRANDE RESISTANCE ET DE BONNE MALLEABILITE, FORMES A FROID A PARTIR D'UN FEUILLARD LAMINE A CHAUD

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR

(30) Priorität: **26.06.2001 DE 10130774**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.03.2004 Patentblatt 2004/13

(73) Patentinhaber: **ThyssenKrupp Steel Europe AG 47166 Duisburg (DE)**

(72) Erfinder:

- **HELLER, Thomas 47229 Duisburg (DE)**
- **ENGL, Bernhard 44267 Dortmund (DE)**
- **STICH, Günter 44869 Bochum (DE)**

(74) Vertreter: **Simons, Johannes COHAUSZ & FLORACK Patent- und Rechtsanwälte Partnerschaftsgesellschaft Bleichstrasse 14 40211 Düsseldorf (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

EP-B1- 0 966 547	EP-B1- 1 067 203
DE-A- 19 710 125	GB-A- 1 529 626
US-A- 3 950 190	US-A- 4 067 754
US-A- 4 082 576	

- **LAKE P.B.; GRENAWALT J.J.:** 'Partially annealed high strength cold rolled steels' SAE PAPER 770163
- **MOULD P.R.:** 'An overview of continuous annealing technology for steel sheet products' METALLURGY OF CONTINUOUS-ANNEALED SHEET STEEL 15 Februar 1982 - 16 Februar 1982, U.S. STEEL RESEARCH LABORATORY, Seiten 3 - 33
- **SCHNEIDER E.J.; POLLARD B.:** 'Titanium-Bearing High Strength Cold Rolled Steels' MECHANICAL WORKING AND STEEL PROCESSING XVIII 29 Oktober 1980 - 30 Oktober 1980, TORONTO, ONTARIO, Seiten 398 - 428
- **CAHN R.W. ET AL:** 'Materials Science and Technology', 1992 Artikel F.B. PICKERING: 'Constitution and Properties of Steels' Seiten 49,272,273,337,350 and 351'
- **GLADMAN T.:** 'The Physical Metallurgy of Microalloyed Steels', 1997, INSTITUTE OF MATERIALS, UK, ISBN 0910716812 Seite 231
- **PEARCE R.:** 'Sheet Metal Forming', 1991, IOP PUBLISHING, BRISTOL Seiten 141 - 169
- **'The Making, Shaping and Treating of Steel'**, 1985, ASSOCIATION OF IRON AND STEEL ENGINEERS, USA, ISBN 0930767004 Seite 1065
- **VAN VLACK L.H.:** 'Elements of Materials Science and Engineering', 1980, ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY, ISBN 0201080818 Seiten 204 - 211
- **PENNING J. ET AL:** 'The development of recovery annealed steels' INTERNATIONAL JOURNAL OF MATERIALS AND PRODUCT TECHNOLOGY Bd. 10, Nr. 3-6, 1995, Seiten 325 - 337

EP 1 399 598 B2

- VANDERSCHUEREN D.; VANDEPUTTE S.
INDUSTRIAL DEVELOPMENT OF IF HIGH
STRENGTH STEELS WITH AND WITHOUT BH Bd.
XXXVI, 1998, 40TH MWSP CONFERENCE
PROCEEDINGS, Seiten 205 - 211

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines hochfesten, aus einem Warmband kaltverformten Stahlprodukts mit guter Umformbarkeit.

[0002] Ein Verfahren zum Herstellen von eine hohe Festigkeit aufweisendem Warmband ist aus der DE 197 10 125 A1 bekannt. Gemäß dem bekannten Verfahren wird ein (in Gew.-%) 0,1 - 0,2 % C, 0,3 bis 0,6 % Si, 1,5 bis 2,0 % Mn, $\leq 0,08$ % P, 0,3 bis 0,8 % Cr, $\leq 0,4$ % Mo, $\leq 0,2$ % Ti, $\leq 0,08$ % Nb und als Rest Eisen sowie unvermeidbare Verunreinigungen enthaltender Complexphasenstahl erschmolzen, zu Brammen abgegossen und anschließend zu Warmband ausgewalzt, wobei die Warmwalzendtemperatur oberhalb von 800 °C liegt. Anschließend wird das erhaltene Warmband bei einer Abkühlgeschwindigkeit von mindestens 30 °C/s abgekühlt und dann bei einer Haspeltemperatur von höchstens 600 °C gehaspelt. Bei so erhaltenem Warmband beträgt die Festigkeit aufgrund der relativ niedrigen Haspeltemperatur mindestens 900 MPa. Darüber hinaus besitzt das nach dem bekannten Verfahren erzeugte Warmband eine gute Kaltumformbarkeit.

[0003] Diese Umformbarkeit kann gemäß dem aus der DE 197 10 125 A1 bekannten Verfahren dadurch noch gesteigert werden, dass das Warmband nach dem Haspeln einer Glühung im Temperaturbereich von 500 °C bis 850 °C unterzogen wird. Durch diese Glühung wird ein Werkstoffzustand erreicht, der Vorteile für Bauteile bietet, die insgesamt noch eine hohe Festigkeit, vor allem Streckgrenze, bei guter Umformbarkeit besitzen müssen. Durch die Wahl höherer Glühtemperaturen können dabei besonders hohe Festigkeiten bei außerordentlich niedrigen Streckgrenzenverhältnissen oder gleichbedeutend hoher Verfestigung bei guten Dehnungswerten erreicht werden.

[0004] Gemäß der DE 197 10 125 A1 eignet sich das derart glühbehandelte Warmband zum Kaltwalzen, bei dem ein Umformgrad von mindestens 30 % erreicht wird. Indem das derart kaltverformte Band anschließend bei Temperaturen von 700 °C bis 900 °C rekristallisierend durchlaufgeglüht wird, kann ein kaltverformtes Blechprodukt von hoher Festigkeit, weiter verbessertem Streckgrenzenverhältnis und gutem Verfestigungsverhalten erzeugt werden.

[0005] Allerdings zeigt sich, dass das Dehnungsverhalten der gemäß den bekannten Verfahren durch Kaltverformung erzeugten Produkte für viele Anwendungsfälle nicht ausreicht. So ist es beispielsweise schwer, mit aus einem solchen Stahl hergestellten Bauteilen, die zum Schutz der Insassen eines Fahrzeugs im Fall eines Unfalls eingesetzt werden sollen, die an derartige Teile hinsichtlich der Festigkeit einerseits und des Energieaufnahmevermögens andererseits gestellten Anforderungen zu erfüllen. Die nach dem bekannten Verfahren erzeugten Bauteile besitzen nach der Kaltverformung auch dann nicht die notwendige Verformbarkeit. Wenn sie nach der Kaltverformung einer rekristallisierenden Glühung unterzogen werden, nimmt zwar die Umformbarkeit zu, die Festigkeit ist dann allerdings nicht mehr ausreichend.

[0006] Die Aufgabe der Erfindung bestand darin, ein Verfahren zum Herstellen eines kaltverformten Produkts zu schaffen, das bei erhöhter Festigkeit im kaltverformten Zustand eine hohe Dehnbarkeit und eine dementsprechend gute Umformbarkeit besitzt.

[0007] Ausgehend von dem voranstehend erläuterten Stand der Technik ist diese Aufgabe durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst worden.

[0008] Die Erfindung basiert auf der überraschenden Feststellung, dass sich die festigkeitssteigernden Eigenschaften der in erfindungsgemäßen Stählen enthaltenen Mikrolegierungselemente bei erfindungsgemäßer Erzeugung des Warmbandes durch eine Glühung des aus dem Warmband nach dem Haspeln durch Kaltverformung erhaltenen Produktes aktivieren und sich dabei kaltverformte Produkte mit besonders hohen Festigkeiten und einem auch im kaltverformten Zustand guten Umformvermögen herstellen lassen, ohne dass dazu eine verfahrenstechnisch aufwendige Vergütung erforderlich wäre.

[0009] Durch die erfindungsgemäß nach der Kaltverformung durchgeführte Wärmebehandlung wird der mit der Kaltverformung regelmäßig einhergehende Verlust an Verformungsfähigkeit ohne Festigkeitseinbußen ausgeglichen. Dies gilt beispielsweise auch für Aufhärtungen im Bereich der Schnittkanten beim Schneiden oder Stanzen sowie die damit einhergehende ansteigende Empfindlichkeit gegen Rissbildung. Statt dessen zeigt sich, dass es im Zuge der nach der Kaltverformung durchgeführten Wärmebehandlung zu einer weiteren Steigerung der Festigkeit kommt, so dass bei einem erfindungsgemäß erzeugten kaltverformten Produkt eine hohe Festigkeit gezielt mit einem hohen Umformvermögen kombiniert ist. Diese Kombination vorteilhafter Eigenschaften ermöglicht es beispielsweise, das kaltverformte und anschließend wärmebehandelte Produkt nochmals kaltzuverformen, um es so in seine Endform zu bringen. Zudem steht das gute Umformvermögen beispielsweise bei crash-relevanten Bauteilen, wie Stoßfänger, Seitenaufprallträger, Verstärkungselemente, im vollen Umfang zur Verfügung, um im Falle eines Zusammenpralls mit anderen Gegenständen im großen Umfang kinetische Energie in Umformenergie umwandeln zu können.

[0010] Ebenso eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren besonders zur Erzeugung von Bauteilen, an deren Maß- und Formhaltigkeit ebenso hohe Anforderungen gestellt werden wie an ihre Festigkeit im Einsatz. Ein typisches Beispiel für eine solche Anwendung stellen Rahmen für Bildschirme dar, die in Bildröhren von Fernsehern oder Computermonitoren die Schattenmaske aufgrund der Wärmebelastung während ihres Zusammenbaus und ihres Betriebes unter gleichmäßiger Spannung in einer fest definierten Ebene halten müssen. Die geforderte hohe Festigkeit erhält das so kaltverformte Bauteil dann im Zuge der nach der Kaltverformung erfindungsgemäß durchgeführten Wärmebehandlung, so

dass im Ergebnis ein exakt geformtes, hochfestes Bauelement mit hoher Dehngrenze zur Verfügung steht. Eine zusätzliche Vergütung, die zum Verzug des Bauteils und einer Beeinträchtigung der Oberfläche führen kann, ist dann nicht mehr notwendig.

[0011] Voraussetzung für den durch die Erfindung erzielten Erfolg ist, dass während der Warmverarbeitung des erfindungsgemäß verwendeten Stahls die Betriebsparameter einschließlich der Haspeltemperatur so gewählt werden, dass die durch die Anwesenheit einer ausreichenden Menge von Mikrolegierungselementen an sich mögliche Härtesteigerung im Zuge des Haspelns nicht erreicht wird, sondern dass die Mikrolegierungselemente nach dem Haspeln im nicht ausgeschiedenen, gelösten Zustand vorliegen. Aus diesem Grund wird die Haspeltemperatur erfindungsgemäß stets so gewählt, dass sie mit einem deutlichen Abstand unterhalb der Temperatur liegt, bei der das Ausscheidungsmaximum der Mikrolegierungselemente erreicht würde.

[0012] Die gemäß der Erfindung verwendete Stahllegierung umfasst Stahlzusammensetzungen, aus denen sich abhängig von der jeweiligen Zusammensetzung und den Produktionsbedingungen Dualphasenstähle, bainitische Stähle oder Complexphasenstähle herstellen lassen. Angestrebt werden dabei grundsätzlich Stähle mit einem feinkörnigen mehrphasigen Gefüge, in dem Bainit, Ferrit, Martensit und Restaustenit in abhängig vom jeweiligen Typ des Stahles abhängigen Umfang enthalten sind.

[0013] Nachdem aus einem Stahl mit einer erfindungsgemäß verwendeten Zusammensetzung ein Vormaterial erzeugt worden ist, wird dieses Vormaterial zu Warmband warmgewalzt. Die Warmwalzanfangstemperatur wird dabei so gewählt, dass die Mikrolegierungselemente weitestgehend in dem Stahl gelöst bleiben, damit sie für die im letzten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens bewirkten Effekte zur Verfügung stehen.

[0014] Bei konventionell vergossenen Brammen sollte die Walzanfangstemperatur zu diesem Zweck mindestens 1050 °C betragen. Besonders eignen sich zur Herstellung des Vormaterials allerdings Dünnbrammen- oder Dünnbandgießverfahren, mit denen es aufgrund des Umstandes, dass die Notwendigkeit einer Wiedererwärmung des Vormaterials bzw. einer Lösung der Mikrolegierungselemente nicht besteht und andererseits die Abkühlgeschwindigkeiten des Stranges hoch sein können, besonders sicher möglich ist, die Mikrolegierungselemente bis zum Beginn des Warmwalzprozesses weitgehend gelöst zu halten.

[0015] Die Warmwalzendtemperatur sollte bevorzugt im Austenitgebiet, also oberhalb der A_{r3} -Temperatur liegen, um die erfindungsgemäß angestrebte feinkörnige, mehrphasige Gefügestruktur zu erhalten.

[0016] Die genaue Zusammensetzung der Gefügestruktur des erhaltenen Warmbands wird durch die chemischen Eigenschaften, die Aufwärm-, Walz- und Abkühlbedingungen sowie die Haspeltemperaturen bestimmt. Es hat sich gezeigt, dass sich die erfindungsgemäß erzielte Wirkung der Steigerung von Festigkeit und Umformbarkeit bei Dualphasenstählen besonders sicher dann einstellt, wenn die Haspeltemperatur maximal 300 °C beträgt. Bei Stählen mit überwiegend bainitischem Gefüge wird diese Wirkung bei Haspeltemperaturen sicher erreicht, die 350 °C bis 450 °C betragen. Complexphasenstähle sollten bevorzugt bei Temperaturen von 450 °C bis 550 °C gehaspelt werden.

[0017] Schon im warmverformten Zustand besitzen Stähle der gemäß der Erfindung eingesetzten Art eine hohe Festigkeit von mindestens 550 N/mm². Im Zuge der anschließenden Kaltverformung verfestigen die Stähle sehr stark. Gleichzeitig nimmt die Dehnung stark ab, so dass ein zwar hochfestes, jedoch nur schwer verformbares Produkt erhalten wird. Derart beschaffene kaltgeformte Bauteile besitzen aufgrund ihrer verminderten Umformbarkeit nur eine geringe Umformreserve und ein dementsprechend vermindertes Energieaufnahmevermögen. Sie sind als solche beispielsweise nur eingeschränkt für die Herstellung von Bauelementen geeignet, die als Stoßfänger in crashgefährdeten Bereichen eines Automobils eingesetzt werden sollen.

[0018] Indem erfindungsgemäß nach der Kaltverformung eine Glühung des erhaltenen Produkts bei Temperaturen und für Zeiten durchgeführt wird, durch welche die vollständige Rekristallisation sicher vermieden wird, wird einerseits die Streckgrenze des verwendeten Stahls weiter angehoben. Andererseits werden durch die Glühung dessen Dehnungswerte wieder annähernd bis auf das Niveau angehoben, auf dem sich die Dehnbarkeit des Warmbandes vor der Kaltverformung befand. Auf diese Weise lassen sich die unmittelbar nach der Kaltverformung ursprünglich nur schwer umformbaren Produkte zu Bauteilen machen, die nicht nur hochfest sind, sondern aufgrund ihrer guten Dehnungseigenschaften auch ein hohes Umformvermögen besitzen. Sie eignen sich als solche für diejenigen Anwendungen, für die sie vor der Glühbehandlung gerade nicht geeignet gewesen sind.

[0019] Die Glühtemperaturen während des auf die Kaltverformung folgenden Glühens liegen im Bereich von 450 °C bis 700 °C, vorzugsweise im Bereich von 550 °C bis 650 °C. Glühzeit und Glühtemperatur sind dabei im begrenzten Rahmen gegeneinander austauschbar. D.h., bei hohen Temperaturen sind nur geringe Haltezeiten erforderlich und umgekehrt. Dementsprechend kann die Wärmebehandlung als separat durchgeführter Behandlungsschritt in einer Haube oder in einer Durchlaufglühe erfolgen. Eine in konventioneller Weise bei Bedingungen, die zu einer vollständigen Rekristallisation führen würde, erfolgende Glühbehandlung würde die durch die Erfindung erreichte Wirkung zunichte machen.

[0020] Besonders günstig ist es, den Glühschritt einzubinden in eine Wärmebehandlung, der das aus dem Warmband kaltverformte Produkt im Zuge seiner Weiterverarbeitung ohnehin unterzogen wird. Bei diesem Schritt kann es sich beispielsweise um eine Verzinkung oder ein anderes Verfahren zur Beschichtung oder Passivierung der Oberfläche

des kaltverformten Produktes handeln, das bei im Bereich der für die Glühbehandlung vorgesehenen Temperaturen durchgeführt wird.

[0021] Die im Zuge der Kaltverformung erzielten Verformungsgrade betragen 5 % bis 20 %, insbesondere 5 % bis 10 %. Die Kaltverformung kann beispielsweise als Rollprofilieren, Ziehen, Pressen oder Innenhochdruckumformen durchgeführt werden. Ein Kaltwalzen bei verhältnismäßig niedrigen Verformungsgraden ist dazu ebenfalls geeignet.

[0022] Als Mikrolegierungselement kommt in erfindungsgemäßem Stahl mindestens eines der Elemente Ti, Nb und / oder V zum Einsatz. Selbstverständlich können diese Elemente kombiniert in Mengen zugegeben werden, die zur Auslösung der am Ende des erfindungsgemäßen Verfahrens bewirkten Ausscheidungs Vorganges ausreichend sind. Besonders bevorzugt ist allerdings die Verwendung von Ti, das sich durch ein besonders günstiges Ausscheidungsverhalten auszeichnet. Wird Ti gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung als einziges Mikrolegierungselement verwendet, so sollte sein Gehalt mindestens das 3,4-fache des Gehalts an N betragen, um ein ausreichendes Lösungspotential des Mikrolegierungselementes sicherzustellen. Bevorzugt liegt der Ti-Gehalt des Stahls zu diesem Zweck im Bereich 0,07, bis 0,15 Gew.-%, während der Stickstoffgehalt vorzugsweise weniger als 0,007 Gew.-% beträgt. Bei Ti-Gehalten in dieser Größenordnung wird die Bildung von Feinstausscheidungen mit aushärtender Wirkung optimal unterstützt.

[0023] Abhängig vom Typ des jeweils verarbeiteten Stahls liegt der Al-Gehalt bevorzugt im Bereich von 0,015 bis 0,08 Gew.-%. bzw. 0,5 bis 1,5 Gew.-%.

[0024] Erfindungsgemäß erzeugte Stahlbleche eignen sich bevorzugt für die Kaltverformung zu Bauteilen, an deren Festigkeit bei gleichzeitig gutem Dehnungsverhalten und dementsprechend gutem Verformungsverhalten sowie hoher geometrischer Maßhaltigkeit hohe Anforderungen gestellt sind. Dabei zeichnen sich aus erfindungsgemäßen Blechen erzeugte Bauelemente durch geringes Gewicht und hohes Energieaufnahmevermögen aus.

[0025] Ein Beispiel für eine vorteilhafte Verwendung erfindungsgemäß erzeugter Stahlbleche ist die Herstellung von Rahmen für Flachbildschirme. Ebenso lassen sich aus erfindungsgemäß hergestellten Stahlblechen Bauelemente für Karosserien von Kraftfahrzeugen oder Anbauteile herstellen, die einerseits besonders fest und andererseits beispielsweise im Fall eines Zusammenstoßes mit einem anderen Fahrzeug die beim Aufprall frei werdenden kinetischen Energien in Verformungsenergie umwandeln müssen. Dies sind u.a. Längsträger, sog. "Crashboxen", Fahrwerksteile, Hohlstrukturen und Verstärkungsteile, wie die A-, B- oder C-Säule der Automobilkarosserie.

[0026] Erfindungsgemäß erzeugtes Warmband ist grundsätzlich zur Verzinkung geeignet. Dabei ist jedoch eine bei relativ niedrigen Temperaturen stattfindende, insbesondere stückweise erfolgende, Feuerverzinkung vorzuziehen, Verzinkungen, bei denen Temperaturen über 750 °C anfallen, sind dazu weniger geeignet, da dabei die hinsichtlich des erfindungsgemäß erzielten Effekts kritischen Temperaturen im jeweils verarbeiteten Werkstück überschritten werden können.

[0027] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0028] Ein gemäß Tabelle 1 zusammengesetzter Stahl ist auf einer Stranggießanlage zu einer Vorbramme vergossen worden, welches anschließend als Vormaterial mit einer Temperatur von 1125 °C in einer Warmbandstraße zu einem Warmband warmgewalzt worden ist. Die Warmwalzendtemperatur betrug 925 °C. Die Haspeltemperatur lag bei 475 °C. Nach dem Haspeln ist das Warmband gebeizt und im gebeizten Zustand an ein Kaltwalzwerk geliefert worden.

Tabelle 1

C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cr
0,12	0,46	1,93	0,014	0,001	0,048	0,0061	0,29
Cu	Mo	Ni	Nb	Ti	Ti s.l.	V	CE
0,056	0,008	0,034	0,001	0,190	0,0081	0,008	0,51

[0029] Dort sind verschiedene Bandproben des Warmbands bei Kaltwalzgraden von 5 %, 10 %, 20 % kaltgewalzt worden. Aus den so erhaltenen Kaltbändern sind anschließend Gruppen G1 bis G5 zusammengestellt worden, wobei jeder Gruppe G1 bis G5 jeweils ein nicht kaltverformtes (Kaltverformungsgrad = 0 %), ein mit 5 %, ein mit 10 %, ein mit 20 %, Kaltverformungsgrad kaltverformtes Kaltband zugeordnet worden ist. Die Bleche der Gruppe G1 sind zu Vergleichszwecken keiner auf die Kaltverformung folgenden Anlassglühung unterzogen worden, während die Bleche der Gruppe G2 bei 500 °C, die Bleche der Gruppe G3 bei 550 °C, die Bleche der Gruppe G4 bei 600 °C und die Bleche der Gruppe G5 bei 650 °C in einem Haubenofen für jeweils eine Stunde anlassgeglüht und anschließend an Luft abgekühlt worden sind.

[0030] In Tabelle 2 sind für jedes der Bleche der Gruppen G1 - G5 die im Zugversuch ermittelten Werkstoffeigenschaften eingetragen.

Tabelle 2

Gruppe	Lfd. Nr.	Kaltwalzgrad [%]	Anlasstemp. [°C]	R _{eL} [N/mm ²]	R _{p0,2} [N/mm ²]	R _m [N/mm ²]	R _{eL} /R _m [N/mm ²]	A ₈₀ [%]	A _{gl} [%]
G1	G1.0	0	-		804	937	0,86	14,4	8,0
	G1.1	5	-		845	995	0,85	13,4	6,3
	G1.2	10	-		957	1046	0,91	7,4	2,3
	G1.3	20	-		1090	1121	0,97	4,9E	1,2
G2	G2.1	5	500	947		967	0,98	12,0	7,0
	G2.2	10	500	986		981	1,01	8,7	5,1
	G2.3	20	500	1067		1069	1,00	7,1E	0,6
G3	G3.1	5	550	968		986	0,98	13,7	8,7
	G3.2	10	550	1026		1031	1,00	12,6	8,1
	G3.3	20	550	1087		1094	0,99	7,0	0,6
G4	G4.1	5	600	987		1004	0,98	13,4	7,6
	G4.2	10	600	1017		1028	0,99	12,5	7,2
	G4.3	20	600	1081		1085	1,00	7,3E	0,6
G5	G5.1	5	650	940		959	0,98	15,1	8,3
	G5.2	10	650	951		966	0,98	15,3	8,0
	G5.3	20	650	1004		1006	1,00	8,5E	0,6
*) Bei den in der Spalte A ₈₀ mit "E" gekennzeichneten Beispielen kam es zum Endbruch.									

[0031] Es zeigt sich, dass sich bei den in erfindungsgemäßer Weise verarbeiteten Blechen in Folge der nach der Kaltverformung durchgeführten Wärmebehandlung gegenüber den nur kaltverformten und nicht wärmebehandelten Blechen G1.1 - G1.3 jeweils deutlich verbesserte Festigkeitswerte einstellen. Gleichzeitig wird durch die nach der Kaltverformung durchgeführte Wärmebehandlung eine Gleichmaßdehnung A_{gl} erreicht, die jeweils annähernd der Gleichmaßdehnung A_{gl} des nicht kaltverformten und nicht wärmebehandelten Blechs G1.0 entspricht. Dementsprechend weisen die erfindungsgemäß erzeugten kaltverformten und anschließend wärmebehandelten Stähle eine besonders gute Umformbarkeit und ein ebenso gutes Energieaufnahmevermögen auf.

[0032] In Tabelle 3 ist ein zweites Beispiel einer erfindungsgemäß verwendeten Stahlzusammensetzung angegeben.

Tabelle 3

C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cr
0,126	0,69	1,79	0,013	<0,001	0,050	0,0060	0,33
Cu	Mo	Ni	Nb	Ti	B	V	CE
0,020	0,010	0,040	0,0040	0,1470	0,0002	-	-

[0033] Ein entsprechend legierter Stahl wurde erschmolzen und zu Brammen vergossen. Anschließend sind die Brammen auf eine Temperatur von mehr als 1150 °C wiedererwärmt und mit einer mindestens 850 °C betragenden Warmwalztemperatur warmgewalzt worden. Nach dem Haspeln bei einer Temperatur von weniger als 600 °C sind für eine erste unbehandelte Bandprobe T2.0 des Bandes, für eine 30 Minuten bei 580 °C geglühte und anschließend an Luft abgekühlte Bandprobe T2.1, für eine bei einem Kaltverformungsgrad von 10 % nur kaltgewalzte Bandprobe T2.2 und für eine in erfindungsgemäßer Weise bei einem Kaltverformungsgrad von 10 % kaltgewalzte, anschließend für 30 Minuten bei 580 °C geglühte und dann an Luft abgekühlte Bandprobe T2.3 die mechanischen Eigenschaften R_{p0,2}, R_m, R_e/R_m, A₅, A₅₀ bzw. A₈₀ ermittelt worden. Die festgestellten Werte der mechanischen Eigenschaften sind in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4

Bandprobe	Kaltwalzgrad	R _{eL}	R _{p0,2}	R _m	R _{eL} /R _m	A ₅	A ₅₀	A ₈₀
	[%]	[N/mm ²]				[%]		
T2.0	0		693	908	0,76	20,9	-	15,8
T2.1	0	892		929	0,96	22,3	17,4	-
T2.2	10		974	1050	0,93	14,4	8,2	-
T2.3	10	1037	-	1005	1,03	22,0	15,7	-

[0034] Auch diese Beispiele belegen, dass durch die erfindungsgemäße Kombination von Kaltverformung und anschließender Wärme hochfeste Stähle erzeugt werden, die aufgrund ihrer guten Dehnbarkeit ein besonders hohes Umformvermögen besitzen. So ist die Festigkeit der erfindungsgemäß erzeugten Bandprobe T2.3 der Festigkeit der unbehandelten Bandprobe T2.0 weit überlegen, während seine Dehnungswerte denen der unverformten Bandprobe T2.0 entsprechen. Ebenso weist die nur kaltverformte Bandprobe T2.2 gegenüber der erfindungsgemäß erzeugten Bandprobe T2.3 nicht nur eine weit unterlegene Dehnbarkeit, sondern auch eine geringere Festigkeit auf. Bei der nur wärmebehandelten Bandprobe T2.1 liegt zwar die Dehnbarkeit auf einem mit der erfindungsgemäß erzeugten Bandprobe T2.3 vergleichbaren Niveau. Gleichzeitig ist aber die Festigkeit der Bandprobe T2.1 der Festigkeit der erfindungsgemäß erzeugten Bandprobe weit unterlegen.

[0035] Der entsprechend der in Tabelle 5 angegebenen Legierung zusammengesetzte Stahl ist ebenfalls erschmolzen und zu Brammen vergossen worden.

Tabelle 5

C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cr
0,097	0,59	1,70	0,010	<0,001	0,035	0,0052	0,31
Cu	Mo	Ni	Nb	Ti	B	V	CE
0,081	0,0057	0,0052	<0,0005	0,099	<0,0004	0,0033	-

[0036] Anschließend sind diese Brammen wie beim im Zusammenhang mit dem in den Tabellen 3/4 angegebenen Beispiel auf eine Temperatur von mehr als 1150 °C wiedererwärmt, mit einer mindestens 850 °C betragenden Warmwalztemperatur und bei einer Temperatur von weniger als 600 °C gehaspelt worden. Anschließend sind dann sechs Bandproben T3.0 bis T3.2 genommen worden.

[0037] Die mit den betreffenden Bandproben T3.0 bis T3.2 durchgeführten weiteren Verarbeitungsschritte sind ebenso wie die zugehörigen Werte der mechanischen Eigenschaften für eine der Bandmitte entnommene Probe in Tabelle 6 angegeben.

Tabelle 6

Bandprobe	Verarbeitung	R _{eL}	R _{p0,2}	R _m	R _{eL} /R _m	A ₅ 2)	A ₈₀ 2)
		N/mm²]				[%]	
T3.0	Unbehandelt	-	771	884	0,87	11,8E	8,9E
T3.1	10% kaltgewalzt	-	957	1010	0,95	9,2E	7,6E
T3.2	10% kaltgewalzt gegläht bei 580°C 1)	946	-	960	0,99	16,8	15,4
1) Glühdauer jeweils 30 Minuten, Abkühlung an Luft							
2) Bei den in der Spalte A ₈₀ mit "E" gekennzeichneten Beispielen kam es zum Endbruch.							

[0038] Auch in diesem Fall belegt die Bandprobe T3.2 deutlich, dass sich bei erfindungsgemäßer Vorgehensweise hochfeste kaltverformte Blechprodukte erhalten lassen, die, wie ein Vergleich der Dehnbarkeitswerte zeigt, hinsichtlich ihrer Umformbarkeit der unverformten Bandprobe T3.0 überlegen sind. Ebenso werden erfindungsgemäße Eigenschaftsverbesserungen erzielt, wenn kaltgewalztes Band über sehr viel längeren Zeiten bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen, z.B. 450 °C bis 550 °C, in einer Haube gegläht werden.

[0039] Ein Beispiel für eine besonders vorteilhafte Verwendung eines erfindungsgemäß erzeugten Stahls besteht in der Herstellung von Rahmen, in denen die Schattenmasken von Fernsehröhren gehalten werden. Zum Schwärzen der in einem derartigen Rahmen gespannten Schattenmaske wird der Rahmen mit der Schattenmaske über eine ausreichende Zeit einer Temperatur ausgesetzt, die typischerweise ca. 570 °C beträgt. Indem der Rahmen aus einem in erfindungsgemäßer Weise erzeugten Warmband unter Ausnutzung der in diesem Zustand hervorragenden Verformbarkeit des Warmbands durch Kaltverformung erzeugt und anschließend im Zuge des Schwärzens der von ihm gehaltenen Schattenmaske über eine ausreichende Zeit bei der zum Schwärzen erforderlichen Temperatur gehalten wird, erhöht sich die Festigkeit des Rahmens auf ein Niveau, bei welchem der Rahmen sicher und formstabil die während der Herstellung und des Betriebs der Fernsehröhre auf ihn ausgeübte Wärmebelastung ertragen und Verzugsfreiheit der Schattenmaske gewährleisten kann.

[0040] Eine andere vorteilhafte Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht in der Herstellung von verzinkten Seitenaufprallträgern oder anderen crashrelevanten Bauelementen für Fahrzeugkarosserien. Dabei wird zunächst aus erfindungsgemäß erzeugtem Warmband das jeweilige Bauteil beispielsweise durch eine Tiefziehopoperation kaltgeformt. Das kaltgeformte Bauteil wird dann bei Temperaturen im Bereich von 470 °C einer Stückverzinkung unterzogen. Im Zuge dieses Verzinkungsvorgangs wird das Bauteil ebenfalls auf einem Temperaturniveau gehalten, bei dem sich die erfindungsgemäß erreichte Steigerung der Dehnbarkeit und Festigkeit einstellt. Der so erhaltene Seitenaufprallträger weist aufgrund seiner guten Dehnbarkeit und gleichzeitig hohen Festigkeit ein besonders hohes Energieaufnahmevermögen auf, durch welches er im Fall eines Zusammenstoßes mit einem anderen Fahrzeug einen großen Teil der dabei frei werdenden kinetischen Energie in Verformungsenergie umwandeln und den für das Überleben der Insassen erforderlichen Raum absichern kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines hochfesten, aus einem Warmband kaltverformten Produkts mit gutem Umformvermögen bei dem

- ein Stahl mit (in Gewichts-%):

C:	0,01	- 0,25 %,
Si:	0,01	- 1,50 %,
Mn:	0,50	- 2,00 %,
P:		≤ 0,08 %,
S:		≤ 0,01 %,
Al:	0,001	- 1,50 %,
Cr:		≤ 0,60 %,
Mo:		≤ 0,60 %,
N:		< 0,02 %,

sowie mindestens einem Mikrolegierungselement aus der Gruppe

Ti:	≤ 0,20 %,
Nb:	≤ 0,06 %,
V:	≤ 0,15 %,

Rest Eisen und übliche Verunreinigungen,

zu einem Vormaterial, wie Brammen, Dünnbrammen oder gegossenes Band, vergossen wird,

- bei dem das Vormaterial ausgehend von einer Warmwalzanfangstemperatur, bei der die Mikrolegierungselemente im wesentlichen gelöst bleiben, zu Warmband warmgewalzt wird,

- bei dem das Warmband bei einer weniger als 600 °C betragenden Haspeltemperatur gehaspelt wird,

- bei dem das Warmband anschließend bei einem mindestens 5 % und höchstens 20 % betragenden Kaltverformungsgrad zu einem Produkt kaltverformt wird, und

- bei dem das durch Kaltverformung erzeugte Produkt bei im Bereich von 450 - 700 °C liegenden Glühtemperaturen geglüht wird, wobei die Glühtemperaturen und Glühzeiten unterhalb der zur vollständigen Rekristallisation erforderlichen Temperaturen und Zeiten liegen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stahl als einziges Mikrolegierungselement Ti enthält und dass das Verhältnis des Gehalts an Ti bezogen auf den Gehalt an N mindestens 3,4 beträgt.
3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Warmwalzendtemperatur mindestens gleich der Ar₃-Temperatur ist.
4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Haspeltemperatur weniger als 300°C beträgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Haspeltemperatur 350 °C - 450 °C beträgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Haspeltemperatur 450 °C - 550 °C beträgt.
7. Verfahren nach der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kaltverformungsgrad 5 % bis 10 % beträgt.
8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Glühtemperatur 550 °C - 600 °C beträgt.
9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Glühung im Durchlauf durchgeführt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Glühung im Haubenofen durchgeführt wird.
11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Vormaterial als gegossenes Band auf einer Gießwalzanlage erzeugt wird.
12. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das durch Kaltverformung hergestellte Produkt ein Rahmen für Flachbildschirme ist.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das durch Kaltverformung hergestellte Produkt ein Bauelement für die Herstellung von Kraftfahrzeugkarosserien oder ein Anbauteil ist.
14. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Produkt durch kalt erfolgreiches Innenhochdruckumformen erzeugt wird.
15. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das kaltverformte Produkt einer Verzinkung unterzogen wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verzinkung als Feuerverzinkung durchgeführt wird.
17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verzinkung bei Temperaturen um 460 °C stattfindet.

Claims

1. A method for manufacturing a high-strength product having good deformation capability, which is cold formed from a hot-rolled strip, wherein

- a steel having (in weight-percent):

C: 0.01 - 0.25%,

(continued)

Si:	0.01	- 1.50%,
Mn:	0.50	- 2.00%,
P:		≤ 0.08%,
S:		≤ 0.01%,
Al:	0.001	- 1.50%,
Cr:		≤ 0.60%,
Mo:		≤ 0.60%,
N:		< 0.02%,

and at least one microalloying element from the group

Ti:	≤ 0.20%,
Nb:	≤ 0.06%,
V:	≤ 0.15%,

with the remainder iron and typical impurities, is cast into a precursor material, such as slabs, thin slabs, or cast strip,

- the precursor material is hot rolled into hot-rolled strip starting from a hot-rolling starting temperature at which the microalloying elements remain essentially dissolved,

- the hot-rolled strip is coiled at a coiling temperature of less than 600°C,

- the hot-rolled strip is subsequently cold formed into a product at a degree of cold forming of at least 5% and at most 20%, and

- the product produced through cold forming is annealed at annealing temperatures in the range from 450 - 700 °C, in which the annealing temperatures and annealing times are below the temperatures and times required for complete recrystallization.

2. The method according to Claim 1, **characterized in that** the steel contains Ti as the single microalloying element and that the ratio of the content of Ti to the content of N is at least 3.4.

3. The method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the hot rolling final temperature is at least equal to the Ar₃ temperature.

4. The method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the coiling temperature is less than 300°C.

5. The method according to one of Claims 1 through 3, **characterized in that** the coiling temperature is 350°C - 450°C.

6. The method according to one of Claims 1 through 3, **characterized in that** the coiling temperature is 450°C - 550°C.

7. The method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the degree of cold forming is 5% - 10%.

8. The method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the annealing temperature is 550 °C - 600 °C.

9. The method according to one of the preceding claims,
characterized in that
the annealing is performed continuously.
- 5 10. The method according to one of Claims 1 through 8,
characterized in that
the annealing is performed in a hood-type furnace.
- 10 11. The method according to one of the preceding claims,
characterized in that
the precursor material is produced as a cast strip on a casting and rolling facility.
12. The method according to one of the preceding claims,
characterized in that
15 the product produced through cold forming is a frame for flat display screens.
13. The method according to one of Claims 1 through 11,
characterized in that
the product produced through cold forming is a component for the manufacture of vehicle bodies or an add-on part.
20
14. The method according to one of the preceding claims,
characterized in that
the product is produced through hydroforming which is performed cold.
- 25 15. The method according to one of the preceding claims,
characterized in that
the cold-formed product is subjected to galvanization.
- 30 16. The method according to Claim 15,
characterized in that
the galvanization is performed as hot-dip galvanization.
- 35 17. The method according to Claim 15 or 16,
characterized in that
the galvanization is performed at temperatures around 460 °C.

Revendications

- 40 1. Procédé pour la fabrication d'un produit à résistance élevée et de bonne malléabilité, formé à froid à partir d'un
feuillard laminé à chaud,

- dans lequel un acier, qui contient (en % de poids) :

45	C :	0,01	- 0,25 %,
	Si :	0,01	- 1,50 %,
	Mn :	0,50	- 2,00 %,
	P :		≤ 0,08 %,
	S :		≤ 0,01 %,
50	Al :	0,001	- 1,50 %,
	Cr :		≤ 0,60 %,
	Mo :		≤ 0,60 %,
	N :		≤ 0,02 %,

55 ainsi qu'au moins un élément micro-allié, appartenant au groupe

Ti: $\leq 0,20$ %,
 NB: $\leq 0,06$ %,
 V: $\leq 0,15$ %,

5

le complément étant du fer et des impuretés inévitables, est coulé en une matière primaire, telle que des brames, des fines brames ou un feuillard coulé,

10

- dans lequel, la matière primaire est laminée à chaud en un feuillard laminé à chaud, en partant d'une température de début de laminage à chaud, à laquelle les éléments de micro-alliage demeurent sensiblement dissouts,

- dans lequel le feuillard laminé à chaud est bobiné à une température de bobinage inférieure à 600°C,

- dans lequel le feuillard laminé à chaud est ensuite formé à froid à un degré de formage de 5 % au minimum et de 20 % au maximum, et

15

- dans lequel le produit obtenu par formage à froid est recuit à une température de recuit située dans une plage de 450 à 700 °C, sachant que les températures de recuit et les temps de recuit sont inférieurs aux températures et aux temps nécessaires à une recristallisation complète.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'acier contient du Ti en tant que seul élément de micro-alliage, et **en ce que** le rapport entre la teneur en Ti et la teneur en N est d'au moins 3,4.

20

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température de laminage à chaud est au moins égale à la température Ar₃.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température de bobinage est inférieure à 300 °C.

25

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la température de bobinage est de 350 °C à 450 °C.

30

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la température de bobinage est de 450 °C à 550 °C.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le degré de formage à froid est de 5 % à 10 %.

35

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température de recuit est égale à 550°C-600°C.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le recuit est exécuté en continu.

40

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le recuit est exécuté dans un four à hotte.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le matériau brut est produit sous la forme d'un feuillard coulé dans une installation de laminage de coulée continue.

45

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le produit fabriqué par déformation à froid est un cadre pour des écrans plats.

13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** le produit fabriqué par déformation à froid est un composant pour la fabrication de carrosseries de véhicules automobiles ou d'un composant rapporté.

50

14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'on** obtient le produit par déformation exécutée à froid sous haute pression interne.

15. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'on** soumet le produit déformé à froid, à une galvanisation.

55

16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce qu'on** exécute la galvanisation sous la forme d'une galvanisation à chaud.

17. Procédé selon la revendication 15 ou 16, **caractérisé en ce que** la galvanisation s'effectue à des températures autour de 460°C.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

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 19710125 A1 [0002] [0003] [0004]