



(11) **EP 2 240 622 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**17.08.2011 Patentblatt 2011/33**

(51) Int Cl.:  
**C23C 2/28 (2006.01) C23C 10/50 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **09705444.9**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2009/050980**

(22) Anmeldetag: **29.01.2009**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2009/095427 (06.08.2009 Gazette 2009/32)**

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES BAUTEILS AUS EINEM MIT EINEM AL-SI-ÜBERZUG VERSEHENEN STAHLPRODUKT UND ZWISCHENPRODUKT EINES SOLCHEN VERFAHRENS**

METHOD FOR PRODUCING A COMPONENT FROM A STEEL PRODUCT PROVIDED WITH AN AL-SI COATING AND INTERMEDIATE PRODUCT OF SUCH A METHOD

PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN ÉLÉMENT CONSTITUÉ D'UN PRODUIT EN ACIER POURVU D'UN REVÊTEMENT EN AL-SI, ET PRODUIT INTERMÉDIAIRE D'UN TEL PROCÉDÉ

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**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 SE SI SK TR**

- **PETERS, Michael**  
47533 Kleve (DE)
- **RUTHENBERG, Manuela**  
44143 Dortmund (DE)
- **SIKORA, Sascha**  
44534 Lünen (DE)

(30) Priorität: **30.01.2008 DE 102008006771**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**20.10.2010 Patentblatt 2010/42**

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

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

(72) Erfinder:

- **MACHEREY, Friedhelm**  
46519 Alpen (DE)
- **LENZE, Franz-Josef**  
57368 Lennestadt (DE)

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 1 380 666 DE-A1-102004 007 071**  
**JP-A- 55 085 623 US-A- 4 150 178**  
**US-A1- 2002 018 909**

**EP 2 240 622 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Bauteils aus einem mit einem Al-Si-Schutzüberzug überzogenen Stahlprodukt. Darüber hinaus betrifft die Erfindung auch ein Zwischenprodukt, das im Zuge eines solchen Verfahrens entsteht und für die Herstellung von Bauteilen der in Rede stehenden Art genutzt werden kann.

**[0002]** Bei Stahlprodukten der hier in Rede stehenden Art handelt es sich typischer Weise um Stahlbänder oder -bleche, die in an sich bekannter Weise beispielsweise durch Feueraluminieren mit einem Al-Si-Überzug versehen sind. Es kann sich dabei jedoch auch um vorgeformte Halbzeuge handeln, die beispielsweise aus Blechen vorgeformt und dann zu dem jeweiligen Bauteil fertig geformt werden.

**[0003]** Durch den Al-Si-Überzug ist das aus dem jeweiligen Stahlprodukt geformte Bauteil während seines praktischen Einsatzes gegen Korrosion geschützt. Die Korrosionsschutzwirkung, insbesondere den Schutz vor Verzunderung, bietet der Al-Si-Schutzüberzug jedoch auch schon bereits unmittelbar nach der Beschichtung des Stahlsubstrats und behält sie im Zuge des Umformvorgangs bei. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Formgebung als so genanntes "Presshärten" durchgeführt wird.

**[0004]** Beim Presshärten wird das zu verformende Ausgangsprodukt vor der Formgebung auf eine Temperatur gebracht, bei der ein zumindest teilaustenitisches Gefüge vorliegt, und im warmen Zustand verformt. Entweder schon während des Warmformvorgangs oder unmittelbar daran anschließend wird das erhaltene Bauteil dann beschleunigt abgekühlt, um Härtegefüge zu bilden. Als Ausgangsprodukt für das Presshärten können Flachprodukte, wie Blechzuschnitte, oder bereits vor- bzw. endgeformte Halbzeuge verwendet werden.

**[0005]** Während des Presshärtens verhindert der Al-Si-Überzug, dass sich auf dem Stahlprodukt Zunder bildet, der den Formgebungsvorgang massiv behindern würde. Auf diese Weise ist es möglich, auch aus hochfesten, vergütbaren Stählen Bauteile zu formen, die in der Praxis besonders hohen Belastungen ausgesetzt sind.

**[0006]** Eine typischerweise für diesen Zweck verwendete Stahlgüte ist in der Praxis unter der Bezeichnung "22MnB5" bekannt. Aus Stahlgüten dieser Art werden beispielsweise Karosserieteile von Kraftfahrzeugen gefertigt, die bei geringer Flachproduktdicke und damit einhergehend vergleichbar geringem Gewicht eine hohe Festigkeit besitzen müssen. Ebenso können jedoch auch andere Stahlgüten, wie beispielsweise Tiefziehstähle der unter der Handelsbezeichnung "DX55D" bekannten, gemäß DIN EN 10327 zusammengesetzten Art, sowie mikrolegierte Stähle der gemäß DIN EN 10292 legierten, unter der Bezeichnung "HX300/340 LAD" im Handel erhältlichen Art, pressformgehärtet werden. Auch ist es möglich, die Ausgangsprodukte zu verwenden, die nach

Art von Tailored Blanks/Patchwork Blanks aus mehreren Blechen zusammengesetzt sind.

**[0007]** Damit der Al-Si-Überzug auf dem Stahlsubstrat so fest haftet, dass er bei der Umformung nicht bricht oder abplatzt, ist es erforderlich, das mit dem Al-Si-Überzug versehene Stahlprodukt vor der Umformung einer Wärmebehandlung zu unterziehen, bei dem Eisen aus dem Stahlsubstrat in den Al-Si-Überzug einlegiert wird. Ziel ist dabei, den Überzug über seine gesamte Dicke durchzulegieren, um sicherzustellen, dass es auch in den oberen, an die freie Außenseite des überzogenen Flachprodukts angrenzenden Schichten des Überzugs zu keinen Brüchen oder Abplatzungen kommt. Die Art bzw. der Grad der Durchlegierung von Al-Si-Überzügen hat darüber hinaus auch Einfluss auf die Schweiß- und Lackierbarkeit der durch Presshärten hergestellten Bauteile.

**[0008]** Ein Verfahren der voranstehend beschriebenen Art ist in der EP 1 380 666 A1 beschrieben. Bei diesem Verfahren wird ein mit einem Al-Si-Überzug beschichtetes Stahlblech zunächst über eine Dauer von 2 bis 8 Minuten auf 900 °C bis 950 °C erwärmt. Daraufhin wird das beschichtete Stahlblech auf eine 700 - 800 °C betragende Temperatur abgekühlt und bei dieser Temperatur warmverformt. Anschließend wird das geformte Stahlteil schnell auf eine Temperatur unterhalb von 300 °C abgekühlt, um ein martensitisches Gefüge in dem erhaltenen Stahlteil zu erzeugen. Die Wärmebehandlung des mit dem Überzug versehenen Stahlsubstrats wird dabei so durchgeführt, dass durch Diffusion des Eisens aus dem Stahlsubstrat nach der Wärmebehandlung der Eisenanteil im Überzug in einem Bereich zwischen 80 % und 95 % liegt. Auf diese Weise soll ein warmgeformtes Bauteil erhalten werden, bei dem eine gute Schweißeignung und eine gute Formbarkeit mit einem hohen Korrosionsschutz kombiniert sind.

**[0009]** Ein Problem bei der Durchführung der für das Durchlegieren erforderlichen Wärmebehandlung besteht darin, dass dabei neben der Einstellung einer ausreichenden Erwärmungstemperatur eine gewisse Ofenliegezeit eingehalten werden muss. Die Dauer, über die das jeweilige Stahlprodukt im Ofen gehalten werden muss, resultiert aus der Aufheizgeschwindigkeit des Substrates und der benötigten Durchlegierung des Substrates mit der Al-Si-Schicht. Stand der Technik ist eine Ofenliegezeit von fünf bis 14 Minuten.

**[0010]** In der Praxis werden zum vor der Warmumformung durchgeführten Erwärmen der mit Al-Si-Überzügen versehenen Stahlprodukte Strahlungsöfen eingesetzt. Grundlagenuntersuchung zum Aufheizverhalten von mit Al-Si-Überzügen versehenen Stahlprodukten haben in diesem Zusammenhang ergeben, dass in solchen Öfen die Reflexion der Wärmestrahlung an der Oberfläche des jeweiligen Überzugs zu einer reduzierten Aufheizgeschwindigkeit im Vergleich zu unbeschichteten bzw. organisch oder anorganisch beschichteten Werkstoffen führt. Damit einhergehend muss eine verhältnismäßig lange Zeitdauer für die Erwärmung in Kauf genommen werden.

**[0011]** Diese lange Zeitdauer führt beim Verarbeiter der mit einem Al-Si-Überzug versehenen Flachprodukte zu langen Prozesszeiten, durch die nicht nur die Taktzeiten bei der Bauteilherstellung verlängert, sondern auch der apparative Aufwand für den für die Erwärmung benötigten Ofen erhöht wird.

**[0012]** Technisch wäre es auch möglich, den Stahl-Grundwerkstoff der Flachprodukte mit seiner Beschichtung durch induktive oder konduktive Erwärmung schneller aufzuheizen. Auch könnte die Aufheizung durch erzwungene Konvektion der Wärmestrahlung beschleunigt werden. Im Fall einer beschleunigten Erwärmung besteht allerdings die Gefahr, dass der Legierungsprozess in der Al-Si-Überzugsschicht langsamer abläuft als die Aufheizgeschwindigkeit mit dem Ergebnis, dass die Al-Si-Schicht nicht vollständig oder fehlerhaft durchlegiert wird. Im Extremfall kann es sogar dazu kommen, dass die Al-Si-Schicht vom Stahlprodukt abfließt.

**[0013]** Aus der DE 10 2004 007 071 B4 ist ein Versuch bekannt, die Prozesszeit beim Verarbeiter der mit einem Al-Si-Überzug versehenen Flachprodukte dadurch zu verkürzen, dass das Durchlegieren des Überzugs und die Erwärmung des Stahlflachprodukts auf Erwärmungstemperatur in zwei getrennten Arbeitsschritten durchgeführt wird. Dieses Vorgehen erlaubt es, den Prozess der Durchlegierung beim Hersteller des mit dem Al-Si-Überzug versehenen Stahlflachprodukts durchzuführen. Beim Verarbeiter kann die Erwärmung des mit dem dann bereits durchlegierten Überzug versehenen Stahlflachprodukts beispielsweise mittels Induktion oder Konduktion in optimal kurzer Zeit erfolgen, ohne dass dabei auf die Ausbildung des Überzugs Rücksicht genommen werden muss. Dementsprechend ist es bei Anwendung des bekannten Verfahrens grundsätzlich möglich, Stahlflachprodukte, die beim Hersteller bereits mit einem vollständig durchlegierten Überzug versehen sind, in einem Zwischenlager zu speichern, aus dem sie dann im Bedarfsfall für die Weiterverarbeitung beim Verarbeiter kurzfristig abgerufen werden können.

**[0014]** Als problematisch erweist sich bei dem voranstehend erläuterten Vorschlag allerdings, dass der vollständig durchlegierte Überzug selbst sowohl während der Lagerung der vorproduzierten Stahlflachprodukte im Zwischenlager als auch im Zuge der beim Verarbeiter durchlaufenen Arbeitsschritte einem korrosiven Angriff ausgesetzt ist. Dieses Problem ergibt sich aus dem Eisenanteil, der an der freien Oberfläche des durchlegierten Überzugs vorhanden ist. Um eine solche Oberflächenkorrosion zu unterdrücken, sind aufwändige Schutzmaßnahmen erforderlich, die die mit der Entkoppelung von Durchlegierung und Presshärten erreichten Vorteile zum großen Teil wieder aufzehren. Hinzukommt, dass ein unter Umständen vor dem Warmumformen erforderlich werdender Zuschnitt der mit dem durchlegierten Überzug überzogenen Flachproduktplatinen schwierig ist, da durchlegierte Al-Si-Schichten hart und spröde sind. Vor dem Hintergrund des voranstehend erläuterten Standes der Technik lag der Erfindung die Aufgabe zu

Grunde, ein Verfahren zu schaffen, das verkürzte Verarbeitungszeiten beim Verarbeiter von mit einem Al-Si-Überzug versehenen Stahlprodukten ermöglicht, ohne dass dazu die Gefahr von korrosiven Angriffen oder Nachteile bei einem nachträglichen Zuschnitt der beschichteten Flachprodukte in Kauf genommen müssen.

**[0015]** Erfindungsgemäß ist diese Aufgabe durch das in Anspruch 1 angegebene Verfahren gelöst worden. Vorteilhafte Ausgestaltungen dieses Verfahrens sind in den auf Anspruch 1 rückbezogenen Ansprüchen angegeben.

**[0016]** Bei dem erfindungsgemäß verarbeiteten Stahlprodukt kann es sich um ein Stahlflachprodukt, wie ein Stahlblech oder Stahlband, oder ein beispielsweise aus einem Stahlblech vorgeformtes Halbzeug handeln, dass beim erfindungsgemäß durchgeführten Warmpresshärten fertig verformt wird. Auch lassen sich in erfindungsgemäßer Weise aus mehreren nach Art von Tailored Blanks/Patchwork Blanks zusammengesetzte Bleche verarbeiten.

**[0017]** Auch beim erfindungsgemäßen Verfahren findet eine zweistufige Wärmebehandlung statt, wobei es ebenfalls in Übereinstimmung mit dem Stand der Technik im ersten Erwärmungsschritt zum Einlegieren von Eisen aus dem Stahlsubstrat in den Al-Si-Überzug kommt.

**[0018]** Im Unterschied zum Stand der Technik wird dieser erste Legierungsschritt jedoch durch Einstellung einer geeigneten Temperatur und Behandlungsdauer so ausgeführt, dass der Al-Si-Überzug nach dem ersten Erwärmungsschritt nur unvollständig mit Eisen des Stahlprodukts durchlegiert ist.

**[0019]** Anschließend kann das mit dem erfindungsgemäß unvollständig durchlegierten Überzug versehene Stahlprodukt auf Raumtemperatur abgekühlt und gelagert werden, bis es der Weiterverarbeitung zum jeweiligen Bauteil zugeführt wird. Da der Al-Si-Überzug im ersten Erwärmungsschritt nur unvollständig legiert wird, weist der Al-Si-Überzug auch nach dem ersten Erwärmungsschritt eine geringe Korrosionsanfälligkeit auf, so dass seine Lagerung, sein Transport und die weiteren im Vorfeld der zweiten Wärmebehandlung durchgeführten Arbeitsschritte problemlos durchgeführt werden können, ohne dass dazu zusätzliche Maßnahmen erforderlich sind.

**[0020]** Gleichzeitig behält der erfindungsgemäß im Zuge des ersten Erwärmungsschritts nur teilweise durchlegierte Überzug eine Zähigkeit, die es auch nach dem ersten Erwärmungsschritt noch erlaubt, die dabei erhaltenen Flachprodukte mit einfachen Schneidoperationen zu zerteilen oder zu beschneiden, ohne dass es dabei zu einer nachhaltigen Beschädigung der Überzugsschicht kommt.

**[0021]** Vor seiner Umformung zu dem Bauteil durchläuft das nach dem ersten Erwärmungsschritt erhaltene, erfindungsgemäß mit einem nur vorlegierten Überzug versehene Flachprodukt einen zweiten Erwärmungsschritt. Dieser zweite Erwärmungsschritt wird in der Regel beim Endverarbeiter durchgeführt, während der erste

zu absolvierende Wärmebehandlungsschritt in der Regel beim Erzeuger der Stahlprodukte ablaufen wird.

**[0022]** Der zweite Erwärmungsschritt wird dabei üblicher Weise unmittelbar vor der Warmformgebung absolviert werden. Im Zuge des zweiten Erwärmungsschritts wird das in erfindungsgemäßer Weise nur mit einem vorlegierten Al-Si-Überzug versehene Stahlprodukt auf die für die nachfolgende Härtung erforderliche Erwärmungstemperatur erwärmt, die oberhalb der Ac1-Temperatur liegt, bei der das Stahlprodukt ein zumindest teilaustenitisches Gefüge aufweist. Erforderlichenfalls lässt sich auch eine mindestens der Ac3-Temperatur entsprechende oder darüber liegende Erwärmungstemperatur einstellen, um im zu verformenden Ausgangsprodukt ein weitestgehend vollständiges Austenitgefüge einzustellen.

**[0023]** Dabei sind die Temperatur und Dauer des zweiten Erwärmungsschritts erfindungsgemäß so einzustellen, dass der Al-Si-Überzug im Zuge des zweiten Erwärmungsschritts vollständig mit Fe des Stahlprodukts durchlegiert wird.

**[0024]** Überraschend hat sich in diesem Zusammenhang ergeben, dass der erfindungsgemäß mit dem Stahlsubstrat nur unvollständig legierte Überzug einen Reflektionsgrad aufweist, der gegenüber der Erwärmung von mit vollständig durchlegierten Al-Si-Fe-Überzügen versehenen Flachprodukten deutlich höhere Aufheizgeschwindigkeit bei der Erwärmung in Strahlungsöfen auf die Erwärmungstemperatur erlaubt, ohne dass ein Abfließen des Überzugs erfolgt.

**[0025]** Ein in erfindungsgemäßer Weise erhaltenes Zwischenprodukt ist somit dadurch gekennzeichnet, dass es mit einem nur mit dem Eisen des Stahlsubstrats unvollständig vorlegierten Al-Si-Überzug versehen ist.

**[0026]** Nach dem zweiten Erwärmungsschritt wird das nun mit einem durchlegierten Si-Al-Fe-Überzug versehene Ausgangsprodukt dann in an sich bekannter Weise in einem geeigneten Warmformwerkzeug zu dem gewünschten Bauteil umgeformt. Bei dem erhaltenen Bauteil kann es sich um ein fertig endgeformtes Bauteil handeln oder um ein Halbzeug, das anschließend weiteren Verformungsschritten unterzogen wird.

**[0027]** Bereits während der Warmformgebung oder unmittelbar anschließend wird das warmgeformte Bauteil schließlich kontrolliert abgekühlt, um im Stahlsubstrat Härtegefüge zu erzeugen. Die Arbeitsschritte "Warmformen" und "Abkühlen" lassen sich dabei insbesondere in der vom "Pressformhärten" bekannten Weise durchführen.

**[0028]** Die erfindungsgemäße Vorgehensweise erlaubt es somit, auf kostengünstige und gleichzeitig besonders effiziente Weise, ein aluminisiertes, durch Pressformhärten erzeugtes Bauteil innerhalb verkürzter Verarbeitungszeiten zur Verfügung zu stellen. Dabei ist nicht der Aufwand für den in der Regel beim Produzenten des Stahlprodukts durchgeführten Erwärmungsschritt aufgrund dessen verkürzt, dass die Prozesszeit und die Behandlungstemperatur für die nur teilweise erfolgende Le-

gierung der Al-Si-Schicht mit dem Eisen des Stahlsubstrats gegenüber dem Stand der Technik verkürzt ist, sondern auch der in der Regel beim Verarbeiter des mit dem erfindungsgemäß nur unvollständig legierten Al-Si-Überzug durchgeführte zweite Erwärmungsschritt in verkürzter Prozessdauer bei entsprechend vermindertem Energiebedarf und minimiertem apparativen Aufwand ablaufen kann.

**[0029]** Die Tatsache, dass nach dem erfindungsgemäß durchgeführten ersten Erwärmungsschritt in der Al-Si-Schicht ein geringerer Fe-Anteil vorhanden ist als im nach dem Warmpresshärten erhaltenen Bauteil, bei der nur ein minimales Korrosionsrisiko besteht, erlaubt es insbesondere, das Stahlprodukt zwischen dem ersten und dem zweiten Erwärmungsschritt auf Raumtemperatur abzukühlen und zu lagern, bevor es dann der Weiterverarbeitung zugeführt wird. Die Korrosionsschutzwirkung der nach dem ersten Erwärmungsschritt vorhandenen, nur unvollständig legierten Al-Si-Schicht ist dabei so groß, dass sich das Stahlprodukt zwischen dem ersten und dem zweiten Erwärmungsschritt problemlos an Luft beispielsweise zwischen dem Werk des Erzeugers des Stahlprodukts und dem Werk des Endverarbeiters transportieren lässt.

**[0030]** Praktische Versuche haben ergeben, dass die Temperatur des ersten Erwärmungsschritts mindestens 500 °C beträgt, gleichzeitig jedoch höchstens gleich der Ac<sub>1</sub>-Temperatur des Stahlprodukts ist. In der Praxis eignen sich daher für den ersten Erwärmungsschritt insbesondere Temperaturen, die im Bereich von 550 - 723 °C, insbesondere 550 - 700 °C, liegen. Durch eine Erwärmung in diesem Temperaturbereich werden die mechanisch technologischen Kennwerte des Stahlproduktes nicht verschlechtert und das Grundgefüge bleibt in seinen Bestandteilen erhalten.

**[0031]** Die für den ersten Erwärmungsschritt bei diesen Erwärmungstemperaturen einzuplanende Zeitdauer beträgt bei Al-Si-Überzugsdicken im Ausgangszustand von 10 - 30 µm (entsprechend 80 - 150 g/m<sup>2</sup>) 4 - 24 h bei einer Erwärmung im Haubenofen. Es ist auch eine Erwärmung im Durchlaufofen oder Kammerofen denkbar, wobei die Erwärmungszeiten dabei jeweils weniger als eine Stunde betragen.

**[0032]** Bevorzugt werden Temperatur und Dauer des ersten Behandlungsschritts dabei jeweils so eingestellt, dass der Al-Si-Überzug, gemessen ausgehend von dem Stahlsubstrat, über mindestens 50 %, insbesondere 70 - 99 %, bevorzugt 90 - 99 %, seiner Dicke mit Fe legiert ist.

**[0033]** Abhängig von der beim Hersteller des Stahlprodukts vorhandenen Ofentechnik kann der erste Erwärmungsschritt in einem Haubenglühofen, Kammerofen oder in einem Durchlaufglühofen durchgeführt werden. Im Fall der Verarbeitung eines Stahlflachproduktes ist es dabei möglich, eine Vorlegierung in einem Durchlaufofen zu erhalten, der direkt inline am Austritt einer Beschichtungsanlage angeordnet ist, ähnlich wie dies bei einer Anlage für das Galvannealing der Fall ist und die Erwärmung in einem Temperaturbereich zwischen 600 und

723 °C erfolgt. Genauso kann das erfindungsgemäß erhaltene, mit einem nur teilweise legierten Al-Si-Überzug versehene Stahlprodukt im zweiten Erwärmungsschritt in einem Durchlaufofen auf die erforderliche Erwärmungstemperatur erwärmt werden. Dabei kann die zweite Erwärmung induktiv, konduktiv oder mittels Wärmestrahlung erfolgen.

**[0034]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

**[0035]** Es wurden Proben eines 1,5 mm dicken Stahlblechs untersucht, das neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%) C: 0,226 %, Si: 0,25 %, Mn: 1,2 %, Cr: 0,137 %, Mo: 0,002 %, Ti: 0,034 %, B: 0,003 % enthielt und durch konventionelles Feueraluminieren mit einem 20 µm (entsprechend 120g /m<sup>2</sup>) dicken Al-Si-Überzug versehen worden war.

**[0036]** Die Proben sind in einem einem Haubenglühofen nachgebildeten Versuchsofen für jeweils acht Stunden einer dem ersten Erwärmungsschritt des erfindungsgemäßen Verfahrens entsprechenden Wärmebehandlung unterzogen worden. Ein erster Teil von Proben ist dabei bei 500 °C, ein zweiter Teil bei 550 °C und ein dritter Teil bei 600 °C gegläut worden. Zusätzlich haben weitere Proben in sechs Minuten bei 950 °C den Durchlaufofen durchlaufen. Dies stellt eine typische Wärmebehandlung zum Presshärten dar, bei der die Al-Si-Überzugsschicht durchlegiert wird. Nach den jeweiligen Glühungen sind die Proben auf Raumtemperatur abgekühlt worden. Die erhaltenen Proben wiesen bis auf die bei 950 °C wärmebehandelte Probe jeweils eine nicht vollständig durchlegierte Al-Si-Überzugsschicht auf.

**[0037]** Anschließend sind die zuvor gegläut und abgekühlten Proben in einer dem zweiten Erwärmungsschritt entsprechenden Glühbehandlung in einem Strahlungsofen auf eine Erwärmungstemperatur von 950 °C erwärmt worden, bei der das Stahlsubstrat Austenitgefüge besaß. Dabei wurden die Aufheizraten erfasst, d. h. es wurde überwacht, wie schnell die Proben auf die Zieltemperatur von 950 °C aufgeheizt worden sind.

**[0038]** In Diag. 1 ist die Temperatur T der jeweiligen Proben über die Glühzeit t eingetragen. Zusätzlich ist in Diag. 1 die für eine nicht in einem vorgeschalteten ersten Erwärmungsschritt gegläute Probe eingetragen (Kurve "- °C / - s").

**[0039]** Es zeigt sich, dass sich bei den untersuchten Proben optimale Aufheizraten ergeben, wenn die Proben im ersten Erwärmungsschritt im Haubenofen für 8 h bei 550 °C oder 600 °C gegläut worden sind. Ein genauso gutes Aufheizverhalten wurde für die im Durchlaufofen bei 950 °C für sechs Minuten gegläuteten Proben festgestellt.

**[0040]** Das schlechtere Aufheizverhalten der zuvor bei 500 °C für 8 h gegläuteten Proben ist darin begründet, dass sich bei diesen Proben in der oberen, nicht legierten Schicht des Al-Si-Überzugs die Reflektion der Strahlung genauso verhält, wie bei herkömmlichen Al-Si-Überzügen im Anlieferungszustand ohne vorherige Wärmebehandlung.

**[0041]** Mit dem erfindungsgemäßen Prozess lassen sich die Zeiten, die für die Durchlegierung im Austenitisierungsofen vor der Warmumformung benötigt werden, deutlich verkürzen. So konnte gezeigt werden, dass gegenüber der konventionellen Vorgehensweise ein Zeitgewinn von mindestens 90 s erwartet werden kann. Mit diesem Zeitgewinn können die für die Erwärmung vor der Warmformgebung benötigten Öfen kleiner konzipiert werden. Bei der Wartung der Öfen mit konventioneller Größe erfolgt ein Abkühlen auf Raumtemperatur in etwa 10 Tagen, wohingegen bei der durch die Erfindung möglichen Reduzierung der Ofengröße mit einem Zeitgewinn von mindestens 2 bis 3 Tagen für die Abkühlung gerechnet werden kann.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Bauteils aus einem mit einem Al-Si-Schutzüberzug überzogenen Stahlprodukt, wobei im Zuge des Verfahrens

- das mit dem Al-Si-Überzug überzogene Stahlprodukt einem ersten Erwärmungsschritt unterzogen wird, bei dem die Temperatur und die Dauer der Wärmebehandlung so eingestellt werden, dass der Al-Si-Überzug nur unvollständig mit Fe des Stahlprodukts vorlegiert wird,
- das Stahlprodukt in einem zweiten Erwärmungsschritt auf eine oberhalb der Ac1-Temperatur liegende Erwärmungstemperatur erwärmt wird, bei der das Stahlprodukt ein mindestens teilaustentisches Gefüge aufweist, wobei die Temperatur und Dauer des zweiten Erwärmungsschritts so eingestellt werden, dass der Al-Si-Überzug im Zuge des zweiten Erwärmungsschritts vollständig mit Fe des Stahlprodukts durchlegiert wird,
- das auf die Erwärmungstemperatur erwärmte Stahlprodukt zu dem Bauteil umgeformt wird und
- das erhaltene Bauteil kontrolliert abgekühlt wird, um Härtegefüge zu erzeugen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlprodukt zwischen dem ersten und dem zweiten Erwärmungsschritt auf Raumtemperatur abgekühlt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlprodukt zwischen dem ersten und dem zweiten Erwärmungsschritt an Luft transportiert wird.

4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur des ersten Erwärmungsschritts mindestens 500 °C beträgt und gleichzeitig höchstens gleich der

$A_{C1}$ -Temperatur des Stahlprodukts ist.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur des ersten Erwärmungsschritts 550 - 723 °C, insbesondere 550 - 700 °C, beträgt. 5
6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Erwärmungsschritt in einem Haubenglühofen durchgeführt wird. 10
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Erwärmungsschritt in einem Durchlaufofen durchgeführt wird. 15
8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erwärmungstemperatur, auf die das Stahlprodukt im zweiten Erwärmungsschritt erwärmt wird, mindestens der  $A_{C3}$ -Temperatur entspricht. 20
9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Erwärmungsschritt in einem Durchlaufofen durchgeführt wird. 25
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Erwärmungsschritt in einem Kammerofen durchgeführt wird. 30
11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlprodukt aus einem Vergütungsstahl besteht. 35
12. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlprodukt ein Stahl Flachprodukt, wie ein Stahlblech oder ein Stahlband ist. 40
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlprodukt ein vorgeformtes Halbzeug ist. 45

#### Claims

1. Process for producing a component from a steel product coated with a protective Al-Si coating wherein, during the course of the process: 55
  - the steel product coated with the Al-Si coating

undergoes a first heating stage in which the temperature and the duration of the heat treatment are set such that the Al-Si coating is only incompletely pre-alloyed with Fe from the steel product,

- the steel product, in a second heating stage, is heated to a heating temperature, above the  $A_{C1}$  temperature, at which the steel product has an at least partially austenitic structure, wherein the temperature and duration of the second heating stage are set such that the Al-Si coating is fully alloyed with Fe from the steel product during the course of the second heating stage,
- the steel product heated to the heating temperature is shaped to form the component, and
- the component obtained is cooled in a controlled manner, in order to obtain a martensitic structure.

2. Process according to claim 1, **characterised in that** the steel product is cooled to room temperature, between the first and the second heating stage.
3. Process according to claim 2, **characterised in that** the steel product is transported into air between the first and the second heating stage.
4. Process according to one of the preceding claims, **characterised in that** the temperature of the first heating stage is at least 500°C and, at the same time, is at most the same as the  $A_{C1}$  temperature of the steel product.
5. Process according to one of the preceding claims, **characterised in that** the temperature of the first heating stage is 550 - 723°C, in particular 550-700°C.
6. Process according to one of the preceding claims, **characterised in that** the first heating stage is carried out in a bell-type annealing furnace.
7. Process according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** the first heating stage is carried out in a continuous furnace.
8. Process according to one of the preceding claims, **characterised in that** the heating temperature to which the steel product is heated in the second heating stage corresponds to at least the  $A_{C3}$  temperature.
9. Process according to one of the preceding claims, **characterised in that** the second heating stage is carried out in a continuous furnace.
10. Process according to claims 1 to 8, **characterised in that** the second heating stage is carried out in a

chamber furnace.

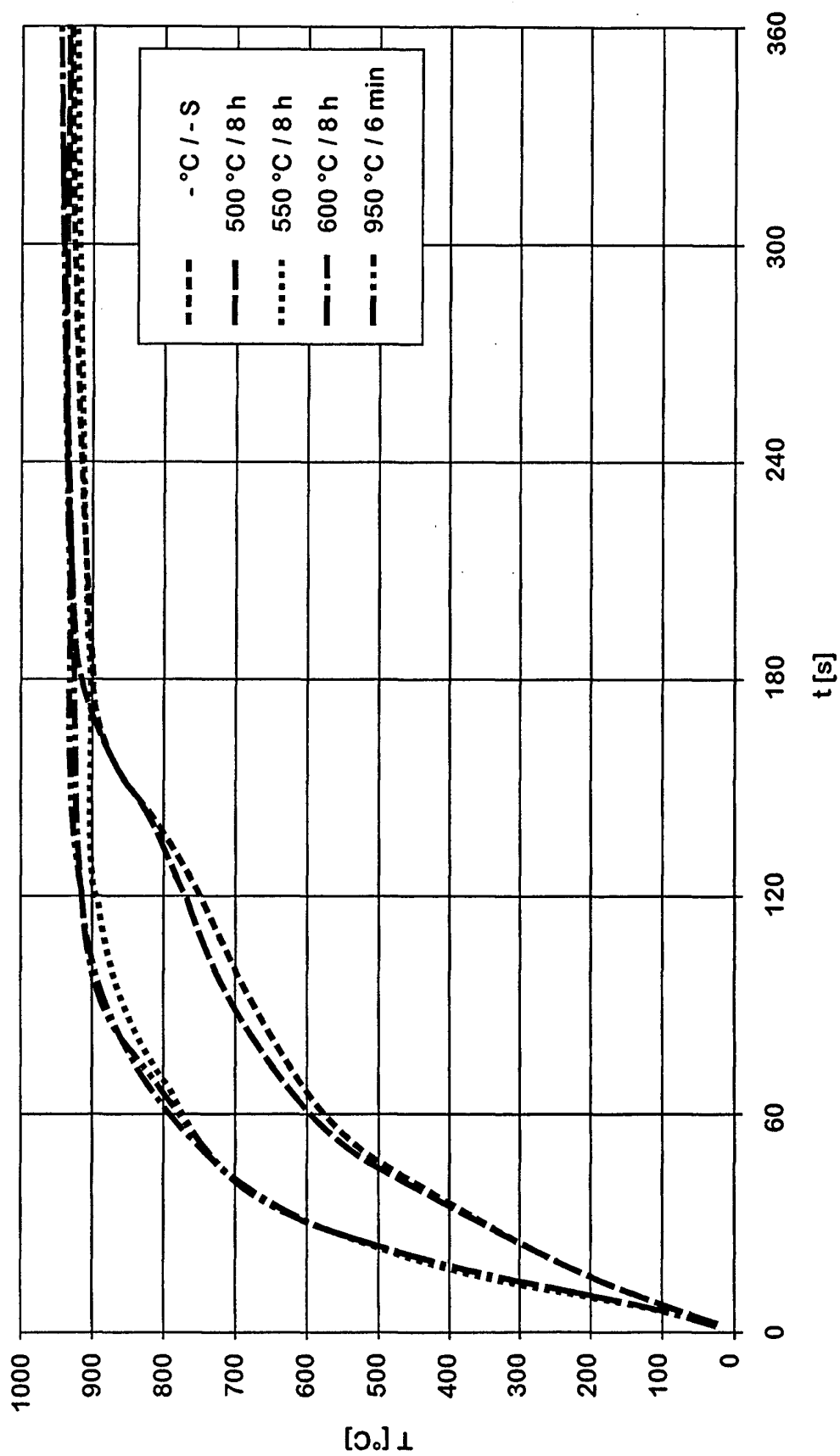
11. Process according to one of the preceding claims, **characterised in that** the steel product consists of quenched and tempered steel.
12. Process according to one of the preceding claims, **characterised in that** the steel product is a flat steel product such as a steel sheet or a steel strip.
13. Process according to one of claims 1 to 11, **characterised in that** the steel product is a preformed, semi-finished product.

#### Revendications

1. Procédé de fabrication d'un élément, qui consiste en un produit en acier pourvu d'un revêtement de protection en Al-Si, procédé au cours duquel
  - le produit en acier, pourvu d'un revêtement en Al-Si, est soumis à une première étape de chauffage, dans laquelle la température et la durée du traitement thermique sont réglées de sorte que le revêtement en Al-Si ne soit qu'incomplètement allié au Fe du produit en acier,
  - le produit en acier est chauffé, au cours d'une deuxième étape de chauffage, à une température de chauffage supérieure à la température Ac1 à laquelle le produit en acier présente une structure au moins partiellement austénitique, sachant que la température et la durée de la deuxième étape de chauffage sont réglées de sorte que la revêtement en Al-Si soit complètement allié au Fe du produit en acier, au cours de la deuxième étape de chauffage,
  - le produit en acier, porté à la température de chauffage, est formé en l'élément, et
  - l'élément obtenu est refroidi pour la réalisation de la structure de trempe.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le produit en acier est refroidi à la température ambiante, entre la première et la deuxième étape de chauffage.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le produit en acier est transporté à l'air entre la première et la deuxième étape de chauffage.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température de la première étape de chauffage est d'au moins 500 °C et, simultanément, tout au plus égale à la température AC1 du produit en acier.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes,

tes, **caractérisé en ce que** la température de la première étape de chauffage est de 550 à 723 °C, en particulier de 550 à 700 °C.

- 5 6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la première étape de chauffage est exécutée dans un four de recuit à cloche.
- 10 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la première étape de chauffage est exécutée dans un four à passage continu.
- 15 8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la température de chauffage, à laquelle le produit en acier est chauffé au cours de la deuxième étape de chauffage, correspond au moins à la température Ac3.
- 20 9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la deuxième étape de chauffage est exécutée dans un four à passage continu.
- 25 10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la deuxième étape de chauffage est exécutée dans un four à moufle.
- 30 11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le produit en acier est constitué d'un acier d'amélioration.
- 35 12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le produit en acier est un produit en acier plat, comme une tôle d'acier ou un feuillard d'acier.
- 40 13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** le produit en acier est un demi-produit préformé.



Diag. 1



**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**

- EP 1380666 A1 [0008]
- DE 102004007071 B4 [0013]