



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**17.07.2019 Patentblatt 2019/29**

(51) Int Cl.:  
**C21D 9/56** (2006.01) **C23C 2/00** (2006.01)  
**C21D 9/573** (2006.01) **F27B 9/02** (2006.01)  
**F27B 9/04** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19151613.7**

(22) Anmeldetag: **14.01.2019**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(72) Erfinder:  
• **Maschler, Frank**  
**47279 Duisburg (DE)**  
• **Kümmel, Lutz**  
**41363 Jüchen (DE)**  
• **Daube, Thomas**  
**57279 Duisburg (DE)**  
• **Crutzen, Jean-Pierre**  
**BE-4053 Chaudfontaine (BE)**

(30) Priorität: **12.01.2018 DE 102018200490**

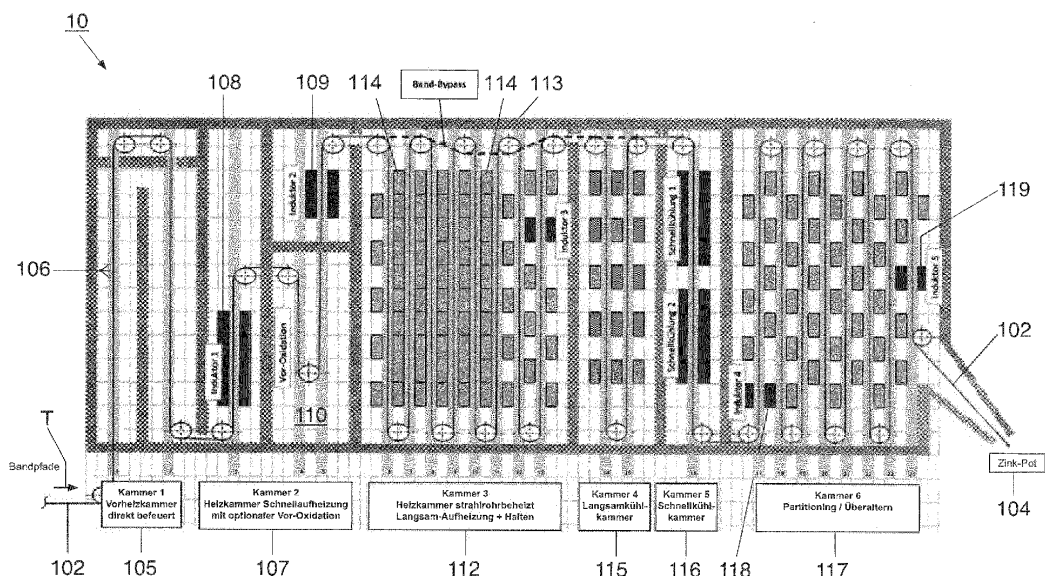
(71) Anmelder: **SMS Group GmbH**  
**40237 Düsseldorf (DE)**

(74) Vertreter: **Kluppel, Walter**  
**Hemmerich & Kollegen**  
**Patentanwälte**  
**Hammerstraße 2**  
**57072 Siegen (DE)**

(54) **VERFAHREN FÜR EINE KONTINUIERLICHE WÄRMEBEHANDLUNG EINES STAHLBANDS, UND ANLAGE ZUM SCHMELZTAUCHBESCHICHTEN EINES STAHLBANDS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage (10) zum Schmelztauchbeschichten eines in einer Transportrichtung (T) bewegten Stahlbands (102) hochfester Güte, insbesondere von oxidationsempfindlichen AHSS-Qualitäten, umfassend ein Schmelztauchbad (104), in welches das Stahlband (102) zum Beschichten eintauchbar ist, wobei - in der Transportrichtung (T) des

Stahlbandes (102) gesehen - stromaufwärts von dem Schmelztauchbad (104) zumindest eine erste Heizkammer (107) mit zumindest einem Induktor (108, 109), eine Schnellkühlkammer (116) und eine Haltekammer (117) für ein Partitioning des Stahlbandes (102) angeordnet sind.



**Fig. 1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren für eine kontinuierliche Wärmebehandlung eines Stahlbands nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 bzw. nach dem Oberbegriff von Anspruch 7, und eine Anlage zum Schmelztauchbeschichten eines Stahlbands hochfester Güte, das in einer Transportrichtung bewegt wird.

**[0002]** Übliche hochfeste Bandstähle enthalten als Legierungselemente Mn, Si und/oder Al. Bei der rekristallisierenden Glühung vor der Schmelztauchbeschichtung diffundieren diese Legierungselemente zur Oberfläche hin. Da diese Legierungselemente sehr sauerstoff-affin sind, werden sie, soweit sie sich in geringer Tiefe im Band oder an dessen Oberfläche befinden, nahezu unvermeidlich oxidiert. Das Grundmaterial Eisen wird dabei nicht oxidiert. Man spricht deshalb von selektiver Oxidation. Die an der Oberfläche oder in geringer Tiefe gebildeten Oxide beeinträchtigen die Benetzbarkeit eines Stahlbands mit einem Überzugsmetall z.B. in schmelzflüssiger Form, mit der Folge von Fehlstellen (bare spots) bzw. einer schlechten Haftung des metallischen Überzuges.

**[0003]** In Anbetracht der vorstehend genannten Problematik der selektiven Oxidation ist nach dem Stand der Technik als Gegenmaßnahme die sogenannte Vor-Oxidation bekannt, bei der ein Abdecken dieser Oxide durch eine FeO-Schicht und eine nachfolgende Reduktion zu Eisen (Fe) erfolgt. Dies erzeugt an bzw. auf der Oberfläche eines zu beschichteten Stahlbands eine reine Fe-Schicht, worauf ein metallischer Überzug gut haftet. Diesbezüglich besteht bei einigen Materialien die Tendenz, dass die Haftung in größerer Tiefe versagt, da die selektiv gebildeten Oxide wie MnO u.a. eine Passivschicht erzeugen, auf der die Haftung der Rein-Fe-Schicht schlecht ist.

**[0004]** EP 1 819 840 B1 und EP 2 732 062 B1 offenbaren jeweils ein Verfahren und eine Anlage zum Schmelztauchbeschichten eines Bandes aus höherfestem Stahl, als auch ein Verfahren für eine kontinuierliche Wärmebehandlung eines Stahlbands nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 der vorliegenden Patentanmeldung

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, zur Vorbereitung einer Beschichtung von Stahlbändern die selektive Oxidation so weit zu unterdrücken, dass diese Oxide für das anschließende Aufbringen eines metallischen Überzugs auf eine Oberfläche des Stahlbands nicht mehr stören.

**[0006]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1 und von Anspruch 7, als auch durch eine Anlage mit den in Anspruch 15 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

**[0007]** Mit einem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine kontinuierliche Wärmebehandlung eines Stahlbands hochfester Güte, insbesondere von oxidationsempfindlichen AHSS-Qualitäten, durchgeführt, wobei

das Stahlband durch zumindest eine Ofeneinrichtung bewegt wird. Ein solches Verfahren umfasst folgende Schritte:

- 5 a) Erwärmen des Stahlbands in einer Atmosphäre, die  $\geq 20\%$ , vorzugsweise  $\geq 50\%$  Wasserstoff ( $H_2$ ) und Rest Stickstoff ( $N_2$ ) enthält und einen Taupunkt von  $< -40^\circ C$  aufweist, wobei das Stahlband spätestens ab  $750^\circ C$  mit einer Heizrate von zumindest  $50\text{ K/s}$  auf eine Haltetemperatur zwischen  $\geq 800^\circ C$  und  $\leq 950^\circ C$  erwärmt wird, wobei das Stahlband in dieser Atmosphäre oberhalb von  $750^\circ C$  mit einer Verweildauer von maximal 180 Sekunden verweilt,
- 10 b) Schnelkkühlen des Stahlbands auf  $< 500^\circ C$  unter einer wasserstoffhaltigen Atmosphäre, und
- 15 c) Aufbringen eines metallischen Überzugs auf zumindest eine Oberfläche des Stahlbands.

**[0008]** Ein erfindungsgemäßes Verfahren nach einer weiteren Ausführungsform dient ebenfalls für eine kontinuierliche Wärmebehandlung eines Stahlbands hochfester Güte, insbesondere von oxidationsempfindlichen AHSS-Qualitäten, bei dem das Stahlband durch zumindest eine Ofeneinrichtung bewegt wird. Hierbei umfasst das Verfahren folgende Schritte:

- i) Erwärmen des Stahlbands (102) auf eine Temperatur von mindestens  $600^\circ C$  durch einen direkt beheizten Vorwärmer (DFF = Direct Fired Furnace) (106) in einer Abgas-Atmosphäre mit Luftmangel,
- 30 ii) Erwärmen des Stahlbands (102) auf eine Temperatur zwischen  $700^\circ C$  -  $750^\circ C$  durch einen Induktor in einer wasserstoffhaltigen Atmosphäre,
- 35 iii) Wärmebehandlung des Stahlbands in einer oxidierenden Atmosphäre mit einem Sauerstoffgehalt von  $2\text{-}5\%$   $O_2$ , um dadurch an den Oberflächen des Stahlbandes Eisenoxidschichten auszubilden, wobei diese Wärmebehandlung eine Zeitdauer von  $5\text{-}20$  Sekunden hat,
- 40 iv) Erwärmen des Stahlbands auf eine Temperatur von bis zu  $950^\circ C$  in einer Atmosphäre, die Wasserstoff ( $H_2$ ), Wasserdampf und Rest Stickstoff ( $N_2$ ) enthält, wobei das Stahlband bei einer Temperatur von bis zu  $950^\circ C$  mit einer Zeitdauer von  $\geq 40$  Sekunden gehalten wird,
- 45 v) Schnelkkühlen des Stahlbands auf  $< 500^\circ C$  unter einer wasserstoffhaltigen Atmosphäre, und
- 50 vi) Aufbringen eines metallischen Überzugs auf zumindest eine Oberfläche des Stahlbands.

**[0009]** Bei beiden der vorstehend genannten Varianten eines erfindungsgemäßen Verfahrens kann für den Schritt c) bzw. vi) eine Beschichtungseinrichtung vorgesehen sein, die - in der Transportrichtung des Stahlbandes gesehen - stromabwärts von einer Ofeneinrichtung angeordnet ist. Eine solche Beschichtungseinrichtung kann als Schmelztauchbad oder in Form einer PVD (=

Physical Vapor Deposition)-Sektion ausgebildet sein, um auf zumindest eine Oberfläche der Stahlbandes, vorzugsweise auf den Oberflächen des Stahlbandes an dessen Ober- und Unterseite, einen metallischen Überzug aufzubringen. Bei Ausgestaltung der Beschichtungseinrichtung als Schmelztauchbad ist es zweckmäßig, wenn darin das Stahlband insbesondere mit Zink tauchbeschichtet wird.

**[0010]** In vorteilhafter Weiterbildung des zweitgenannten erfindungsgemäßen Verfahrens kann vorgesehen sein, dass in Schritt iv) das Stahlband durch einen RTF-Ofenteil (RTF = Radiant Tube Furnace) erwärmt wird, vorzugsweise, dass das Stahlband zu Beginn des Schritts iv) zusätzlich durch einen Querfeld-Induktor mit einer Heizrate von zumindest 50 K/s auf zumindest 820 °C erwärmt wird. Die Erwärmung des Stahlbandes mittels des Querfeld-Induktors zu Beginn des Schritts iv) führt zu dem Vorteil, dass wegen der genannten hohen Heizrate das Stahlband schneller auf die gewünschte Haltetemperatur gebracht wird.

**[0011]** Die Erfindung sieht ebenfalls eine Anlage zum Schmelztauchbeschichten eines in einer Transportrichtung bewegten Stahlbands hochfester Güte, insbesondere von oxidationsempfindlichen AHSS-Qualitäten, vor. Eine solche Anlage umfasst ein Schmelztauchbad, in welches das Stahlband zum Beschichten eingetaucht werden kann, wobei - in der Transportrichtung des Stahlbandes gesehen - stromaufwärts von dem Schmelztauchbad zumindest eine erste Heizkammer mit zumindest einem Induktor, vorzugsweise in Form eines Querfeld-Induktors, eine Schnellkühlkammer und eine Haltekammer für ein Partitioning des Stahlbandes angeordnet sind. Zweckmäßigerweise können im Einlaufbereich der Haltekammer bzw. stromaufwärts hiervon ein Induktor und/oder im Auslaufbereich der Haltekammer ein weiterer Induktor vorgesehen sein.

**[0012]** Der Erfindung liegt die wesentliche Erkenntnis zugrunde, dass die Bandaufheizung bzw. das Erwärmen des Stahlbands auf eine Temperatur von bis zu 950 °C möglichst schnell erfolgt, wobei die anschließende Halte- bzw. Verweilzeit für das Stahlband auf einer vorbestimmten Temperatur klein zu sein hat. Dies führt zu dem Vorteil, dass während des Aufheizens eine selektive Oxidation (weitgehend) unterdrückt werden kann. Zu diesem Zweck ist es grundsätzlich von Vorteil, die Atmosphäre, in der das Stahlband erwärmt wird, so reduzierend wie möglich einzustellen, nämlich mit möglichst großem bzw. maximalem Wasserstoff-Gehalt und minimalem Taupunkt, wobei gleichzeitig eine Heizrate von > 50 K/s eingestellt wird. Dies gilt bei dem erstgenannten erfindungsgemäßen Verfahren für den Schritt a), und bei dem zweitgenannten erfindungsgemäßen Verfahren für den Schritt iv).

**[0013]** In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Temperatur, auf welche das Stahlband im Schritt a) bzw. im Schritt iv) erwärmt und vorzugsweise auch gehalten wird, unterhalb von 950 °C liegt und z.B. einen Wert von 945 °C, 940 °C, 935 °C,

930 °C, 925 °C oder 920 °C annimmt. Diesbezüglich ist es auch möglich, dass diese Temperatur, auf welche das Stahlband im Schritt a) bzw. im Schritt iv) erwärmt und vorzugsweise auch gehalten wird, einen Wert annimmt, der zwischen den soeben genannten Beispielwerten liegt, und z.B. einen Wert von 942 °C oder andere Zwischenwerte annimmt.

**[0014]** Um die Oxidation an den Oberflächen des Stahlbandes oberhalb von Temperaturen von etwa 700 °C wirksam zu unterdrücken, muss die Verweilzeit des Stahlbands > 750 °C so kurz wie möglich sein. Zur Realisierung dessen hat sich erfindungsgemäß für das Erwärmen des Stahlbands auf eine Temperatur von bis zu 950 °C gezeigt, dass mit einer Atmosphäre mit zumindest einem Anteil von 20 % Wasserstoff, vorzugsweise Rest Stickstoff, und einem Taupunkt von weniger bzw. kleiner als -40 °C Verweilzeiten für das Stahlband bis maximal 180 Sekunden zulässig sind. Je nach Beschaffenheit des zu beschichtenden Stahlbands kann diese Verweilzeiten auch kürzer als 180 Sekunden sein. Jedenfalls wird während der Halte- bzw. Verweilzeit das Material des Stahlbands teilweise oder vollständig in Austenit umgewandelt.

**[0015]** Bei beiden der genannten Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass für das Stahlband ein Schnellkühlen unter einer wasserstoffhaltigen Atmosphäre auf < 500 °C durchgeführt wird, wie es im Schritt a) bzw. im Schritt v) definiert ist. Für ein solches Schnellkühlen kann die Kühlrate zumindest 40 K/s betragen, wofür ein hoher Wasserstoffgehalt zweckmäßig ist. Vorteilhafterweise wird ein wasserstoffreiches Schutzgas mit einem Anteil von z.B. 50% Wasserstoff im Aufheizteil und/oder in der Langsamkühlung zur Vermeidung der Oxidation eingesetzt.

**[0016]** In vorteilhafter Weiterbildung des erstgenannten erfindungsgemäßen Verfahrens kann vorgesehen sein, dass das Stahlband vor dem Schritt a) durch einen direkt beheizten Vorwärmer (DFF = Direct Fired Furnace) in einer Abgas-Atmosphäre mit Luftmangel auf eine Temperatur von bis zu 750 °C erwärmt wird. Bei einem solchen Aufwärmen ist die Oxidationsneigung für das Stahlband in der Regel noch unkritisch, wobei für bestimmte Güten Aufheizraten von 15-20 K/s ausreichend sind. Des Weiteren wird mit einem solchen Erwärmen des Stahlbands hierfür vorteilhaft ein höheres Temperaturniveau erreicht, zur Vorbereitung der anschließenden intensiven Erwärmung im Schritt a).

**[0017]** In vorteilhafter Weiterbildung des erstgenannten erfindungsgemäßen Verfahrens kann vorgesehen sein, dass in Schritt a) das Stahlband durch zumindest einen Induktor, vorzugsweise in Form eines Querfeld-Induktors, auf die Haltetemperatur von bis zu 950 °C erwärmt wird. Hierdurch ist es möglich, ein schnelles Aufheizen für das Stahlband mit einer Heizrate von zumindest 50 K/s zu erzielen.

**[0018]** In vorteilhafter Weiterbildung des erstgenannten erfindungsgemäßen Verfahrens kann vorgesehen sein, dass in Schritt a) das Stahlband induktiv in zwei

Stufen erwärmt wird, wobei das Stahlband durch einen ersten Induktor, vorzugsweise in Form eines Längsfeld-Induktors, zunächst auf eine Temperatur von bis zu 720 °C erwärmt wird und anschließend durch einen zweiten Induktor, vorzugsweise in Form eines Quersfeld-Induktors, auf die Haltetemperatur von bis zu 950 °C erwärmt wird.

**[0019]** Wie vorstehend bereits erläutert, kann die Verweildauer bei dem erstgenannten erfindungsgemäßen Verfahren in Schritt a) auch weniger als 180 Sekunden betragen. Diesbezüglich wird darauf hingewiesen, dass diese Verweildauer im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch  $\leq 170$  Sekunden, vorzugsweise  $\leq 160$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 150$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 140$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 130$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 120$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 110$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 100$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 90$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 85$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 80$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 75$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 70$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 65$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 60$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 55$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 50$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 45$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 40$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 35$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 30$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 25$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 20$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 15$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 10$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 5$  Sekunden betragen kann, je nach Materialbeschaffenheit des zu beschichtenden Stahlbandes.

**[0020]** In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Stahlband bei dem Schnellkühlen in Schritt b) bzw. in Schritt v) auf eine Temperatur gekühlt wird, die in einem Bereich zwischen 200 °C und 450 °C liegt. Für diesen Fall ist es weiter zweckmäßig, dass dann vor dem Schritt c) bzw. im Anschluss an Schritt v) ein Erwärmen des Stahlbands auf eine Partitioning-Temperatur von zumindest 300 °C, vorzugsweise 320 °C, in einer Atmosphäre, die  $\geq 20$  % Wasserstoff ( $H_2$ ) und Rest Stickstoff ( $N_2$ ) enthält, durchgeführt wird, wobei das Stahlband in dieser Atmosphäre für eine Dauer von  $\geq 30$  Sekunden verweilt.

**[0021]** In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass für das Stahlband ein Langsamkühlen durchgeführt wird. Bei dem erstgenannten erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt ein solches Langsamkühlen zwischen den Schritten a) und b), wobei bei dem zweitgenannten erfindungsgemäßen Verfahren ein solches Langsamkühlen zwischen den Schritten iv) und v) erfolgt. Jedenfalls ist es von Vorteil, wenn ein solches Langsamkühlen unter einer wasserstoffhaltigen Atmosphäre erfolgt, die z.B. einen Anteil von zumindest 20 % Wasserstoff enthalten und einen Taupunkt von  $< -40$  °C aufweisen kann. Des Weiteren ist von Vorteil, wenn diese Atmosphäre neben dem Wasserstoffanteil dann Rest Stickstoff enthält. Jedenfalls ist für das Langsamkühlen von Bedeutung bzw. von Vorteil, dass dabei das Misch-

phasengebiet Ferrit + Austenit mit langsamer Abkühlung durchfahren wird, je nach Legierung bis herunter auf 750 °C, um dadurch einen definierten Austenit-Anteil einzustellen. Deswegen ist die Zeit der Langsamkühlung hinsichtlich der Oxidation von Si Teil der vorstehend genannten Verweilzeit.

**[0022]** In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung können für die kontinuierliche Wärmebehandlung des Stahlbandes weitere Prozessschritte vorgesehen sein, bei denen es sich z.B. um ein Wiederaufheizen und/oder um ein Halten des Stahlbands handeln kann. Diese möglichen weiteren Prozessschritte werden bei Temperaturen  $>> 600$  °C gefahren und sind daher hinsichtlich der Oxidation von Si unerheblich. Ein hoher Wasserstoffgehalt ist hierbei zwar nicht erforderlich, jedoch auch nicht von Nachteil, so dass für diese weiteren Prozessschritte grundsätzlich in der gleichen Atmosphäre wie die vorhergehende Schnellkühlung gefahren werden kann.

**[0023]** Nachstehend sind bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung anhand einer schematisch vereinfachten Zeichnung im Detail beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 eine prinzipielle Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Anlage,
- Fig. 2 eine prinzipielle Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Anlage nach einer weiteren Ausführungsform,
- Fig. 3 eine prinzipielle Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Anlage nach einer weiteren Ausführungsform,
- Fig. 4 den Temperaturverlauf für ein Stahlband bei einer Behandlung in der Anlage von Fig. 3,
- Fig. 5 eine tabellarische Übersicht zu Parametern einer möglichen Fahrweise eines erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 6 den Temperaturverlauf für ein Stahlband bei der Fahrweise von Fig. 5,
- Fig. 7 eine tabellarische Übersicht zu Parametern einer möglichen Fahrweise eines erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer weiteren Ausführungsform,
- Fig. 8 den Temperaturverlauf für ein Stahlband bei der Fahrweise von Fig. 7,
- Fig. 9 eine tabellarische Übersicht zu Parametern einer möglichen Fahrweise eines erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer weiteren Ausführungsform,
- Fig. 10 den Temperaturverlauf für ein Stahlband bei der Fahrweise von Fig. 9,
- Fig. 11 eine tabellarische Übersicht zu Parametern einer möglichen Fahrweise eines erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer weiteren Ausführungsform, und
- Fig. 12 den Temperaturverlauf für ein Stahlband bei der Fahrweise von Fig. 11.

**[0024]** Nachstehend sind unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis 12 bevorzugte Ausführungsformen eines erfin-

dungsgemäßen Verfahrens für eine kontinuierliche Wärmebehandlung eines Stahlbands 102 und einer erfindungsgemäßen Anlage 10 erläutert. Gleiche Merkmale in der Zeichnung sind jeweils mit gleichen Bezugszeichen versehen. An dieser Stelle wird gesondert darauf hingewiesen, dass die Zeichnung lediglich vereinfacht und insbesondere ohne Maßstab dargestellt ist.

**[0025]** Fig. 1 zeigt die Anlage 10 prinzipiell vereinfacht in einer Seitenansicht hiervon. Bei dieser Anlage 10 handelt es sich um eine kontinuierliche Feuerverzinkungslinie (CGL), mit der ein Stahlband 102 in verschiedenen Schritten bzw. Kammern einer Wärmebehandlung unterzogen wird, wobei im Anschluss daran auf zumindest eine Oberfläche des Stahlbands, vorzugsweise auf alle Oberflächen davon, in einem Schmelztauchbad 104, in der Fig. 1 mit "zink pot" bezeichnet, ein metallischer Überzug aufgebracht wird, vorzugsweise in Form einer Zinkschicht. Entsprechend ist das Schmelztauchbad 104 mit flüssigem Zink gefüllt.

**[0026]** Zur Wärmebehandlung des Stahlbands 102 umfasst die Anlage 10 mehrere Kammern, durch die das Stahlband 102 nacheinander für ein Aufheizen bzw. ein Abkühlen hindurch geführt wird, bevor es zum Aufbringen der Zinkschicht in das Schmelztauchbad 104 eingebracht wird. Die einzelnen Kammern der Anlage 10 sind folgende:

- Kammer 1: Vorheizkammer, direkt befeuert; in Fig. 1 mit "105" bezeichnet;
- Kammer 2: erste Heizkammer zur Schnellaufheizung, optional mit einer Vor-Oxidation ausgestattet; in Fig. 1 mit "107" bezeichnet;
- Kammer 3: zweite Heizkammer, strahlrohrbeheizt, dient zum Langsam-Aufheizen und zum Halten; in Fig. 1 mit "112" bezeichnet;
- Kammer 4: Langsamkühlkammer; in Fig. 1 mit "115" bezeichnet;
- Kammer 5: Schnelkühlkammer; in Fig. 1 mit "116" bezeichnet;
- Kammer 6: Kammer für ein Partitioning bzw. Überaltern; in Fig. 1 mit "117" bezeichnet.

**[0027]** Die Kammern 1-6 werden diesen Ziffern entsprechend nachfolgend auch als erste bis sechste Kammer bezeichnet.

**[0028]** Die prinzipiell vereinfachte Seitenansicht gemäß Fig. 1 verdeutlicht, dass das Stahlband 102 in einer Transportrichtung T entlang von einzelnen Bandpfaden 1-24 durch die besagten Kammern 1-6 hindurch geführt wird. Hierbei wird das Stahlband 102 in die erste Kammer 105 durch einen Einlass hineingeführt, anschließend durch die zweite bis fünfte Kammer hindurchgeführt, und am Ende der sechsten Kammer 117 durch einen Auslass ausgebracht, zwecks eines anschließenden Eintauchens in das Schmelztauchbad 102. Zwischen den Kammern, die jeweils aneinander angrenzen, sind Öffnungen bzw. Durchlässe ausgebildet, durch die hindurch das Stahlband 102 in der Transportrichtung T (weiter-)ge-

führt wird.

**[0029]** Die einzelnen Kammern gemäß der Ausführungsform von Fig. 1 sind nachfolgend gesondert erläutert:

- Die erste Kammer bzw. Vorheizkammer 105 ist mit zumindest einem direkt beheizten Vorwärmer bzw. Ofenteil (DFF = Direct Fired Furnace) ausgestattet, mit dem das Stahlband 102 auf eine Temperatur von zumindest 600 °C erwärmt werden kann. Insoweit erfüllt die erste Kammer 105 die Funktion einer Vorheizkammer. Die erste Kammer 105 umfasst die Bandpfade 1+2. Die erste Kammer 105 dient insbesondere zum kostengünstigen Aufheizen von weniger oxidationsempfindlichen Produkten bzw. Stahlbändern 102.
- Die zweite Kammer 107 bildet eine erste Heizkammer zur Schnellaufheizung des Stahlbands 102, und ist zu diesem Zweck mit einem ersten Induktor 108 (in Fig. 1 auch mit "Induktor 1" bezeichnet) und mit einem zweiten Induktor 109 (in Fig. 1 auch mit "Induktor 2" bezeichnet) ausgestattet. In der Transportrichtung T des Stahlbands 102 gesehen ist der zweite Induktor 109 stromabwärts von den ersten Induktor 108 angeordnet. Der erste Induktor 108 ist als Längsfeld-Induktor ausgebildet. Der zweite Induktor 109 ist als Quersfeld-Induktor ausgebildet. Die zweite Kammer 107 umfasst die Bandpfade 3, 4 und 5.
- Optional kann die zweite Kammer 107 mit einer Voroxidationskammer 110 ausgestattet sein, die zwischen den ersten Induktor 108 und dem zweiten Induktor 109 angeordnet ist. Für diesen Fall durchläuft das Stahlband 102, nachdem es durch den ersten Induktor 108 erwärmt worden ist, zunächst die Voroxidationskammer 110, bevor es dann von dem zweiten Induktor 109 erwärmt wird.
- Die dritte Kammer 112 bildet eine zweite Heizkammer und ist strahlrohrbeheizt, und dient zum Langsam-Aufheizen des Stahlbands 102 auf eine bestimmte Temperatur und zum anschließenden Halten auf dieser Temperatur. Die dritte Kammer 112 bildet einen RTF-Ofenteil (RTF = Radiant Tube Furnace) 113 und ist mit einer Mehrzahl von Strahlrohren 114 ausgestattet, die entlang der Bandpfade 6-13 angeordnet sind. Bei Bedarf lassen sich für das Stahlband 102 innerhalb der dritten Kammer 112 auch längere Haltezeiten einstellen. Am Ende der dritten Kammer 112 kann ein weiterer Induktor, z.B. in Form eines Quersfeld-Induktors, vorgesehen sein, in Fig. 1 mit "Induktor 3" bezeichnet. Mit dem Induktor 3 kann das Stahlband 102 z.B. mit Heizraten von zumindest 50 K/s auf eine Temperatur von zumindest 820 °C erwärmt werden, bevor es die dritte Kammer 112 verlässt. Die dritte Kammer 112 umfasst die Bandpfade 6-13.

- Die vierte Kammer 115 dient zum Langsamkühlen des Stahlbands 102, und umfasst hierzu die Bandpfade 14 + 15.
- Die fünfte Kammer 116 dient als Schnellkühlkammer, und ist zu diesem Zweck mit Kühleinrichtungen in Form einer "Schnellkühlung 1" und einer "Schnellkühlung 2" ausgestattet, die entlang des Bandpfades 16 nach- bzw. hintereinander angeordnet sind.
- Die sechste Kammer 117 dient dazu, das Stahlband 102 auf eine Partitioning-Temperatur von zumindest 300 °C, vorzugsweise von 320 °C zu erwärmen. Im Einlaufbereich der sechsten Kammer 117 kann ein Induktor 4 vorgesehen sein, wobei im Auslaufbereich bzw. am Ende der sechsten Kammer 117 ein Induktor 5 vorgesehen sein kann. Mit diesen Induktoren 4, 5, die vorzugsweise als Längsfeld-Induktoren ausgebildet sind, kann das Stahlband 102 mit einer hohen Heizrate auf eine vorbestimmte Temperatur gebracht werden. Die sechste Kammer 117 umfasst die Bandpfade 17-24.

**[0030]** In den jeweiligen Kammern der Anlage 10, in denen eine Wärmebehandlung (Aufheizen oder Abkühlen) für das Stahlband 102 durchgeführt wird, sind bestimmte Atmosphären vorgesehen, denen das Stahlband 102 beim Durchlaufen der einzelnen Kammern ausgesetzt ist. Diesbezüglich wird darauf hingewiesen, dass die Öffnungen bzw. Durchlässe zwischen den einzelnen Kammern mit Dichtungen ausgestattet sind, so dass in jeder der Kammern die dafür vorgesehene Atmosphäre erhalten bleibt. Zu den Atmosphären in den einzelnen Kammern folgende Erläuterungen:

- In der ersten Kammer 105 ist eine schwach reduzierende Atmosphäre vorgesehen, die Abgas mit (leichtem) Luftmangel enthält.
- Die Atmosphäre in der zweiten Kammer 107 ("Heizkammer") besteht aus einem Anteil von zumindest 20 % Wasserstoff (H<sub>2</sub>), vorzugsweise einem Anteil von > 50 % H<sub>2</sub>, und weist einen Taupunkt von < -40 °C auf. Der restliche Anteil dieser Atmosphäre besteht aus Stickstoff (N<sub>2</sub>).
- In der vierten Kammer 115 ist für das Langsamkühlen des Stahlbands eine Atmosphäre vorgesehen, die zumindest 20 % Wasserstoff (H<sub>2</sub>), und Rest Stickstoff (N<sub>2</sub>) enthält und dabei einen Taupunkt von < -40 °C aufweist.
- In der fünften Kammer 116, welche die Funktion einer Schnellkühlkammer erfüllt, liegt die gleiche Atmosphäre wie in der zweiten Kammer 107 vor. Zugunsten einer gesteigerten Kühlleistung bzw. Kühlperformance liegt der Wasserstoff-Anteil vorzugsweise > 50%.

**[0031]** Die Darstellung von Fig. 1 veranschaulicht des Weiteren einen Band-Bypass, in Folge dessen das Stahlband 102 - bei Bedarf - nach dem Austreten aus der zweiten Kammer 109 (bzw. der Heizkammer) dann direkt in die fünfte Kammer 116 zwecks einer Schnellkühlung eingebracht werden kann. Dies bedeutet, dass für diesen Fall die dritte Kammer 112 und die vierte Kammer 115 von dem Stahlband 102 nicht durchlaufen werden.

**[0032]** In den einzelnen Kammern 1-6 der Anlage 10 erfolgt die Wärmebehandlung des Stahlbands 102 mit jeweils unterschiedlichen Heizraten bzw. Kühlraten. Dies wird nachfolgend anhand von verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung im Einzelnen erläutert:

Die Ausführungsform von Fig. 2 stellt eine vereinfachte Modifizierung der Anlage von Fig. 1 dar und dient zur Behandlung von oxidationsempfindlichen AHSS-Stählen. Im Hinblick darauf, dass die Ausführungsform von Fig. 2 eine Verkürzung der Anlage von Fig. 1 darstellt, sind bei der Ausführungsform von Fig. 2 nur 10 Bandpfade vorgesehen und darin entsprechend auch so benannt.

**[0033]** Bei der Ausführungsform von Fig. 2 sind sowohl die erste Kammer 105 als auch die Voroxidationskammer 110 jeweils außer Betrieb. Stattdessen wird das Stahlband 102 direkt in der zweiten Kammer 107 ("Heizkammer") induktiv in zwei Stufen auf z.B. 950 °C aufgeheizt (Bandpfad 1). Wie erläutert, ist hierbei der erste Induktor 108 mit Längsfeld und der zweite Induktor 109 mit Quersfeld ausgebildet. Die Heizrate für das Erwärmen des Stahlbands 102 mittels der Induktoren 108, 109 beträgt zumindest 50 K/s, und kann für den Fall der Ausführungsform von Fig. 2 > 85 K/s sein. Die Atmosphäre innerhalb der zweiten Kammer 107 ist wie vorstehend erläutert wasserstoffhaltig. Bedingt durch eine geringe Verweilzeit innerhalb der zweiten Kammer 107, den hohen Wasserstoffanteil und den niedrigen Wassergehalt wird die selektive Oxidation und die Diffusion von Si und Mn an die Oberfläche(n) des Stahlbands 102 weitgehend unterdrückt. Bedingt durch die hohe Temperatur vollzieht sich eine sehr schnelle Voll-Austenitisierung, wobei für das hier gezeigte Beispiel die benötigte Haltezeit etwa 5 Sekunden, z.B. genau 7 Sekunden beträgt. Eine solche kurze Haltezeit ist hilfreich, damit das Stahlband 102 an seinen Oberflächen weiterhin nicht oxidiert.

**[0034]** Bei der Ausführungsform von Fig. 2 tritt das Stahlband 102 nach dem Verlassen der zweiten Kammer 107 direkt in die fünfte Kammer 116 (bzw. die "Schnellkühlkammer") ein. Insoweit ist bei dieser Ausführungsform der vorstehend erläuterte mögliche Band-Bypass realisiert.

**[0035]** In der fünften Kammer bzw. der Schnellkühlkammer 116 liegt die gleiche Atmosphäre wie in der Heizkammer 107 vor. Zugunsten einer hohen Kühlperformance beträgt der Wasserstoff-Anteil in dieser Atmosphäre vorzugsweise > 50%. Jedenfalls erfolgt innerhalb der Schnellkühlkammer 116 eine Kühlung des Stahlbands 102 herunter auf ca. 250 °C, mit einer Kühlrate von z.B. 70 K/s.

**[0036]** Nachdem das Stahlband 102 im Anschluss an die Schnellkühlkammer 116 in die sechste Kammer 117 eingetreten ist, erfolgt im Einlassbereich der sechsten Kammer 117 durch den Induktor 3 zunächst eine Aufheizung auf die Partitioning-Temperatur von z.B. 320 °C. Anschließend wird das Stahlband 102 in den einzelnen Bandpfaden 5-10 der sechsten Kammer 117 auf dieser Partitioning-Temperatur gehalten, bevor es im Auslaufbereich der sechsten Kammer 117 durch den Induktor 4 auf "Zinkpot-Temperatur" aufgeheizt und mit dieser Temperatur dann dem Schmelztauchbad 104 ("Zink-Pot") zugeführt wird.

**[0037]** Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführungsform einer modifizierten Anlage 10, die ebenfalls auf einer Vereinfachung bzw. Verkürzung der Anlage von Fig. 1 basiert und zur Behandlung von oxidationsempfindlichen AHSS-Stählen dient. Insoweit beruht die Ausführungsform von Fig. 3 ebenfalls auf der vorstehend genannten Möglichkeit eines Band-Bypasses. Im Unterschied zur Ausführungsform von Fig. 2 ist hierbei die erste Kammer 105 im Betrieb, mit der Funktion einer direkt gefeuerten Vorheizkammer. Weil die erste Kammer 105 zwei Bandpfade hat, umfasst damit die Ausführungsform von Fig. 3 im Vergleich zu jener von Fig. 2 zwei Bandpfade mehr, nämlich insgesamt 12 Bandpfade, die in der Darstellung von Fig. 3 entsprechend benannt sind.

**[0038]** Im Zusammenhang mit der Ausführungsform von Fig. 3 wird darauf hingewiesen, dass in den meisten Fällen die Oxidationsneigung eines Stahlbandes bis zu einer Temperatur von ca. 700 °C vernachlässigbar gering ist. Damit ist die Aufheizgeschwindigkeit für das Stahlband 102 bis zu einer Temperatur von etwa 700 °C unerheblich, wobei für die Atmosphäre innerhalb der ersten Kammer 105 Abgas aus einer Verbrennung mit leichtem Luftmangel genügt. Somit kann der erste Induktor 108 in der zweiten Kammer 106 entfallen und durch einen direkt beheizten Vorwärmer bzw. Ofenteil (DFF) 106 ersetzt werden, mit dem die erste Kammer 105 ausgerüstet ist. Anders ausgedrückt, ist damit die zweite Kammer 109 lediglich mit dem zweiten Induktor 109 (ausgebildet als Quersfeld-Induktor) ausgestattet.

**[0039]** Im Vergleich zur Ausführungsform von Fig. 2 und dem elektrischen Energieverbrauch für den ersten Induktor 108 hat die Ausführungsform von Fig. 3 den Vorteil von wesentlich geringeren Kosten für die Heizenergie, die wegen der Gasbeheizung für den DFF-Ofenteil anfallen.

**[0040]** Der Verlauf der Temperatur des Stahlbandes 102 über der Zeit ist für die Ausführungsform von Fig. 3 in dem Diagramm von Fig. 4 gezeigt. In diesem Diagramm sind die Pfade 1-12, die wie erläutert auch in der Darstellung von Fig. 3 gezeigt sind, zu verschiedenen Zeiten der Bandbehandlung eingetragen.

**[0041]** Die Atmosphäre in der zweiten Kammer bzw. der Heizkammer 106, jedenfalls ab Eintritt in den zweiten Induktor 109, besteht aus einem Anteil von zumindest 20 % Wasserstoff (H<sub>2</sub>), vorzugsweise > 50 % H<sub>2</sub>, und weist einen Taupunkt von < -40 °C auf. Relevant für die

Unterdrückung der selektiven Oxidation von Si und Mn ist eine ausreichend kurze Verweilzeit des Stahlbandes 102 oberhalb einer Temperatur von 700 °C. Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 3 +4 sollte diese Verweilzeit jedenfalls < 60 Sekunden betragen, wobei die Verweilzeit in dem Diagramm von Fig. 4 beispielsweise 15 Sekunden beträgt.

**[0042]** In Bezug auf eine Anlage 10 nach der Ausführungsform von Fig. 1 wird darauf hingewiesen, dass eine Feuerverzinkungslinie (CGL) nur in wenigen Fällen mit AHSS-Stählen ausgelastet ist. Vielmehr besteht in der betrieblichen Praxis häufig der Bedarf, auch konventionelle Güten von Stahlbändern wie z.B. Tiefziehqualitäten zu wettbewerbsfähigen Produktionskosten zu erzeugen, wobei diese konventionellen Güten in der Regel weniger oxidationsempfindlich sind. In Anbetracht dessen empfiehlt sich eine Mehrzweck-CGL, die mit einer Anlage 10 gemäß Fig. 1 realisiert wird.

**[0043]** Nachfolgend sind weitere Fahrweisen für ein erfindungsgemäßes Verfahren erläutert, mit denen eine Anlage 10 nach Fig. 1 betrieben werden kann. Diesbezüglich wird darauf hingewiesen, dass die Bedingungen für diese Fahrweisen jeweils in Tabellen (vgl. Fig. 5, Fig. 7, Fig. 9, Fig. 11) gezeigt sind und sich die hierin genannten Angaben für die Ofen-Sektionen auf die Bezeichnungen von Fig. 1 beziehen. Die jeweils resultierenden Verläufe für die Temperatur der Stahlbandes 102 über der Zeit sind jeweils in Diagrammen (vgl. Fig. 6, Fig. 8, Fig. 10, Fig. 12) gezeigt, wobei die hierin genannten Bandpfade 1-24 ebenfalls den in Fig. 1 gezeigten Bandpfaden entsprechen. Hierzu im Einzelnen:

Die erste Fahrweise eines erfindungsgemäßen Verfahrens ist mit ihren zugehörigen Parametern in der Tabelle von Fig. 5 eingetragen bzw. genannt, wobei der hieraus resultierende Temperaturverlauf in Fig. 6 gezeigt ist. Diese Fahrweise dient zur Bearbeitung von AHSS-Stählen, wobei die selektive Oxidation (weitestgehend) unterdrückt ist.

**[0044]** Ausweislich der Erläuterungen in der Tabelle von Fig. 5 kann bei der ersten Fahrweise die Kammer 1 (bzw. die erste Kammer 105) ausgeschaltet sein, wobei in der Kammer 2 (bzw. der zweiten Kammer 107) keine Vor-Oxidation stattfindet. Entsprechend sind in der zweiten Kammer 107, die vorliegend die Funktion einer Heizkammer erfüllt, lediglich die erste Induktor 108 und der zweite Induktor 109 vorgesehen, die in der Transportrichtung T des Stahlbandes 102 hintereinander angeordnet sind. In der zweiten Kammer bzw. Heizkammer 107 wird das Stahlband 102 mit einer Heizrate von > 50 K/s auf eine Haltetemperatur von bis zu 950 °C aufgeheizt. Die genaue Haltetemperatur, die ggf. auch unterhalb von 950 °C liegen kann, z.B. bei 920 °C, richtet sich nach dem angestrebten Austenitisierungsgrad. Beispielsweise kann die Haltetemperatur zwischen 840 °C und 920 °C liegen, ggf. auch oberhalb von 920 °C. Der erste Induktor 108 mit Längsfeld erwärmt das Stahlband 102 auf ca. 700 °C, wobei der zweite Induktor 109 mit Quersfeld das Stahlband anschließend auf eine Haltetemperatur von z.

B. 920 °C erwärmt. Die benötigte Haltezeit, mit der das Stahlband 102 bei dieser Haltetemperatur verweilt, beträgt maximal 180 Sekunden, ggf. auch < 180 Sekunden, und wird in der dritten Kammer 112 und in der vierten Kammer 115 gefahren. Die Atmosphäre besteht aus > 20 % Wasserstoff, mit einem Taupunkt von < -40 °C. Wegen der ausreichend kurzen Verweilzeit (< 180 Sekunden) und der stark reduzierenden Atmosphäre wird die selektive Oxidation der Elemente Si und Mn unterdrückt, was bei sehr oxidationsempfindlichen Stahlsorten von Vorteil ist.

**[0045]** In Bezug auf weitere Details für die jeweiligen Temperaturen und Atmosphären, die bei der ersten Fahrweise in den einzelnen Kammern der Anlage 10 von Fig. 1 gewählt bzw. eingestellt sind, darf an dieser Stelle auf die Einträge in der Tabelle von Fig. 5 und in dem Diagramm von Fig. 6 verwiesen werden.

**[0046]** Eine mögliche zweite Fahrweise für ein erfindungsgemäßes Verfahren ist nachfolgend unter Bezugnahme auf die Tabelle von Fig. 7 erläutert, wobei der hieraus resultierende Verlauf der Bandtemperatur über der Zeit in dem Diagramm von Fig. 8 gezeigt ist. In gleicher Weise wie die vorstehend genannte erste Fahrweise dient auch die zweite Fahrweise zur Behandlung bzw. Bearbeitung von AHSS-Stählen, wobei die selektive Oxidation (weitestgehend) unterdrückt ist.

**[0047]** Bei der zweiten Fahrweise wird das Stahlband in der ersten Kammer 105 ("Vorheizkammer") auf eine Temperatur von bis zu 600 °C erwärmt, unter einer Atmosphäre, die Abgas mit Luftmangel enthält. Eine solche Erwärmung ist für die selektive Oxidation noch unkritisch. Im Anschluss an die Erwärmung in der Vorheizkammer 105 wird das Stahlband 102 in der zweiten Kammer 107 (bzw. "ersten Heizkammer") durch den ersten Induktor 108 auf eine Temperatur von maximal 700 °C erwärmt. Unter Berücksichtigung dessen, dass das Stahlband 102 beim Einlaufen in die zweite Kammer 107 bereits in der Vorheizkammer 105 erwärmt worden ist und deshalb eine im Vergleich zur ersten Fahrweise höhere Temperatur aufweist, kann nun bei der zweiten Fahrweise der erste Induktor 108 in Kleinlast bzw. mit geringerer Leistung laufen, was gegenüber der ersten Fahrweise zu dem Vorteil von geringeren Energiekosten führt.

**[0048]** Die übrigen Prozessschritte der zweiten Fahrweise können den Prozessschritten der ersten Fahrweise entsprechen, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen auf die obige Erläuterung zu den Fig. 5 + 6 verwiesen werden darf.

**[0049]** Für die weiteren Details der jeweiligen Temperaturen und Atmosphären, die bei der zweiten Fahrweise in den einzelnen Kammern der Anlage 10 von Fig. 1 gewählt bzw. eingestellt sind, darf an dieser Stelle auf die Einträge in der Tabelle von Fig. 7 und in dem Diagramm von Fig. 8 verwiesen werden.

**[0050]** An dieser Stelle wird gesondert darauf hingewiesen, dass die erste und zweite Fahrweise darin übereinstimmen, dass die Voroxidationskammer 110 jeweils außer Betrieb ist. In Folge dessen erfolgt für das Stahl-

band 102 in der zweiten Kammer 107 ("erste Heizkammer") lediglich eine Erwärmung durch die Induktoren 108, 109.

**[0051]** Eine mögliche dritte Fahrweise für ein erfindungsgemäßes Verfahren ist nachfolgend unter Bezugnahme auf die Tabelle von Fig. 9 erläutert, wobei der hieraus resultierende Verlauf der Bandtemperatur über der Zeit in dem Diagramm von Fig. 10 gezeigt ist. Die dritte Fahrweise dient zur Bearbeitung von AHSS-Stählen, wobei hierbei eine Vor-Oxidation durchgeführt wird. Hierzu im Einzelnen:

In der ersten Kammer 105 wird das Stahlband 102 unter offener Beheizung mittels des direkt beheizten Ofenteils 106 auf eine Temperatur von mindestens 600 °C erwärmt. Wenn das Stahlband 102 anschließend in die zweite Kammer 107 einläuft, wird es dabei - zur Vorbereitung der Vor-Oxidation - durch den ersten Induktor 108 präzise auf eine Temperatur im Bereich von 650-700 °C erwärmt. Nach der Erwärmung durch den ersten Induktor 108 durchläuft das Stahlband 102 die Voroxidationskammer 110, unter einer wasserstoffhaltigen Atmosphäre. Im Anschluss daran wird das Stahlband 102 in der zweiten Kammer 107 durch den zweiten Induktor 109 bis kurz unterhalb der Austenitisierung (z.B. ca. 820 °C) mit einer Heizrate > 50 K/s aufgeheizt. Der Bereich der Umwandlung von Ferrit nach Austenit wird in der dritten Kammer 112 ("zweite Heizkammer") langsam durchfahren. Je nach Fahrweise bzw. Ansteuerung des zweiten Induktors 109 und der gewählten Heizrate durch den Strahlrohrföfen 113 in der dritten Kammer 112 kann sich eine verschieden lange Haltezeit bzw. Verweildauer für das Stahlband 102 einstellen. Dies ist vorteilhaft für Stahlsorten, die aus Gründen der Mikrostruktur eine langsame Austenitisierung und zusätzlich eine längere Haltezeit erfordern. Jedenfalls erfolgt in der dritten Kammer 112 und in der vierten Kammer 115 die gewünschte Reduktion für das Stahlband 102.

**[0052]** Für die dritte Fahrweise wird zusätzlich darauf hingewiesen, dass der zweite Induktor 109 in Teillast betrieben wird, was vorteilhaft zu geringeren Energiekosten führt. Beim Eintritt in die dritte Kammer 112 (= Bandpfad 6) hat das Stahlband 102 eine Temperatur von 820 °C. Die Heizrate in der dritten Kammer 112 ("zweite Heizkammer") beträgt gut 2 K/s. Damit wird am Ende des Pfads 8 für das Stahlband 102 eine Haltetemperatur von 920 °C erreicht (vgl. Fig. 10). Für das Halten auf 920 °C stehen in der dritten Kammer 112 die Pfade 9-13 zur Verfügung, wobei die Haltezeit hierbei ca. 84 Sekunden beträgt.

**[0053]** Für die weiteren Details der jeweiligen Temperaturen und Atmosphären, die bei der dritten Fahrweise in den einzelnen Kammern der Anlage 10 von Fig. 1 gewählt bzw. eingestellt sind, darf an dieser Stelle auf die Einträge in der Tabelle von Fig. 9 und in dem Diagramm von Fig. 10 verwiesen werden.

**[0054]** Eine mögliche vierte Fahrweise für ein erfindungsgemäßes Verfahren dient ebenfalls für AHSS-Stähle mit eingestellter Vor-Oxidation, und ist nachfol-



gend unter Bezugnahme auf die Tabelle von Fig. 11 erläutert, wobei der hieraus resultierende Verlauf der Bandtemperatur über der Zeit in dem Diagramm von Fig. 12 gezeigt ist.

**[0055]** Bei der vierten Fahrweise erfolgt die Erwärmung des Stahlbandes 102 in der ersten Kammer 105, die anschließende Erwärmung in der zweiten Kammer 107 ("erste Heizkammer") durch den ersten Induktor 108 und die Behandlung in der Voroxidationskammer 110 in gleicher Weise wie bei der dritten Fahrweise. Zu beachten ist nun bei der vierten Fahrweise, dass am Ende der zweiten Kammer 107 der zweite Induktor 109 ausgeschaltet bleibt. Somit weist das Stahlband 102 beim Eintritt in die dritte Kammer 112 ("zweite Heizkammer") lediglich eine Temperatur von 700 °C auf. In Folge dessen wird das Stahlband 102 in der dritten Kammer 112 konventionell durch die Strahlrohre 114 mit einer geringeren Heizrate aufgeheizt. Im Vergleich zur dritten Fahrweise zeigt sich dies darin, dass die Haltetemperatur von 920 °C für das Stahlband 102 in der dritten Kammer 112 erst am Ende des Bandpfad 10 erreicht wird. Für das Halten auf der Haltetemperatur von 920 °C stehen in der dritten Kammer 112 nur die Pfade 11-13 zur Verfügung, wobei die Haltezeit bzw. Verweildauer ca. 47 Sekunden beträgt.

**[0056]** Für die Durchführung der vorliegenden Erfindung ist es zweckmäßig, während des Betriebs der Anlage 10 mit Füllgüten alle Übergangsvorgänge zu fahren, um die Bedingungen für die AHSS-Güten vorab einzustellen. Dazu gehört sowohl die zeitige Einstellung der jeweiligen Atmosphären in den einzelnen Kammern mit den notwendigen Spülvorgängen als auch das Hochfahren der induktiven Schnellerwärmung. Beim Wechsel von AHSS auf Füllgüten wird dies in umgekehrter Reihenfolge vollzogen, so dass das AHSS-Produkt von Band-Anfang bis Band-Ende die notwendigen Bedingungen vorfindet.

**[0057]** Ein weiterer vorteilhafter Aspekt des Betriebes mit der induktiven Schnellerwärmung besteht darin, dass der übertragene Wärmestrom aus elektrischen Größen mit guter Genauigkeit bekannt ist. Mit Wärmestrom und Banddaten kann auf die Temperatur des Stahlbandes 102 geschlossen werden. Ein Strahlungs-pyrometer nach einem Induktor kann mit bekannter Bandtemperatur auf die Bestimmung des Emissionsgrades ausgewertet werden. Während der Voroxidation bleibt die Temperatur des Stahlbandes 102 konstant, wobei sich die Oberfläche und damit der Emissionsgrad stark ändern können. Unter Verwendung eines Strahlungs-pyrometers stromabwärts von der Voroxidationskammer 110 ist es möglich, diese Oberflächen-Veränderung durch die Voroxidation mit zu erfassen. Dieser "online"-bestimmte Emissionsgrad des Stahlbandes 102 kann über das thermische Ofenmodell zur präzisen Führung der weiteren Aufheizung im Strahlrohrföfen benutzt werden.

**[0058]** Schließlich wird darauf hingewiesen, dass in Anbetracht der vorstehend erläuterten verschiedenen Fahrweisen eines Verfahrens, mit denen eine Anlage 10 von Fig. 1 gemäß der vorliegenden Erfindung betrieben

werden kann, eine solche Anlage 10 eine Mehrzweckanlage bzw. Mehrzweck-CGL darstellt, mit der sowohl eine Wärmebehandlung eines Stahlbands mit unterdrückter selektiver Oxidation als auch eine konventionelle Behandlung mit Vor-Oxidation realisierbar ist, und zusätzlich auch die kostengünstige Produktion vergleichsweise anspruchsloser Füll-Güten von Stahlbändern möglich ist.

## 10 Bezugszeichenliste

### [0059]

10	Anlage zum Schmelztauchbeschichten
15 102	Stahlband
104	Schmelztauchbad
105	Vorheizkammer
106	direkt beheizte Vorwärmer (DFF = Direct Fired Furnace)
20 107	erste Heizkammer
108	(erster) Induktor
109	(zweiter) Induktor
110	Voroxidationskammer
112	zweite Heizkammer
25 113	RTF-Ofenteil (RTF = Radiant Tube Furnace)
114	Strahlrohr(e)
115	Langsamkühlkammer
116	Schnellkühlkammer
117	(Partitioning-) Haltekammer
30 118	Induktor (im Auslaufbereich der Haltekammer 117)
1-24	Bandpfade der Anlage 10, bei der Ausführungsform von Fig. 1
1-10	Bandpfade der Anlage 10, bei der Ausführungsform von Fig. 2
35 1-12	Bandpfade der Anlage 10, bei der Ausführungsform von Fig. 3
T	Transportrichtung für ein Bewegen des Stahlbands 102

## Patentansprüche

1. Verfahren für eine kontinuierliche Wärmebehandlung eines Stahlbands (102) hochfester Güte, insbesondere von oxidationsempfindlichen AHSS-Qualitäten, bei dem das Stahlband (102) durch zumindest eine Ofeneinrichtung bewegt wird, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:

- a) Erwärmen des Stahlbands in einer Atmosphäre, die  $\geq 20\%$ , vorzugsweise  $\geq 50\%$  Wasserstoff ( $H_2$ ) und Rest Stickstoff ( $N_2$ ) enthält und einen Taupunkt von  $< -40^\circ C$  aufweist, wobei das Stahlband spätestens ab  $750^\circ C$  mit einer Heizrate von zumindest 50 K/s auf eine Haltetemperatur zwischen  $\geq 800^\circ C$  und  $\leq 950^\circ C$  erwärmt wird, wobei das Stahlband (102) in dieser

Atmosphäre oberhalb von 750 °C mit einer Verweildauer von maximal 180 Sekunden verweilt,  
 b) Schnellkühlen des Stahlbands (102) auf < 500 °C unter einer wasserstoffhaltigen Atmosphäre, und  
 c) Aufbringen eines metallischen Überzugs auf zumindest eine Oberfläche des Stahlbands.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlband (102) vor dem Schritt a) durch einen direkt beheizten Vorwärmer (DFF = Direct Fired Furnace) (106) in einer Abgas-Atmosphäre mit Luftmangel auf eine Temperatur von bis zu 750 °C erwärmt wird. 10
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt a) das Stahlband (102) durch zumindest einen Induktor (109), vorzugsweise in Form eines Querfeld-Induktors, auf die Haltemperatur von bis zu 950 °C erwärmt wird. 20
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt a) das Stahlband (102) induktiv in zwei Stufen erwärmt wird, wobei das Stahlband (102) durch einen ersten Induktor (108), vorzugsweise in Form eines Längsfeld-Induktors, zunächst auf eine Temperatur von bis zu 720 °C erwärmt wird und anschließend durch einen zweiten Induktor (109), vorzugsweise in Form eines Querfeld-Induktors, auf die Haltemperatur von bis zu 950 °C erwärmt wird. 25  
30
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt a) die Verweildauer  $\leq 170$  Sekunden, vorzugsweise  $\leq 160$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 150$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 140$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 130$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 120$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 110$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 100$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 90$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 85$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 80$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 75$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 70$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 65$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 60$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 55$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 50$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 45$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 40$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 35$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 30$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 25$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 20$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 15$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 10$  Sekunden, weiter vorzugsweise  $\leq 5$  Sekunden beträgt. 35  
40  
45  
50
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen den Schritten a) und b) ein Langsamkühlen des Stahl-

bands (102) auf eine Temperatur < 850 °C unter einer wasserstoffhaltigen Atmosphäre erfolgt, vorzugsweise, dass diese Atmosphäre  $\geq 20$  % Wasserstoff ( $H_2$ ) enthält und einen Taupunkt von < -40 °C aufweist, erfolgt, weiter vorzugsweise, dass die Atmosphäre für dieses Langsamkühlen neben Wasserstoff ( $H_2$ ) Rest Stickstoff ( $N_2$ ) enthält. 5

7. Verfahren für eine kontinuierliche Wärmebehandlung eines Stahlbands (102) hochfester Güte, insbesondere von oxidationsempfindlichen AHSS-Qualitäten, bei dem das Stahlband (102) durch zumindest eine Ofeneinrichtung bewegt wird, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte: 10  
15

- i) Erwärmen des Stahlbands (102) auf eine Temperatur von mindestens 600 °C durch einen direkt beheizten Vorwärmer (DFF = Direct Fired Furnace) (106) in einer Abgas-Atmosphäre mit Luftmangel,
- ii) Erwärmen des Stahlbands (102) auf 700 °C bis 750 °C durch einen Induktor (108) in einer wasserstoffhaltigen Atmosphäre,
- iii) Wärmebehandlung des Stahlbands (102) in einer oxidierenden Atmosphäre (110) mit einem Sauerstoffgehalt von 2-5 %  $O_2$ , um dadurch an den Oberflächen des Stahlbandes (102) Eisenoxidschichten auszubilden, wobei diese Wärmebehandlung eine Zeitdauer von 5-20 Sekunden hat,
- iv) Erwärmen des Stahlbands (102) auf eine Temperatur von bis zu 950 °C in einer Atmosphäre, die Wasserstoff ( $H_2$ ), Wasserdampf und Rest Stickstoff ( $N_2$ ) enthält, wobei das Stahlband (102) bei einer Temperatur von bis zu 950 °C mit einer Zeitdauer von  $\geq 40$  Sekunden gehalten wird,
- v) Schnellkühlen des Stahlbands (102) auf < 500 °C unter einer wasserstoffhaltigen Atmosphäre, und
- vi) Aufbringen eines metallischen Überzugs auf zumindest eine Oberfläche des Stahlbands. 20  
25  
30  
35  
40  
45  
50

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt iv) das Stahlband (102) durch einen RTF-Ofenteil (RTF = Radiant Tube Furnace) (113) erwärmt wird, vorzugsweise, dass das Stahlband (102) zu Beginn des Schritts iv) zusätzlich durch einen Querfeld-Induktor (109) mit einer Heizrate von zumindest 50 K/s auf zumindest 820 °C erwärmt wird. 45  
50
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen den Schritten iv) und v) ein Langsamkühlen des Stahlbands (102) auf eine Temperatur < 850 °C in einer wasserstoffhaltigen Atmosphäre erfolgt, vorzugsweise, dass diese Atmosphäre  $\geq 20$  % Wasserstoff ( $H_2$ ) enthält und einen 55

Taupunkt von  $< -40^{\circ}\text{C}$  aufweist, weiter vorzugsweise, dass die Atmosphäre für dieses Langsamkühlen neben Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ) Rest Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) enthält.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Anschluss an den Schritt v) weitere Prozess-Schritte vorgesehen sind, vorzugsweise, dass bei diesen weiteren Prozess-Schritten für das Stahlband ein Erwärmen, Halten bei einer bestimmten Temperatur und/oder Kühlen durchgeführt wird. 5
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlband (102) bei dem Schnellkühlen in Schritt b) bzw. in Schritt v) auf eine Temperatur gekühlt wird, die in einem Bereich zwischen  $200^{\circ}\text{C}$  und  $450^{\circ}\text{C}$  liegt. 10
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Schritt c) bzw. im Anschluss an Schritt v) ein Erwärmen des Stahlbands (102) auf eine Partitioning-Temperatur von zumindest  $300^{\circ}\text{C}$ , vorzugsweise  $320^{\circ}\text{C}$ , in einer Atmosphäre, die  $\geq 20\%$  Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ) und Rest Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) enthält, durchgeführt wird, wobei das Stahlband (102) in dieser Atmosphäre für eine Dauer von  $\geq 30$  Sekunden verweilt. 20
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlband (102) am Ende der Partitioning-Erwärmung durch einen Induktor (119), vorzugsweise in Form eines Längsfeld-Induktors, auf die notwendige Temperatur für den Eintritt in ein Schmelztauchbad (104), vorzugsweise auf eine Temperatur von  $460^{\circ}\text{C}$ , erwärmt wird. 25
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Schritt c) bzw. im Schritt vi) das Stahlband (102) mittels einer Beschichtungseinrichtung an zumindest einer Oberfläche davon metallisch beschichtet wird, vorzugsweise, dass die Beschichtungseinrichtung ein Schmelztauchbad (104) ist, in dem das Stahlband insbesondere mit Zink tauchbeschichtet wird. 30
15. Anlage (10) zum Schmelztauchbeschichten eines in einer Transportrichtung (T) bewegten Stahlbands (102) hochfester Güte, insbesondere von oxidationsempfindlichen AHSS-Qualitäten, umfassend ein Schmelztauchbad (104), in welches das Stahlband (102) zum Beschichten eintauchbar ist, wobei - in der Transportrichtung (T) des Stahlbandes (102) gesehen - stromaufwärts von dem Schmelztauchbad (104) zumindest eine erste Heizkammer (107) mit zumindest einem Induktor (108, 109), vorzugsweise in Form eines Querfeld-Induktors, eine Schnellkühlkammer (116) und eine Haltekammer (117) für ein Partitioning des Stahlbandes (102) angeordnet sind, 40

vorzugsweise, dass im Einlaufbereich der Haltekammer (117) ein Induktor (118) und/oder im Auslaufbereich der Haltekammer (117) ein Induktor (119) vorgesehen ist.

16. Anlage (10) nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** - in der Transportrichtung (T) des Stahlbandes (102) gesehen - stromaufwärts der ersten Heizkammer (107) eine Vorheizkammer (105) mit einem direkt beheizten Vorwärmer (DFF = Direct Fired Furnace) (106) angeordnet ist. 55
17. Anlage (10) nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der ersten Heizkammer (107) ein Querfeld-Induktor (109) vorgesehen ist, vorzugsweise, dass stromaufwärts des Querfeld-Induktors (109) ein Längsfeld-Induktor (108) vorgesehen ist. 10
18. Anlage (10) nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Längsfeld-Induktor (108) und dem Querfeld-Induktor (109) eine Voroxidationskammer (110) vorgesehen ist, die eine Atmosphäre mit einem Sauerstoffgehalt von  $2-5\%$   $\text{O}_2$  enthält. 15
19. Anlage (10) nach einem der Ansprüche 15 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** - in der Transportrichtung (T) des Stahlbandes (102) gesehen - stromabwärts der ersten Heizkammer (107) eine zweite Heizkammer (112) angeordnet ist, die zumindest einen RTF-Ofenteil (RTF = Radiant Tube Furnace) (113) aufweist. 20
20. Anlage (10) nach einem der Ansprüche 15 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** - in der Transportrichtung (T) des Stahlbandes (102) gesehen - stromaufwärts der Schnellkühlkammer (116) eine Langsamkühlkammer (115) angeordnet ist. 25
21. Verwendung einer Anlage (10) nach einem der Ansprüche 15 bis 19 zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6. 30
22. Verwendung einer Anlage (10) nach einem der Ansprüche 18 bis 20 zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 7 bis 14. 35

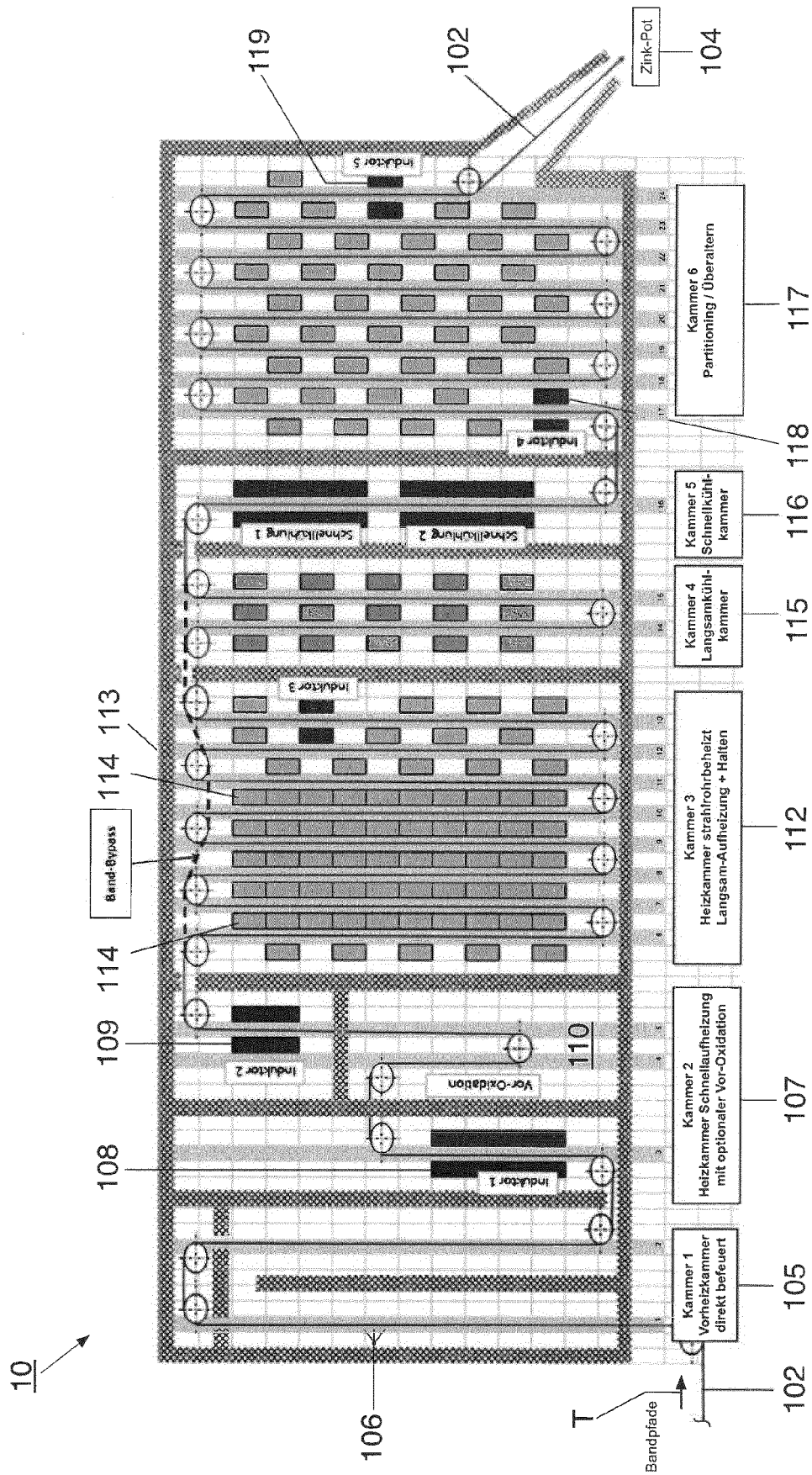


Fig. 1

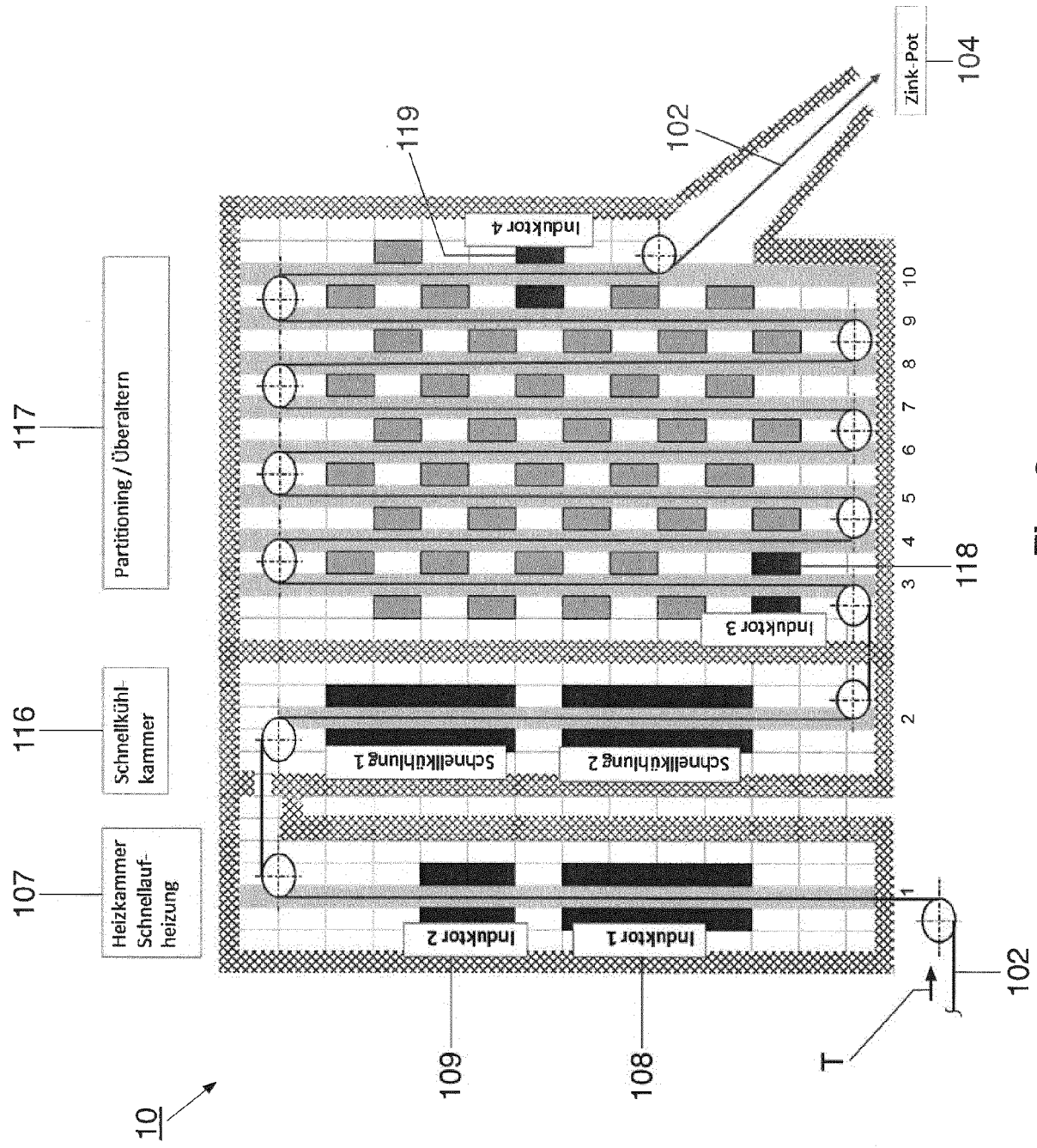


Fig. 2

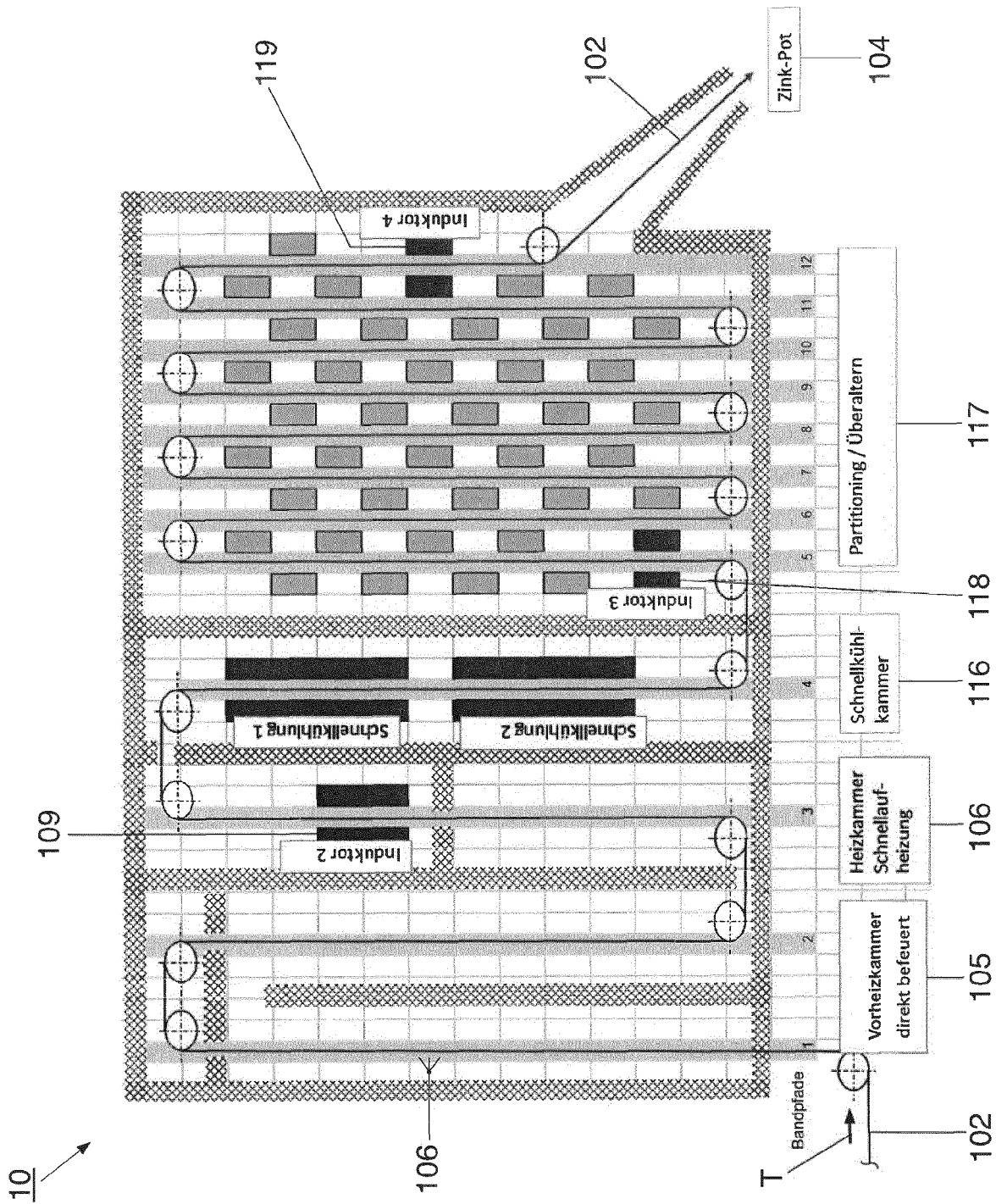


Fig. 3

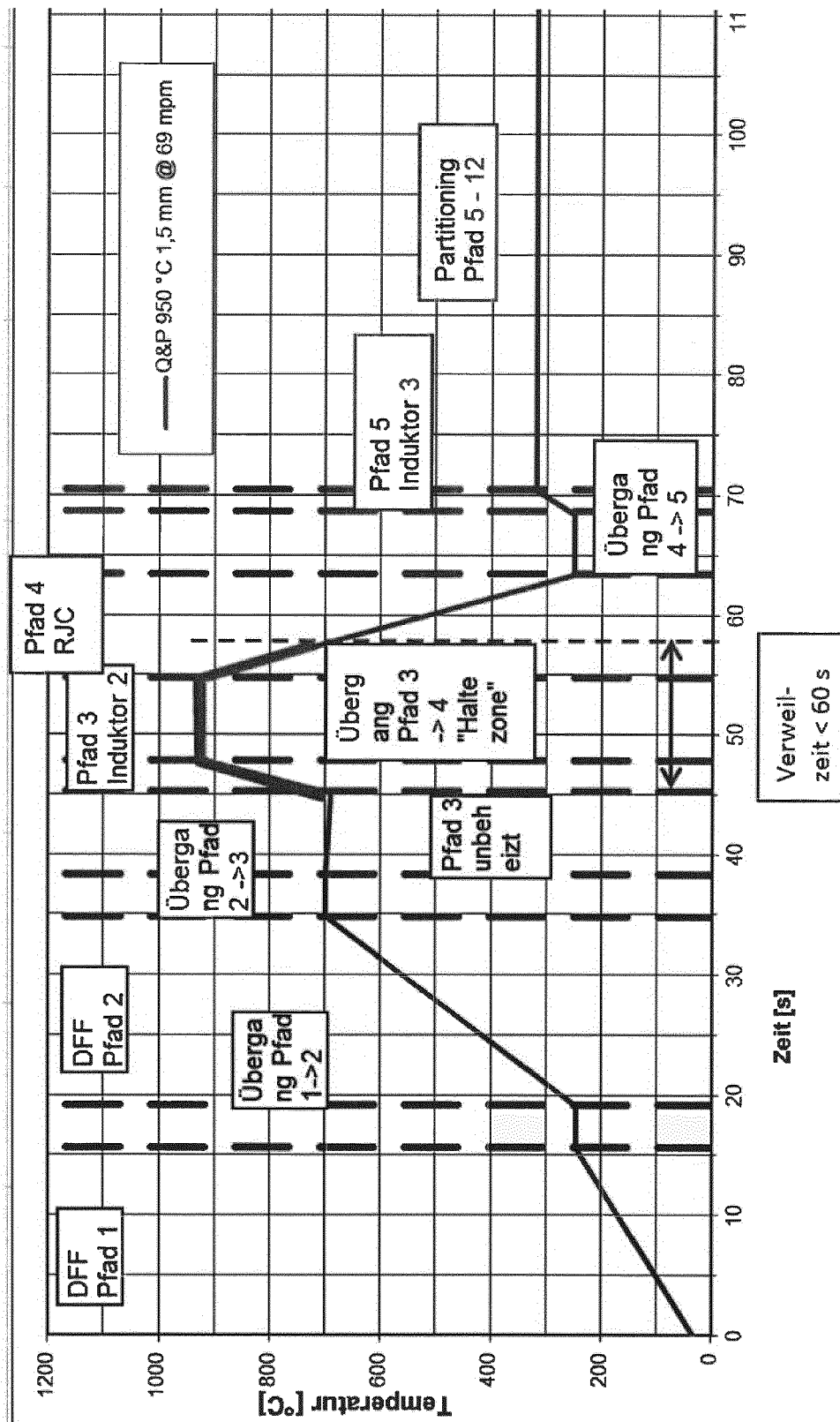


Fig. 4

Produkt	AHSS, z.B. Q&P			
Ofen-Sektion	Bandtemp. Austritt [°C]	Atmosphäre	Bemerkung	
Kammer 1	50 .. 350	Luft bzw. Abgas	Ausgeschaltet oder in Kleinlast zur Erwärmung im unkritischen Temperaturbereich.	
Kammer 2, Induktor 1	650 .. 700	H2 + N2, trocken	> 50 K/s zur Vermeidung der selektiven Oxidation	
Kammer 2, Vor-Oxidation	650 .. 700	> 5 % H2, Rest N2, trocken	Keine Vor-Oxidation	
Kammer 2, Induktor 2	650 .. 920	> 20 % H2, TP < -40 °C, Rest N2	> 50 K/s zur Vermeidung der selektiven Oxidation	
Kammer 3 Strahlrohröfen	920	> 20 % H2, TP < -40 °C, Rest N2	Haltezeit < 180 s	
Kammer 4, Langsamkühlung	750	> 20 % H2, TP < -40 °C, Rest N2		
Kammer 5, Schnellkühlung	250	H2+N2 trocken		
Kammer 6, Induktor 4	320	H2+N2 trocken	Aufheizen auf Partitioning-Temperatur	
Kammer 6, Halteofen	320	H2+N2 trocken	Partitioning	
Kammer 6, Induktor 5	460	H2+N2 trocken	Aufheizen auf Zinkpot-Temperatur	
Zink-Pot				

Fig. 5



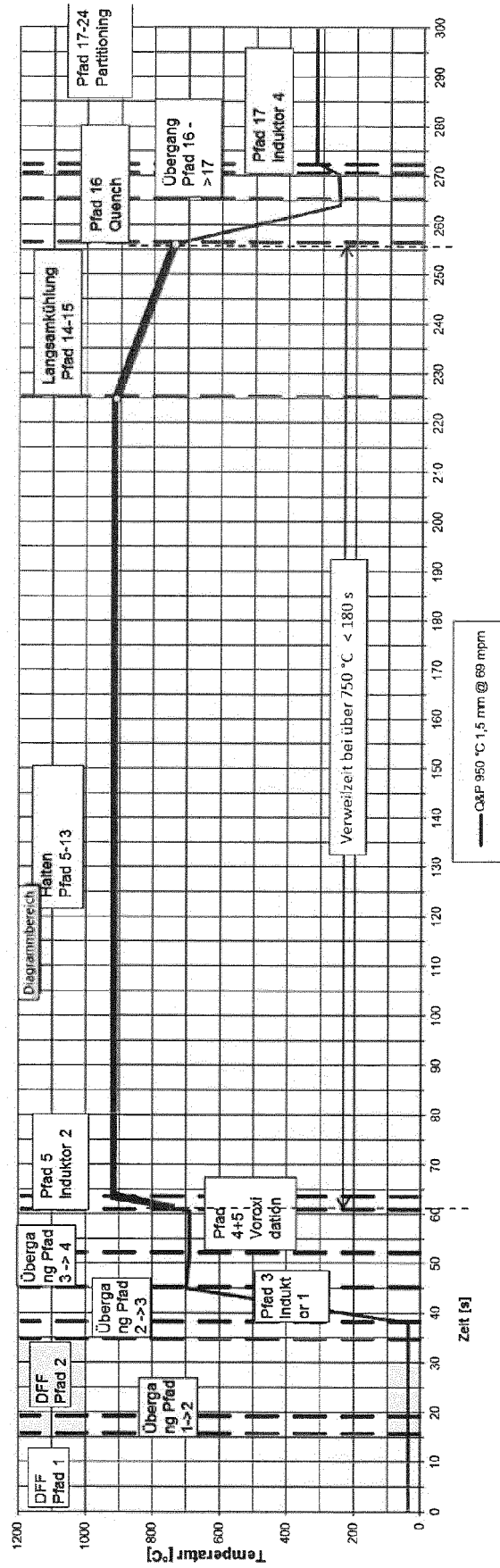


Fig. 6

Produkt	AHSS, z.B. Q&P		
Ofen-Sektion	Bandtemp. Austritt [°C]	Atmosphäre	Bemerkung
Kammer 1, DFF	350 .. 600	Abgas mit Luftmangel	In Betrieb zur Erwärmung im unkritischen Temperaturbereich
Kammer 2, Induktor 1	600 .. 700	H <sub>2</sub> + N <sub>2</sub> , trocken	In Kleinlast oder ausgeschaltet
Kammer 2, Vor-Oxidation	600 .. 700	> 5 % H <sub>2</sub> , Rest N <sub>2</sub> , trocken	Keine Vor-Oxidation
Kammer 2, Induktor 2	600 .. 920	> 20 % H <sub>2</sub> , TP < -40 °C, Rest N <sub>2</sub>	> 50 K/s zur Vermeidung der selektiven Oxidation
Kammer 3 Strahlrohrhrofen	920	> 20 % H <sub>2</sub> , TP < -40 °C, Rest N <sub>2</sub>	Haltezeit < 180 s
Kammer 4, Langsamkühlung	750	> 20 % H <sub>2</sub> , TP < -40 °C, Rest N <sub>2</sub>	
Kammer 5, Schnellkühlung	250	H <sub>2</sub> +N <sub>2</sub> trocken	
Kammer 6, Induktor 4	320	H <sub>2</sub> +N <sub>2</sub> trocken	Aufheizen auf Partitioning- Temperatur
Kammer 6, Halteofen	320	H <sub>2</sub> +N <sub>2</sub> trocken	Partitioning-Haltezeit
Kammer 6, Induktor 5	460	H <sub>2</sub> +N <sub>2</sub> trocken	Aufheizen auf Zinkpot- Temperatur
Zink-Pot			

Fig. 7

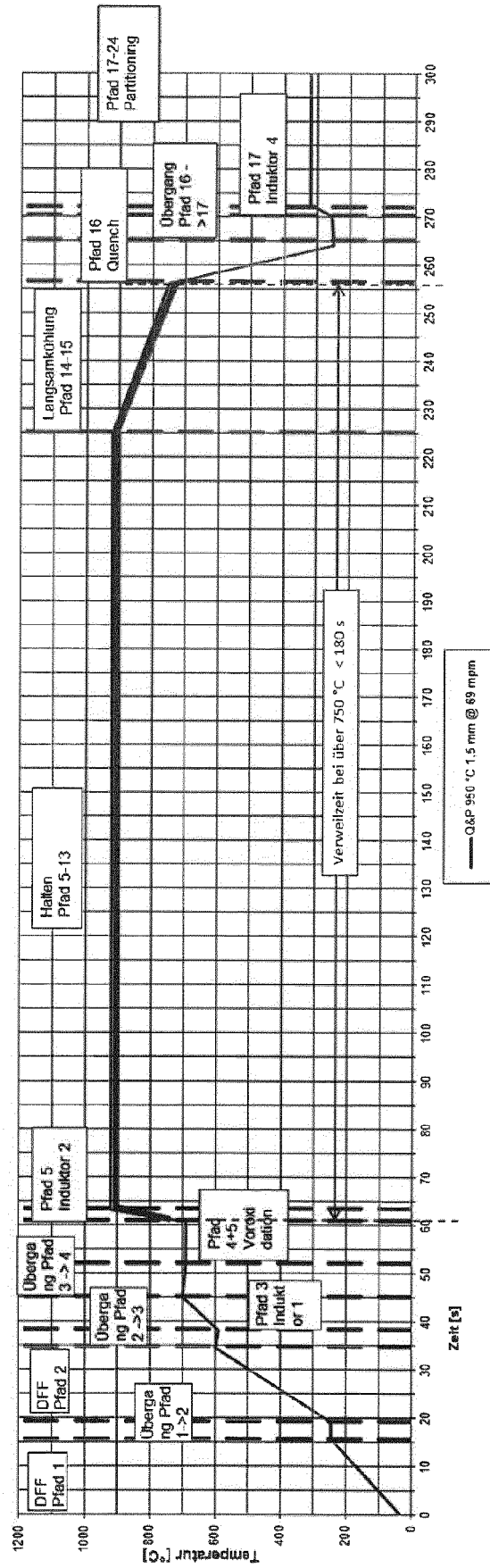


Fig. 8

Produkt	AHSS, z.B. Q&P		
	Ofen-Sektion	Bandtemp. Austritt [°C]	Bemerkung
Kammer 1		600 .. 650	Ausgeschaltet oder in Kleinlast zur Erwärmung im unkritischen Temperaturbereich.
Kammer 2, Induktor 1		650 .. 700	Zur präzisen Einstellung der Bandtemperatur
Kammer 2, Vor-Oxidation		650 .. 700	kontrollierte Vor-Oxidation
Kammer 2, Induktor 2		650 .. 820	Teillast-Betrieb
Kammer 3 Strahlrohröfen		920	Fahrweise je nach benötigter Haltezeit, Wasserdampf zur Vermeidung zu früher Reduktion der FeO-Schicht.
Kammer 4, Langsamkühlung		820	Reduktion $\text{FeO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$
Kammer 5, Schnellkühlung		250	
Kammer 6, Induktor 4		320	Aufheizen auf Partitioning-Temperatur
Kammer 6, Halteofen		320	Partitioning-Haltezeit
Kammer 6, Induktor 5		460	Aufheizen auf Zinkpot-Temperatur
Zink-Pot			

Fig. 9

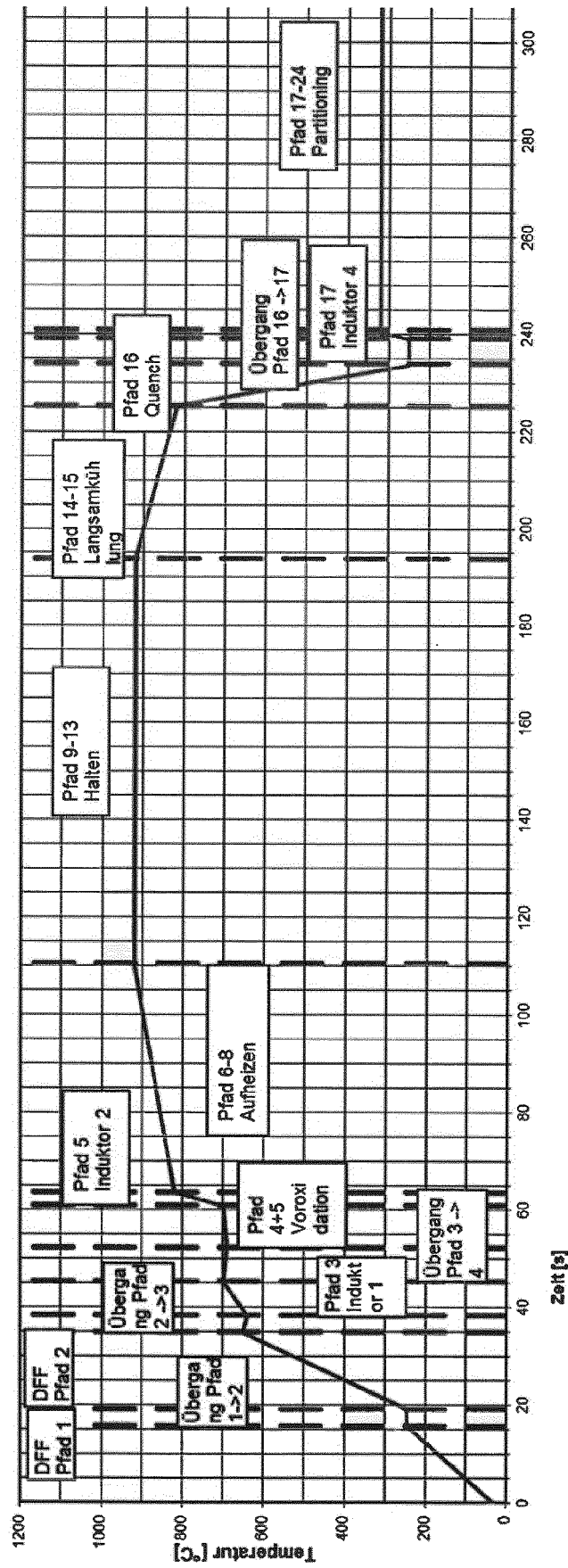


Fig. 10

Produkt	AHSS, z.B. Q&P			
Ofen-Sektion	Bandtemp. Austritt [°C]	Atmosphäre	Bemerkung	
Kammer 1	600 .. 650	Abgas mit Luftmangel	Ausgeschaltet oder in Kleinlast zur Erwärmung im unkritischen Temperaturbereich.	
Kammer 2, Induktor 1	650 .. 700	H2+N2 trocken	Zur präzisen Einstellung der Bandtemperatur	
Kammer 2, Vor-Oxidation	650 .. 700	O2 2 .. 5 %	kontrollierte Vor-Oxidation	
Kammer 2, Induktor 2	650 .. 700	H2+N2+Wasserdampf	Ausgeschaltet	
Kammer 3 Strahlrohröfen	920	H2+N2+Wasserdampf	Fahrweise je nach benötigter Haltezeit, Wasserdampf zur Vermeidung zu früher Reduktion der FeO-Schicht.	
Kammer 4, Langsamkühlung	820	H2+N2 trocken	Reduktion FeO + H2 -> Fe + H2O	
Kammer 5, Schnellkühlung	250	H2+N2 trocken	Aufheizen auf Partitioning-Temperatur	
Kammer 6, Induktor 4	320	H2+N2 trocken	Partitioning-Haltezeit	
Kammer 6, Halteofen	320	H2+N2 trocken	Aufheizen auf Zinkpot-Temperatur	
Kammer 6, Induktor 5	460	H2+N2 trocken		
Zink-Pot				

Fig. 11

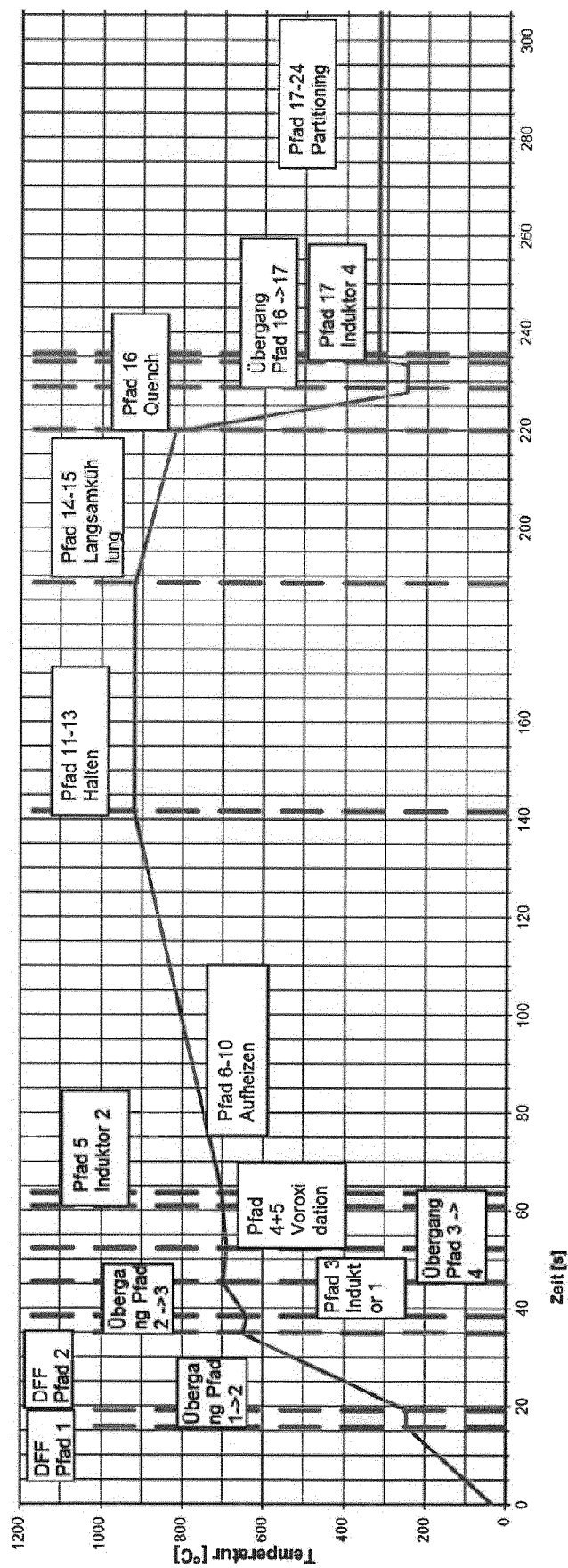


Fig. 12



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 19 15 1613

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2016/001888 A2 (ARCELORMITTAL [LU]) 7. Januar 2016 (2016-01-07)	15,20,21	INV. C21D9/56
Y	* Seite 2, Zeile 19 - Seite 5, Zeile 22; Ansprüche 1-8; Abbildungen 1-2 *	16-20	C23C2/00 C21D9/573 F27B9/02 F27B9/04
X	EP 3 170 913 A1 (COCKERILL MAINTENANCE & INGENIERIE SA [BE]) 24. Mai 2017 (2017-05-24)	1,7,21, 22	
Y	* Absätze [0006], [0007], [0012] - [0014]; Ansprüche 1-11,13; Abbildung 1 *	2-6, 8-14, 16-20	
X	EP 1 936 000 A1 (NIPPON STEEL CORP [JP]) 25. Juni 2008 (2008-06-25)	1,7,21, 22	
Y	* Absätze [0012], [0016], [0020], [0026]; Anspruch 1; Abbildungen 1-2 *	2-6, 8-14, 16-20	
A	EP 2 524 970 A1 (THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG [DE]) 21. November 2012 (2012-11-21) * das ganze Dokument *	1-22	
A	EP 2 806 043 A1 (JFE STEEL CORP [JP]) 26. November 2014 (2014-11-26) * das ganze Dokument *	1-22	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C21D C23C F27B
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
München		25. März 2019	
		Prüfer	
		Gavriliu, Alexandru	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 15 1613

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-03-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2016001888 A2	07-01-2016	BR 112017000045 A2 CA 2953895 A1 CN 106661706 A EP 3164523 A2 JP 2017526810 A KR 20170026400 A US 2017152581 A1 WO 2016001701 A1 WO 2016001888 A2	07-11-2017 07-01-2016 10-05-2017 10-05-2017 14-09-2017 08-03-2017 01-06-2017 07-01-2016 07-01-2016
EP 3170913 A1	24-05-2017	KEINE	
EP 1936000 A1	25-06-2008	BR PI0617390 A2 CA 2625790 A1 CN 101287854 A EP 1936000 A1 JP 4791482 B2 JP WO2007043273 A1 KR 20080046241 A TW I302571 B US 2009123651 A1 WO 2007043273 A1	26-07-2011 19-04-2007 15-10-2008 25-06-2008 12-10-2011 16-04-2009 26-05-2008 01-11-2008 14-05-2009 19-04-2007
EP 2524970 A1	21-11-2012	CN 103597100 A EP 2524970 A1 EP 2710158 A1 ES 2628409 T3 JP 6193219 B2 JP 2014518945 A KR 20140024903 A PL 2710158 T3 US 2014322559 A1 WO 2012156428 A1	19-02-2014 21-11-2012 26-03-2014 02-08-2017 06-09-2017 07-08-2014 03-03-2014 29-09-2017 30-10-2014 22-11-2012
EP 2806043 A1	26-11-2014	CN 104053796 A CN 105671301 A EP 2806043 A1 JP 5505430 B2 JP 2013147681 A KR 20140119104 A TW 201339318 A US 2015013851 A1 WO 2013108624 A1	17-09-2014 15-06-2016 26-11-2014 28-05-2014 01-08-2013 08-10-2014 01-10-2013 15-01-2015 25-07-2013

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 1819840 B1 [0004]
- EP 2732062 B1 [0004]