

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
06. September 2024 (06.09.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/179697 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C21D 1/18 (2006.01) C22C 38/06 (2006.01)
C21D 1/34 (2006.01) C22C 38/32 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01) C23C 2/06 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01) C23C 2/40 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/071818

(22) Internationales Anmeldedatum:
07. August 2023 (07.08.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
PCT/EP2023/055007
28. Februar 2023 (28.02.2023) EP

(71) Anmelder: **VOESTALPINE STAHL GMBH** [AT/AT];
voestalpine-Straße 3, 4020 Linz (DE). **VOESTALPINE
METAL FORMING GMBH** [AT/AT]; Schmidhütten-
straße 5, 3500 Krems an der Donau (AT).

(72) Erfinder: **ATZMÜLLER, Peter**; Paracelsusstrasse 29,
4020 Linz (AT). **SCHACHINGER, Ernst Dietmar**; Pill-
weinstraße 24, 4020 Linz (AT). **SOMMER, Andreas**; See-
lach 2, 73453 Abtsgmünd (DE). **WAGNER, Christoph**;
Leumühle 98, 4070 Popping (AT).

(74) Anwalt: **HGF EUROPE LLP** et al.; Neumarkter Straße 18,
81673 Munich (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A HARDENED SHEET STEEL COMPONENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES GEHÄRTETEN STAHLBLECHBAUTEILS

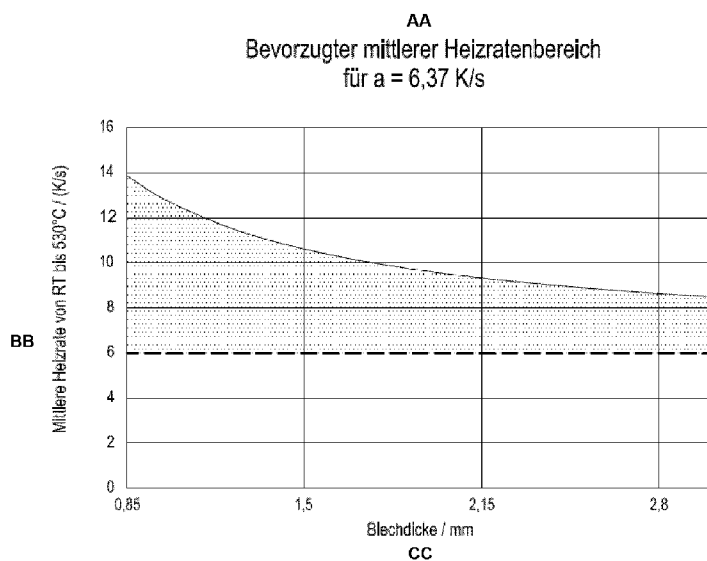


Fig. 1

AA Preferred average heating rate range for $a = 6.37$ K/s
BB Average heating rate from RT to 530 °C / (K/s)
CC Sheet thickness / mm

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing components made of sheet steel. A sheet steel blank is cut from a flat steel strip coated with a zinc-iron-containing coating, and the sheet steel blank is either heated at least in some regions to a temperature above Ac3 and subsequently shaped and quench-hardened in a hot state in a press-hardening tool or the coated sheet steel blank is cold-formed in order to form a sheet steel pre-component and the sheet steel pre-component is heated at least in some regions to a temperature above Ac3 and subsequently quench-hardened in a form-hardening tool, wherein the heating process is carried out in the temperature range from room temperature to 530 °C at an average heating rate below 14K/s.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Bauteilen aus Stahlblech wobei aus einem ebenen

GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthielt in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.

Stahlband mit einer Zink-Eisen-haltige Beschichtung eine Stahlblechplatine ausgeschnitten wird und die Stahlblechplatine entweder zumindest teilbereichsweise auf eine Temperatur oberhalb Ac3 erwärmt wird und anschließend in einem Presshärtewerkzeug in heißem Zustand umgeformt und abschreckgehärtet wird, oder die beschichtete Stahlblechplatine zu einem Stahlblechvorbauteil kalt umgeformt wird und das Stahlblechvorbauteil zumindest teilbereichsweise auf eine Temperatur oberhalb Ac3 erwärmt wird und anschließend in einem Formhärtewerkzeug abschreckgehärtet wird, wobei die Erwärmung im Temperaturbereich von Raumtemperatur bis 530 °C mit einer mittleren Heizrate unter 14K/s erfolgt.

5

Verfahren zum Herstellen eines gehärteten Stahlblechbauteils

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines gehärteten Stahlblechbauteils.

Es ist bekannt, im Automobilbau zur Erhöhung der Steifigkeit der Fahrgastzelle Stahlblechbauteile mit erhöhter Stabilität zu verwenden. Diese Stahlblechbauteile mit erhöhter Stabilität sind
10 üblicherweise gehärtete Stahlblechbauteile, d.h. Stahlblechbauteile, die gegenüber Stahlblechbauteilen aus üblichem Stahl eine erheblich höhere Härte und Zugfestigkeit aufweisen. Derartige gehärtete Stahlblechbauteile werden verwendet, weil durch die Härtung Bauteile ermöglicht werden, die verglichen mit Bauteilen aus nicht-härtbaren Stahlsorten eine verringerte Wanddicke aufweisen können. Somit ist es möglich, Stahlkarosserien für Kraftfahrzeuge be-
15 reitzustellen, die bei extrem hoher Stabilität vergleichsweise leicht sind.

Die Verfahren zum Herstellen gehärteter Stahlblechbauteile sind bekannt.

Als Härtemechanismus wird die sogenannte Abschreckhärtung verwendet, bei der das Stahlmaterial zunächst durch Aufheizen in seine Hochtemperaturphase, Austenit oder Gamma-Eisen genannt, umgewandelt wird. Dieses voll- oder teilaustenitische Stahlgefüge wird anschließend
20 mit einer Abkühlgeschwindigkeit, die über der sogenannten kritischen Abkühlgeschwindigkeit der Stahllegierung liegt, abgekühlt. Die kritische Abkühlgeschwindigkeit liegt beispielsweise für den Bor-Mangan-Stahl 22MnB5 bei circa 23 Kelvin pro Sekunde.

Bei diesen Abkühlgeschwindigkeiten wandelt sich die austenitische Phase nicht wieder in Ferrit um, sondern es findet eine Umwandlung in Martensit statt. Durch das rasche Abkühlen wird
25 diese martensitische Phase quasi eingefroren. Da Austenit erheblich mehr Kohlenstoff lösen kann als Martensit, kommt es hierbei zu einer Kohlenstoffausscheidung, welche das Gitter verzerrt und zu der hohen Härte führt. Voraussetzung hierfür ist, dass das Stahlmaterial bzw. die Stahllegierung ausreichend Kohlenstoff enthält, was durch die Verwendung geeigneter Legierungen gesichert ist.

Die Stahlindustrie stellt hierfür üblicherweise sogenannte Bor-Mangan-Stähle zur Verfügung, wobei einer der häufigsten Stähle der 22MnB5 ist, der jedoch Teil einer vergleichsweise großen Stahlsortenfamilie ist. Insbesondere wird ein Stahlmaterial mit der folgenden Zusammensetzung in Massenprozent verwendet:

5	Kohlenstoff	bis 0,4,	vorzugsweise 0,10 bis 0,30
	Silizium	bis 1,9,	vorzugsweise 0,11 bis 1,5
	Mangan	bis 3,0,	vorzugsweise 0,8 bis 2,5
	Chrom	bis 1,5,	vorzugsweise 0,1 bis 0,9
	Molybdän	bis 0,9,	vorzugsweise 0,001 bis 0,1
10	Nickel	bis 0,9,	vorzugsweise bis 0,2
	Titan	bis 0,2,	vorzugsweise 0,02 bis 0,1
	Vanadin	bis 0,2	
	Wolfram	bis 0,2,	
15	Aluminium	bis 0,2,	vorzugsweise 0,02 bis 0,07
	Bor	bis 0,01,	vorzugsweise 0,0005 bis 0,005
	Schwefel	max. 0,01,	vorzugsweise max. 0,008
	Phosphor	max. 0,025,	vorzugsweise max. 0,01
	Rest Eisen und Verunreinigungen.		

20 In der Vergangenheit haben sich für die Verarbeitung zwei grundsätzliche Verfahren herausgebildet.

Das erste und ältere Verfahren ist das sogenannte Presshärten, auch direktes Verfahren genannt, bei dem aus einem ebenen Stahlblech eine Platine ausgeschnitten und diese anschließend auf die notwendige Austenitisierungstemperatur gebracht und gegebenenfalls auf dieser gehalten wird. Diese Platine wird anschließend in eine Umformpresse überführt, in der die Platine mit vorzugsweise einem einzigen Hub im heißen Zustand umgeformt und durch das kalte Presshärtewerkzeug abgeschreckt wird. Da nur ein Umformhub und auch nur ein Werkzeug zur Verfügung steht, kann bei pressgehärteten Bauteilen der Endbeschnitt von Außenkanten und Löchern üblicherweise erst im gehärteten Zustand erfolgen, üblicherweise geschieht dies mittels Laserschneiden. Dieses Presshärten führt zu gehärteten Bauteilen, die üblicherweise eine nicht zu komplexe Form haben, da nur ein Umformhub zur Verfügung steht.

Für Bauteile mit komplexeren Geometrien und/oder höheren Stückzahlen hat die Anmelderin das sogenannte Formhärten, auch indirektes Verfahren genannt, entwickelt, bei dem aus einem Stahlblech eine Platine ausgeschnitten und diese zunächst in üblichen Kaltumformprozessen zu einem Stahlblechvorbauteil umgeformt und beschnitten wird. Dieses Vorbauteil wird

dabei derart umgeformt, dass es in alle drei Raumrichtungen etwas kleiner dimensioniert ist als die Sollgeometrie, da es anschließend auf die Austenitisierungstemperatur aufgeheizt wird und sich durch die Wärmedehnung entsprechend vergrößert. Nach dem Austenitisieren wird dieses Vorbauteil in eine Formhärtepresse überführt, in dem dieses bereits fertig geformte
5 Vorbauteil in der geschlossenen Presse mit dem Formhärtewerkzeug in Kontakt ist und lediglich gehalten wird, um es schnell abzukühlen. In der Presse geschehen üblicherweise nur mehr geringe Kalibrierungen oder Anpassungen. Da die Bauteile im Kaltumformprozess üblicherweise bereits vollständig beschnitten werden, ist ein Beschnitt im gehärteten Zustand üblicherweise nicht mehr erforderlich. Das Formhärten erlaubt komplexere Bauteile, da durch den
10 vorgelagerten meist mehrstufigen Umform- und Beschneidprozess im kalten Zustand mehr Formgebungsfreiheiten bestehen.

Da Karosseriebauteile moderner Kraftfahrzeuge oft nicht aus unbeschichtetem Stahlblech bestehen, sondern zur Verbesserung der Korrosionsschutzeigenschaften mit metallischen Korrosionsschutzschichten versehen sind, liegt es nahe, auch für gehärtete Bauteile von metallisch
15 beschichteten Stahlblechen auszugehen.

Es ist bekannt, für die beiden vorgenannten Verfahren auch verzinkte Stahlbleche zu verwenden, wobei diese verzinkten Stahlbleche üblicherweise eine Beschichtung auf der Basis von Zink besitzen, die einen gewissen Anteil eines oder mehrerer noch sauerstoffaffinerer Elemente aufweisen. Diese sauerstoffaffineren Elemente diffundieren während des für das Austenitisieren nötigen Hochtemperaturprozesses an die Oberfläche und bilden dort eine glasige Schicht,
20 eine Oxidhaut, welche die darunterliegende Zinkschicht bei dem Hochtemperaturprozess vor dem Abdampfen bewahrt.

Die Anmelderin verwendet geeignete verzinkte Stahlbleche in beiden Prozessen.

Zusätzlich zu Stahlblechen mit fast reiner Zinkschicht, d.h. Stahlblechen mit einer Beschichtung
25 im Wesentlichen aus Zink mit sauerstoffaffineren Elementen, sind auch sogenannte ZF-Beschichtungen, auch GA-Beschichtungen auch Galvannealed-Beschichtungen genannt, bekannt, bei denen Stahlbleche in der kontinuierlichen Feuerverzinkungsanlage kurz nach der Zinkbeschichtung typischerweise im Temperaturbereich 460°C bis 570 °C wärmebehandelt werden und damit am Stahlband eine Zink-Eisen-haltige Legierungsschicht entsteht.

Das am meisten verwendete sauerstoffaffinere Element ist hierbei Aluminium, durch das sich bei der Wärmebehandlung zum Zwecke des Austenitisierens an der Oberfläche eine sehr dünne Aluminium-Oxidhaut ausbildet, die, wie schon ausgeführt, die großflächige Zinkabdampfung verhindert.

- 5 Beim Formhärten und beim Presshärten bilden sich in dieser sehr dünnen Al_2O_3 -Schicht üblicherweise Risse aus, so dass es zu geringem Verdampfen von Zink und der Bildung und Ablagerung von Zinkoxid auf der Oberfläche kommt. Nach dem Presshärten oder Formhärten weisen derartige Bauteile typischerweise eine hellgrüne bis bräunliche Oberfläche auf, die durch die Belegung mit diesen Zinkoxiden zustande kommt.
- 10 Es konnte beobachtet werden, dass pressgehärtete Bauteile oder formgehärtete Bauteile mit Zinkbeschichtungen manchmal, schwankend und unvorhersehbar, ganz oder auch nur bereichsweise, neben der bekannten grünlich-bräunlichen Farbe auch eine Silberfärbung aufweisen. Eine Silberfärbung im Sinne der Erfindung kann auch als hellgrau oder hell gräulich empfunden werden und kann zudem matt oder stellenweise auch glänzend in Erscheinung treten.
- 15 Weiter konnte herausgefunden werden, dass sich die Silberfärbung dann ausbildet, wenn bis zu einer Temperatur von 530 °C nicht die gesamte Zinkschicht in feste Zink-Eisen-Phasen umgewandelt ist, also bei 530 °C noch flüssiges Zink an der Oberfläche übrig ist und/oder es bei höheren Temperaturen an Sauerstoff mangelt. Die Temperatur von ca. 530 °C markiert das Ende der Existenz der sogenannten Zeta-Zink-Eisen-Phase.
- 20 Unterschiedliche und schwankende Färbungen der Oberfläche eines Stahlbauteils sind bezüglich der Oberfläche selbst nicht zwingend ein Qualitätsmerkmal, können jedoch zu Problemen führen.

- Zudem ist es bekannt, dass sich Platinen oder Bauteile im Ofen unterschiedlich und nicht wirklich homogen erwärmen. Zudem können durch unterschiedliche Erwärmungsfortschritte unterschiedliche Eisengehalte in der Beschichtung auftreten, was wiederum zu unterschiedlichen Emissivitäten und hierdurch wiederum zu Unterschieden im Aufheizverhalten führt.
- 25

Ein inhomogenes Aufheizverhalten von Platinen beim Presshärten bzw. Bauteilen beim Formhärten ist für eine energieoptimierte, prozesssichere und wirtschaftliche Fertigung von Nachteil. In der Fertigung muss sichergestellt werden, dass die Platinen bzw. Bauteile in jedem Falle vollständig austenitisiert werden, um im Anschluss vollständig gehärtet werden zu können. Daher muss sich die minimale Ofenverweilzeit der Fertigung nach dem ungünstigsten Fall d.h. nach der langsamsten Aufheizung bzw. den niedrigsten Emissivitäten richten, selbst wenn diese Fälle nur einen Bruchteil der Fertigungsmenge ausmachen. Dies bedeutet, dass sich bei einer Fertigung mit inhomogenem Aufheizverhalten in der Regel die überwiegende Mehrheit der Platinen bzw. Bauteile länger im Ofen befinden als erforderlich, was für die überwiegende Mehrheit der Platinen bzw. Bauteile zu einer geringeren Ausbringung und einem verringertem Prozessfenster und damit steigendem Ausschuss führt, als dies bei einem homogenen Aufheizverhalten der Fall wäre.

Darüber hinaus kann beim Formhärten eine unterschiedliche und schwankende Färbung der Oberfläche zu Maßhaltigkeitsproblemen führen, da die Größe des fertig gehärteten Bauteils abhängig ist von der Größe des in das Formhärtewerkzeug eingelegten austenitisierten Vorbauteils. Die Größe des in das Formhärtewerkzeug eingelegten austenitisierten Vorbauteils ist abhängig vom Abkühlverhalten des Vorbauteils zwischen Ofen und Formhärtewerkzeug, welches aufgrund der Strahlungswärmeverluste wiederum von der Emissivität der Oberfläche des Vorbauteils abhängt.

Auch die Bildung der oberflächlichen Zinkoxidschicht wird hierdurch beeinflusst. Dies tritt insbesondere bei dünnen Zink-Eisen-Schichten und dünnen Blechen auf, insbesondere unter 1,5 mm Blechdicke und Zinkschichtdicke wie ZF 80 nach Norm EN 10346 – dies bedeutet, dass die Schichtauflage etwa 35 g/m² je Seite aufweist.

Aus der DE 10 2020 113287 A1 ist ein Verfahren zum Herstellen gehärteter Stahlblechbauteile bekannt, bei dem zur Vermeidung silbriger Stellen der Taupunkt im Ofen eingestellt wird.

Aus der DE 10 2020 106996 A1 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Erwärmen von zinkbeschichteten Bormanganstählen bekannt, bei der eine aktive oder passive Gaszirkulation zur Vermeidung von Silberfärbung vorgeschlagen wird.

Aus der CN 115125439 A ist es bekannt, einen Stahl 34MnB8 mit einer Zink-Eisen-beschichtung mit Haltezonen und vergleichsweise geringen Heizraten aufzuheizen.

Aus der EP 2611945 B1 ist das Gegenteil bekannt, nämlich eine Schnellaufheizung von Blechen mit einer Zink-Eisen-Beschichtung, wobei von Raumtemperatur bis 500 °C mit mindestens 15
5 K/s bis 50 K/s aufgeheizt werden soll.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Herstellen von Stahlblechbauteilen zu schaffen und homogene Eigenschaften der Bauteile zu gewährleisten.

Die Aufgabe wird mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den hiervon abhängigen Unteransprüchen gekennzeichnet.
10 net.

Erfindungsgemäß wird eine Aufheizung so durchgeführt, dass abgestimmt auf das Blech und die Beschichtung immer eine optimierte Aufheizung gewährleistet wird, welche zu homogenen Eigenschaften führt. Hierfür wird eine Formel zur Verfügung gestellt, welche zu einer zuverlässigen Verfahrensführung führt.

15 Insbesondere sollen die Temperaturunterschiede bei Erreichen der Zieltemperatur über die gesamte Stahlblechplatte oder des Stahlblechvorbauteils 25 K, vorzugsweise 18 K und weiter bevorzugt 15 K nicht überschreiten. Dies kann die Schichtausbildung, insbesondere die Durchreaktion welche insbesondere im Temperaturbereich bis 530 °C ausgeprägt stattfindet, weiter homogenisieren.

20 Erfindungsgemäß wurde herausgefunden, dass eine Aufheizung entsprechend der EP 2611945 B1 nicht zum Erfolg führt, sondern im Gegenteil die Probleme noch vergrößert.

Erfindungsgemäß wird eine Stahlblechplatte oder ein Stahlband verwendet, welche eine Zink-Eisen-haltige Beschichtung (ZF) aufweist.

Vorteilhafterweise kann diese Schicht eine Dicke von 4 µm bis 14 µm je Seite aufweisen. Dies kann einen guten Korrosionsschutz gewährleisten. Insbesondere kann die Beschichtung ein ZF60 oder ZF80 oder ZF90 oder ZF100 oder ZF120 oder ZF140 oder ZF180 nach DIN EN 10346 sein.

- 5 Besonders bevorzugt kann die metallische Korrosionsschutzschicht mittels Schmelztauchverfahren aufgebracht sein. Anschließend wird diese galvannealed. Dies kann ein einfaches und robustes Verfahren zur Aufbringung darstellen.

- Erfindungsgemäß wird ein pressgehartetes, mit einer Zink-Eisen-Schicht (ZF) beschichtetes Bauteil so erwärmt, dass es eine homogene Zinkoxidschicht aufweist, eine vergleichmäßigte
10 Erwärmung der Platine oder des Stahlblechvorbauteils möglich ist, woraus hervorragende mechanische Eigenschaften resultieren, und optimale Verarbeitungseigenschaften sichergestellt werden.

- Zudem wird erfindungsgemäß eine energieoptimierte (verringertes Wärmeeintrag in das Glühgut und/oder verringerte Wärmeverluste) und prozessichere (gesicherte Austenitisierung)
15 und bei niedrigen Auflagen auch wirtschaftlich vorteilhafte (auch bei niedrigen Ofentemperaturen noch schnelle Erwärmung) Fahrweise ermöglicht. Der Wärmebedarf beim Aufheizen von Stahlblechplatten bzw. Stahlblechvorbauteilen in einem Ofen setzt sich zusammen aus der Wärmemenge welche für die erwünschte Erwärmung des Glühgutes (der Platine bzw. des Teils) benötigt wird zuzüglich der Wärmemenge durch unerwünschte Ofenverluste z.B. an
20 Ofentüren oder Ofenhülle oder Transportelementen. Beides kann durch die erfindungsgemäß verringerte Aufheizrate minimiert werden. Einerseits kann beispielsweise die erste Ofenzone, also jene bis zur Erreichung von 530 °C an der Platine oder Teil „kühler“ eingestellt werden, als bei Verfahren nach dem Stand der Technik. Alternativ oder zusätzlich kann aber auch die gesamte Ofentemperatur verringert werden, beispielsweise auf einen Bereich von 860°C bis
25 890°C im Vergleich zu den bisher üblichen Ofentemperaturen von 900°C bis 920°C.

Eine energieoptimierte, prozesssichere und wirtschaftlich vorteilhafte Fahrweise ist insbesondere für Auflagen ZF100 und kleiner gegeben.

Stahlgüten wie 34MnB5 oder 20MnB8 lassen sich hierbei noch energieoptimierter, prozessicherer und wirtschaftlicher verarbeiten, da sie niedrigere Austenitisierungstemperaturen besitzen als andere Stahlgüten.

5 Ein verringerter Energiebedarf wirkt sich unmittelbar auf die CO₂-Emissionen aus, kann daher nachhaltig umweltfreundlich durchgeführt werden.

Erfindungsgemäß wurde herausgefunden, dass möglichst einheitliche Emissionsgrade und damit ein einheitliches Aufheiz- und Abkühlverhalten der Platinen bzw. Vorbauteile dann sichergestellt werden können, wenn in einem bestimmten Temperaturbereich eine Heizrate gewählt wird, die unter einer bestimmten mittleren Heizrate liegt.

10 Grundidee ist hierbei die Verringerung der Temperatur mindestens der ersten Ofenzonen eines Durchlaufofens bzw. der Ofenkammertemperatur eines Mehrlagenkammerofens und damit die Herabsetzung der mittleren Aufheizraten auf maximal 14 K/s von Raumtemperatur (RT) bis 530 °C. Dies gilt insbesondere für Beschichtungen ZF60 bis ZF180 bevorzugt auf Stahlbandmaterial 22MnB5 oder 20MnB8 oder 34MnB8. Denkbar sind auch andere Bor-Mangan-Güten
15 im Festigkeitsbereich von 400 bis 1200 MPa R_m nach dem Härtevorgang. Die mittlere Heizrate im Sinne der Erfindung ist der Durchschnitt der Heizrate der Stahlblechplatine bzw. Stahlblechvorbauteils bei der Aufheizung von Raumtemperatur bis 530 °C. Dies bedeutet, dass die Heizrate gerade bei der ersten Aufheizphase auf 100 °C und mehr vergleichsweise hoch liegen kann und dann kontinuierlich abnimmt, da die Temperaturdifferenz der Stahlblechplatine bzw.
20 Stahlblechvorbauteils zur Ofentemperatur sich verringert. Berechnet wird die mittlere Heizrate über die Dauer der Erwärmung von Raumtemperatur bis 530 °C, d.h. wenn beispielsweise bei einer Raumtemperatur von 20 °C bis zur Erreichung von 530 °C im Ofen 51 Sekunden benötigt werden, beträgt die mittlere Heizrate 10 K/s.

25 Der Blechdickenbereich des Stahlbands kann von 0,85 mm bis 3 mm gewählt sein, bevorzugt ist 0,9 mm bis 2 mm.

Es konnte herausgefunden werden, dass sich bei der entsprechenden Auswahl einer mittleren Heizrate im Bereich von 3 bis 14 K/s insbesondere 6 bis 14 K/s im Zieltemperaturbereich von

RT bis 530 °C eine optimale Zinkoxidschicht einstellt. Mittels der Berechnung über Blechdicke und kann der optimale Heizratenbereich ermittelt werden.

Die erfindungsgemäße Formel für die mittlere Heizrate r von RT bis 530 °C abhängig von der Blechdicke d (in mm) lautet:

5
$$r(d) \leq a \left(1 + \frac{1}{d} \right)$$

Die Konstante a (in K/s) beträgt erfindungsgemäß 6,37 K/s und ist gültig im Blechdickenbereich d von 0,85 mm bis 3 mm.

10 Damit kann erfindungsgemäß die Homogenität der Temperatur der Stahlblechplatine über die gesamte Platine bei einer Erwärmung auf 530 °C erhöht werden. Die maximale Temperaturdifferenz über die Platine beträgt dabei weniger als 25 K.

Darüber hinaus wurde herausgefunden, dass es alternativ oder zusätzlich sinnvoll ist, ab einer bestimmten Temperatur eine gewisse Sauerstoffsättigung an der Blechoberfläche sicherzustellen. Die erfindungsgemäße Lösung kann daher zusätzlich in der Eliminierung der zur Silberfärbung führenden Faktoren gesehen werden.

15 Insbesondere in einem Temperaturbereich oberhalb von 800 °C kann es vorteilhaft sein, die Ofenatmosphäre so einzustellen, dass zumindest 5 Vol.-% Sauerstoff zumindest an der Oberfläche der zu erhitzenden Bauteile vorhanden ist.

20 Bezüglich der Sauerstoffsättigung wurde festgestellt, dass der für die Zinkoxidation zur Verfügung stehende Sauerstoff insbesondere bei langen Produktionsintervallen durch verbrennen des Öl, Taupunkt, Wetterlage, neue Ofenelemente und durch die Stärke der Konvektion im Ofen beeinflusst wird.

Der Sauerstoffverbrauch durch verbrennendes Öl wird durch die Menge an Korrosionsschutzöl auf der Platinen- oder Vorbauteiloberfläche sowie, im Bedarfsfall, zusätzlich durch die Menge an vorhandenem Umformöl der Kaltumformung auf der Vorbauteiloberfläche beeinflusst.

Der Taupunkt wird insbesondere durch die Klimazone und die Anlagenumgebung bestimmt.

- 5 Die Wetterlage hat einen Einfluss durch Kamineffekte bzw. auch durch Verdrängung von Sauerstoff durch gasförmige Verbrennungsprodukte. Zudem konnte festgestellt werden, dass neue Ofenelemente, wie Edelstahl- oder Keramik- oder sonstige Dämmwerkstoffe, Sauerstoff verbrauchen bzw. binden können bzw. einen Einfluss auf die Sauerstoffsättigung haben.

- 10 Es wurde herausgefunden, dass die Zusammensetzung der Ofenatmosphäre, insbesondere hinsichtlich des Sauerstoffanteils, lokal inhomogen sein kann.

Vorteilhafterweise kann mindestens 5 Vol.-% Sauerstoff oberflächennah ab einer Temperatur von 800 °C zur Verfügung gestellt werden. Oberflächennah bedeutet hierbei in einem Bereich näher als 10 mm zur Oberfläche der Platine oder des Vorbauteils.

- 15 Dies kann beispielsweise mittels Frischlufteinblasung erfolgen, wobei die Frischluft vorzugsweise entsprechend vorgeheizt wird. In Mehrlagenkammeröfen, d.h. ohne eine Transportbewegung der Platinen bzw. Vorbauteile während der Erwärmung wie sie in einem Durchlaufofen erfolgt, kann zudem Konvektion durch Spülen, Anströmen, Umwälzen oder zeitweiliges Öffnen von Ofentüren erzwungen werden.

- 20 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Bauteilen aus Stahlblech wobei aus einem ebenen Stahlband mit einer Zink-Eisen-haltigen Beschichtung eine Stahlblechplatine ausgeschnitten wird und die Stahlblechplatine entweder zumindest teilbereichsweise auf eine Temperatur oberhalb Ac3 erwärmt wird und anschließend in einem Presshärtewerkzeug in heißem Zustand umgeformt und abschreckgehärtet wird, oder die beschichtete Stahlblechplatine zu einem Stahlblechvorbauteil kalt umgeformt wird und das Stahlblechvorbauteil zu-
- 25 mindest teilbereichsweise auf eine Temperatur oberhalb Ac3 erwärmt wird und anschließend

in einem Formhärtewerkzeug abschreckgehärtet wird, wobei die Erwärmung im Temperaturbereich von Raumtemperatur bis 530 °C mit einer mittleren Heizrate unter 14K/s erfolgt.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Aufheizung mit einer mittleren Heizrate r vorgenommen wird, welche der folgenden Formel gehorcht:

5
$$r(d) \leq a \left(1 + \frac{1}{a} \right)$$

wobei gilt:

$$a = 6,37 \text{ K/s}$$

gültig für den Blechdickenbereich d von 0,85 mm bis 3 mm.

10 Dies kann vorteilhafterweise die maximale Temperaturdifferenz bei der auf 530 °C erwärmten Stahlblechplatine auf unter 25 K verringern und damit die Homogenität der Temperaturverteilung auf der Platine bzw. Vorbauteil erhöhen. Dies kann sich vorteilhaft für die Schichtausbildung insbesondere die Durchreaktion auswirken. In einer bevorzugten Variante wird $a = 5,32 \text{ K/s}$ gewählt. Dies kann die maximale Temperaturdifferenz auf der auf 530 °C erwärmten Stahlblechplatine auf unter 18 K verringern und die zuvor erwähnten Effekte noch
15 verstärken.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Verringerung der Ofenheizleistung zumindest in den ersten Ofenzonen zur Herabsetzung der mittleren Aufheizrate bzw. Einstellung derselben auf maximal 14 K/s von Raumtemperatur bis 530 °C erfolgt. Dies kann vorteilhafterweise die Energieverluste im Ofeneingangsbereich minimieren, da hier die Stahlblechplatine oder Vorbauteile entsprechen in den Ofen geführt werden und bei einer Absenkung der Temperatur
20 in der ersten Ofenzone die Verluste minimiert werden können.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Zink-Eisen-haltige Beschichtung einen Eisengehalt von 8 bis 12% aufweist und als Rest Zink. Der Eisengehalt kann vorteilhafterweise in diesem Bereich liegen um die Erwärmung optimal zu gewährleisten.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Beschichtung aus der Spezifikationen ZF60 bis ZF180 nach DIN EN 10346 gewählt wurde. ZF60, also eine Zink-Eisen-haltige Beschichtung mit etwa 25 g/m² je Seite kann bereits einen gewissen Korrosionsschutz bieten und lässt sich auch gut weiterverarbeiten. Je nach Korrosionsschutzanforderung kann eine dickere Schicht-
5 auflage bis zu 90 g/m² je Seite vorteilhaft sein.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Erwärmung im Temperaturbereich von Raumtemperatur bis 530 °C mit einer mittleren Heizrate von mindestens 3 K/s bevorzugt mindestens 6 K/s erfolgt. Vorteilhafterweise kann die mittlere Heizrate über 6 K/s liegen, um die Aufheizdauer zu verkürzen und die Taktzeit gering zu halten.

10 Eine Weiterbildung sieht vor, dass für die Erwärmung oberhalb von 800 °C ein Sauerstoffgehalt in der Ofenatmosphäre in einem Bereich näher als 10 mm zur Oberfläche der Platine oder des Stahlvorbauteils von mindestens 5 Vol.-% gewährleistet wird.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass bei einem Durchlaufofen im Ofenbereich, der einer Platinen- oder Vorbauteiltemperatur bis 530 °C entspricht, die Ofenheizleistung derart verringert
15 wird, dass die Heizrate von 14 K/s im Temperaturbereich bis 530 °C nicht überschritten wird.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass in den Bereichen, in denen die Platine oder das Vorbauteil eine Temperatur von mehr als 530 °C aufweist, die Ofenheizleistung erhöht wird, um die Taktzeit möglichst gering zu halten.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die gesamte Ofentemperatur auf einen Bereich von 860
20 °C bis 890 °C gesenkt wird, um den Energiebedarf sowie CO₂-Emissionen gering zu halten.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass in den Ofenbereichen, in denen die Platine oder das Vorbauteil eine Temperatur von mehr als 530 °C aufweist, die Ofenheizleistung reduziert oder konstant gehalten wird, um den Energiebedarf und CO₂-Emissionen gering zu halten.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass in Ofenbereichen, in denen die Platine oder das Vorbauteil 800 °C oder mehr aufweist, der Ofenatmosphäre Frischluft, insbesondere vorgeheizte Frischluft oder Sauerstoff, zugeführt wird.

5 Eine Weiterbildung sieht vor, dass in Ofenbereichen, in denen die Platine oder das Vorbauteil 800 °C oder mehr aufweist, die vorhandene Ofenatmosphäre umgewälzt wird.

10 Eine Weiterbildung sieht vor, dass in Erwärmungseinrichtungen in denen die Platine oder das Stahlvorbauteil stationär aufgewärmt wird, wie beispielsweise Mehrlagenkammeröfen, die Ofenheizleistung dauerhaft oder im zeitlichen Verlauf derart verringert wird, dass die mittlere Heizrate von 14 K/s im Temperaturbereich von Raumtemperatur bis 530 °C nicht überschritten wird.

Eine Ausführungsform sieht vor, dass die Zink-Eisen-haltige Beschichtung eine Schichtdicke von 4 µm bis 14 µm je Seite aufweist.

15 Eine Ausführungsform sieht vor, dass die Zink-Eisen-haltige Beschichtung mittels eines Schmelztauchverfahrens, insbesondere durch Feuerverzinken, aufgebracht und anschließend galvannealed wurde. Dies kann ein einfaches und robustes Verfahren mit herausragender Reproduzierbarkeit darstellen.

Eine Ausführungsform sieht vor, dass das Stahlband eine Blechdicke von 0,85 mm bis 3 mm aufweist.

20 Eine Ausführungsform sieht vor, dass das Stahlband aus einer härtbaren Stahllegierung, insbesondere einem Bor-Mangan-Stahl besonders bevorzugt eines 22MnB5 oder 20MnB8 oder 34MnB5 gebildet ist.

Eine Ausführungsform sieht vor, dass als Stahlband ein Band mit der folgenden Zusammensetzung verwendet wird (alle Angaben in Gew.-%):

Kohlenstoff bis 0,4, vorzugsweise 0,10 bis 0,30 und

- Silizium bis 1,9, vorzugsweise 0,11 bis 1,5 und
Mangan bis 3,0, vorzugsweise 0,8 bis 2,5 und
Chrom bis 1,5, vorzugsweise 0,1 bis 0,9 und
Molybdän bis 0,9, vorzugsweise 0,001 bis 0,1 und
5 Nickel bis 0,9, vorzugsweise bis 0,2 und
Titan bis 0,2 vorzugsweise 0,02 bis 0,1 und
Vanadin bis 0,2 und
Wolfram bis 0,2, und
Aluminium bis 0,2, vorzugsweise 0,02 bis 0,07 und
10 Bor bis 0,01, vorzugsweise 0,0005 bis 0,005 und
Schwefel max. 0,01, vorzugsweise max. 0,008 und
Phosphor max. 0,025, vorzugsweise max. 0,01 und
Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen.
- 15 Die Erfindung wird anhand von Zeichnungen beispielhaft erläutert. Es zeigen dabei:
- Figur 1: der bevorzugte mittlere Heizratenbereich von RT bis 530 °C über die Blechdicke für eine erste Konstante;
- Figur 2: der bevorzugte mittlere Heizratenbereich von RT bis 530 °C über die Blechdicke für eine zweite Konstante;
- 20 Figur 3: eine mögliche Ofentemperatur in der Zone bis 530 °C für eine erste Konstante;
- Figur 4: die Temperaturverteilung über die Platine mit einer Heizrate nach dem Stand der Technik;
- Figur 5: zwei Blechproben mit unterschiedlichen Aufheizraten in Draufsicht;
- 25 Figur 6: zwei Blechproben mit unterschiedlichen Aufheizraten in Draufsicht in Querschliffaufnahme.

Erfindungsgemäß wird ein pressgehartetes, mit einer Zink-Eisen-Schicht (ZF) beschichtetes Bauteil so erwärmt, dass es eine homogene Zinkoxidschichten aufweist, eine vergleichmäßigte Erwärmung der Platine möglich ist woraus hervorragende mechanische Eigenschaften resultieren und optimale Verarbeitungseigenschaften sichergestellt werden.

- 5 Zudem wird erfindungsgemäß eine energieoptimierte Fahrweise (verringertes Wärmeeintrag in das Glühgut und/oder verringerte Wärmeverluste) ermöglicht, da jene Ofenzone bis die Blechplatine 530 °C erreicht mit verringerter Temperatur gefahren werden kann und daher die Energieverluste in der ersten Ofenzone minimiert werden können.

- 10 Erfindungsgemäß wurde herausgefunden, dass möglichst einheitliche Emissionsgrade und damit ein einheitliches Aufheiz- und Abkühlverhalten der Platinen bzw. Vorbauteile dann sichergestellt werden kann, wenn in einem bestimmten Temperaturbereich eine Heizrate gewählt wird, die unter einer kritischen Heizrate liegt.

- 15 Grundidee ist hierbei die Verringerung der Temperatur der ersten Ofenzonen und damit Herabsetzung der mittleren Aufheizraten von Raumtemperatur (RT) bis 530 °C auf maximal 14 K/s. Dies gilt insbesondere für Beschichtungen ZF60 bis ZF180 mit einer Blechdicke von 0,85 mm bis 3 mm.

- 20 Die Raumtemperatur ist dem Fachmann bekannt und ist die Ausgangstemperatur, die Bleche oder Vorbauteile haben, bevor sie in einen Ofen eingelegt werden. Es ist die Temperatur, die in der Fertigungsstätte herrscht bzw. durch einen warmen Warenträger geringfügig angewärmt wird, d.h. eine Ausgangstemperatur von 50 °C oder 60 °C sind auch denkbar. Diese Temperatur kann natürlich jahreszeitlich schwanken, ist aber an sich in ihrer Schwankungsbreite irrelevant für den nachfolgenden Prozess. Für den Fall, dass Jurisdiktionen eine Definition benötigen, wird die Raumtemperatur höchst vorsorglich auf die Standardtemperatur von 20 °C festgelegt.

- 25 Nachfolgend angegebene Temperaturen sind in °C zu verstehen. Temperaturdifferenzen können in K (Kelvin) angegeben sein. So weit nicht anders angegeben, sind Gehalte in Legierungen in Masseprozent (M-%) angegeben.

Es konnte herausgefunden werden, dass sich bei der entsprechenden Auswahl einer mittleren Heizrate im Bereich von 4 bis 14 K/s insbesondere 6 bis 14 K/s im Zieltemperaturbereich von RT bis 530°C eine optimale Zinkoxidschicht einstellt.

5 Die erfindungsgemäße Formel für die mittlere Heizrate r abhängig von der Blechdicke d (in mm) lautet:

$$r(d) \leq a \left(1 + \frac{1}{d} \right)$$

wobei gilt:

$$a = 6,37 \text{ K/s}$$

gültig für den Blechdickenbereich d von 0,85 mm bis 3 mm.

10 Dies kann vorteilhafterweise die maximale Temperaturdifferenz bei der auf 530 °C erwärmten Stahlblechplatine auf unter 25 K verringern und damit die Homogenität erhöhen. In einer bevorzugten Variante wird $a = 5,32 \text{ K/s}$ gewählt. Dies kann die maximale Temperaturdifferenz auf der auf 530 °C erwärmten Stahlblechplatine auf unter 18 K verringern.

15 Wie bereits ausgeführt, erwärmen sich Platinen oder umgeformte Vorbauteile während der Erhitzung zum Zwecke der Austenitisierung unterschiedlich homogen, insbesondere von außen nach innen. Dieser Effekt tritt bei einer Zink-Eisen-Legierung (ZF) durch lokal unterschiedliche Eisenanteile verstärkt auf. Hierdurch wird auch die Zink-Oxid-Schicht-Bildung durch die lokal inhomogene Erwärmung beeinflusst.

20 Wie ausgeführt, zeigt sich überraschend, dass bei einer mittleren Heizrate im Bereich von 4 – 14 Kelvin pro Sekunde im Zieltemperaturbereich von Raumtemperatur bis 530 °C sich eine optimale Zink-Oxid-Schicht einstellt. In der Figur 1 ist der bevorzugte mittlere Heizratenbereich über die Blechdicke eingetragen, wobei man erkennt, dass die maximal zulässige mitt-

lere Heizrate über die Blechdicke abnimmt. Figur 1 zeigt dabei die Darstellung für die Konstante $\alpha = 6,37 \text{ K/s}$ – in Figur 2 erkennt man die mittlere Heizrate über die Blechdicke für $\alpha = 5,32 \text{ K/s}$. Dies kann die Homogenität der Erwärmung weiter erhöhen, in dem die maximal zulässige mittlere Heizrate reduziert wird. Zusätzlich wird die besonders bevorzugte Untergrenze von 6 K/s als strichlierte Linie dargestellt.

In Figur 5 ist der erfindungsgemäße Effekt auch optisch sichtbar. Hier werden zwei Stahlblechproben mit etwa $200 \times 300 \text{ mm}$ Größe und $1,5 \text{ mm}$ Blechdicke mit unterschiedlich hohen Heizraten erwärmt. In der linken Aufnahme ist die Schicht aufgrund der erfindungsgemäß geringen Heizrate von etwa $6,5 \text{ K/s}$ bis 530°C absolut gleichmäßig, während sich in der rechten Aufnahme bei einer Heizrate von etwa 20 K/s bis 530°C ein Randeffect aufgrund eines ungleichmäßigen Schichtwachstums darstellt.

Dies erkennt man auch in Figur 6, wobei rechts die Beschichtung ZF80 mit einer Aufheizrate nach dem Stand der Technik von Raumtemperatur bis 530°C mit $20 \text{ Kelvin pro Sekunde}$ angewandt wurde. Gegenüber der linken Darstellung, die die gleiche Beschichtung, jedoch bei einer Aufheizrate nach der Erfindung, in diesem Fall mit $7,7 \text{ Kelvin pro Sekunde}$ zeigt, erkennt man, dass die Beschichtung erheblich gleichmäßiger auch von der Oberflächenmorphologie ist. Auch hier betrug die Blechdicke $1,5 \text{ mm}$.

In Figur 4 ist gezeigt, wie sich die Temperaturen in unterschiedlichen Bereichen des Blechs bei einer Aufheizrate von etwa 18 K/s verhalten, und man sieht insbesondere in oberen Temperaturbereichen erhebliche Unterschiede. Aber auch bei Erreichung der Temperatur um 530°C sind bereits Temperaturunterschiede an einer Platine von bis zu 40 K möglich. Dies kann auch die Schichtreaktion stark beeinflussen und daher zu unerwünschten Effekten in der Schicht wie beispielsweise auch Silberfärbung führen.

Ein geeignetes Aggregat zum Erwärmen ist beispielsweise ein Durchlaufofen, wobei Mantelstrahlrohre, welche zum Beispiel gasbeheizt sind, die Erhitzung vornehmen. In dem kritischen Bereich der Temperatur zwischen RT und 530°C , wird hierbei die Beheizung so durchgeführt, dass die kritische Heizrate nicht überschritten wird, während in den Bereichen darüber auch eine deutlich höhere Heizrate möglich ist.

Auch ein Mehrlagenkammerofen ist geeignet, wobei hierbei die Ofentemperatur vorzugsweise konstant gehalten wird und gegebenenfalls eine Absenkung der Ofentemperatur dazu führt, dass der kritische Temperaturbereich mit einer entsprechend niedrigen Heizrate durchschritten wird. Eine über die Ofenverweilzeit veränderliche Ofentemperatur d.h. eine zu Beginn niedrige und ab 530 °C angehobene Ofentemperatur ist jedoch auch denkbar. Dies ist beispielsweise in Figur 3 dargestellt, dabei wird die Ofentemperatur in der ersten Zone reduziert und je nach Blechdicke entsprechend angepasst.

Bei der Erfindung ist von Vorteil, dass mit der erfindungsgemäßen Einstellung der Heizrate im kritischen Temperaturbereich von RT bis 530 °C wiederholbare Ergebnisse bezüglich einer einheitlichen homogenen Beschichtung erzielt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verringerung der Ofenheizleistung zumindest in den ersten Ofenzonen zur Herabsetzung der mittleren Aufheizrate bzw. Einstellung derselben auf maximal 14 K/s von Raumtemperatur bis 530°C dient.
- 5 4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zink-Eisen-haltige Beschichtung einen Eisengehalt von 8 bis 12% aufweist und als Rest Zink.
5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtung aus der Spezifikationen ZF60 bis ZF180 gewählt wurde.
- 10 6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Erwärmung im Temperaturbereich von Raumtemperatur bis 530 °C mit einer mittleren Heizrate von mindestens 3 K/s bevorzugt mindestens 6 K/s erfolgt.
- 15 7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Erwärmung oberhalb von 800 °C ein Sauerstoffgehalt in der Ofenatmosphäre in einem Bereich näher als 10 mm zur Oberfläche der Platine oder des Stahlvorbauteils von mindestens 5 Vol.-% gewährleistet wird.
- 20 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Durchlaufofen im Ofenbereich, der einer Platinen- oder Vorbauteiltemperatur bis 530 °C entspricht, die Ofenheizleistung derart verringert wird, dass die Heizrate von 14 K/s im Temperaturbereich bis 530 °C nicht überschritten wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in den Bereichen, in denen die Platine oder das Vorbauteil eine Temperatur von mehr als 530 °C aufweist, die Ofenheizleistung erhöht wird, um die Taktzeit möglichst gering zu halten.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die gesamte Ofentemperatur auf einen Bereich von 860 °C bis 890 °C gesenkt wird, um den Energiebedarf sowie CO₂-Emissionen gering zu halten.
- 5 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in den Ofenbereichen, in denen die Platine oder das Vorbauteil eine Temperatur von mehr als 530 °C aufweist, die Ofenheizleistung reduziert oder konstant gehalten wird, um den Energiebedarf und CO₂-Emissionen gering zu halten.
- 10 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Ofenbereichen, in denen die Platine oder das Vorbauteil 800 °C oder mehr aufweist, der Ofenatmosphäre Frischluft, insbesondere vorgeheizte Frischluft oder Sauerstoff, zugeführt wird.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Ofenbereichen, in denen die Platine oder das Vorbauteil 800 °C oder mehr aufweist, die vorhandene Ofenatmosphäre umgewälzt wird.
- 15 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Erwärmungseinrichtungen in denen die Platine oder das Stahlvorbauteil stationär aufgewärmt wird, wie beispielsweise Mehrlagenkammeröfen, die Ofenheizleistung dauerhaft oder im zeitlichen Verlauf derart verringert wird, dass die mittlere Heizrate von 14 K/s im Temperaturbereich von Raumtemperatur bis 530 °C nicht überschritten wird.
- 20 15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zink-Eisen-haltige Beschichtung eine Schichtdicke von 4 µm bis 14 µm je Seite aufweist.
- 25 16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zink-Eisen-haltige Beschichtung mittels eines Schmelztauchverfahrens, insbesondere durch Feuerverzinken, aufgebracht und anschließend galvannealed wurde.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Stahlband eine Blechdicke von 0,85 mm bis 3 mm aufweist.

5 18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Stahlband aus einer härtbaren Stahllegierung, insbesondere einem Bor-Mangan-Stahl und besonders bevorzugt eines 22MnB5 oder 20MnB8 oder 34MnB5, gebildet ist.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Stahlband ein Band mit der folgenden Zusammensetzung verwendet wird (alle Angaben in Gew.-%):

10 Kohlenstoff bis 0,4, vorzugsweise 0,10 bis 0,30 und
Silizium bis 1,9, vorzugsweise 0,11 bis 1,5 und
Mangan bis 3,0, vorzugsweise 0,8 bis 2,5 und
Chrom bis 1,5, vorzugsweise 0,1 bis 0,9 und
Molybdän bis 0,9, vorzugsweise 0,001 bis 0,1 und
15 Nickel bis 0,9, vorzugsweise bis 0,2 und
Titan bis 0,2 vorzugsweise 0,02 bis 0,1 und
Vanadin bis 0,2 und
Wolfram bis 0,2 und
Aluminium bis 0,2, vorzugsweise 0,02 bis 0,07 und
20 Bor bis 0,01, vorzugsweise 0,0005 bis 0,005 und
Schwefel max. 0,01, vorzugsweise max. 0,008 und
Phosphor max. 0,025, vorzugsweise max. 0,01 und
Rest Eisen und erschmelzungsbedingte Verunreinigungen.

Bevorzugter mittlerer Heizratenbereich
für $a = 6,37 \text{ K/s}$

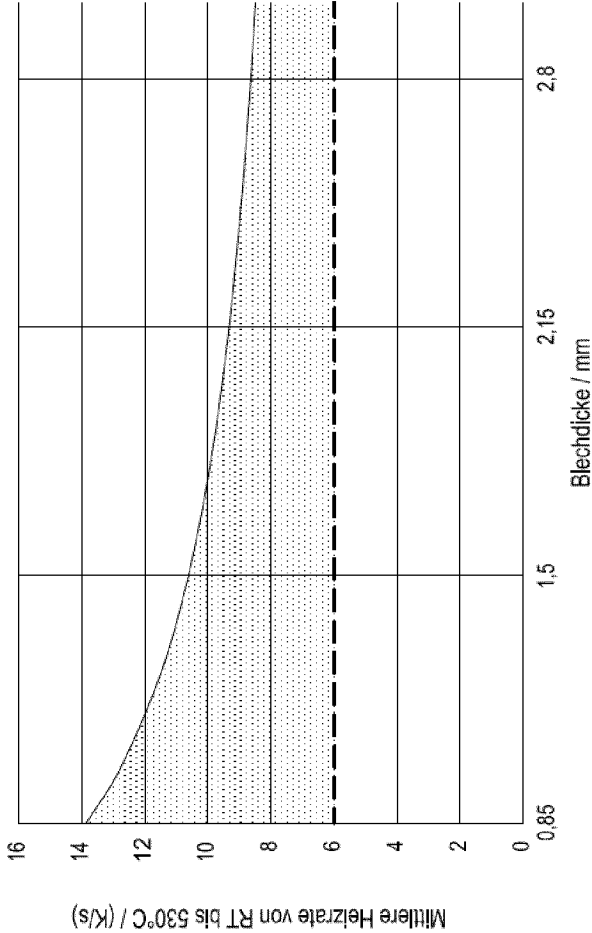


Fig. 1

Bevorzugter mittlerer Heizratenbereich
für $a = 5,32 \text{ K/s}$

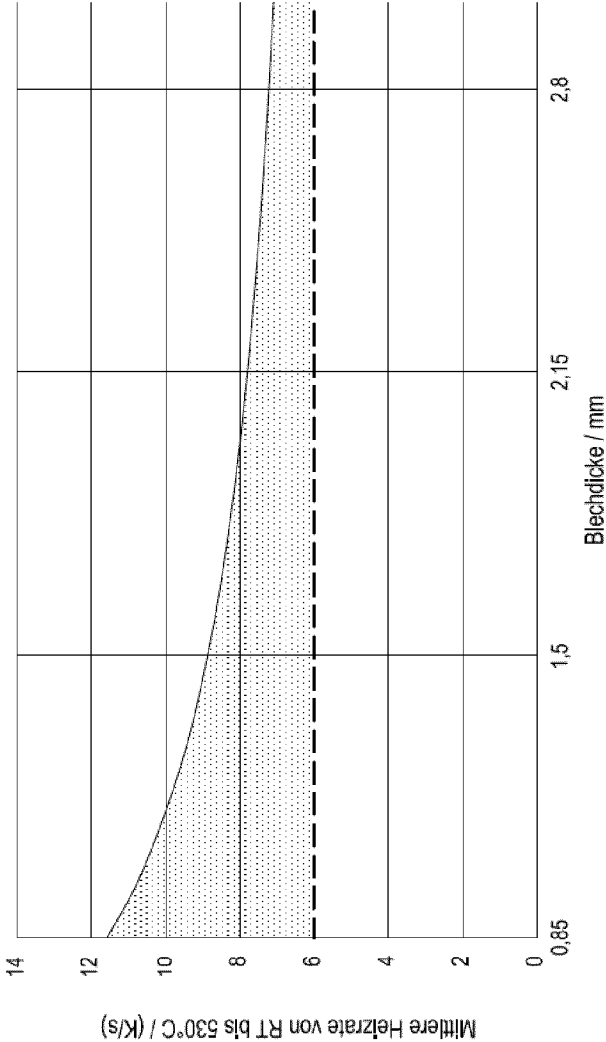


Fig. 2

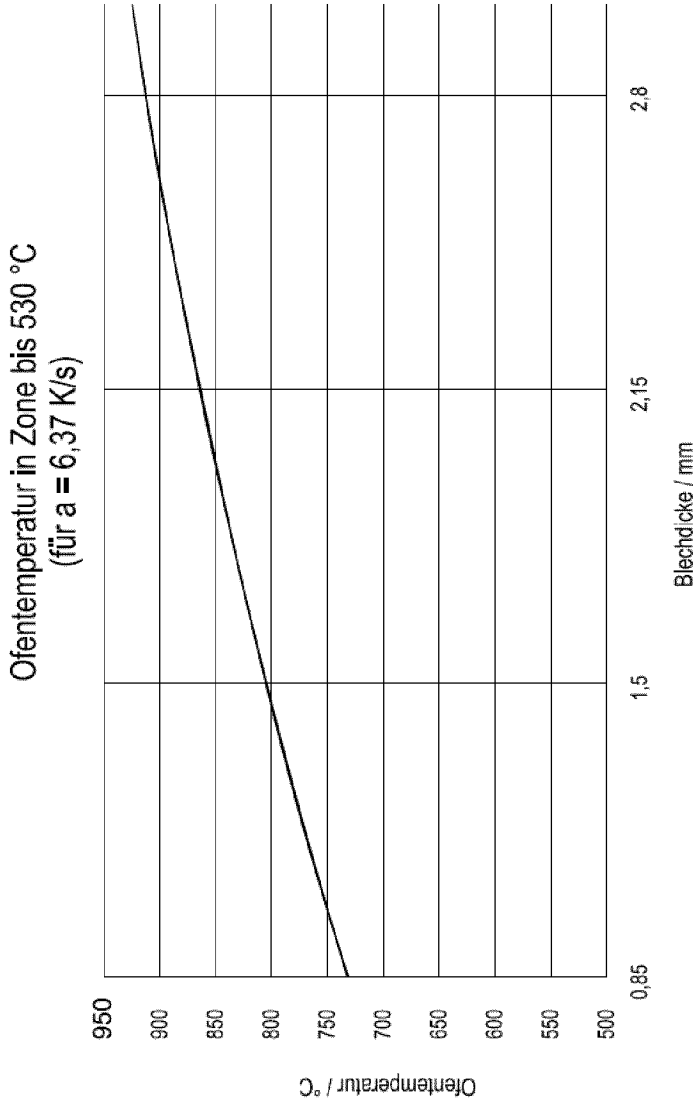


Fig. 3

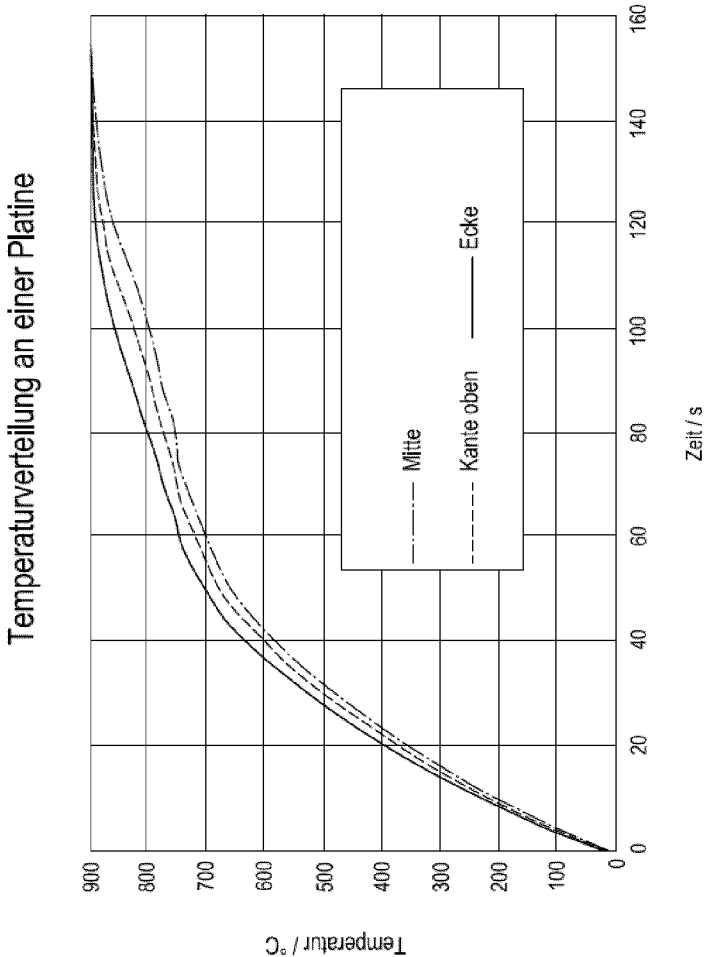
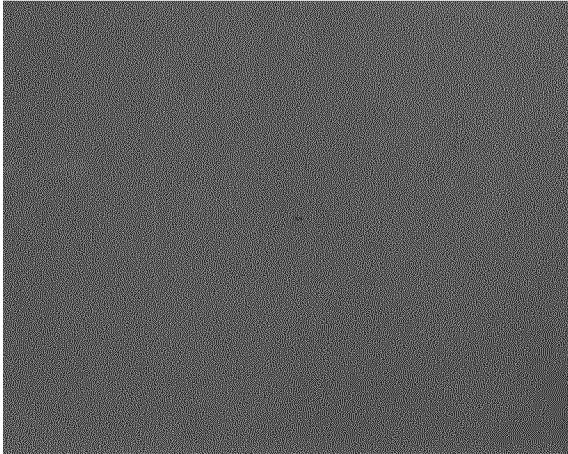
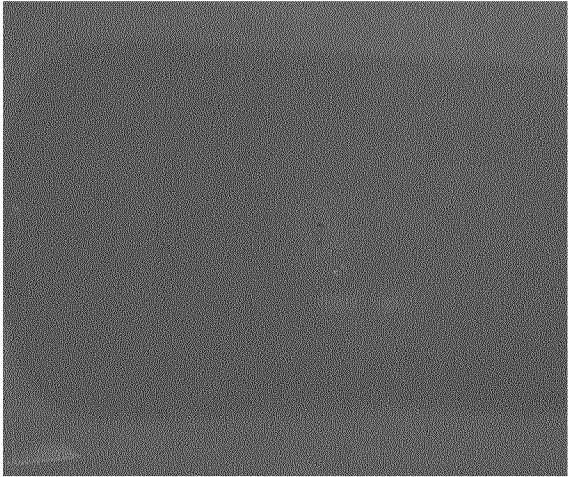


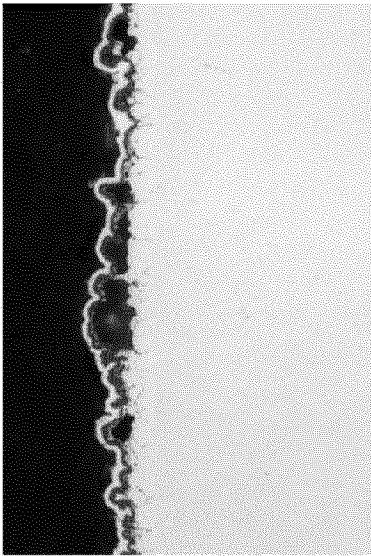
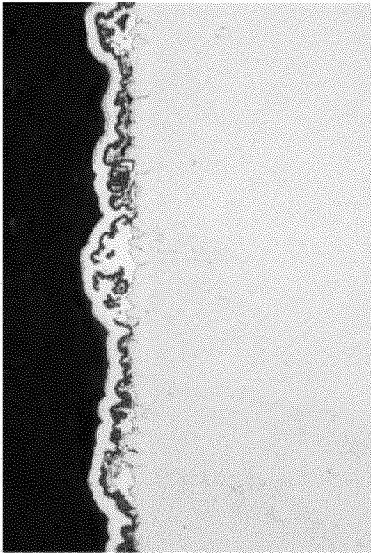
Fig. 4

Fig. 5



Erfindungsgemäß

Fig. 6



Erfindungsgemäß

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/071818

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C21D 1/18(2006.01)i; **C21D 1/34**(2006.01)i; **C22C 38/02**(2006.01)i; **C22C 38/04**(2006.01)i; **C22C 38/06**(2006.01)i;
C22C 38/32(2006.01)i; **C23C 2/06**(2006.01)i; **C23C 2/40**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C21D; C23C; C22C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 1809650 A (SUMITOMO METAL IND [JP]) 26 July 2006 (2006-07-26) abstract; claims 1-16; examples 1-2; tables 1-2	1-3,5-19
X	CN 111618146 A (SHOUGANG GROUP CO LTD; SHOUGANG JINGTANG UNITED IRON & STEEL CO LTD) 04 September 2020 (2020-09-04) abstract; claims 1-9; examples 1-5	1-3,5-19
X	WO 2015144318 A1 (TATA STEEL IJMUIDEN BV [NL]) 01 October 2015 (2015-10-01) abstract; claims 1-13 page 12	1-19



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 August 2023

Date of mailing of the international search report

01 September 2023

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Mikloweit, Alexander

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2023/071818

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	1809650	A	26 July 2006	CN	1809650	A	26 July 2006
				JP	4085876	B2	14 May 2008
				JP	2004323897	A	18 November 2004
-----				-----			
CN	111618146	A	04 September 2020	NONE			
-----				-----			
WO	2015144318	A1	01 October 2015	CN	106715745	A	24 May 2017
				EP	3122486	A1	01 February 2017
				WO	2015144318	A1	01 October 2015
-----				-----			

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/071818

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	C21D1/18	C21D1/34
	C22C38/02	C22C38/04
	C22C38/06	
ADD.	C22C38/32	C23C2/06
	C23C2/40	
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
C21D C23C C22C		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	CN 1 809 650 A (SUMITOMO METAL IND [JP]) 26. Juli 2006 (2006-07-26) Zusammenfassung; Ansprüche 1-16; Beispiele 1-2; Tabellen 1-2 -----	1-3,5-19
X	CN 111 618 146 A (SHOUGANG GROUP CO LTD; SHOUGANG JINGTANG UNITED IRON & STEEL CO LTD) 4. September 2020 (2020-09-04) Zusammenfassung; Ansprüche 1-9; Beispiele 1-5 -----	1-3,5-19
X	WO 2015/144318 A1 (TATA STEEL IJMUIDEN BV [NL]) 1. Oktober 2015 (2015-10-01) Zusammenfassung; Ansprüche 1-13 Seite 12 -----	1-19
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
25. August 2023		01/09/2023
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Mikloweit, Alexander

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/071818

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CN 1809650 A	26-07-2006	CN 1809650 A	26-07-2006
		JP 4085876 B2	14-05-2008
		JP 2004323897 A	18-11-2004

CN 111618146 A	04-09-2020	KEINE	

WO 2015144318 A1	01-10-2015	CN 106715745 A	24-05-2017
		EP 3122486 A1	01-02-2017
		WO 2015144318 A1	01-10-2015
