



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 48 086 A1** 2005.05.19

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 48 086.2**
(22) Anmeldetag: **13.10.2003**
(43) Offenlegungstag: **19.05.2005**

(51) Int Cl.7: **B62D 29/00**
B62D 25/00, C22C 38/04

(71) Anmelder:
**Benteler Automobiltechnik GmbH, 33102
Paderborn, DE**

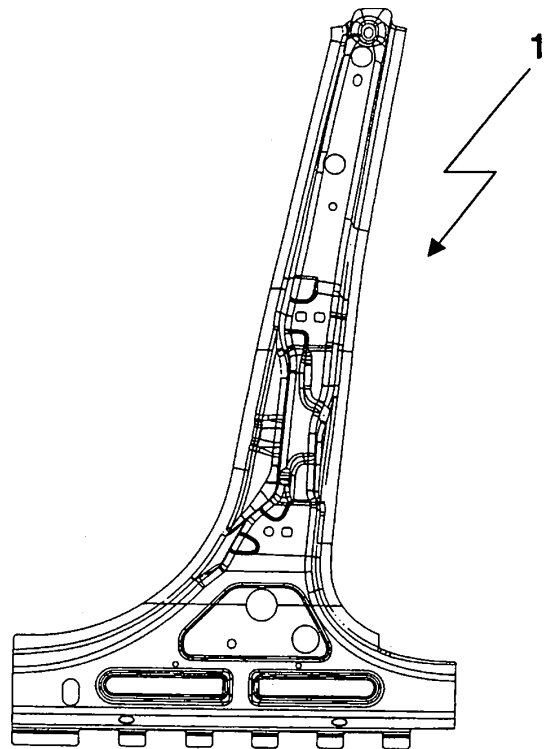
(72) Erfinder:
**Danger, Elisabeth, 33100 Paderborn, DE; Kröger,
Matthias, 33034 Brakel, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Hochfestes Stahlbauteil mit Korrosionsschutzschicht aus Zink**

(57) Zusammenfassung: Vorgeschlagen wird ein warmgeformtes und gehärtetes Struktur- und/oder Sicherheitsbauteil 1 für den Kraftfahrzeugbau aus hochfestem Stahl, das mit einer Korrosionsschutzschicht aus einer mittels eines Feststoffdiffusionsverfahrens eindiffundierten Zink/Eisenlegierung versehen ist, wobei die Schichtdicke der Korrosionsschutzschicht $\leq 10 \mu\text{m}$ beträgt. Hierbei handelt es sich um die Verwendung des an sich bekannten Sheradisierverfahrens in abgewandelter Form für wärmeempfindliche gehärtete Kraftfahrzeugbauteile zur Erzielung eines hervorragenden Korrosionsschutzes.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein warmgeformtes und pressgehärtetes Struktur- und/oder Sicherheitsbauteil für ein Kraftfahrzeug aus hochfestem Stahl mit einer Korrosionsschutzschicht aus Zink nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0002] Im Fahrzeugbau werden mehr und mehr Fahrzeugbauteile aus festem und hochfestem Stahl eingesetzt, um den Leichtbaukriterien bei steigenden Anforderungen an die Materialkennwerte gerecht zu werden. Dies gilt auch für den Karosseriebau, wo beispielsweise Struktur- und/oder Sicherheitsteile wie Türaufprallträger, A- und B-Säulen, Stoßfänger oder Längs- und Querträger immer öfter zur Erreichung der Gewichtsziele und der Sicherheitsanforderungen aus einem warmgeformten und pressgehärteten festen oder hochfesten Stahl hergestellt werden. Aus der DE 24 52 486 C2 ist dabei ein Verfahren zum Pressformen und Härten eines Stahlblechs mit geringer Materialdicke und guter Maßhaltigkeit bekannt, bei dem ein Blech aus einem borlegierten Stahl auf eine Temperatur über A_{C3} erwärmt und danach in weniger als 5 Sekunden in die endgültige Form zwischen zwei indirekt gekühlten Werkzeugen unter wesentlicher Formveränderung gepresst wird und unter Verbleiben in der Presse einer Schnellkühlung so unterzogen wird, dass ein martensitisches und/oder bainitisches Gefüge erzielt wird. Durch diese Maßnahmen erhält man ein Produkt mit hoher Formgenauigkeit, guter Maßhaltigkeit und hohen Festigkeitswerten, dass sich hervorragend für Struktur- und Sicherheitsteile im Fahrzeugbau eignet.

[0003] Problematisch gestaltet sich allerdings der Korrosionsschutz warmgeformter und pressgehärteter Struktur- und Sicherheitsteile. Aus der DE 101 58 622 A1 ist es beispielsweise bekannt, eine fest haftende Schicht aus formlosem Stoff auf ein Stahlteil aufzubringen. Als gebräuchliche Beschichtungsverfahren werden Schmelztauchverfahren, insbesondere Feuerverzinkung, galvanische Abscheidung aus Lösungen oder das thermische Spritzen genannt. Stand der Technik sind auch sogenannte „Cold Gas Coating“ Verfahren. Alle diese Verfahren haben verschiedene Nachteile.

[0004] Beim Schmelztauchen wird durch den relativ hohen Wärmeeintrag des warmen Tauchbades in das gehärtete Struktur- oder Sicherheitsteil die durch das Härten eingestellte Materialfestigkeit deutlich reduziert. Die Schichtdicke ist nach unten begrenzt und daher nur schlecht oder gar nicht schweißbar. Das Schmelztauchverfahren scheidet also für warmgeformte und gehärtete Struktur- und Sicherheitsteile im Prinzip aus.

[0005] Ein gängig angewandtes Verfahren ist das Bespritzen warmgeformter und gehärteter Bauteile mit Zinkflakes, das sogenannte Deltatone-Verfahren. Die Haftung dieser Spritzschicht ist allerdings begrenzt. Zudem lassen sich Hinterschneidungen an Bauteilen nur aufwändig beschichten. Das Beschichten einer Rohrinneenseite beispielsweise ist kaum möglich. Dadurch ist der Korrosionsschutz nicht in genügendem Umfang gegeben. Eine Zinkflakebeschichtung ist auch nur schlecht schweißbar.

[0006] Auch thermische Spritzschichten haben eine schlechte Haftung und sind schlecht schweißbar. Beim elektrolytischen Verzinken besteht die Gefahr der Wasserstoffversprödung bei Festigkeiten über 1000 MPa. Festigkeiten über 1000 MPa werden bei warmgeformten und gehärteten Strukturbauteilen aus festem und hochfestem Stahl schnell überschritten. Elektrolytisches Verzinken oder Cold Gas Coating sind zudem für die Massenproduktion zu aufwändig und teuer.

[0007] Die EP 1013785 A1 beschreibt ein Verfahren, bei dem ein Stahlband mit einem Schmelztauchüberzug aus Aluminium versehen und anschließend aus diesem beschichteten Band eine Platine entnommen wird, die erwärmt und warmgeformt wird, wobei die Schmelztauchschicht mit dem Stahl eine intermetallische Phase bildet, wodurch die Beschichtung das Warmformen und anschließende Härten übersteht ohne abzuschmelzen. Zum einen sind jedoch alle Schnittkanten der Platine oder des fertigen Bauteils ohne Beschichtung. Zum anderen läßt sich das beschichtete Band nicht kaltformen, ohne die Beschichtung zu beschädigen. Der Korrosionsschutz des beschichteten Bandmaterials ist daher ungenügend.

[0008] Folglich liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein warmgeformtes und gehärtetes Struktur- und/oder Sicherheitsbauteil aus festem oder hochfestem Stahl bereitzustellen, das mit einer lückenlosen Korrosionsschutzschicht versehen ist, die sich nicht oder nur unwesentlich auf die Festigkeitswerte des Bauteils auswirkt, die gut haftet, schweißbar ist und den Korrosionsschutzanforderungen auch im Bereich von Hinterschneidungen genügt.

[0009] Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen im kennzeichnenden Teil von Anspruch 1. Demnach besteht die Schutzschicht aus einer in einem Feststoffdiffusionsverfahren erzeugten Zink/Eisenlegierung

mit einer Schichtdicke $\leq 10 \mu\text{m}$.

[0010] Ausgangspunkt für diesen Lösungsansatz ist das an sich bekannte Sheradisierverfahren von Schüttgut wie Schrauben und Bolzen. In dem Entwurf zu einer DIN EN 13811 „Zink-Diffusionsüberzüge auf Eisenwerkstoffen“ ist das Sheradisierverfahren beschrieben. Demnach handelt es sich bei dem Sheradisierverfahren um ein Feststoffdiffusionsverfahren, bei dem Bauteile im engen Kontakt mit Zinkstaub und einem inerten Material, z.B. Sand erhitzt werden. Durch diese Behandlungen entsteht auf den Bauteilen ein sheradisiertes Überzug, der aus einer Zink/Eisenlegierung besteht. Als Grundwerkstoff sind laut dem Entwurf der DIN 13811 unter anderem unlegierte Kohlenstoffstähle oder schwach legierte Stähle geeignet. Das Verfahren wird üblicherweise in einem langsam rotierenden geschlossenen Behälter bei Temperaturen von 320°C bis 500°C durchgeführt. Durch Sheradisieren aufgebrauchte Überzüge dienen dem Schutz der Eisenwerkstoffe vor Korrosion und Verschleiß. Dabei legt der DIN Entwurf für die Schichtdicke Mindestdicken von 15 μm fest. Der Überzug kann anschließend phosphatiert oder chromatiert werden, wodurch eine saubere, passivierte Oberfläche entsteht. Der Überzug folgt den Konturen des Grundwerkstoffs sehr genau und ermöglicht die Herstellung gleichmäßiger Überzüge auf Bauteilen, auch wenn diese eine unregelmäßige Form aufweisen. Weil der sheradisierte Überzug vollständig aus einer Zink/Eisenlegierung besteht, weist er eine große Oberflächenhärte und demzufolge eine hohe Verschleißfestigkeit auf, wobei auf Grund der Härte des Überzugs Kratzer, die von der normalen Berührung mit anderen Bauteilen stammen, nur oberflächlich und ohne nachteilige Wirkung auf die Korrosionsbeständigkeit sind. Dabei ist ausreichendes Haftvermögen der Schicht mit dem Grundwerkstoff ein charakteristisches Merkmal des Sheradisierverfahrens.

[0011] Insbesondere die guten Haftungs- und Korrosionsschutzeigenschaften der Schicht, die sich in hohem Maße der Bauteilkontur anpasst, machen den sheradisierten Überzug auch für warmgeformte und gehärtete Struktur- und Sicherheitsbauteile im Kraftfahrzeug interessant. Allerdings sind die beim Sheradisierverfahren vorgeschriebenen Mindestschichtdicken von 15 μm für die beanspruchten Struktur- und/oder Sicherheitsteile ungeeignet. Schichtdicken über 10 μm lassen sich kaum noch schweißen. Daher werden die Schichtdicken erfindungsgemäß $\leq 10 \mu\text{m}$ eingestellt. Zusätzlich wird die aufgebrauchte Schicht, anders als beim Sheradisierverfahren üblich, bevorzugt nicht passiviert, damit sie leitfähig bleibt. Durch die geringen Schichtdicken und die fehlende Passivierung ist das beschichtete Bauteil insbesondere gut punktschweißbar. Auch andere Schweißverfahren wie MIG oder MAG- Schweißverfahren sind gut einsetzbar. Anschließend wird das beschichtete Bauteil bei Bedarf noch lackiert.

[0012] Sheradisiert wurde bisher Schüttgut, das lose in dem zuvor erwähnten Behälter, beispielsweise eine Trommel, rotiert. Bei den hier beanspruchten Struktur- und Sicherheitsteilen handelt es sich jedoch um wesentlich größere Gestellware, die nicht lose, sondern lagefixiert verarbeitet werden muß, da ansonsten die Dimensionsstabilität der einzelnen Bauteile innerhalb der engen Toleranzen nicht gewährleistet ist. Folglich müssen diese Sicherheits- und Strukturteile in einer Wärmekammer lagefixiert werden. Die Lagefixierung kann dadurch erreicht werden, dass die Bauteile mit einem Gestell in die rotierende Trommel eingelegt werden, so dass sie nicht aneinander oder an die Trommelwand schlagen können. Alternativ können die Bauteile auch in eine stehende Wärmekammer eingebracht werden, wobei während des Erwärmens das Zinkpulver durch Düsen kontinuierlich innerhalb der Kammer verteilt wird, so dass das Bauteil von allen Seiten beschichtet wird. Auf beide Weisen ist nunmehr auch die Beschichtung von schwer zugänglichen Hinterschneidungen wie beispielsweise einer Rohrrinnenwand möglich.

[0013] Gleichzeitig muss der Wärmeeintrag in das warmgeformte und pressgehärtete Struktur- und/oder Sicherheitsbauteil während des Feststoffdiffusionsverfahrens so gering wie möglich gehalten werden, damit die Festigkeitswerte des gehärteten Stahls nicht wesentlich beeinflusst werden. Deshalb wird erfindungsgemäß bei Temperaturen unter 320°C gearbeitet. Besonders gut geeignet ist das Verfahren für einen Grundwerkstoff aus einer Stahlsorte, die sich in Gewichtsprozent aus

Kohlenstoff (C)	0,18 % bis 0,3
Silizium (Si)	0,1 % bis 0,7
Mangan (Mn)	1,0 % bis 2,5
Phosphor (P)	maximal 0,025
Chrom (Cr)	bis 0,8
Molybdän (Mo)	bis 0,5
Schwefel (S)	maximal 0,01
Titan (Ti)	0,02 % bis 0,05
Bor (B)	0,0015 % bis 0,005
Aluminium (Al)	0,01 % bis 0,06

[0014] Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen zusammensetzt. Nach dem Warmumformen und Härten stellen sich bei diesem Stahl ein Streckgrenze $R_{p0,2} \geq 950$ MPa, eine Zugfestigkeit $R_m \geq 1350$ MPa und eine Dehnung $A_5 \geq 8$ % ein. Bereits ab 320°C setzt bei dieser Stahlsorte eine beginnende Gefügeumwandlung ein. Die bei Schüttgut regelmäßig angewandten Sheradisiertemperaturen von etwa 400°C sind daher zu hoch, um die eingestellten Festigkeitswerte zu garantieren. Bei reduzierten Temperaturen lässt sich jedoch eine gute Korrosionsschutzschicht erzielen, die die Festigkeitswerte nicht wesentlich beeinflusst.

[0015] Ebenfalls gut geeignet, ist eine Stahlsorte bestehend in Gewichtsprozent ausgedrückt aus

Kohlenstoff (C)	maximal 0,13
Silizium (Si)	0,15-0,30
Mangan (Mn)	1,10-1,60
Phosphor (P)	maximal 0,015
Schwefel (S)	maximal 0,011
Chrom (Cr)	1,00-1,60
Molybdän (Mo)	0,30-0,60
Aluminium (Al)	0,02-0,05
Vanadium (V)	0,12-0,25

[0016] Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen mit einer Zugfestigkeit von $R_m \geq 950$ MPa, einer Streckgrenze $R_{p0,2}$ von ≥ 700 MPa und einer Dehnung A_5 von ≥ 14 % im luftharten Zustand. Diese Stahlsorte härtet zwar auch an der Luft aus.

[0017] Gleichzeitig sollen jedoch auch hier die voreingestellten Festigkeitswerte möglichst unverändert bleiben. Bei dem erfindungsgemäßen Bauteil verändert die nach dem Härten aufgebrachte Beschichtung die spezifischen Materialkennwerte nur geringfügig oder gar nicht. Zudem besteht bei diesem Beschichtungsverfahren keine Gefahr der Wasserstoffversprödung.

[0018] Insgesamt verfügt das erfindungsgemäße Struktur- und/oder Sicherheitsbauteil über eine hohe Formgenauigkeit, gute Materialkennwerte wie hohe Festigkeit und Zähigkeit, einen ausgezeichneten Korrosionsschutz durch die im Verhältnis sehr gute Haftung der eindiffundierten Schicht, eine hohe Verschleißfestigkeit und Härte sowohl des Grundwerkstoffs als auch der Schicht, eine Beschichtung auch von Hinterschneidungen und Hohlräumen sowie über einen Korrosionsschutz auch an den Schnittkanten. Das erfindungsgemäße Struktur- und/oder Sicherheitsbauteil lässt sich auch gut weiterverarbeiten, weil es einfach schweiß- und lackierbar ist.

[0019] Die einzige Figur verdeutlicht die Erfindung. Die Figur zeigt eine B-Säule **1** mit komplexer Geometrie. Diese B-Säule **1** dient als Struktur- und Sicherheitsteil zwischen der vorderen PKW-Tür und der rückwärtigen Fahrgastzelle. Die B-Säule **1** muss im Fall eines Seitenaufpralls oder eines Überschlags die Stabilität der Fahrgastzellen garantieren und dabei erhebliche Kräfte aufnehmen. Sie ist daher aus einem härtbaren Stahl gefertigt. Um ihre Formgenauigkeit und ihre spezifischen Materialkennwerte zu erreichen, wird sie warmgeformt und zumindest teilweise gehärtet. Aufgrund ihrer komplexen Geometrie kann sie jedoch nicht in einem einzigen Schritt aus einer Ausgangsplatine geformt werden. Stattdessen wird sie in mehreren Schritten kalt vorgeformt und erst in einem letzten Schritt auf über A_{c3} -Temperatur erwärmt und warm in ein Warmform- und Härtewerkzeug eingelegt, wo sie in die Endform konfiguriert und unter Einhaltung enger Toleranzen in dem Werkzeug gehärtet wird. Ein bereits im Band beschichtetes Ausgangsmaterial würde beim Kaltformen reißen und kann daher für diese B-Säule **1** nicht eingesetzt werden. Die bisher bekannten anderen möglichen Beschichtungsverfahren erweisen sich für den Korrosionsschutz aus den bereits genannten Gründen als nicht ausreichend. Die erfindungsgemäße eindiffundierte Zink/Eisenlegierung gewährleistet dagegen einen hervorragenden Korrosionsschutz. Sie kann aufgrund des geringen Temperatureintrags auch noch nach dem Härten aufgebracht werden und folgt der komplexen Form der B-Säule **1** genau. Allerdings muß diese B-Säule **1** als Gestellware verarbeitet werden. Bereits aufgrund ihrer Größe kann sie nicht wie Schüttgut behandelt werden. Dennoch ist das an sich bekannte Sheradisierverfahren mit entsprechenden Anpassungen gut für die Beschichtung der B-Säule **1** einsetzbar und erzielt die gewünschten Korrosionsschutzeigenschaften auf einfache und kostengünstige Weise unter Vermeidung der bisher bekannten Nachteile.

Patentansprüche

1. Warmgeformtes und pressgehärtetes Struktur- und/oder Sicherheitsbauteil **1** für ein Krafffahrzeug aus

hochfestem Stahl mit einer Korrosionsschutzschicht aus Zink, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Korrosionsschutzschicht aus einer in einem Feststoffdiffusionsverfahren erzeugten Zink/Eisenlegierung besteht und die Schichtdicke $\leq 10 \mu\text{m}$ beträgt.

2. Struktur- und/oder Sicherheitsbauteil **1** nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrosionsschutzschicht nicht passiviert ist.

3. Struktur- und/oder Sicherheitsbauteil **1** nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrosionsschutzschicht lackiert ist.

4. Struktur- und/oder Sicherheitsbauteil **1** nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der hochfeste Stahl sich in Gewichtsprozent aus

Kohlenstoff (C)	0,18 % bis 0,3 %
Silizium (Si)	0,1 % bis 0,7 %
Mangan (Mn)	1,0 % bis 2,5 %
Phosphor (P)	maximal 0,025 %
Chrom (Cr)	bis 0,8 %
Molybdän (Mo)	bis 0,5 %
Schwefel (S)	maximal 0,01 %
Titan (Ti)	0,02 % bis 0,05 %

Bor (B)	0,002 % bis 0,005 %
Aluminium (Al)	0,01 % bis 0,06 %

Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen zusammensetzt.

5. Struktur- und/oder Sicherheitsbauteil **1** nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der hochfeste Stahl sich in Gewichtsprozent aus

Kohlenstoff (C)	0,09-0,13 %
Silizium (Si)	0,15-0,30 %
Mangan (Mn)	1,10-1,60 %
Phosphor (P)	maximal 0,015 %
Schwefel (S)	maximal 0,011 %
Chrom (Cr)	1,00-1,60 %
Molybdän (Mo)	0,30-0,60 %
Aluminium (Al)	0,02-0,05 %
Vanadium (V)	0,12-0,25 %

Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen zusammensetzt.

6. Verfahren zur Herstellung eines beschichteten Struktur- und/oder Sicherheitsbauteils **1** nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das warmgeformte und gehärtete Struktur- und/oder Sicherheitsbauteil **1** in einer Wärmekammer lagefixiert und bei weniger als 320°C von allen Seiten mit einem Sheradisierpulver aus Zink bestäubt wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Zeichnung

