



(10) **DE 10 2015 220 347 B4** 2018.06.21

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 220 347.6**  
(22) Anmeldetag: **20.10.2015**  
(43) Offenlegungstag: **20.04.2017**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **21.06.2018**

(51) Int Cl.: **C21D 7/13** (2006.01)  
**C21D 8/00** (2006.01)  
**C21D 8/02** (2006.01)  
**B23P 9/04** (2006.01)  
**C21D 9/48** (2006.01)  
**C23C 2/06** (2006.01)  
**C23C 2/26** (2006.01)  
**C23C 2/28** (2006.01)  
**C25D 5/50** (2006.01)  
**C25D 7/06** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**thyssenkrupp AG, 45143 Essen, DE;**  
**ThyssenKrupp Steel Europe AG, 47166 Duisburg,**  
**DE**

(72) Erfinder:  
**Sikora, Sascha, 44534 Lünen, DE; Gorschlüter,**  
**Jörg, 59075 Hamm, DE; Köyer, Maria, 44143**  
**Dortmund, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

**WO 2015/ 036 150 A1**

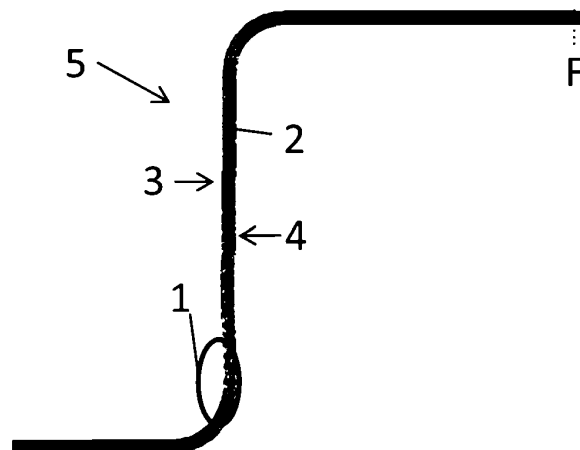
**DRILLET, P. [u. a.]: Study of cracks**  
**propagation inside the steel on press hardened**  
**steel zinc based coatings. In: La Metallurgia**  
**Italiana, 2012, n. 1, S. 3 - 8.**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Herstellen eines Bauteils für ein Fahrzeug**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Herstellen eines Bauteils (5) für ein Fahrzeug, umfassend folgende Schritte:

- (A) Bereitstellen eines Werkstücks aus einem vergütbaren Stahlwerkstoff (2), welches beidseitig mit einer zinkhaltigen Beschichtung versehen ist,
- (B) zumindest teilweises Erwärmen des Werkstücks auf eine Temperatur oberhalb von Ac1,
- (C) Einlegen des zumindest teilweise warmen Werkstücks in ein Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeug, welches mindestens einen Stempel und mindestens eine Matrize umfasst,
- (D) Zufahren des Werkzeugs durch Relativbewegung des Stempels und/oder der Matrize zueinander und Warmumformen und/oder Presshärten des Werkstücks, wobei zumindest ein Bereich des warmen Werkstücks im geschlossenen Werkzeug derart abgekühlt wird, dass sich zumindest teilweise ein Härtegefüge ausbildet, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück eine erste Oberfläche (3) mit einer geringeren Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung im Vergleich zur zweiten Oberfläche (4) des Werkstücks und eine erste Oberfläche (3) mit einer Auflagenstärke < 4 µm und eine zweite Oberfläche (4) mit einer Auflagenstärke ≥ 4 µm der zinkhaltigen Beschichtung jeweils im noch nicht pressgehärteten Zustand aufweist, wobei das Werkstück derart in das Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeug eingelegt wird, dass die erste Oberfläche (3) des Werkstücks auf der bei der Bauteilfertigung überwie-

gend auf Druck und/oder Zug belasteten Seite der überwiegend konkav ausgebildeten ...



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines Bauteils für ein Fahrzeug, umfassend folgende Schritte:

Bereitstellen eines Werkstücks aus einem vergütbaren Stahlwerkstoff, welches beidseitig mit einer zinkhaltigen Beschichtung versehen ist,

zumindest teilweises Erwärmen des Werkstücks auf eine Temperatur oberhalb von Ac1, Einlegen des zumindest teilweise warmen Werkstücks in ein Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeug, welches mindestens einen Stempel und mindestens eine Matrize umfasst,

Zufahren des Werkzeugs durch Relativbewegung des Stempels und/oder der Matrize zueinander und Warmumformen und/oder Presshärten des Werkstücks, wobei zumindest ein Bereich des warmen Werkstücks im geschlossenen Werkzeug derart abgekühlt wird, dass sich zumindest teilweise ein Härtegefüge ausbildet

**[0002]** Ferner betrifft die Erfindung ein Bauteil, insbesondere hergestellt nach dem erfindungsgemäßen Verfahren sowie eine entsprechende Verwendung des Bauteils.

**[0003]** Pressgehärtete Bauteile sind heutzutage im Automobilbau nicht mehr wegzudenken. Konventionelle Bauteile aus Stahl wurden durch neue hoch- und höherfeste Stahlwerkstoffe substituiert, wobei durch die Erhöhung der Festigkeit bzw. die hohe Festigkeit der Werkstoffe die Materialdicke bei gleichbleibenden mechanischen Eigenschaften reduziert werden konnte, so dass positiv Einfluss auf eine Reduzierung des Gesamtgewichts des Fahrzeugs genommen werden kann und damit einhergehend auch eine Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses möglich ist. Als Stahlwerkstoff wird ein vergütbarer Stahl beispielsweise ein Mangan-Bor-Stahl eingesetzt, wobei der derzeit gängigste Vertreter der 22MnB5 ist. Die Herstellung von pressgehärteten Bauteilen erfolgt in der Regel aus beschichteten Formplatinen oder aus beschichteten Platinen, welche zunächst kalt zu vorgeformten Halbzeugen geformt werden. Die Art der Beschichtung kann organisch sein, jedoch haben sich in der Praxis anorganische Beschichtungen auf Aluminium- bzw. Aluminium-Silizium-Basis und Zink-Basis etabliert. Bei Beschichtungen basierend auf Aluminium bzw. Aluminium-Silizium findet während des Erwärmungsprozesses (Austenitisierung) eine Diffusion von Eisen aus dem Grundwerkstoff (22MnB5) in die Beschichtung statt und es bildet sich eine AlSi-Fe-Schicht aus, welche hinsichtlich der Korrosionsschutzeigenschaften eine sogenannte Barrierewirkung aufweist. Ein aktiver, kathodischer Korrosionsschutz liegt bei einer Aluminium-Basis-Beschichtung nicht vor. Einen aktiven, kathodischen Korrosionsschutz stellen jedoch Beschichtungen auf Zink-

Basis bereit. Zwar findet wiederum während des Erwärmungsprozesses (Austenitisierung) eine Diffusion von Eisen aus dem Grundwerkstoff (22MnB5) in die Beschichtung statt. Durch die Diffusion wird zwar der Schmelzpunkt der mit Eisen angereicherten Zinkbeschichtung angehoben, jedoch kann eine Ausbildung von flüssigen Zinkphasen (Löt-rissigkeit oder auch unter „liquid embrittlement“ bekannt) nicht vollständig unterdrückt werden. Durch die Löt-rissigkeit entstehen beim anschließenden Warmumformen und/oder Presshärten je nach Umformgrad, bedingt durch die Umformung an der Oberfläche der Beschichtung Risse, welche sich in Richtung des Grundwerkstoffs infolge der Materialbeanspruchung (Druck-Zug) weiter ausbreiten und bis in den Grundwerkstoff hineinreichen können. Die Ausbreitung der Risse ist der Anwesenheit von flüssigen Zinkphasen auf den Korngrenzen des Materials geschuldet, die das Material schwächen und durch die Druck-Zug-Beanspruchung eine Rissfortbildung in der Beschichtung bis in den Grundwerkstoff begünstigen. Derartige, rissbehaftete pressgehärtete Bauteile können eine Reduzierung der Bauteilfestigkeit im Crashfall und eine Verkürzung der Lebensdauererwartung insbesondere bei zyklischer Belastung bewirken.

**[0004]** Das Phänomen der Rissentstehung beim Warmumformen von zinkbeschichteten Platinen ist beispielsweise in der Veröffentlichung (Drillet et al. „Study of cracks propagation inside the steel on press hardened steel zinc based coatings“, La Metallurgia Italiana - n. 1/2012, pages 3-8) offenbart. An einem warmumzuformenden und presszuhärtenden omegaförmigen Profilquerschnitt wurden Untersuchungen durchgeführt. Es wurde festgestellt, dass Risse begünstigt durch die im Material erwärmungsbedingt vorliegenden flüssigen Zinkphasen insbesondere im Bereich der zu erzeugenden Zarge (kritischer Bereich) aufgrund zunächst einer Druck- und/oder anschließenden Zug-Beanspruchung auf der der Matrize zugewandten Seite entstehen und sich bis in den Grundwerkstoff erstrecken können. Je komplexer der Umformgrad, insbesondere im Zargenbereich, umso rissanfälliger und damit verbunden, umso tiefer kann sich der Riss in den Grundwerkstoff ausbilden.

**[0005]** Als weiteren Stand der Technik wird auf die internationale Anmeldung WO 2015/036150 A1 der Anmelderin verwiesen.

**[0006]** Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ausgehend von dem Stand der Technik, ein Verfahren zum Herstellen eines Bauteils für ein Fahrzeug, ein Bauteil für ein Fahrzeug sowie eine Verwendung des Bauteils anzugeben, wobei neben einem aktiven Korrosionsschutz auch eine ausreichende Bauteilfestigkeit im Crashfall und Lebensdauererwartung insbesondere bei zyklischer Belastung gewährleistet werden kann.

**[0007]** Die Aufgabe wird gemäß eines erfindungsgemäßen Verfahrens dadurch gelöst, dass das Werkstück eine erste Oberfläche mit einer geringeren Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung im Vergleich zur zweiten Oberfläche des Werkstücks und eine erste Oberfläche mit einer Auflagenstärke  $< 4\mu\text{m}$  und eine zweite Oberfläche mit einer Auflagenstärke  $\geq 4\mu\text{m}$  der zinkhaltigen Beschichtung jeweils im noch nicht pressgehärteten Zustand aufweist, wobei das Werkstück derart im Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeug eingelegt wird, dass die erste Oberfläche des Werkstücks auf der bei der Bauteilfertigung überwiegend auf Druck und/oder Zug belasteten Seite der überwiegend konkav ausgebildeten Werkzeugseite positioniert wird.

**[0008]** Das erfindungsgemäße Verfahren zum Herstellen eines Bauteils für ein Fahrzeug umfasst zunächst den Schritt des Bereitstellens eines Werkstücks aus einem vergütbaren Stahlwerkstoff, welches beidseitig mit einer zinkhaltigen Beschichtung versehen ist. Als vergütbare Stahlwerkstoffe kommen im Wesentlichen Mangan-Bor-Stähle zum Einsatz. Denkbar ist auch die Verwendung anderer Stahlgüten, in welchen infolge einer Wärmebehandlung und im Vergleich zum Anlieferungszustand eine höhere Festigkeit erzeugt werden kann. Ein weiterer Schritt umfasst zumindest ein teilweises Erwärmen des Werkstücks auf eine Temperatur oberhalb von  $A_{c1}$ , insbesondere oberhalb von  $A_{c3}$ . Das Werkstück wird zunächst partiell oder vollständig auf Austenitisierungstemperatur erwärmt, wobei je nach Anforderung des zu fertigenden Bauteils sowie dessen Verwendungszweck im Fahrzeug im Werkstück (partiell) unterschiedliche Gefügestrukturen oder eine durchgehend einheitliche Gefügestruktur eingestellt werden können. Dies kann über entsprechende Öfen und/oder über entsprechende Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeuge erfolgen. Sind unterschiedliche Gefügestrukturen im Werkstück zu berücksichtigen, wird von „tailored tempering“ gesprochen, d. h. es wird mindestens ein Bereich mit einem harten Gefüge und mindestens ein Bereich mit einem weichen Gefüge, welches gegenüber dem harten Gefüge duktiler ist, eingestellt. Ein weiterer Schritt umfasst das Einlegen des zumindest teilweise warmen Werkstücks in ein Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeug, welches mindestens einen Stempel und mindestens eine Matrize umfasst. Mindestens eine Werkzeugseite ist überwiegend konkav ausgebildet, vorzugsweise die Matrize und mindestens eine Werkzeugseite ist überwiegend konvex ausgebildet, vorzugsweise der Stempel. Das Zufahren des Werkzeugs durch Relativbewegung des Stempels und/oder der Matrize zueinander und Warmumformen und/oder Presshärten des Werkstücks umfasst einen weiteren Schritt, wobei zumindest ein Bereich des warmen Werkstücks im geschlossenen Werkzeug derart abgekühlt wird, dass sich zumindest teilweise ein Härtegefüge ausbildet. Das Werkstück wird voll-

ständig oder zumindest partiell gehärtet, was durch eine schnelle Abkühlung in einem insbesondere aktiv gekühlten Werkzeug im Zuge des Warmumformens und Presshärtens (direkte Warmumformung) oder im Zuge des Presshärtens (indirekte Warmumformung) erfolgt, wobei sich die Gefügestruktur des zumindest teilweise austenitisierten Bereichs des Werkstücks durch schnelles Abkühlen in ein martensitisches und/oder bainitisches Gefüge umwandelt, wobei das Erzielen eines martensitischen Gefüges besonders bevorzugt ist. Erfindungsgemäß weisen die erste Oberfläche eine Auflagenstärke  $< 4\mu\text{m}$  und die zweite Oberfläche eine Auflagenstärke  $\geq 4\mu\text{m}$  der zinkhaltigen Beschichtung jeweils im noch nicht pressgehärteten Zustand auf.

**[0009]** Die Erfinder haben überraschend festgestellt, dass durch die Reduzierung der Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung auf der ersten Oberfläche des Werkstücks, welche auf der bei der Bauteilfertigung überwiegend auf Druck und/oder Zug belasteten Seite, insbesondere der überwiegend konkav ausgebildeten Werkzeugseite positioniert wird, vorzugsweise mit der Matrize des Werkzeugs in Kontakt gebracht wird, gegenüber in der Praxis üblichen Auflagenstärken die Risse respektive die Risttiefe im kritischen Bereich auf ein Maß reduziert werden kann, welche den Anforderungen an die Bauteilfestigkeit im Crashfall und der Lebensdauererwartung insbesondere bei zyklischen Belastungen genügen. Eine Rissentstehung lässt sich aufgrund des vorgenannten Phänomens nicht gänzlich vermeiden. Durch das Herabsenken der Auflagenstärke reduziert sich auch das Zink-Angebot und somit können weniger flüssige Zinkphasen während des Erwärmungsprozesses im Material entstehen, welche das Material schwächen.

**[0010]** Gemäß einer ersten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Werkstück vor seiner Bereitstellung von einem bandförmigen Stahlwerkstoff abgetrennt, welcher mit einer elektrolytisch aufgetragenen oder einer schmelztauchbeschichteten zinkhaltigen Beschichtung versehen ist, welche insbesondere im kontinuierlichen Beschichtungsprozess appliziert wird. Kontinuierliche Beschichtungsprozesse sind zum einen wirtschaftlich und zum anderen können die geforderten Auflagenstärken gezielt eingestellt werden. Wie die Applikation der unterschiedlichen Auflagenstärken (Differenzbeschichtung) auf den Oberflächen des bandförmigen Stahlwerkstoffs durchgeführt wird, ist in der Fachwelt bekannt.

**[0011]** Vorzugsweise wird der bandförmige Stahlwerkstoff nach der Applikation der zinkhaltigen Beschichtung einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur, insbesondere zwischen  $200^\circ\text{C}$  und  $A_{c1}$ , vorzugsweise zwischen  $350^\circ\text{C}$  und  $A_{c1}$  und einer Dauer zwischen 5 und 300 s, vorzugsweise zwischen 20 und 240 s unterzogen. Durch die vor dem War-

mumformen und/oder Presshärten zusätzlich durchgeführte Wärmebehandlung (Galvannealing) wird die Beschichtung gezielt mit Eisen angereichert, wodurch der Schmelzpunkt der zinkhaltigen Beschichtung angehoben wird und die Bildung von flüssigen Zinkphasen während der Austenitisierung im Material reduziert werden kann. Die Wärmebehandlung erfolgt bevorzugt kontinuierlich, vorzugsweise inline nach dem Beschichtungsprozess. Die Wärmebehandlung kann auch alternativ an einem zu einem Bund (Coil) aufgewickelten bandförmigen Stahlwerkstoff durchgeführt werden, welches beispielsweise unter einer Haube geglüht wird, wobei die Wärmebehandlungszeit mehrere Minuten bis mehrere Stunden betragen kann und die Temperaturspanne in der vorgenannten Größenordnung liegt.

**[0012]** Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Werkstück verwendet, welches eine erste Oberfläche mit einer Auflagenstärke  $< 3,5\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $< 3\mu\text{m}$  und eine zweite Oberfläche mit einer Auflagenstärke  $\geq 4,5\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $\geq 5\mu\text{m}$  der zinkhaltigen Beschichtung jeweils im noch nicht pressgehärteten Zustand (Anlieferungszustand) aufweist. Eine Reduzierung der Risse bzw. der Risstiefe insbesondere im kritischen Bereich ist im Wesentlichen erkennbar, wenn die Auflagenstärke  $< 4\mu\text{m}$  auf der ersten Oberfläche des Werkstücks ist. Um einen ausreichenden kathodischen Korrosionsschutz sicherzustellen, sollte die Auflagenstärke auf der ersten Oberfläche  $\geq 1\mu\text{m}$ , insbesondere  $\geq 1,5\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $\geq 2\mu\text{m}$  betragen. Die Auflagenstärke auf der zweiten Oberfläche beträgt  $\leq 25\mu\text{m}$ , insbesondere  $\leq 20\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $15\mu\text{m}$ , um den Diffusionsweg zur Eisenanreicherung in der Auflage gering zu halten.

**[0013]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Werkstück nach dem Erwärmen als im Wesentlichen ebenes Werkstück in ein Warmumform- und Presshärtewerkzeug (direkte Warmumformung) oder als bereits kalt vorgeformtes, endgeometrienahes Werkstück in ein Presshärtewerkzeug (indirekte Warmumformung) eingelegt. Die indirekte Warmumformung bietet den Vorteil, dass keine flüssigen Zinkphasen im Material vorliegen und durch das kalte Um-/Vorformen zu einem endgeometrienahen Werkstück kaum Risse bzw. kein nennenswerter Rissfortschritt in den Grundwerkstoff durch die Beanspruchung des Materials insbesondere im kritischen Bereich während der Kaltumformung auftritt. Nach dem Austenitisieren erfolgen im Presshärtewerkzeug ein Abschrecken und ein Kalibrieren, welches einen geringen Formgebungsgrad umfassen kann. Der Nachteil ist, dass ein zusätzlicher Verfahrensschritt, nämlich das Vorformen des Werkstücks, erforderlich ist und damit auch eine zusätzliche Anlageninvestition verbunden ist. Besonders bevorzugt kommt die direkte War-

mumformung zum Einsatz. Unter Werkstück ist entweder ein ebenes Stahlblech oder ein kalt, vorgeformtes Stahlteil, welches noch nicht gehärtet ist, gemeint.

**[0014]** Gemäß einer alternativen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Werkstück in einem ersten Werkzeug warmumgeformt und in einem zweiten Werkzeug zumindest teilweise pressgehärtet. Durch die Aufteilung der Prozesse „Warmumformen“ und „Presshärten“ auf zwei Werkzeuge kann in vorteilhafter Weise die Taktzeit erhöht und damit verbunden die Wirtschaftlichkeit gesteigert werden. Durch den zweigeteilten Prozess muss jedoch sichergestellt sein, dass die Temperatur beim Einlegen des bereits warmumgeformten Werkstücks in das Presshärtewerkzeug die Ms-Temperatur (Martensit-Start-Temperatur) nicht unterschritten wird. Bevorzugt beträgt die Temperatur beim Einlegen mindestens Ms +20K, insbesondere Ms+50K.

**[0015]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Werkstück im Warmumform- und/oder Presshärtewerkzeug beschnitten. Dies hat den Vorteil, dass das Werkstück bevorzugt im noch warmen Zustand relativ einfach beschnitten werden kann, wenn die Temperatur die Ms-Temperatur noch nicht unterschritten hat. Dadurch können zusätzliche mechanische Schneidwerkzeuge, die aufgrund der hohen Härte im fertigen Werkstück (Bauteil) verschleißanfällig sind und eine geringe Standzeit haben bzw. alternative Trennvorrichtungen, wie beispielsweise ein teurer Laserhartbeschnitt, eingespart werden.

**[0016]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Werkstück verwendet, welches ein Tailored Product ist. Unter Tailored Products sind Tailored Blanks bzw. Tailored Welded Blanks, Tailored Strips bzw. Tailored Welded Strips und Tailored Rolled Blanks bzw. Tailored Rolled Strips zu verstehen, welche in der Fachwelt bekannt sind. Mit Tailored Blanks sowie Tailored Strips mit unterschiedlichen Blechstärken und Tailored Rolled Blanks kann gegenüber Werkstücken mit einer einheitlichen Materialstärke zusätzlich Masse einspart werden. Bei den Tailored Blanks und Tailored Strips können neben unterschiedlichen Blechdicken auch unterschiedliche Stahlwerkstoffe verwendet werden, um im Werkstück unterschiedliche Gefügestrukturen zu berücksichtigen, welche nicht durch das bereits erwähnte „Tailored Tempering“ eingestellt werden, d. h. es wird ein vergütbarer Stahlwerkstoff, welcher nach dem Härten ein hartes Gefüge besitzt, mit mindestens einem unvergütbaren, nicht härtbaren Stahlwerkstoff, welches nach dem Härten sein weiches Gefüge im Wesentlichen beibehält, entlang jeweils seiner Fugekante, vorzugsweise mittels Laser im Stumpfstoß miteinander verschweißt. Ein aufwendiges Entschichten der Fügezo-

ne, welches bei AlSi-Beschichtungen zwingend erforderlich ist, kann bei zinkhaltigen Beschichtungen entfallen.

**[0017]** Der vergütbare Stahlwerkstoff ist ein Mangan-Bor-Stahl mit einer Zugfestigkeit von mindestens 1500MPa im gehärteten Zustand. Seine Legierungsbestandteile in Gew.-% sind dabei bevorzugt wie folgt begrenzt:

C	$\leq 0,5$
Si	$\leq 0,7$
Mn	$\leq 2,5$
S	$\leq 0,01$
Al	$\geq 0,015$
Ti	$\leq 0,05$
Cr+Mo	$\leq 1,0$
B	$\leq 0,05$

**[0018]** Rest Eisen sowie unvermeidbare Verunreinigungen.

**[0019]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Bauteil mit einem zumindest bereichsweise hutförmigen oder omegaförmigen Profilquerschnitt hergestellt Insbesondere hat das hergestellte Bauteil die Form einer Halbschale. Halbschalen sind Bauteile, die im eingebauten Zustand vorzugsweise Teile einer A-, B-, C-, D-Säule, eines Schwellers, Längsträgers, Querträgers, einer Crashbox oder einer Fahrwerkskomponente sind.

**[0020]** Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Bauteil für ein Fahrzeug mit einem zumindest bereichsweise hutförmigen oder omegaförmigen Profilquerschnitt, welches zumindest teilweise pressgehärtet ist, insbesondere hergestellt nach dem erfindungsgemäßen Verfahren, angegeben, wobei das Bauteil eine erste Oberfläche mit einer geringeren Auflagenstärke einer zinkhaltigen Beschichtung im Vergleich zur zweiten Oberfläche des Bauteils aufweist. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird an dieser Stelle auf das Vorhergesagte verwiesen.

**[0021]** Gemäß einer ersten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Bauteils ist das Bauteil aus einem Tailored Product gebildet, um insbesondere Einfluss auf das Gewicht nehmen zu können. Wenn ein Bauteil unterschiedliche Gefügestrukturen aufweisen soll, kann es alternativ oder kumulativ durch ein „tailored tempering“-Prozess hergestellt sein.

**[0022]** Gemäß einem dritten Aspekt betrifft die Erfindung Verwendung des erfindungsgemäßen Bauteils als Karosserieteil eines Fahrzeugs, insbesondere als Teil einer A-, B-, C-, D-Säule, Schwellers, Längs-

träger, Querträger, Crashbox, oder als Fahrwerksteil eines Fahrzeugs, insbesondere als Teil einer Fahrwerkskomponente, besonders bevorzugt in Personenkraftwagen, Nutzfahrzeugen, Lastkraftwagen, Sonderfahrzeugen, Busse, Omnibusse, ob mit Verbrennungsmotor und/oder elektrischem Antrieb, aber auch in gleisgebundenen Fahrzeugen, wie beispielsweise Straßenbahnen oder personenbefördernden Waggons.

**[0023]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand einer Ausführungsbeispiele darstellenden Zeichnung näher erläutert Gleiche Teile sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Es zeigt

**Fig. 1):** eine schematische Abfolge von Schritten zum Herstellen eines Bauteils für ein Fahrzeug gemäß einer ersten Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Verfahrens,

**Fig. 2):** eine Teilquerschnittsansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Bauteils,

**Fig. 3a, b):** Querschliffe des in **Fig. 2** gezeigten kritischen Bereichs von warmumgeformten und pressgehärteten Bauteilen, wobei die Auflagenstärke von 5µm und 3µm im nicht pressgehärteten Zustand (Anlieferungszustand) betrug.

**[0024]** In **Fig. 1** ist schematisch eine Abfolge (**E**) von Schritten zum Herstellen eines Bauteils für ein Fahrzeug gemäß einer ersten Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst zunächst den Schritt (**A**) des Bereitstellens eines Werkstücks aus einem vergütbaren Stahlwerkstoff, welches beidseitig mit einer zinkhaltigen Beschichtung versehen ist. Das Werkstück weist eine erste Oberfläche **3** mit einer Auflagenstärke  $< 4\mu\text{m}$ , insbesondere  $< 3,5\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $< 3\mu\text{m}$  und eine zweite Oberfläche **4** mit einer Auflagenstärke  $\geq 4\mu\text{m}$ , insbesondere  $\geq 4,5\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $\geq 5\mu\text{m}$  der zinkhaltigen Beschichtung jeweils im noch nicht pressgehärteten Zustand (Anlieferungszustand) auf. Hier nicht dargestellt, wird das Werkstück vor seiner Bereitstellung von einem bandförmigen Stahlwerkstoff abgetrennt, welcher mit einer elektrolytisch aufgetragenen oder einer schmelztauchbeschichteten zinkhaltigen Beschichtung versehen ist, welche insbesondere im kontinuierlichen Beschichtungsprozess appliziert wurde. Vergütbare Stahlwerkstoffe sind im Wesentlichen Mangan-Bor-Stähle. Ein weiterer Schritt (**B**) umfasst zumindest ein teilweises Erwärmen, vorzugsweise vollständiges Erwärmen des Werkstücks auf eine Temperatur oberhalb von  $A_{c1}$ , insbesondere oberhalb von  $A_{c3}$ . Das Werkstück wird zunächst partiell oder vollständig auf Austenitisierungstemperatur erwärmt, wobei je nach Anforderung des zu fertigenden Bauteils sowie dessen Verwendungszweck im Fahrzeug im Werkstück unterschiedliche Gefügestrukturen oder eine durchgehend einheitliche Gefü-

gestruktur eingestellt werden können. Dies kann über entsprechende Öfen erfolgen. Als Werkstücke kommen monolithische Stahlwerkstoffe mit einer einheitlichen Materialstärke, beispielsweise mit Materialstärken zwischen 0,5 und 6 mm, insbesondere zwischen 0,8 und 4 mm zum Einsatz oder Tailored Products.

**[0025]** Die Temperatur zum Erwärmen (Durchwärmen) vorzugsweise in einem Ofen (Durchlaufofen) beträgt beispielsweise 850 bis 930°C mit einer Verweilzeit beispielsweise zwischen 3 und 12 min. Nach dem Erwärmen erfolgt das Einlegen des zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig warmen Werkstücks in ein Warmumform- und/oder Presshärtezeug (Schritt **C**), welches mindestens einen Stempel und mindestens eine Matrize umfasst. Es muss sichergestellt werden, dass das Werkstück, welches eine erste Oberfläche mit einer geringeren Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung im Vergleich zur zweiten Oberfläche des Werkstücks aufweist, derart in das Warmumform- und/oder Presshärtezeug eingelegt wird, wobei die erste Oberfläche des Werkstücks mit der überwiegend konkav ausgebildeten Werkzeugseite, vorzugsweise mit der Matrize des Werkzeugs und die zweite Oberfläche des Werkstücks mit der überwiegend konvex ausgebildeten Werkzeugseite, vorzugsweise mit dem Stempel des Werkzeugs in Kontakt gebracht wird. Dies kann beispielsweise mit hier nicht dargestellten und geeigneten Mitteln, beispielsweise Messsysteme, wie z. B. Wärmebildkameras etc., überprüft werden, nämlich bereits im Bereich des Beschickens des Ofens und/oder am Ausgang des Ofens und/oder vor dem Einlegen in das Werkzeug, um ein falsches Einlegen zu vermeiden. Durch die Reduzierung der Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung auf der ersten Oberfläche **3** des Werkstücks, welche vorzugsweise mit der Matrize des Werkzeugs in Kontakt gebracht wird, können gegenüber in der Praxis üblichen Auflagenstärken die Risse respektive zu hohe Risstiefen im kritischen Bereich **1** auf ein Maß reduziert werden, welche den Anforderungen an die Bauteilfestigkeit im Crashfall und der Lebensdauererwartung insbesondere bei zyklischen Belastungen genügen. Durch das Herabsenken der Auflagenstärke reduziert sich auch das Zink-Angebot und somit können weniger flüssige Zinkphasen während des Erwärmungsprozesses im Material entstehen, welche das Material schwächen.

**[0026]** Das Zufahren des Werkzeugs durch Relativbewegung des Stempels und/oder der Matrize zueinander und Warmumformen und/oder Presshärten des Werkstücks umfasst einen weiteren Schritt (**D**), wobei zumindest ein Bereich des warmen Werkstücks im geschlossenen Werkzeug derart abgekühlt wird, dass sich zumindest teilweise ein Härtegefüge ausbildet. Zumindest wird das Werkstück vollständig oder partiell gehärtet, was durch eine schnelle Abkühlung in einem insbesondere aktiv gekühl-

ten Werkzeug im Zuge des Warmumformens und Presshärtens (direkte Warmumformung) oder im Zuge des Presshärtens (indirekte Warmumformung) erfolgt, wobei sich die Gefügestruktur des zumindest teilweise austenitisierten Bereichs des Werkstücks durch schnelles Abkühlen in ein martensitisches und/oder bainitisches Gefüge umwandelt, wobei das Erzielen eines martensitischen Gefüges besonders bevorzugt ist. Sind unterschiedliche Gefügestrukturen im Werkstück gefordert, kann durch den „tailored tempering“-Prozess oder alternativ durch die Verwendung von beispielsweise einem Tailored Blank, welches mindestens aus einem vergütbaren und mindestens aus einem unvergütbaren Stahlwerkstoff zusammengesetzt ist, mindestens ein Bereich mit einem harten Gefüge und mindestens ein Bereich mit einem weichen Gefüge, welches gegenüber dem harten Gefüge duktiler ist, eingestellt werden. Die direkte Warmumformung ist besonders bevorzugt.

**[0027]** Aus dem Werkstück mit Differenzbeschichtung werden durch die indirekte und bevorzugt direkte Warmumformung Bauteile, welche beispielsweise einen hutförmigen oder omegaförmigen Profilquerschnitt **5** aufweisen, hergestellt. Insbesondere hat das hergestellte Bauteil die Form einer Halbschale. Halbschalen sind Bauteile, die im eingebauten Zustand vorzugsweise Teile einer A-, B-, C-, D-Säule, eines Schwellers, eines Längsträgers, eines Querträgers, einer Crashbox, oder einer Fahrwerkskomponente sind. Hier nicht dargestellt, können warmumgeformten Teile auch andere Profilquerschnitte aufweisen, welche beispielsweise als Anbauteile, insbesondere als Teil einer Felge, vorzugsweise als Radschüssel einer Felge verwendet werden. In **Fig. 2** ist eine Teilquerschnittsansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Bauteils, beispielsweise in Form einer B-Säule dargestellt. Dabei ist ein Querschnitt entlang einer Bauteilachse **F** dargestellt, wobei das Bauteil zumindest in diesem Querschnitt um die Achse **F** symmetrisch aufgebaut sein kann. Eine **B**-Säule weist einen längsveränderlichen Querschnitt entlang seiner Bauteilachse auf. Insbesondere bei der bevorzugten direkten Warmumformung erfährt die erste Oberfläche **3** des Werkstücks, welche während des Warmumformens und Presshärtens mit der Matrize in Kontakt steht, eine hohe Druck-Zug-Beanspruchung, wodurch sich im kritischen Bereich (**1**) durch die erwärmungsbedingten entstehenden flüssigen Zinkphasen, welche das Material schwächen, Risse mit hohen Risstiefen, welche in den Grundwerkstoff reichen, ausbilden. Die zweite Oberfläche **4** des Werkstücks, welche während des Warmumformens und Presshärtens mit dem Stempel in Kontakt steht, erfährt eine im Vergleich zur ersten Oberfläche niedrigere Druck-Zug-Beanspruchung, wodurch die Gefahr einer zu tiefen Rissausbildung auf der der Stempel zugewandten Seite nicht gegeben ist. Derartige Bauteile respektive Halbschalen werden vorzugsweise mit weiteren Bau-

teilen oder Halbschalen zu einem einen Hohlraum aufweisenden Profil gefügt. Die erste Oberfläche **3** des Bauteils mit der verringerten Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung (im Anlieferungszustand) weist demnach bauteilbedingt eine außenliegende Seite auf. Die zweite Oberfläche **4**, welche eine im Vergleich zur ersten Oberfläche **3** höhere Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung aufweist, weist demnach bauteilbedingt eine innenliegende, im Hohlraum befindliche Seite auf. Insbesondere in Hohlräumen kann bei Eintritt eines korrosiven Mediums erhöhte Gefahr von Korrosion vorliegen. In der Regel werden Sekundärmaßnahmen, wie z. B. eine Hohlraumversiegelung mittels Wachs in diesen Bereichen vorgenommen. Mit einer entsprechenden (höheren) Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung auf der zweiten Oberfläche **4** kann erfindungsgemäß ein aktiver Langzeit-Korrosionsschutz bereitgestellt werden.

**[0028]** Zwecks Untersuchung der Rissbildung wurden aus dem kritischen Bereich **1** von warmumgeformten und pressgehärteten Bauteilen **5**, wobei die Beschichtung **7** nach der Glühbehandlung und dem anschließenden Warmumformen und Presshärten temperaturbedingt mit Eisen angereichert ist, zwei Proben entnommen, um Schliffbilder erstellen zu können. Die Ofentemperatur betrug 880°C mit einer Verweilzeit von 6 min. Die pressgehärteten Bauteile wurden aus einem Mangan-Bor-Stahl (22 MnB5) mit einer zumindest auf der ersten Oberfläche **3** elektrolytisch aufgebraute zinkhaltigen Beschichtung und einer Auflagenstärke von 3µm (**Fig. 3a**) und 5µm (**Fig. 3b**) vor dem Presshärten im Anlieferungszustand hergestellt. In der mit Eisen angereicherten Beschichtung ist in den Schliffbildern zu erkennen, dass bei Auflagenstärken der zinkhaltigen Beschichtung  $\geq 4\mu\text{m}$  (im Anlieferungszustand) Risse mit hohen Risstiefen **6'** vorliegen, welche bis in den Grundwerkstoff **2** hineinreichen. Die Risstiefen **6'** in den Grundwerkstoff betragen  $\geq 10\mu\text{m}$  (**Fig. 3b**), wodurch eine ausreichende Bauteilfestigkeit im Crashfall und Lebensdauererwartung insbesondere bei zyklischer Belastung nicht mehr gewährleistet werden kann. Anders verhält sich die Rissausbildung bei niedrigen Auflagenstärken der zinkhaltigen Beschichtung  $< 4\mu\text{m}$  (im Anlieferungszustand). Die Risstiefe **6** in den Grundwerkstoff **2** kann auf maximal 10µm reduziert werden, wodurch eine ausreichende Bauteilfestigkeit im Crashfall und Lebensdauererwartung insbesondere bei zyklischer Belastung gewährleistet werden kann. Um einen ausreichenden kathodischen Korrosionsschutz sicherzustellen, beträgt die Auflagenstärke auf der ersten Oberfläche **3**  $\geq 1\mu\text{m}$ , insbesondere  $\geq 1,5\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt  $\geq 2\mu\text{m}$  im noch nicht pressgehärteten Zustand (im Anlieferungszustand). Die Auflagenstärke auf der zweiten Oberfläche **4** ist auf  $\leq 25\mu\text{m}$ , insbesondere  $\leq 20\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt 15µm beschränkt.

#### Bezugszeichenliste

<b>A, B, C, D</b>	Schrittfolge, Verfahrensschritte
<b>E</b>	Prozessrichtung
<b>F</b>	Bauteilachse
<b>1</b>	kritischer Bereich
<b>2</b>	vergütbarer Stahlwerkstoff, Grundwerkstoff
<b>3</b>	erste Oberfläche des Stahlwerkstoffs
<b>4</b>	zweite Oberfläche des Stahlwerkstoffs
<b>5</b>	pressgehärtetes Bauteil
<b>6,6'</b>	Risstiefe
<b>7</b>	Beschichtung nach der Glühbehandlung und dem anschließenden Warmumformen und Presshärten

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Bauteils (5) für ein Fahrzeug, umfassend folgende Schritte:

- (A) Bereitstellen eines Werkstücks aus einem vergütbaren Stahlwerkstoff (2), welches beidseitig mit einer zinkhaltigen Beschichtung versehen ist,
- (B) zumindest teilweises Erwärmen des Werkstücks auf eine Temperatur oberhalb von Ac1,
- (C) Einlegen des zumindest teilweise warmen Werkstücks in ein Warmumform- und/oder Presshärte- Werkzeug, welches mindestens einen Stempel und mindestens eine Matrize umfasst,
- (D) Zufahren des Werkzeugs durch Relativbewegung des Stempels und/oder der Matrize zueinander und Warmumformen und/oder Presshärten des Werkstücks, wobei zumindest ein Bereich des warmen Werkstücks im geschlossenen Werkzeug derart abgekühlt wird, dass sich zumindest teilweise ein Härtegefüge ausbildet, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Werkstück eine erste Oberfläche (3) mit einer geringeren Auflagenstärke der zinkhaltigen Beschichtung im Vergleich zur zweiten Oberfläche (4) des Werkstücks und eine erste Oberfläche (3) mit einer Auflagenstärke  $< 4\mu\text{m}$  und eine zweite Oberfläche (4) mit einer Auflagenstärke  $\geq 4\mu\text{m}$  der zinkhaltigen Beschichtung jeweils im noch nicht pressgehärteten Zustand aufweist, wobei das Werkstück derart in das Warmumform- und/oder Presshärte- Werkzeug eingelegt wird, dass die erste Oberfläche (3) des Werkstücks auf der bei der Bauteilfertigung überwiegend auf Druck und/oder Zug belasteten Seite der überwiegend konkav ausgebildeten Werkzeugseite positioniert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Werkstück vor seiner Bereit-

stellung von einem bandförmigen Stahlwerkstoff abgetrennt wird, welcher mit einer elektrolytisch aufgetragenen oder einer schmelztauchbeschichteten zinkhaltigen Beschichtung versehen ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der bandförmige Stahlwerkstoff nach dem Auftrag der zinkhaltigen Beschichtung einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur, insbesondere zwischen 200°C und Ac1, vorzugsweise zwischen 350°C und Ac1 und einer Dauer zwischen 5 und 300 s, vorzugsweise zwischen 20 und 240 s unterzogen wird.

4. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Werkstück verwendet wird, welches eine erste Oberfläche (3) mit einer Auflagenstärke  $< 3,5\mu\text{m}$  und eine zweite Oberfläche (4) mit einer Auflagenstärke  $\geq 4,5\mu\text{m}$  der zinkhaltigen Beschichtung jeweils im noch nicht pressgehärteten Zustand aufweist.

5. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Werkstück nach dem Erwärmen als im Wesentlichen ebenes Werkstück in ein Warmumform- und Presshärte- werkzeug oder als bereits kalt vorgeformtes, endgeometrienahes Werkstück in ein Presshärte- werkzeug eingelegt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Werkstück in einem ersten Werkzeug warmumgeformt und in einem zweiten Werkzeug zumindest teilweise pressgehärtet wird.

7. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Werkstück im Warmumform- und/oder Presshärte- werkzeug beschnitten wird.

8. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Werkstück verwendet wird, welches ein Tailored Product ist.

9. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Bauteil (5) mit einem zumindest bereichsweise hutförmigen oder omegaförmigen Profilquerschnitt hergestellt wird, in Form einer Halbschale.

10. Bauteil (5) für ein Fahrzeug mit einem zumindest bereichsweise hutförmigen oder omegaförmigen Profilquerschnitt, welches zumindest teilweise pressgehärtet ist, hergestellt nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bauteil eine erste Oberfläche (3) mit einer geringeren Auflagenstärke einer zinkhaltigen Beschichtung im Ver-

gleich zur zweiten Oberfläche (4) des Bauteils (5) aufweist.

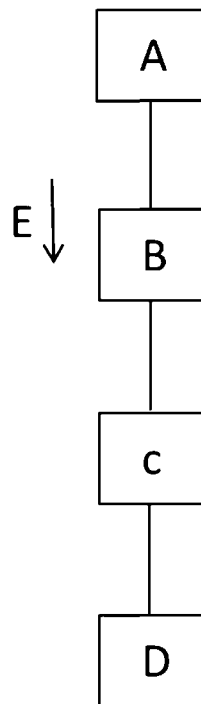
11. Bauteil nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bauteil (5) aus einem Tailored Product gebildet ist.

12. Verwendung eines Bauteils (5) nach einem der Ansprüche 10 oder 11 als Karosserieteil eines Fahrzeugs, als Teil einer A-, B-, C-, D-Säule, eines Schwellers, eines Längsträgers, eines Querträgers, einer Crashbox, oder als Fahrwerksteil eines Fahrzeugs, als Teil einer Fahrwerkkomponente.

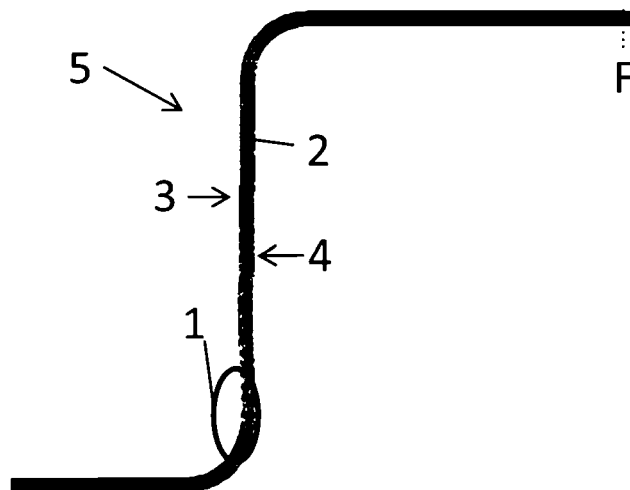
Es folgen 2 Seiten Zeichnungen



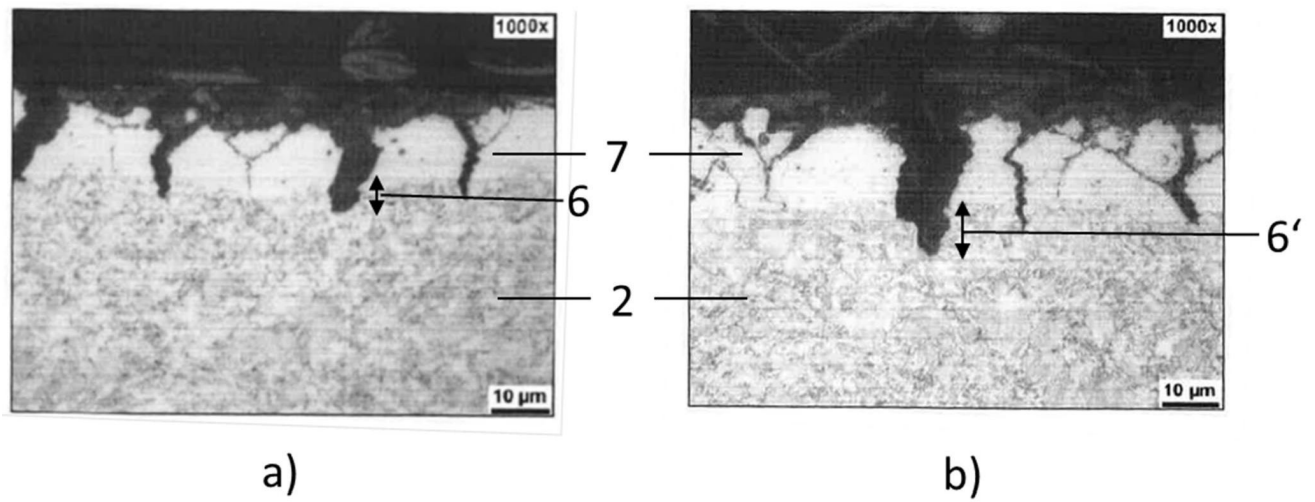
Anhängende Zeichnungen



Figur 1



Figur 2



Figur 3