

(19)



(11)

EP 3 612 658 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
05.05.2021 Patentblatt 2021/18

(51) Int Cl.:
C23C 2/00 (2006.01) F27B 14/20 (2006.01)
F27D 21/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18719047.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2018/056346

(22) Anmeldetag: **14.03.2018**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2018/215105 (29.11.2018 Gazette 2018/48)

(54) FEUERVERZINKUNGSVORRICHTUNG SOWIE FEUERVERZINKUNGSVERFAHREN

HOT DIP GALVANIZING DEVICE AND METHOD

DISPOSITIF ET PROCÉDÉ DE GALVANISATION À CHAUD

(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:
MA MD

(73) Patentinhaber: **Fontaine Holdings NV**
3530 Houthalen (BE)

(72) Erfinder: **PINGER, Thomas**
45721 Haltern am See (DE)

(30) Priorität: **23.05.2017 DE 102017111227**
19.06.2017 DE 102017113358

(74) Vertreter: **Strehlke, Ingo Kurt**
Von Rohr
Patentanwälte Partnerschaft mbB
Rüttenscheider Straße 62
45130 Essen (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.02.2020 Patentblatt 2020/09

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 3 622 106 DE-B- 1 220 086
NL-A- 7 209 733

EP 3 612 658 B1

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft das technische Gebiet der Verzinkung von eisenbasierten bzw. eisenhaltigen Bauteilen, insbesondere stahlbasierten bzw. stahlhaltigen Bauteilen (Stahlbauteilen) bzw. Komponenten, vorzugsweise für die Automobil- bzw. Kraftfahrzeugindustrie, aber auch für andere technische Anwendungsgebiete (z. B. für die Bauindustrie, den Bereich des allgemeinen Maschinenbaus, die Elektroindustrie etc.), mittels Feuerverzinkung (Schmelztauchverzinkung).

[0002] Insbesondere betrifft vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zur Feuerverzinkung, auch Schmelztauchverbindung genannt, von Bauteilen mit einem Verzinkungskessel zur Aufnahme einer Zinkschmelze in einem durch eine Wandung des Verzinkungskessels gebildeten Kesselinnenraum sowie ein Verfahren zur Feuerverzinkung von Bauteilen unter Verwendung einer vorgenannten Vorrichtung zur Feuerverzinkung von Bauteilen.

[0003] Als Feuerverzinkung wird dabei ein Verfahren verstanden, welches eisenbasierte bzw. eisenhaltige oder stahlbasierte bzw. stahlhaltige Bauteile vor Korrosion, insbesondere Rost, schützt. Beim Feuerverzinken wird dabei ein metallischer Zinküberzug auf die Oberfläche des eisen- bzw. stahlhaltigen Bauteils durch Eintauchen in eine flüssigheiße Zinkschmelze aufgebracht. Eine widerstandsfähige Legierungsschicht aus vornehmlich Eisen und Zink bildet sich nach der Verzinkung auf der Oberfläche des Bauteils aus und über dieser Legierungsschicht ist eine sehr fest haftende, reine Zinkschicht angeordnet. Das Feuerverzinken stellt eine von verschiedenen Verzinkungsmethoden dar.

[0004] Prozesseitig wird bei der Feuerverzinkung zwischen diskontinuierlicher Stückverzinkung von Bauteilen und kontinuierlicher Bandverzinkung von beispielsweise Stahlblech oder Draht unterschieden. Sowohl das Stückverzinken als auch das Bandverzinken sind genormte bzw. standardisierte Verfahren, vgl. z. B. die Normen DIN EN ISO 1461 für die Stückverzinkung oder DIN EN 10143 und DIN EN 10346 für die Bandverzinkung. Beim Bandverzinken ist der bandverzinkte Stahl ein Vor- bzw. Zwischenprodukt-Halbzeug, welches nach dem Verzinken, insbesondere durch Umformen, Stanzen, Zuschneiden etc., weiterverarbeitet wird. Das Stückverzinken hingegen nutzt vollständig gefertigte bzw. geformte Bauteile, die erst nach der Fertigung feuerverzinkt und somit vor Korrosion geschützt werden.

[0005] Zur Feuerverzinkung muss die Zinkschmelze kontinuierlich in einem flüssigheißen Zustand gehalten werden, so dass ein Erstarren der Zinkschmelze im Feuerverzinkungskessel vermieden wird. Die Temperatur der Zinkschmelze liegt etwa in einem Temperaturintervall von 440 °C bis 460 °C. Dieses Temperaturintervall ergibt sich zum einen durch den Schmelzpunkt von Zink bei 419,5 °C sowie zum anderen aus verarbeitungstechnischen Aspekten. Bei der Feuerverzinkung mit Zinklegierungen, z. B. Zink-Aluminium-Schmelzen und/oder einer speziellen Prozessführung, z. B. bei der Hochtemperaturverzinkung, kann die Betriebstemperatur der Zinkschmelze auch oberhalb des vorgenannten Temperaturintervalls liegen.

[0006] Bei allen Feuerverzinkungsverfahren und Feuerverzinkungsanlagen ist nachteilig, dass die Zinkschmelze kontinuierlich Wärme verliert, sowohl über Abstrahlungsverluste als auch über die Zinkbadoberfläche sowie über die Kesselwandungen. Des Weiteren treten Temperaturschwankungen durch das Eintauchen von relativ kalten Verzinkungsgut, beispielsweise eisenhaltigen Bauteilen, auf, wodurch eine lokale Abkühlung der Schmelze hervorgerufen wird. Um die auftretenden Wärmeverluste auszugleichen und die Zinkschmelze während des Feuerverzinkungsbetriebes in dem vorgenannten Temperaturintervall schmelzflüssig zu halten, so dass die Eisenbauteile, die in die Zinkschmelze getaucht werden, mit der Zinkschmelze reagieren können und sich demgemäß eine dünne Zinkschicht auf der Bauteiloberfläche ausbildet, muss der Verzinkungskessel kontinuierlich beheizt werden. Dies erfolgt üblicherweise durch eine indirekte Beheizung des Verzinkungskessels von außen, im Wesentlichen über die Brenneinrichtungen mittels Gasbrennern. Neben der Brenneinrichtung ist die Wärmeeinbringung in die Schmelze durch den Feuerverzinkungskessel mit weiteren, alternativen unterschiedlichen Energieträgern denkbar. Zum Ausgleich von Wärmeverlusten ist die Temperatur an der Außenseite der Wandung des Verzinkungskessels größer als die Zieltemperatur der Zinkschmelze bzw. die Temperatur der Zinkschmelze im Innenraum des Verzinkungskessels. Der Verzinkungskessel unterliegt einer dauerhaften globalen thermischen Belastung, die zudem durch ein Temperaturgefälle über die Wandungsdicke gekennzeichnet ist. Darüber hinaus unterliegt der Verzinkungskessel einer mechanischen Belastung, die aus dem statischen Druck der Zinkschmelze hervorgerufen wird.

[0007] Verzinkungskessel sind meist in Spezialöfen eingefasst, in denen die Erwärmungseinrichtungen angebracht sind.

[0008] Im Übrigen sind die Feuerverzinkungskessel meist als Stahlkessel bzw. als Kessel mit Spezialblechen und/oder Spezialbeschichtungen mit einer Dicke von zumindest im Wesentlichen 50 mm ausgeführt. An den Innenwänden des Feuerverzinkungskessels ergibt sich durch den Angriff bzw. die Reaktion des schmelzflüssigen Zinks mit dem nicht inertem Wanderungsmaterial ein Werkstoffabtrag der Kesselwandung, was somit eine Reduktion der Kesselwandstärke hervorruft. Dieser Abtrag der Kesselwandstärke ist unerwünscht, jedoch im Stand der Technik nicht vermeidbar, so dass sich ein sukzessiver Abtrag der Wandstärke über die Nutzungsdauer des Verzinkungskessels ergibt. Die Geschwindigkeit des Abtrags hängt dabei von vielfältigen Faktoren ab, beispielsweise dem Mengendurchsatz, der Zinkschmelztemperatur, der Kesselwandtemperatur sowie der Frequenz und Amplitude der Temperaturschwankungen, die durch das Eintauchen der eisenhaltigen Bauteile in die Zinkschmelze hervorgerufen werden.

[0009] Zur Gewährleistung einer möglichst langen Betriebsdauer und/oder Standzeit des Kessels bei gleichzeitig hohen Durchsatzleistungen sowie geringen Beschaffungs- und Betriebskosten kann eine große Wandstärke gewählt werden. Dabei ist darauf zu achten, dass eine minimale Wandstärke nicht unterschritten wird. Bei einer zu geringen Wandstärke kann ein Kesseldurchbruch bzw. ein Kesselausfall entstehen, wobei ein Kesselausfall sehr hohe Kosten verursacht. Diese hohen Kosten entstehen durch Produktionsausfall, Zinkverluste, Reparaturaufwand der Zinkbergung, insbesondere bei Havarie, und eventuell einer Ersatzinvestition. Eine zu geringe Wandstärke des Verzinkungskessels erzeugt dabei eventuell einen lokalen und/oder globalen Stabilitätsverlust des Verzinkungskessels. Bei einem lokalen Stabilitätsverlust des Verzinkungskessels kann eine Leckage zum Auslaufen der flüssigheißen Zinkschmelze führen, wodurch ein sehr hoher, wirtschaftlicher Schaden, ein stark erhöhtes Betriebsrisiko und eine Gefährdung der Arbeitssicherheit für den Verzinkungsbetrieb entsteht. Zusätzlich wird bei einem globalen Stabilitätsverlust eine mögliche starke Verformung des Kessels hervorgerufen, wobei bei einer Verformung des Kessels ein Kesselwechsel stark erschwert wird und folglich erhebliche Verzögerungen beim Kesselaustausch entstehen. Um die vorgenannten Probleme zu vermeiden, werden Verzinkungskessel in der Praxis relativ frühzeitig durch einen neuen Kessel ersetzt. Das Ersetzungsintervall ergibt sich aufgrund von Erfahrungswerten, wobei angenommen wird, dass der Abtrag der Kesselwandung langsam und gleichmäßig erfolgt, insbesondere mit etwa 2 bis 3 mm pro Jahr.

[0010] Ein erhöhter lokaler Abtrag und somit ein möglicher lokaler Stabilitätsverlust des Verzinkungskessels kann in Folge einer dauerhaften und/oder temporären Fehlstellung eines Brenners auftreten. Ein erhöhter Kesselverschleiß ist demgemäß meist auf einen nicht ordnungsgemäßen Verzinkungsbetrieb zurückzuführen. Ein nicht ordnungsgemäßer Verzinkungsbetrieb kann dabei allerdings nicht immer durch den Verzinker erkannt und vermieden werden, so dass der Verzinkungskessel an einigen Stellen einer erhöhten thermischen und/oder mechanischen Belastung ausgesetzt ist. Diese Belastung und damit einhergehend ein beschleunigter Abtrag kann unter anderem durch eine Fehleinstellung des Brenners und durch eine falsche Anordnung der Wärmeeinbringungszone, d. h. die Zone, auf die der Brenner wirkt, bedingt sein.

[0011] Um die lokalen und/oder globalen Stabilitätsverluste des Verzinkungskessels zu vermeiden, wird der Verzinkungskessel, wie bereits erwähnt, über ein entsprechendes Risikomanagement bei festgelegten Minimalwanddicken ausgetauscht. Bei einem Austausch des Verzinkungskessels wird der Kesselinhalt - die flüssigheiße Zinkschmelze - ausgepumpt und in den Schmelzofen wird ein neuer Kessel eingesetzt, wobei anschließend die in der Zwischenzeit weiterhin schmelzflüssig gehaltene Zinkschmelze wieder zurückgepumpt wird. Dieser Austausch erzeugt nicht nur einen Betriebsstillstand, sondern führt auch zu erhöhten Kosten für die Neuanschaffung des Kessels und für den aufwändigen Austausch des Verzinkungskessels.

[0012] Die DE 36 22 106 A1 betrifft ein Verfahren zum Messen der Wanddicke eines Behälters, welcher eine heiße Zinkschmelze enthält, die eine Hartzinkschicht an der Behälterwand ablagert und in die eine Ultraschallmesssonde eingetaucht wird, wobei vor der Messung die innere Oberfläche der Hartzinkschicht so weit mechanisch abgetragen wird, bis ein für die Dickenmessung ausreichendes Echo des Ultraschalls empfangen wird.

[0013] Weiterhin betrifft die NL 7209733 A eine Vorrichtung und ein entsprechendes Verfahren zur Wandstärkenmessung eines Zinkschmelzekessels, wobei ein oder mehrere Ultraschallsonden über Bohrungen in die Außenwand des Zinkschmelzekessels eingebracht werden, wobei jede Bohrung nahe der Wärmeeinbringungszone eines Brenners angebracht ist; der Zinkschmelzekessel ist von einem Außenkessel umgeben, wobei die Messsonden im Zwischenraum vorgesehen sind, wobei die Ultraschallmessung einen Rückschluss auf die Wandung des Verzinkungskessels geben soll.

[0014] Darüber hinaus betrifft die DE 1 220 086 B eine Vorrichtung zur Anzeige beginnender und zur Verhütung vollständiger Schmelztiegel durchbrüche, insbesondere bei Induktionsöfen, wobei die Vorrichtung aus mindestens einer in die Isolierung zwischen Tiegelaußenwand und der Induktionsspule eingebetteten, axial gestützten Mantelelektrode besteht, welche über eine Spannungsquelle durch ein Anzeigeinstrument mit dem Tiegelinernen in leitender Verbindung steht, wobei die Mantelelektrode im Randbereich der Induktionsspule entlang des gesamten Umfangs unterteilt ist und wobei die Mantelelektrode letztlich misst, ob ein Kesseldurchbruch stattfindet.

[0015] Die DE 20 2013 105 789 U1 betrifft einen Schmelzofen, insbesondere Feuerverzinkungsöfen, mit einem zur Tauchbehandlung in einer Schmelze, insbesondere Zinkschmelze, ausgebildeten Kessel, einer auf eine Außenfläche des Kessels wirkenden Brennereinheit zur Aufheizung des Kessels und einer die Brennereinheit steuernden Kontrolleinheit zur Überwachung und Regelung der Temperatur der Schmelze, wobei die Brennereinheit mindestens zwei voneinander unabhängig steuerbare, auf im Abstand voneinander angeordnete Wärmeeinbringungsbereiche der Außenfläche des Kessels wirkende Brenner und die Kontrolleinheit eine Temperaturmesseinheit zur berührungslosen Messung der Temperatur der Wärmeeinbringungsbereiche aufweist.

[0016] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es nun, die Nachteile im Stand der Technik zu vermeiden oder zumindest weitgehend zu reduzieren.

[0017] Insbesondere ist es Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur Feuerverzinkung bzw. ein Verfahren bereitzustellen, welche(s) einen Kesselausfall, insbesondere aufgrund eines lokalen und/oder globalen Stabilitätsverlustes des Verzinkungskessels, vermeidet.

[0018] Insbesondere ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine effiziente sowie sichere Nutzung des Ver-

zinkungskessels zu ermöglichen.

[0019] Zur Lösung des zuvor geschilderten Problems schlägt die vorliegende Erfindung - gemäß einem **ersten** Aspekt der vorliegenden Erfindung - eine Vorrichtung zur Feuerverzinkung gemäß Anspruch 1 vor; weitere, insbesondere besondere und/oder vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind Gegenstand der diesbezüglichen Vorrichtungsunteransprüche.

[0020] Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung - gemäß einem **zweiten** Aspekt der vorliegenden Erfindung - ein Verfahren zur Feuerverzinkung gemäß dem diesbezüglichen unabhängigen Verfahrensanspruch; weitere, insbesondere besondere und/oder vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der diesbezüglichen Verfahrensunteransprüche.

[0021] Es versteht sich bei den nachfolgenden Ausführungen von selbst, dass Ausgestaltungen, Ausführungsformen, Vorteile und dergleichen, welche nachfolgend zu Zwecken der Vermeidung von Wiederholungen nur zu einem Erfindungsaspekt ausgeführt sind, selbstverständlich auch in Bezug auf die übrigen Erfindungsaspekte entsprechend gelten, ohne dass dies einer gesonderten Erwähnung bedarf.

[0022] Bei allen nachstehend genannten relativen bzw. prozentualen gewichtsbezogenen Angaben, insbesondere relativen Mengen- oder Gewichtsangaben, ist weiterhin zu beachten, dass diese im Rahmen der vorliegenden Erfindung vom Fachmann derart auszuwählen sind, dass sie sich in der Summe unter Einbeziehung aller Komponenten bzw. Inhaltsstoffe, insbesondere wie nachfolgend definiert, stets zu 100 % bzw. 100 Gew.-% ergänzen bzw. addieren; dies versteht sich aber für den Fachmann von selbst.

[0023] Im Übrigen gilt, dass der Fachmann - anwendungsbezogen oder einzelfallbedingt - von den nachfolgend angeführten Bereichsangaben erforderlichenfalls abweichen kann, ohne dass er den Rahmen der vorliegenden Erfindung verlässt.

[0024] Zudem gilt, dass alle im Folgenden genannten Werte- bzw. Parameterangaben oder dergleichen grundsätzlich mit genormten bzw. standardisierten oder explizit angegebenen Bestimmungsverfahren oder andernfalls mit dem Fachmann auf diesem Gebiet an sich geläufigen Bestimmungs- bzw. Messmethoden ermittelt bzw. bestimmt werden können.

[0025] Dies vorausgeschickt, wird die vorliegende Erfindung nunmehr nachfolgend im Detail erläutert.

[0026] Gegenstand der vorliegenden Erfindung - gemäß einem **ersten** Aspekt der vorliegenden Erfindung - ist somit eine Vorrichtung zur Feuerverzinkung von Bauteilen mit einem Verzinkungskessel zur Aufnahme einer Zinkschmelze in einem durch eine Wandung des Verzinkungskessels gebildeten Kesselinnenraum, wobei eine Überwachungseinrichtung zur Überwachung der Wandstärke der Wandung des Verzinkungskessels während des Verzinkungsbetriebes vorgesehen ist, wobei die Überwachungseinrichtung wenigstens einen im Bereich der Außenseite der Wandung des Verzinkungskessels vorgesehenen Sensor zur Messung wenigstens der Temperatur des Verzinkungskessels und eine mit dem Sensor gekoppelte Auswerteeinrichtung zur Verarbeitung des vom Sensor aufgenommenen Messwertes und Berechnung und/oder Ableitung der Wandstärke aufweist.

[0027] In diesem Zusammenhang wird unter dem Verzinkungsbetrieb nicht nur das Eintauchen eines Bauteils in einen Verzinkungskessel verstanden, sondern auch, dass die flüssigheiße Zinkschmelze in einem flüssigheißen Zustand gehalten werden muss, wobei dazu stets, insbesondere kontinuierlich, Wärme in den Verzinkungskessel über die Wandung des Verzinkungskessels in die Zinkschmelze eingebracht wird.

[0028] Im Zusammenhang mit Untersuchungen, die im Vorfeld der Erfindung durchgeführt worden sind, ist zunächst festgestellt worden, dass der Verzinkungskessel, wenn er ausgetauscht worden ist, lediglich an einer bzw. an wenigen Stellen eine kritische Dicke erreicht, so dass ein Großteil des Kessels weiterhin noch gebrauchsfähig gewesen wäre. Da jedoch im Hinblick auf die Arbeitssicherheit und/oder Betriebssicherheit nicht die durchschnittliche, sondern die minimale Wandstärke entscheidend ist, ist ein Austausch des Verzinkungskessels auch in diesem Zustand für erforderlich gehalten worden. Durch die erfindungsgemäße automatische Überwachung ist es nun möglich, den Zustand der Dicke der Kesselwandung genauer zu überwachen und auch den Verzinkungsprozess besser zu steuern, so dass die wirtschaftlichen Nachteile, die sich bisher bei einem turnusmäßigen Austausch eines Verzinkungskessels ergeben haben, vermieden werden können.

[0029] Eine automatische Überwachung der Wandstärke der Wandung des Verzinkungskessels bietet erfindungsgemäß diverse Vorteile. So können sowohl globale als auch lokale Stabilitätsverluste des Kessels vermieden oder zumindest weitgehend reduziert werden, wodurch sich sowohl eine Erhöhung der Arbeits- und Betriebssicherheit, als auch eine Senkung der Betriebs- und Produktionskosten ergibt. Der Verzinkungskessel kann durch die Überwachungseinrichtung ziel- und zweckgerichtet eingesetzt werden, wobei stets sichergestellt werden kann, dass der Verzinkungskessel keine kritische Wandstärke, die einen Austausch des Verzinkungskessels erforderlich machen würde, erreicht. Insbesondere aufgrund einer kontinuierlichen und/oder flächigen Messung mittels der Überwachungseinrichtung der Wandstärke können erhöhte, insbesondere lokale, Abtragsraten, beispielsweise an thermisch bedingten "Hotspots" frühzeitig erkannt werden, so dass ein lokaler Stabilitätsverlust des Verzinkungskessels vermieden werden kann.

[0030] Durch die Erfindung ist aufgrund der kontinuierlichen Messung der Kesselwanddicke eine punktgenaue und sichere Überwachung der Wandung bzw. der Wandstärke sowie einzelner definierter oder aller Wandungsbereiche des Kessels möglich. Aufgrund der somit erfassten Abträge der Wandungsdicke wird die Anlagensicherheit erhöht und somit

eine stärkere Materialausnutzung ohne Sicherheitsverlust möglich. Es kann also die vorzuhaltende Minimalwanddicke reduziert werden, da die Wandstärke des Verzinkungskessels nicht mehr abgeschätzt werden muss, sondern zweckgerichtet gemessen wird. Dabei versteht es sich, dass die Messung bzw. Ermittlung der Kesselwandstärke erfindungsgemäß auch mittelbar erfolgen kann, so dass die Kesselwandstärke aus anderen Kennwerten abgeleitet werden kann.

5 **[0031]** Durch die erfindungsgemäße Überwachungseinrichtung ergibt sich eine erhöhte Standdauer des Verzinkungskessels, da der Austausch des Verzinkungskessels nunmehr nicht in vorab festgelegten Intervallen erfolgen muss, sondern zielgerichtet bei Bedarf und tatsächlicher Notwendigkeit durchgeführt wird. Demgemäß ergibt sich eine effizientere Nutzung des Verzinkungskessels, insbesondere wobei die Überwachungseinrichtung die Möglichkeit bietet, nicht nur lokale und/oder globale Stabilitätsverluste zu erkennen, sondern auch gegen diese anzusteuern. Daraus ergibt sich
10 ein optimierter, gleichmäßiger und reduzierter Wandabtrag des Verzinkungskessels.

[0032] Darüber hinaus kann die Überwachungseinrichtung bei bereits vorhandenen Vorrichtungen zum Verzinken bzw. bei vorhandenen Verzinkungskesseln nachgerüstet werden. Der diesbezügliche Aufwand ist gering, insbesondere unter Berücksichtigung der sich ergebenden wesentlichen Vorteile.

15 **[0033]** Wie zuvor ausgeführt, weist bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung die Überwachungseinrichtung wenigstens einen im Bereich der Außenseite der Wandung des Verzinkungskessels vorgesehenen Sensor zur Messung wenigstens der Temperatur des Verzinkungskessels auf. Als Sensor wird in diesem Zusammenhang beispielsweise ein Detektor, Messaufnehmer und/oder Messfühler angesehen, wobei der Sensor als technisches Bauteil sowohl physikalische als auch chemische Eigenschaften bzw. Kennwerte erfassen kann. Diese Kennwerte werden dabei mittels eines physikalischen und/oder chemischen Effektes erfasst und anschließend in ein elektrisches Signal, insbesondere zur späteren
20 Verarbeitung, umgewandelt.

[0034] Erfindungsgemäß ist der Sensor mit einer Auswerteeinrichtung zur Verarbeitung des vom Sensor aufgenommenen Messwertes, insbesondere des Kennwertes und, vorzugsweise, weiterer erfassten Kennwerte, und zur Berechnung und/oder Ableitung der Wandstärke, vorzugsweise mittels des Messwertes und/oder Kennwertes, gekoppelt. Durch die Erfassung des Messwertes durch den Sensor bzw. des umgewandelten Kennwertes kann auf die Wandstärke des
25 Verzinkungskessels geschlossen werden, wodurch eine Reaktion des Verzinkers im Hinblick auf die Wandstärke der Wandung ermöglicht wird.

[0035] Erfindungsgemäß bietet es sich an, den oder die Sensoren und auch die zugehörige Messtechnik derart anzuordnen, dass sie einem geringen Verschleiß unterliegen und im Übrigen leicht zugänglich sind, so dass eine Wartung, Inspektion und/oder Instandsetzung der Überwachungseinrichtung leicht zugänglich und einfach erfolgen kann. Grundsätzlich versteht es sich in diesem Zusammenhang, dass der Verzinkungskessel mehrschichtig aufgebaut sein kann, wobei er bevorzugt auch einen Außenkessel aufweisen kann. Dabei bietet es sich an, dass der oder die Sensoren zwischen dem eigentlichen Verzinkungskessel und dem Außenkessel angeordnet sind. Dabei schützt der Außenkessel vorteilhafterweise den inneren Kessel des Verzinkungskessels. Demzufolge kann durch den zusätzlichen Schutz des Außenkessels ein weiterer Schutz des Sensors, der vorzugsweise demgemäß nicht mehr unmittelbar einer Brenneinrichtung bzw. der Ofenstruktur zugewandt ist, erfolgen. Der Außenkessel ist darüber hinaus auch dahingehend vorteilhaft, da er bei einer Leckage des inneren Verzinkungskessels verhindert, dass die flüssigheiße Zinkschmelze in den Bereich der Ofenstruktur austritt.

30 **[0036]** In diesem Zusammenhang versteht es sich, dass die Sensoren vorzugsweise so ausgebildet sind, dass sie thermischen Belastungen bei Temperaturen von über 450 °C, bevorzugt zwischen 450 °C bis 1000 °C, weiter bevorzugt zwischen 550 °C bis 850 °C und insbesondere zumindest im Wesentlichen zwischen 550 °C bis 700 °C, standhalten können. Diese thermische Belastung des Sensors ergibt sich insbesondere dadurch, dass der Sensor bevorzugt im Bereich der Außenseite der Wandung des Verzinkungskessels angeordnet ist, so dass er der thermischen Belastung aufgrund einer Brenneinrichtung, welche die benötigte Wärme bzw. den benötigten Energieeintrag in den Bereich des Kesselinnenraums in die Zinkschmelze sicherstellt, standhält. Ein Sensor, der so ausgebildet ist, kann zweckgerichtet
35 zur Temperaturerfassung im Bereich der Wandung des Verzinkungskessels eingesetzt werden. Folglich ergibt sich eine erhöhte Nutzungsdauer bzw. Standzeit des Sensors, so dass ein häufiges Austauschen des Sensors aufgrund von thermischen Belastungen vermieden werden kann und sich folglich eine Senkung der Betriebskosten ergibt.

[0037] Des Weiteren ist bei einer vorteilhaften Ausgestaltung des Erfindungsgedankens vorgesehen, dass die Überwachungseinrichtung derart ausgebildet ist, dass eine kontinuierliche Messwerterfassung erfolgen kann. Unter einer kontinuierlichen Messwerterfassung wird eine Erfassung der Kennwerte zur Ermittlung der Wandstärke der Wandung
40 des Verzinkungskessels in vorgegebenen, üblicherweise regelmäßigen Zeitabständen verstanden. Die zeitlichen Intervalle zwischen den aufgenommenen bzw. gemessenen Kennwerten sind dabei insbesondere an die vorhandene Betriebssituation und bevorzugt an den Bauteildurchsatz angepasst. Vorzugsweise sind die Intervalle zwischen den Aufzeichnungen für die Messwerte zumindest im Wesentlichen konstant zu wählen, wodurch bevorzugt eine kontinuierliche Überwachung der Wandstärke sichergestellt werden kann. Vorteilhafterweise kann eine minütliche und/oder stündliche Messwertaufnahme erfolgen.

55 **[0038]** Zudem ist bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform vorgesehen, dass wenigstens ein weiterer Sensor zur Messung wenigstens eines Messwertes der Vorrichtung zur Feuerverzinkung, insbesondere des Brennerraums

und/oder des Kesselinnenraums und/oder der Zinkschmelze, vorgesehen ist. Vorzugsweise ist der weitere Sensor, insbesondere analog zum Sensor des Messwertes des Verzinkungskessels, mit der Auswerteeinrichtung gekoppelt, insbesondere wobei die Auswerteeinrichtung den vom weiteren Sensor aufgenommenen Messwert verarbeitet und zur Berechnung und/oder Ableitung der Wandstärke der Wandung des Verzinkungskessels, insbesondere unter Nutzung des vom Sensor aufgenommenen Messwertes, nutzt. Der weitere Sensor und/oder die weiteren Sensoren können beispielsweise die Temperatur der Zinkschmelze und/oder die Temperatur im Brennerraum aufzeichnen und zur späteren Berechnung der Wandstärke der Wandung des Verzinkungskessels verwenden. In diesem Zusammenhang versteht es sich, dass eine Mehrzahl von weiteren Sensoren zur Messung von Messwerten der Vorrichtung zur Feuerverzinkung vorgesehen sein können. Bezüglich der Anzahl an Messpunkten für die weiteren Sensoren für die Brennerraum- sowie Zinkschmelztemperaturen und die Genauigkeit der Erfassung kann aufgrund des Luftvolumens im Brennerraum sowie des Zinkschmelzvolumens im Innenraum des Verzinkungskessels mit hinreichender Genauigkeit davon ausgegangen werden, dass eine homogene Temperaturverteilung in der Luft bzw. in der Zinkschmelze vorliegt und eine Messwertfassung an vergleichsweise wenigen Stellen, insbesondere wenigstens zwei Stellen und vorzugsweise weniger als zwanzig Messpunkte, ausreichend ist.

[0039] Im Übrigen umgibt den Verzinkungskessel bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform die Tragstruktur eines Ofens, was bedeutet, dass der Verzinkungskessel innerhalb eines Verzinkungsofens angeordnet ist. Der, insbesondere als Temperatursensor ausgebildete, Sensor ist vorzugsweise im Bereich der Grenzfläche der Wandung des Verzinkungskessels, insbesondere im Bereich der äußeren Wandung des Verzinkungskessels, angeordnet. Der Sensor ist weiter bevorzugt zumindest bereichsweise an der Außenseite der Wandung des Verzinkungskessels angelegt. Diese Anordnung ermöglicht die kontinuierliche Überwachung der Wandung des Verzinkungskessels.

[0040] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist der Sensor als Dünnfilmthermoelement und/oder als Mantelthermoelement ausgebildet. Bevorzugt sind die Sensoren, wie bereits vorab dargestellt, und die zu den Sensoren zugehörige Verkabelung derart ausgebildet, dass sie Hochtemperaturbelastungen, insbesondere bei Temperaturen im Bereich von 400 °C bis zu 700 °C, sowie dem Wanddruck des Verzinkungskessels standhalten. Für diese Belastungen sind insbesondere Dünnfilmthermoelemente geeignet, die direkt an der Außenseite der Wandung des Verzinkungskessels oder in diesem Bereich aufgebracht bzw. angebracht werden können. Alternativ oder zusätzlich können auch weitere geeignete Sensoren, wie beispielsweise Mantelthermoelemente, die für eine Hochtemperaturbelastung ausgebildet sind, verwendet werden. Die Dünnfilmthermoelemente sind insbesondere zur hochgenauen Temperaturmessung an Oberflächen in anspruchsvollen, vielseitigen Anwendungen geeignet. Die Dünnfilmthermoelemente sind dabei bevorzugt klein, leicht, dünn und/oder flexibel ausgebildet und weisen schnelle Antwortzeiten auf. Zusätzlich sind sie vorteilhafterweise ebenfalls robust ausgeführt. Die Antwortzeiten der Dünnfilmthermoelemente sind bevorzugt im Millisekunden-Bereich vorgesehen. Mantelthermoelemente zeichnen sich insbesondere durch ihre leichte Biegsamkeit und ihre hohe Widerstandsfähigkeit gegen Hochtemperaturbelastungen aus. Zusätzlich weisen sie bevorzugt eine mechanische Unempfindlichkeit und eine kurze Ansprechzeit auf.

[0041] Darüber hinaus ist bei einer besonderen Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine Mehrzahl von über einen Bereich der Außenseite der Wandung des Verzinkungskessels verteilten Sensoren vorgesehen. Eine Mehrzahl von Sensoren ist dabei bevorzugt in der Grenzfläche der Wandung des Verzinkungskessels angeordnet. Dabei bezeichnet der Ausdruck "Grenzfläche der Wandung" zum einen die Außenseite der Wandung selbst, wobei die Sensoren unmittelbar an der Wandung befestigt sind. Die Grenzfläche der Wandung meint aber auch einen der Wandung, insbesondere unmittelbar benachbarten, Bereich. Hierbei liegen die Sensoren dann nicht unmittelbar an der Wandung des Verzinkungskessels an. Sie befinden sich also in einem angrenzenden Bereich. Die Befestigung der Sensoren erfolgt dann gerade nicht an der Wandung, sondern über andere Mittel, worauf nachfolgend noch näher eingegangen wird. Vorzugsweise weisen die Sensoren einen unmittelbaren Kontakt zur Wandung auf bzw. liegen an dieser direkt an. Dabei können die Sensoren bzw. der Sensor auf der Außenseite der Wandung des Verzinkungskessels befestigt sein und/oder der Sensor und/oder die Sensoren weisen einen Kontakt zur Wandung des Verzinkungskessels auf.

[0042] Eine kontinuierliche Messung in Verbindung mit einer möglichen flächigen Messung aufgrund einer Mehrzahl von Sensoren ermöglicht, dass thermische Hotspots, insbesondere lokale Stabilitätsverluste, frühzeitig erkannt werden können, so dass durch geeignetes Gegensteuern diese thermischen Hotspots vermieden werden können, wobei sich demzufolge ein gleichmäßiger, insbesondere geringfügiger, Abtrag der Kesselwandstärke ergibt. Zusätzlich ist durch eine Mehrzahl von Sensoren eine Redundanz der Überwachungseinrichtung gewährleistet, da auch bei Ausfall eines Sensors die weiteren Sensoren die kontinuierliche Messwertfassung weiterhin gewährleisten können. Eine redundante Überwachungseinrichtung erhöht sowohl die Ausfall-, Funktions- als auch die Betriebssicherheit. Durch eine Mehrzahl von Sensoren wird nicht nur eine Redundanz der Überwachungseinrichtung gewährleistet, sondern auch ein großflächiger Bereich der Wandung des Verzinkungskessels abgedeckt.

[0043] Bevorzugt ist es im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung im Übrigen so, dass zumindest die Bereiche des Verzinkungskessels, die der Brennereinrichtung unmittelbar ausgesetzt sind, von Sensoren detektiert werden. Insbesondere ist vorgesehen, dass wenigstens 20 %, insbesondere mehr als 40 % und besonders bevorzugt mehr als 60 % der Außenseite der Wandung des Verzinkungskessels über Sensoren detektiert werden und dabei versteht es sich,

dass sich die vorgenannte Kesselfläche auf den Bereich des Verzinkungskessels bezieht, der üblicherweise mit der flüssigheißen Schmelze gefüllt ist. Der obere Bereich des Verzinkungskessels, in dem sich üblicherweise keine Schmelze befindet, ist dementsprechend unbeachtlich und wird auch nicht überwacht. In der Praxis sind üblicherweise meist nur die oberen 5 bis 10 cm des Verzinkungskessels nicht mit der flüssigheißen Schmelze befüllt, so dass, vorzugsweise, eine Überwachung der Wandstärke der Wandung des Verzinkungskessels über den gesamten Bereich erfolgt, der einen Kontakt zur flüssigheißen Zinkschmelze aufweist.

[0044] Wenngleich es grundsätzlich möglich ist, den oder die Sensoren unmittelbar an der Außenseite der Wandung des Verzinkungsprozesses anzuordnen und zu befestigen, ist bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass der Sensor und/oder die Mehrzahl von Sensoren auf einer, insbesondere über die gesamte Höhe des Verzinkungskessels und/oder über einen definierten Bereich reichenden, Trägerplatte angeordnet ist, insbesondere wobei durch die Trägerplatte die Sensoren einen direkten und/oder unmittelbaren Kontakt zur Außenseite der Wandung des Verzinkungskessels aufweisen. Die Sensoren können dabei auch bevorzugt in die Trägerplatte eingelassen werden, so dass sich insbesondere eine direkte Anordnung an die Verzinkungskesselwand ergibt. Durch das Trägerblech und/oder die Trägerplatte werden die Sensoren zusätzlich geschützt, da die Trägerplatte insbesondere zwischen einer wenigstens einen Brenner aufweisenden Brenneinrichtung und der Verzinkungskesselwand angeordnet ist, insbesondere wobei die Sensoren bzw. der Sensor der Brenneinrichtung abgewandten Seite des Verzinkungskessels zugewandt sind/ist. Vorzugsweise wird somit die Temperatur mittels des Sensors zwischen dem Trägerblech bzw. der Trägerplatte und der Wandung des Verzinkungskessels, insbesondere in der Grenzfläche der Wandung, aufgezeichnet, insbesondere wobei aufgrund einer korrelativen Beziehung zwischen der Temperatur und der Wandstärke auf die Wandstärke des Verzinkungskessels geschlossen werden kann bzw. die Wandstärke mittels der Temperatur abgeleitet bzw. berechnet werden kann.

[0045] Weiter bevorzugt ist, dass die Trägerplatte mit dem Sensor bzw. den Sensoren auf der Außenseite der Verzinkungskesselwand so zu befestigen ist, dass ein vollflächiger, insbesondere lückenloser, Kontakt zur Wandung des Verzinkungskessels hergestellt wird. Vorzugsweise wird dabei die Trägerplatte mit der Verzinkungskesselwand verschraubt. Bei einer Verschraubung der Trägerplatte mit der Kesselwand ist bevorzugt vorab die Kesselwand so ausgebildet worden, dass an diese Schweißbolzen mit Gewinden gesetzt worden sind. Insbesondere ergeben sich bei dieser Ausführungsvariante geringe Kosten, sowohl für die Herstellung als auch für die Montage. Dabei muss die den Sensor bzw. die Sensoren aufweisende Trägerplatte keine statische Tragwirkung, insbesondere für den Verzinkungskessel, übernehmen, so dass bevorzugt das Trägerblech bzw. die Trägerplatte relativ dünn ausgeführt sein kann. Darüber hinaus ergibt sich, dass die Trägerplatte schnell und einfach an der Außenseite des Verzinkungskessels, insbesondere vor dessen Einheben in die Tragstruktur des Ofens, befestigt werden kann, wodurch der Montageaufwand und die damit verbundene Stillstandzeit des Verzinkungskessels minimiert werden kann.

[0046] Die der vorgenannten Ausführungsform zugrundeliegende Idee ist, dass mittels der Temperatur in dem Zwischenraum zwischen dem Trägerblech und der Verzinkungskesselwand, insbesondere mittels der Temperatur der Grenzfläche der Wandung, auf die Wandstärke des Verzinkungskessels geschlossen bzw. diese berechnet werden kann, insbesondere auf Basis der ersten Fourierschen Gleichung. Die erste Fouriersche Gleichung beschreibt die durch Wärmeleitung übertragene Wärmeleistung \dot{Q} , auch Wärmediffusion oder Konduktion oder Wärmestrom genannt. Dabei wird die Wärmeleistung als Wärmefluss in einem Feststoff und/oder einem ruhenden Fluid infolge eines Temperatureinflusses verstanden. Die Wärme fließt dabei - gemäß dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik - immer in Richtung der geringeren Temperatur. Aufgrund des Energieerhaltungssatzes kann keine Wärmeenergie verloren gehen. Die Wärmeleitung ist dabei die Diffusion von thermischer Energie, wobei sie bei einem Temperaturfeld $T(x, y, z, \tau)$ nach dem ersten Fourierschen Gesetz vektoriell geschrieben werden kann als:

$$\vec{\dot{Q}} = -\lambda \cdot A \cdot \vec{\nabla} \cdot T \quad (1)$$

mit:

- Temperaturfeld $T = T(x, y, z, \tau)$ [T] = K
- Wärmeleitfähigkeit $\lambda = \lambda(T, p)$ [λ] = $\frac{W}{mK}$
- Flächenelement, durch welche die Wärme strömt A [A] = m²
- Wärmeleistung / Wärmestrom $\vec{\dot{Q}}$ [Q̇] = W

EP 3 612 658 B1

[0047] Unter der Annahme, dass ein isotropes Material vorliegt, kann λ als ein Skalar angenommen werden. Differentiell ergibt sich:

$$\dot{Q}_i = -\lambda \cdot A \frac{\partial T}{\partial x_i} \quad (2)$$

[0048] Im nicht-isotropen Fall gilt in differentieller Schreibweise:

$$\frac{\dot{Q}_i}{A} = -\lambda_{ij} \cdot \frac{\partial T}{\partial x_j} \quad (3)$$

[0049] Als Spezialfall, insbesondere zur einfachen Berechnung der Wandstärke, kann eine stationäre Wärmeleistung, auch Wärmestrom und/oder Wärmefluss genannt, angenommen werden, wobei τ in diesem Fall die Zeit darstellt.

$$\frac{d\dot{Q}}{d\tau} = 0$$

$$\dot{Q} = \text{const.} \quad (4)$$

[0050] Folglich lässt sich die Gleichung (1) im eindimensionalen Fall mit (4) vereinfachen zu

$$\dot{Q} = -\lambda \cdot A \frac{dT}{dx} = \text{const.} \quad (5)$$

[0051] Mittels Integration ergibt sich bei einem ersten System mit der Wärmeleitfähigkeit λ_1 , wobei eine ebene Platte die Dicke t_1 aufweist und auf der einen Seite die Temperatur T_1 und auf der anderen Seite der ebenen Platte die Temperatur T_2 vorhanden ist, dass:

$$\frac{\dot{Q}}{\lambda_1 A_1} \cdot \int_0^{t_1} dx = - \int_{T_1}^{T_2} dT \quad \lambda_1 \neq f(T, x)$$

$$\Leftrightarrow \frac{\dot{Q}}{\lambda_1 A_1} \cdot x \Big|_0^{t_1} = -T \Big|_{T_1}^{T_2}$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q} = \frac{\lambda_1 \cdot A_1 \cdot (T_1 - T_2)}{t_1} \quad (6)$$

[0052] Das erste System ist dabei bevorzugt die Trägerplatte, wobei

- T_1 Temperatur im Brennraum
- T_2 Temperatur in der Zwischenebene zwischen Trägerplatte und Verzinkungskesselwand
- t_1 Dicke der Trägerplatte
- A_1 Fläche durch die die Wärmeleistung Q strömt

[0053] Bei einem zweiten System, insbesondere welches eine ebene Platte, bevorzugt die Verzinkungswand, aufweist und sich vorzugsweise an das erste System anschließt, gilt bei einer Wärmeleitfähigkeit λ_2 mit einer Dicke t_2 einer Platte, dass

$$\frac{\dot{Q}}{\lambda_2 A_2} \cdot \int_{t_1}^{t_2+t_1} dx = - \int_{T_3}^{T_4} dT \quad \lambda_2 \neq f(T, x)$$

$$\Leftrightarrow \dot{Q} = \lambda_2 \cdot A_2 \cdot \frac{T_3 - T_4}{t_2} \quad (7)$$

wobei gilt:

- T_3 Temperatur in der Zwischenebene zwischen Trägerplatte und Verzinkungskesselwand
- T_4 Temperatur an der Innenwand des Verzinkungskessels
- t_2 Dicke des Verzinkungskessels
- A_2 Fläche, durch die die Wärmeleistung Q strömt

[0054] Hieraus lässt sich ableiten, dass

$$\begin{aligned} T_3 &= T_2 \\ A_1 &= A_2 \end{aligned} \quad (8)$$

wobei dieser Annahme zugrunde liegt, dass die Messwerterfassung auf den gleichen Flächenbereich wirkt. Ferner kann die Annahme getroffen werden, dass bei Verwendung des gleichen Materials für die Trägerplatte als wie für die Verzinkungskesselwand die Wärmeleitfähigkeiten gleichzusetzen sind.

$$\lambda_1 = \lambda_2 \quad (9)$$

[0055] Damit lässt sich folgender Zusammenhang zur Bestimmung der Wandstärke des Verzinkungskessels herleiten (mit $\lambda_1 = \lambda$ und $A_1 = A$):

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= \frac{\lambda}{t_1} A (T_1 - T_2) \\ \dot{Q} &= \frac{\lambda}{t_2} A (T_2 - T_4) \end{aligned}$$

mit $\dot{Q} = const.$ (4)

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{\lambda}{t_1} A (T_1 - T_2) &= \frac{\lambda}{t_2} A (T_2 - T_4) \\ \Leftrightarrow t_2 &= t_1 \cdot \frac{T_2 - T_4}{T_1 - T_2} \end{aligned} \quad (10)$$

[0056] Lediglich bei der Verwendung von unterschiedlichen Materialien ist die Berechnung mit den entsprechenden, insbesondere bekannten Wärmeübergangskoeffizienten bzw. Wärmeleitfähigkeiten λ_1, λ_2 der verwendeten Materialien durchzuführen.

[0057] Vorzugsweise wird die Temperatur T_4 (Temperatur an der Innenwand des Verzinkungskessels) sowie die Temperatur T_1 (Temperatur im Brennerraum) durch den weiteren Sensor erfasst. Sofern die Überwachungseinrichtung in einem bestehenden Feuerverzinkungskessel eingesetzt wird, wobei die Vorrichtung zur Feuerverzinkung bereits Sensoren zur Messung der Temperatur im Brennerraum und in der Zinkschmelze aufweist, so können die Messwerte dieser bereits vorhandenen Sensoren vorteilhafterweise genutzt werden. Grundsätzlich ist es auch denkbar, sofern keine Messwerte zur Temperatur im Brennerraum bzw. zur Temperatur in der Zinkschmelze vorliegen, diese insbesondere durch weitere Messwerte, abzuschätzen.

[0058] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass wenigstens ein Sensor auf einem, insbesondere über die gesamte Höhe und/oder Länge des Verzinkungskessels reichen-

den, zusätzlichen Wandabschnitt vorgesehen ist. Der Verzinkungskessel kann dabei grundsätzlich mehrschichtig ausgeführt sein, insbesondere wobei er eine den inneren Teil des Verzinkungskessel umgebenden äußeren Außenkessel vorsieht. Die zusätzliche Wand bzw. der Wandabschnitt kann vorzugsweise eine stützende Funktion für den Verzinkungskessel übernehmen, so dass dieser entlastet wird. Vorteilhaft ist, dass im Vergleich zu einem dem Verzinkungskessel vollumfassenden Vollkessel eine materialsparende Bauweise bei gleichzeitiger Entlastung des Verzinkungskessels ermöglicht wird, so dass lediglich Bereiche abgedeckt werden, an denen auch die Brenner angeordnet bzw. die Wärmeeinbringungszonen vorgesehen sind. Insbesondere können demzufolge die Seitenflächen, insbesondere die brennerlosen Bereiche, vorzugsweise der Boden und insbesondere die Stirnseiten, nicht an einem zusätzlichen Wandabschnitt, der bevorzugt über die gesamte Höhe und Breite der zugehörigen Verzinkungskesselwand reicht, angeordnet werden. Vorzugsweise wird aufgrund des hydrostatischen Druckes des Verzinkungskessels, der insbesondere an die Außenwand übertragen wird, der, insbesondere herstellungsbedingt vorliegende, Spalt zwischen dem Wandabschnitt und der Verzinkungskesselwand geschlossen. Die Erfassung der Wandstärke erfolgt insbesondere analog zu der bereits geschilderten Messmethode bei der Trägerplatte, da der Sensor die Temperatur an der Wandung des Verzinkungskessels, die zu dem Wandabschnitt ausgerichtet ist, aufzeichnet.

[0059] Im Übrigen ist bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsvariante des Erfindungsgedankens vorgesehen, dass der Sensor und/oder die Sensoren im Zwischenraum, insbesondere in der Grenzfläche der Wandung, außenseitig zumindest bereichsweise auf einen den Verzinkungskessel umgebenden Außenkessel vorgesehen sind. Der wenigstens eine Sensor zeichnet dabei die Temperatur der Grenzfläche im Zwischenraum zwischen der Wandung des Verzinkungskessels und den Außenkessel auf, die annähernd der Temperatur der äußeren Wandung des Verzinkungskessels gleichgesetzt werden kann, so dass eine Ermittlung der Wandstärke anhand der eindimensionalen, ebenen Wärmeleitung (erstes Fouriersches Gesetz) erfolgen kann. Der Außenkessel ist vor allem im Hinblick auf die Betriebssicherheit vorteilhaft, da er bei einer möglichen Havarie des Verzinkungskessels bzw. bei einer Leckage des Verzinkungskessels ein Auslaufen der Zinkschmelze verhindert.

[0060] Darüber hinaus kann bevorzugt aufgrund des Außenkessels die Wandstärke des Verzinkungskessels reduziert werden, insbesondere von 50 mm auf 30 mm, wobei die Kesselstandzeit nicht verringert werden muss. Es ergibt sich in diesem Fall der Verringerung der Wandstärke des Verzinkungskessels ein verringertes Transport- und Hubgewicht, so dass der logistische Aufwand beim Austausch eines Verzinkungskessels deutlich reduziert werden kann. Vorzugsweise übernimmt der Außenkessel einen Teil der Tragfunktion im Hinblick auf die Aufnahme der Belastung infolge des hydrostatischen Druckes der Zinkschmelze vom Verzinkungskessel, so dass bevorzugt der Spannungszustand im Verzinkungskesselmaterial erheblich reduziert werden kann. Hierdurch kann eine Korrosion aufgrund von Spannungen, auch Spannungskorrosion genannt, weitgehend reduziert werden. Dies ergibt insbesondere eine Reduktion des gesamten Abtrags der Kesselwandstärke.

[0061] Der Verzinkungskessel wird dabei bevorzugt in den Außenkessel eingelassen, so dass sich ein Spalt zwischen dem unbefüllten Verzinkungskessel und dem Außenkessel ergibt. Üblicherweise wird der Spalt im Hinblick auf die Montierbarkeit und zum Ausgleich von Fertigungstoleranzen benötigt. Infolge der Befüllung des Verzinkungskessels mit der Zinkschmelze in den Kesselinnenraum schließt sich der Spalt aufgrund des hydrostatischen Druckes, der aufgrund der Zinkschmelze hervorgerufen wird, so dass bevorzugt beide Kessel in einen direkten Kontakt miteinander kommen. Sind dabei auf der Innenseite des Außenkessels, die dem Verzinkungskessel zugewandt ist, der Sensor bzw. die Sensoren vorgesehen, so ergibt sich bevorzugt eine, vorzugsweise nahezu exakte, Aufnahme der anliegenden Temperatur an der Verzinkungskesselwand, vorteilhafterweise ohne Einfluss von Störeinflüssen bzw. Fehlsignalen. Darüber hinaus erzeugt ein vollflächiger Kontakt der Kesselwände einen optimalen Wärmeübertrag aufgrund der Wärmeleitung vom Außenkessel zum Verzinkungskessel, wobei die Außenseite des Außenkessels der Brenneinrichtung zugewandt ist. Bei dieser Ausführungsform wird der wenigstens eine Sensor von der Außenkesselwand vor den hohen thermischen Belastungen der Brenneinrichtung geschützt.

[0062] Im Übrigen ist es besonders vorteilhaft, wenn der Außenkessel und/oder der Wandabschnitt und/oder die Trägerplatte eine erhöhte Festigkeit im Vergleich zum Verzinkungskessel aufweisen. In diesem Zusammenhang bietet es sich insbesondere an, die vorgenannten Bauteile aus einem Stahl des Typs S355 auszuführen. S355-Stähle werden insbesondere für beanspruchte Teile im Maschinen- und Stahlbau verwendet. Vorzugsweise weist der S355-Stahl eine erhöhte Festigkeit als das Material des Verzinkungskessels auf, insbesondere wobei der Verzinkungskessel bevorzugt aus VZH-Stahl hergestellt wird. VZH-Stahl wird vorzugsweise für Verzinkungs- und Bleischmelzpfannen sowie für ähnliche Verwendungszwecke eingesetzt. Dabei ist VZH-Stahl ein weicher Sonderstahl, der ohne Siliciumzusatz erschmolzen wird. Die Beruhigung erfolgt mit Aluminium, wobei der Aluminiumgehalt auf den Stickstoffgehalt abgestimmt ist. Insbesondere weist die Standardausführung eines VZH-Verzinkungskessels eine Festigkeit bei einer Temperatur von 450 °C von weniger als 55 MPa auf. Die Mindeststreckgrenze, insbesondere für Blechdicken zwischen 35 bis 70 mm, beträgt bei einem VZH-Stahl bei Raumtemperatur etwa 175 MPa. Im Gegensatz beträgt dazu die Mindeststreckgrenze bei Raumtemperatur bei einem S355-Stahl 355 MPa, insbesondere wobei die Festigkeit bei einer Temperatur von etwa 450 °C 250 MPa ist. Demgemäß ist die Festigkeit in dem vorhandenen Temperaturintervall der Feuerverzinkung bei einem S355-Stahl bevorzugt fünffach höher als bei einem VZH-Stahl, so dass insbesondere der erforderliche Querschnitt

des Kesselblechs zur Aufnahme der gleichen Belastung erheblich geringer ausfallen kann.

[0063] Vorteilhafterweise ist der Sensor bereichsweise an der Außenseite der Wandung des Verzinkungskessels angeordnet und/oder liegt an der Außenseite der Wandung des Verzinkungskessels an. Bei einem direkten Kontakt zu der Außenwandung des Verzinkungskessels kann insbesondere ohne die Verwendung einer weiteren Wand direkt über die Temperatur der Außenseite des Verzinkungskessels die Wandschichtdicke des Verzinkungskessels ermittelt werden. Dazu wird die eindimensionale, stationäre Wärmeleitung einer ebenen Wand verwendet. Bei der eindimensionalen stationären Wärmeleitung ist die Temperatur nur eine Funktion der x-Koordinate und die Wärme wird ausschließlich in diese Richtung übertragen. Beispielsweise trennt, wie im Fall des Verzinkungskessels, eine Wand der Dicke t_2 ein heißes Fluid, insbesondere eine schmelzflüssige Zinkschmelze, von einem äußeren Bereich. Die Wandtemperaturen an der heißen und an der kalten Seite sind mit T_3 bzw. T_4 bezeichnet.

[0064] Durch eine geeignete Form der Wärmeleitung im Hinblick auf die eindimensionale stationäre Wärmeleitung ohne Energieerzeugung in der Wand kann folgende Gleichung angewendet werden:

$$\dot{Q} = -\lambda \cdot A \frac{dT}{dx}$$

[0065] Bei einer bekannten Wärmeleistung kann somit auf die Wanddicke geschlossen werden.

[0066] Soll die Berechnung der Wandstärke ohne die Verwendung der Wärmeleistung erfolgen, so ist insbesondere eine weitere Wand zur Bestimmung der Wandstärke mittels der Temperatur vorzuhalten, beispielsweise in Form einer Trägerplatte und/oder eines Wandabschnittes und/oder eines Außenkessels. Es versteht sich in diesem Zusammenhang, dass auch unter der Verwendung einer Trägerplatte und/oder eines weiteren Wandabschnittes und/oder eines Außenkessels die Messung der Temperatur mittels wenigstens eines Sensors direkt an der Außenseite der Wandung des Verzinkungskessels erfolgen kann.

[0067] Darüber hinaus ist es besonders vorteilhaft, wenn die Überwachungseinrichtung wenigstens eine Speichereinrichtung zur Speicherung der gemessenen und/oder berechneten und/oder abgeleiteten Werte aufweist. Die Speichereinrichtung kann insbesondere derart ausgebildet sein, dass die Betriebszustände aufgezeichnet werden, so dass ein Nachweis von bestimmten Abläufen im Verzinkungsbetrieb gewährleistet werden kann. Demzufolge ist diese Speicherung auch insbesondere dann vorteilhaft, wenn ein Störfall aufgetreten ist, der später bewertet werden soll. Darüber hinaus kann durch eine Speichereinrichtung der zeitliche Verlauf der Kesselwandstärke betrachtet und/oder berücksichtigt werden, so dass nicht nur eine sofortige Reaktion auf Kennwerte erfolgen kann, sondern auch auf einen schleichenden Verlauf bzw. Veränderung der Kennwerte reagiert werden kann. Eine Speichereinrichtung bietet folglich die Möglichkeit, den Verzinkungsprozess nachhaltig zu optimieren und effizienter auszugestalten.

[0068] Vorzugsweise weist die Überwachungseinrichtung eine Anzeigeeinrichtung zur optischen und/oder akustischen Anzeige auf, insbesondere wobei die Anzeigeeinrichtung mit der Auswerteeinrichtung derart gekoppelt ist, dass bei Unterschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes der Wandstärke der Wandung des Verzinkungskessels ein Anzeigesignal angezeigt wird. In diesem Zusammenhang versteht es sich auch, dass die Anzeigeeinrichtung mit der Speichereinrichtung gekoppelt sein kann, so dass auch ein Anzeigen von einem zeitlichen Verlauf der Kennwerte ermöglicht wird. Insbesondere dem Bedienpersonal der Verzinkung ist es somit möglich, die zeitliche Veränderung der Wandstärke des Verzinkungskessels nachzuvollziehen, so dass sich ein effizienterer Einsatz des Verzinkungskessels ergibt.

[0069] Als Grenzwert der Wandstärke der Wandung des Verzinkungskessels ist insbesondere eine Wandstärke im Bereich von 5 bis 30 mm, bevorzugt zwischen 10 bis 25 mm, weiter bevorzugt zwischen 15 bis 20 mm, insbesondere zumindest im Wesentlichen 20 mm, anzusehen. Eine Wandstärke von 20 mm hat bereits einen kritischen Zustand des Verzinkungskessels erreicht und ein möglicher globaler und/oder lokaler Stabilitätsverlust des Verzinkungskessels können nicht ausgeschlossen werden, so dass bei Erreichen der kritischen Wandstärke bzw. des Grenzwertes der Wandstärke die Aussendung einer Anzeige besonders vorteilhaft ist.

[0070] Vorteilhafterweise ist die Überwachungseinrichtung mit einer wenigstens einen Brenner aufweisenden Brenneinrichtung gekoppelt, wobei die Überwachungseinrichtung zur Steuerung der Brenneinrichtung ausgebildet ist. Die Brenneinrichtung bringt die benötigte Wärmeenergie in die Zinkschmelze über die Verzinkungskesselwand ein. Letztlich versteht es sich, dass bevorzugt die Brenneinrichtung eine Mehrzahl an Brennern aufweist, die bevorzugt um den Umfang und/oder der Höhe des Verzinkungskessels verteilt, und zweitens insbesondere gleich beabstandet verteilt, auf dessen Außenwand ausgerichtet sind, wobei durch die Brenner eine Wärmeerbringungszone auf der Verzinkungskesselwand ausgebildet wird. Als Wärmeerbringungszone wird dabei der Bereich der Außenwand des Verzinkungskessels bezeichnet, der unmittelbar von der Flamme des Brenners bzw. vom Flammkegel des Brenners erfasst wird. Aufgrund der Erfindung ist es nun möglich, die Wärmeerbringungszone so auszubilden, dass einzelne, insbesondere lokale, erhöhte Temperaturbereiche, sogenannte "Hotspots", vermieden werden. Hierzu können die einzelnen Brenner der Brenneinrichtungen von ihrer Brennerleistung und/oder ihrer Ausrichtung her über die Steuereinrichtung angesteuert werden. Insbesondere ist die Brenneinrichtung so zu steuern und/oder auszurichten, dass sich eine

zumindest im Wesentlichen gleichmäßige Wärmeeinbringungszone an der Außenwand des Verzinkungskessels ergibt.

[0071] Die Steuereinrichtung der Brennereinrichtung ist bevorzugt so auszuführen, dass sich ein gleichmäßiger Abtrag der Kesselwandstärke ergibt. Insbesondere soll ein minimaler Abtrag der Kesselwand sichergestellt werden. Bei einer Abweichung der Kennwerte von vorgegebenen Sollwerten kann beispielsweise die Brennleistung eines Brenners verändert werden. Darüber hinaus ist es auch denkbar den Brenneckel eines Brenners zu verändern, insbesondere wobei die Richtung des Brenners verändert wird. So können beispielsweise die Wärmeeinbringungszone eingestellt werden. Vorzugsweise ist bei einer Mehrzahl von Brennern eine individuelle Einstellung für jeden Brenner vorgesehen. Bei Erreichen eines maximalen und/oder minimalen Grenzwertes eines Kennwertes, beispielsweise 20 mm als Wandstärke der Wandung, kann auch eine sofortige Abschaltung der Brennereinrichtung eingeleitet werden. Folglich kann die Brennereinrichtung in Abhängigkeit der erfassten Messwerte und insbesondere in Abhängigkeit des zeitlichen Verlaufes von Kennwerten eingestellt werden, so dass sich eine Erhöhung der Materialeffizienz und eine längere Standzeit des Verzinkungskessels ergibt.

[0072] Vorteilhafterweise wird die Steuerung der Brennereinrichtung über die Gaszufuhr und/oder die Luftzufuhr des Brenners der Brennereinrichtung ausgebildet. So kann die Gaszufuhr und/oder die Luftzufuhr dahingehend angepasst werden, dass sich eine erhöhte oder eine verringerte Wärmeleistung des Brenners ergibt.

[0073] Im Übrigen ist bei einer weiteren Ausführungsvariante des Erfindungsgedankens vorgesehen, dass die Brennereinrichtung mindestens zwei unabhängig steuerbare Brenner aufweist. Zwei voneinander unabhängige Brenner bieten den Vorteil, dass unterschiedliche Wärmeeinbringungszone auf dem Verzinkungskessel bzw. der Wandung des Verzinkungskessels möglich sind, wenn dies aufgrund des Verzinkungsprozesses und der in das Verzinkungsbad eingebrachten Bauteile erforderlich ist.

[0074] Vorteilhafterweise sind die Wärmeeinbringungszone beabstandet zueinander an der Außenseite des Verzinkungskessels angeordnet, so dass ein gleichmäßiges Aufwärmen bzw. eine konstante Temperatur der Zinkschmelze gewährleistet wird.

[0075] Darüber hinaus ist bei einer weiteren besonders bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorgesehen, dass der Sensor und/oder die Sensoren im Bereich einer Wärmeeinbringungszone der Brennereinrichtung angeordnet sind. Diese Anordnung des Sensors und/oder der Sensoren ist deshalb vorteilhaft, da vornehmlich in Bereichen der Wärmeeinbringungszone mögliche "Hotspots" entstehen können. Durch die Anordnung von wenigstens einem Sensor in wenigstens einer Wärmeeinbringungszone kann gewährleistet werden, dass diese Zonen, die insbesondere einem erhöhten Risiko eines verstärkten Kesselwandabtrages unterliegen, kontinuierlich überwacht werden können, so dass ein Durchbruch der Kesselwand im Bereich einer Wärmeeinbringungszone vermieden bzw. umgangen werden kann.

[0076] Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Brenner der Brennereinrichtung im Bereich einer den Verzinkungskessel mit Abstand umgebenden Ofen tragstruktur vorgesehen ist. Dabei sind die Brenner bzw. ist der Brenner der Brennereinrichtung auf die Außenseite des Verzinkungskessels gerichtet. Bei einer Mehrzahl von Brennern sind diese über den Umfang der Außenseite des Verzinkungskessels verteilt, wobei es sich anbietet, dass die Brenner mit einem gleichen Abstand voneinander beabstandet sind. Darüber hinaus oder ergänzend kann vorgesehen sein, dass benachbarte Brenner bezogen auf die Kesselhöhe versetzt zueinander angeordnet sind und damit bezogen auf die Kesselhöhe unterschiedliche hohe Bereiche des Verzinkungskessels befeuern. Eine derartige Anordnung bietet sich insbesondere bei Flachflammenbrennern an.

[0077] Bei der Verwendung von Hochgeschwindigkeitsbrennern, die insbesondere stirnseitig positioniert sind und parallel zur Längswand des Verzinkungskessels in den Brennerraum feuern, ist vorteilhafterweise eine flächige Anordnung der Sensoren vorgesehen.

[0078] Bei Flachflammenbrennern legt sich die Flamme um den Brenneraustritt an die Ofenwand an, insbesondere bedingt durch die Geometrie und die Strömungsgeschwindigkeit, so dass sich die Flamme ringförmig um den Brenneraustritt erstreckt. Ausgehend vom Brenneraustritt wird die Wärme bzw. die Energie gleichmäßig in den Brennerraum eingebracht. Flachflammenbrenner zeichnen sich sowohl durch eine hohe Flammstabilität als auch durch die mögliche Veränderung von kalter oder erwärmter Brennerluft aus.

[0079] Hochgeschwindigkeitsbrenner zeichnen sich durch eine hohe Flamm Austrittsgeschwindigkeit des Heißgases aus und sorgen demzufolge für eine effektive Durchmischung der Ofenatmosphäre bzw. der Brennerraumatmosphäre. Weiterhin zeichnen sich diese Brenner durch ein stabiles Brennverhalten aus, auch im unter- und/oder überstöchiometrischen Bereich.

[0080] Insbesondere bei Flachflammenbrennern ergibt sich in der Regel ein erhöhter Abtrag im Bereich des Wärmeeinbringungsgebietes bzw. der Wärmeeinbringungszone des Brenners. Bei Hochgeschwindigkeitsbrennern hingegen kann sich ein erhöhter Abtrag der Wandung des Verzinkungskessels im Bereich entlang der Flamme ergeben. Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist daher die Trägerplatte nur in den Bereichen, auf die der Brenner wirkt, installiert. Der Sensor bzw. die Sensoren sind vorzugsweise in den Bereichen eines erhöhten Abtrags der Wandung des Verzinkungskessels angeordnet, so dass ein lokaler und/oder globaler Stabilitätsverlust vermieden werden kann.

[0081] Weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung - gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung

- ist ein Verfahren zur Feuerverzinkung von Bauteilen, insbesondere unter Verwendung einer erfindungsgemäßen, wie zuvor beschriebenen Vorrichtung zur Feuerverzinkung, in einer Zinkschmelze, wobei die Zinkschmelze in einem durch eine Wandung eines Verzinkungskessels gebildeten Kesselinnenraum befindlich und/oder angeordnet ist, wobei die Wandstärke der Wandung eines Verzinkungskessels während des Verzinkungsbetriebes mittels einer Überwachungseinrichtung überwacht wird, wobei wenigstens ein im Bereich der Außenseite der Wandung des Verzinkungskessels vorgesehener Sensor wenigstens die Temperatur des Verzinkungskessels misst und eine mit dem Sensor gekoppelte Auswerteeinrichtung den aufgenommenen Messwert verarbeitet und die Wandstärke der Wandung des Verzinkungskessels berechnet und/oder ableitet.

[0082] Die Überwachung der Feuerverzinkungsvorrichtung bietet - wie zuvor bereits ausgeführt - den Vorteil, dass frühzeitig ein erhöhter Kesselwandabtrag erkannt werden kann und/oder korrigierende Maßnahmen ergriffen werden können und/oder dass der Kesselwandabtrag minimiert und ständig erfasst wird. Demzufolge kann insbesondere die Kesselstandzeit erhöht werden und/oder die Kesselwandminimalstärke verringert werden. Durch eine Überwachung der Wandstärke des Verzinkungskessels ist es möglich, einen Durchbruch des Verzinkungskessels zu vermeiden, der insbesondere aufgrund von thermischen "Hotspots" hervorgerufen wird. Dadurch wird sowohl die Betriebssicherheit erhöht und im Übrigen werden die Produktions- bzw. die Instandsetzungskosten des Verzinkungskessels verringert. Für weitere Vorteile, die sich in Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ergeben, wird auf die obigen Ausführungen im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Feuerverzinkungsvorrichtung ausdrücklich Bezug genommen.

[0083] Wie zuvor beschrieben, ist es bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen, dass wenigstens ein im Bereich der Außenseite der Wandung des Verzinkungskessels vorgesehener Sensor wenigstens die Temperatur des Verzinkungskessels misst und eine mit dem Sensor gekoppelte Auswerteeinrichtung den aufgenommenen Messwert, vorzugsweise mit weiteren erfassten Kennwerten, verarbeitet und die Wandstärke der Wandung des Verzinkungskessels daraus berechnet und/oder ableitet. Durch die, insbesondere indirekte, Messung bzw. Bestimmung der Wandstärke mittels des Sensors kann die Überwachung der Wandung des Verzinkungskessels erfolgen. Dabei versteht es sich, dass eine Mehrzahl von Sensoren eine Redundanz der Überwachungseinrichtung erzeugen und dahingehend ist es vorteilhaft, wenn eine Mehrzahl von Sensoren verwendet wird, insbesondere im Bereich einer Wärmeeinbringungszone. Durch den aufgenommenen Messwert bzw. den ermittelten Kennwert kann die Wandstärke bestimmt werden, so dass eine Auswerteeinrichtung die gewünschte Wandstärke ermitteln kann.

[0084] Vorzugsweise misst ein weiterer Sensor weitere Messwerte der Vorrichtung zur Feuerverzinkung, insbesondere die Temperatur der Zinkschmelze und/oder die Temperatur im Brennerraum. Vorteilhafterweise übergibt der weitere Sensor den Messwert an die Auswerteeinrichtung zur Ermittlung der Wandstärke der Wandung des Verzinkungskessels.

[0085] Vorzugsweise erfolgt eine kontinuierliche Messwernerfassung mittels wenigstens eines Sensors. Die kontinuierliche Messwernerfassung ist insbesondere so auszuführen, dass in regelmäßigen Intervallen eine Messwernerfassung wenigstens eines Kennwertes, insbesondere zur Bestimmung der Wandstärke der Wandung, durchgeführt wird. Die kontinuierliche Messwernerfassung bietet den Vorteil, dass die Wandstärke des Verzinkungskessels während des gesamten Verzinkungsbetriebes überwacht werden kann, so dass individuell auf außerordentliche Betriebssituationen bzw. Störungen reagiert werden kann.

[0086] Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens ist vorgesehen, dass wenigstens eine Speichereinrichtung der Überwachungseinrichtung die, insbesondere berechneten und/oder abgeleiteten Werte, speichert. Eine Speicherung der Werte, insbesondere der Wandstärke, ermöglicht die zeitliche Veränderung des Wertes nachzuvollziehen, um daraus etwaige Abweichungen vom Sollwert oder Sollverlauf abzuleiten bzw. zu erkennen. Dabei kann die Überwachungseinrichtung auch so ausgebildet sein, dass nicht nur Grenzwerte der Wandstärke des Verzinkungskessels überwacht werden, sondern auch ein erhöhter Kesselwandabtrag über einen bestimmten Zeitraum. Hierdurch können möglicherweise Fehler beim Verzinkungszeitraum erkannt werden. Jedenfalls ist es möglich, dass durch die Speichereinrichtung der Kesselwandabtrag nachvollzogen und ein funktionaler Zusammenhang zwischen der Kesselwandstärke des Verzinkungskessels, dem Verzinkungsvorgang und/oder der Zeit hergestellt wird.

[0087] Besonders bevorzugt ist, dass eine Anzeigeeinrichtung der Überwachungseinrichtung ein optisches und/oder akustisches Anzeigesignal anzeigt. Dieses Anzeigesignal wird vorzugsweise dann angezeigt, wenn ein vorgegebener Grenzwert der Wandstärke der Wandung des Verzinkungskessels unterschritten wird. Vorteilhafterweise ist dabei die Anzeigeeinrichtung mit der Auswerteeinrichtung gekoppelt, so dass das Unterschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes erkannt werden kann. Vorzugsweise beträgt der Grenzwert der Wandstärke der Wandung des Verzinkungskessels etwa 20 bis 25 mm und/oder liegt in einem Bereich von 5 bis 30 mm, bevorzugt 10 bis 25 mm. Ein optisches und/oder akustisches Signal ermöglicht es, dass neben einer möglichen, bevorzugt automatisierten, Steuerung der Brennereinrichtung ein manueller Eingriff des Bedienpersonals des Verzinkungskessels ermöglicht wird, so dass das Bedienpersonal auf eine Störsituation aufmerksam gemacht wird. Das Bedienpersonal kann beispielsweise eine sofortige Abschaltung der Brennereinrichtung einleiten und/oder ist sensibilisiert, dass auf bestimmte Bereiche des Verzinkungskessels in besonderem Maße geachtet werden muss. Vorzugsweise ist die Überwachungseinrichtung mit einer wenigstens einem Brenner aufweisende Brennereinrichtung gekoppelt, wobei die Überwachungseinrichtung die Brennerein-

richtung steuert. Eine Steuerung der Brenneinrichtung über die Überwachungseinrichtung gewährleistet, dass die Brenneinrichtung in Abhängigkeit der Wandstärke der Wandung des Verzinkungskessels die Wärmeeinbringungs-
 zonen auf der Wandung beeinflussen kann. So ist eine Vergrößerung oder Verkleinerung einer Wärmeeinbringungszone
 bei gleicher, erhöhter oder verringerter Wärmeleistung möglich. Darüber hinaus können, insbesondere bei einem auto-
 matisierten Vorgang, thermische Hotspots auf der Wand des Verzinkungskessels bzw. auf der Außenseite, die den
 Brennern zugewandt ist, vermieden werden. Eine Steuerung der Brenneinrichtung mittels der Überwachungseinrich-
 tung ermöglicht die Kopplung der Brenneinrichtung zu der Auswerteeinrichtung und/oder der Speichereinrichtung.
 Durch die Kopplung der Brenneinrichtung zu der die Messdaten erfassenden Auswerteeinrichtung stellt sicher, dass
 insbesondere eine optimierte Wärmeeinbringung in die Zinkschmelze erfolgen kann und dass vorzugsweise ein gleich-
 mäßiger Abtrag der Wandstärke des Verzinkungskessels erfolgt.

[0088] Im Übrigen ist es besonders vorteilhaft, wenn die Überwachungseinrichtung die Gaszufuhr und/oder die Luft-
 zufuhr des Brenners der Brenneinrichtung steuert, so dass die Brennerleistung an die berechnete und/oder abgeleitete
 Wandstärke der Wandung des Verzinkungskessels erfolgen kann. Letztlich kann die Überwachungseinrichtung nicht
 nur die Gaszufuhr und/oder die Luftzufuhr des Brenners steuern, sondern insbesondere auch die Ausrichtung des
 Brenners, vorzugsweise den Brennkegel, oder kann, insbesondere bei einer Mehrzahl von Brennern, einzelne Brenner
 ansteuern und/oder die Brenner separat bedienen oder sogar abschalten.

[0089] Im Ergebnis betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Feuerverzinkung von Bauteilen mit einem Verzinkungs-
 kessel zur Aufnahme einer Zinkschmelze im Kesselinnenraum, wobei eine Überwachungseinrichtung zur Überwachung
 der Wandstärke der Wandung des Verzinkungskessels während des Verzinkungskesselbetriebes vorgesehen ist. Dar-
 über hinaus ist erfindungsgemäß ein Verfahren unter Verwendung der vorgenannten Vorrichtung zur Feuerverzinkung
 von Bauteilen vorgesehen. Die Wandstärke der Wandung des Verzinkungskessels kann insbesondere berechnet
 und/oder abgeleitet werden aus wenigstens einem Mess- oder Kennwert, der durch die Überwachungseinrichtung ge-
 messen oder abgeleitet wird.

[0090] Weitere Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der
 nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung und der Zeichnung selbst. Dabei bilden
 alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand
 der vorliegenden Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbeziehung.

[0091] Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen Verzinkungskessels,

Fig. 2A eine schematische Querschnittsansicht einer Alternative des Details A aus Fig. 1,

Fig. 2B eine schematische Querschnittsansicht einer anderen Ausführungsform des Details A aus Fig. 1,

Fig. 3 eine schematische Querschnittsansicht einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verzink-
 ungskessels,

Fig. 4 eine schematische perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Ver-
 zinkungskessels,

Fig. 5 eine schematische Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Trägerplatte,

Fig. 6 eine schematische Darstellung der Temperaturabnahme über die Wandstärke eines Verzinkungskessels,

Fig. 7 eine schematische Darstellung der Temperaturabnahme über die Wandstärke einer weiteren Ausführungs-
 form eines Verzinkungskessels,

Fig. 8 eine schematische Darstellung der Temperaturabnahme über die Wandstärke einer weiteren Ausführungs-
 form eines Verzinkungskessels,

Fig. 9 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Überwachungseinrichtung und

Fig. 10 eine schematische Ansicht von Teilen eines Verzinkungskessels unter Verwendung von Hochgeschwindig-
 keitsbrennern.

[0092] Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung 1 zur Feuerverzinkung von Bauteilen 2, mit einem Verzinkungskessel 3 zur Auf-
 nahme einer Zinkschmelze 4 in einem durch eine Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 gebildeten Kesselinnenraum

5. Bei der dargestellten Vorrichtung 1 zur Feuerverzinkung ist vorgesehen, dass eine Überwachungseinrichtung 6 - gemäß Fig. 9 - zur Überwachung der Wandstärke 7 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 während des Verzinkungsbetriebes vorgesehen ist. Die zu verzinkenden Bauteile 2 werden dabei mittels eines Warenträgers 21, der beispielsweise über eine Laufkatze 22 an einer Traverse 23 bewegbar befestigt ist, in die Zinkschmelze 4 des Verzinkungskessels 3 getaucht. Der Verzinkungsbetrieb liegt dann vor, wenn die Bauteile 2 in die Zinkschmelze 4 getaucht werden und/oder wenn die Zinkschmelze 4 in einem schmelzflüssigen Zustand gehalten wird.

[0093] Wie sich aus Fig. 1 ergibt, ist der Verzinkungskessel 3 in eine Tragstruktur des Ofens 25 eingefasst. Die Fig. 2A verdeutlicht, dass die Überwachungseinrichtung 6 - gemäß Fig. 9 - wenigstens einen, insbesondere im Bereich der Außenseite 9 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 vorgesehenen, Sensor 10 zur Messung wenigstens eines Kennwertes, nämlich der Temperatur des Verzinkungskessels 3 aufweist. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2A ist eine Mehrzahl von Sensoren 10 an der Innenseite des Außenkessels 15 bzw. gemäß der Alternative entsprechend Fig. 2B an der Außenseite 9 des Verzinkungskessels 3 vorgesehen. Die Fig. 2A und 2B sind insofern schematisch, da der Zwischenraum 14 zwischen dem Außenkessel 15 und der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 breiter gezeigt ist, als wie dies in Fig. 1 vorgesehen ist. Tatsächlich ist der Zwischenraum 14 so schmal ausgeführt, dass der Zwischenraum 14 als solches eigentlich keinen "Zwischenraum" darstellt. Schematisch wurde der Zwischenraum 14 gezeigt zur Verdeutlichung des Bereiches der Grenzfläche der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3. Eine schematische Verbreiterung des Zwischenraums 14 wurde zusätzlich zur Verdeutlichung der Anordnung des Sensors bzw. der Sensoren 10 gemäß Fig. 2A und 2B gewählt. Der Außenkessel 15 umfasst dabei den Verzinkungskessel 3, was bedeutet, dass der Außenkessel 15 letztlich Teil des Verzinkungskessels 3 ist. Letztlich versteht es sich, dass in einem weiteren Ausführungsbeispiel ein mehrschichtiger Aufbau des Verzinkungskessels 3 vorgesehen sein kann. Hierbei ist dann kein separater Außenkessel 15 vorgesehen. Bei dieser Ausführungsform sind die Sensoren bzw. ist der Sensor 10 an der Außenseite 9 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 angeordnet.

[0094] Die Fig. 9 verdeutlicht, dass der Sensor 10 mit einer Auswerteinrichtung 11 gekoppelt ist, wobei die Auswerteinrichtung 11 zur Verarbeitung des vom Sensors 10 aufgenommenen Messwertes und zur Berechnung und/oder Ableitung der Wandstärke 7 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 als Kennwert vorgesehen ist. Der Sensor 10 übermittelt den Messwert mittels eines Signals, insbesondere eines elektrischen Signals, an die Auswerteinrichtung 11.

[0095] Nicht dargestellt ist, dass die Überwachungseinrichtung 6 derart ausgebildet ist, dass eine kontinuierliche Messwernerfassung erfolgt. Bei der vorliegenden Ausführungsform erfolgt eine Messwernerfassung in regelmäßigen zeitlichen Intervallen, die zwischen einer Minute und einer Stunde liegen. So ist es beispielsweise möglich, alle zehn Minuten eine Messwernerfassung vorzunehmen. Unabhängig von der Häufigkeit der Messwernerfassung werden die jeweiligen Messwerte über die Auswerteinrichtung 11 verarbeitet.

[0096] Weiterhin ist nicht dargestellt, dass weitere Sensoren 10 und/oder ein weiterer Sensor zur Messung von weiteren Kennwerten und/oder Messwerten der Vorrichtung 1 zur Feuerverzinkung vorgesehen sind. Die weiteren Messwerte beziehen sich beispielsweise auf den Brennerraum und/oder den Kesselinnenraum 5 und/oder auf die Zinkschmelze 4. Insbesondere wird die Temperatur in dem Brennerraum und/oder die Temperatur der Zinkschmelze 4 gemessen, vorzugsweise zur Bestimmung der Wandstärke 7 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3, gemeinsam mit der Temperatur in der Zwischenebene 14 und/oder im Bereich der Grenzfläche der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3. Zusätzlich ist nicht dargestellt, dass der weitere Sensor 10 mit der Auswerteinrichtung 11 gekoppelt ist.

[0097] Eine Ermittlung der Wandstärke 7 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 kann durch Messung der Temperatur in der Grenzfläche der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3, insbesondere unter Zuhilfenahme der standardmäßig und/oder zusätzlich erfassten Temperaturen im Brennerraum sowie in der Zinkschmelze 4, erfolgen. Dabei ist der, insbesondere als Temperatursensor ausgebildete, Sensor 10 im Bereich der Grenzfläche der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 vorgesehen. Dies wird auch in Fig. 2A und Fig. 2B verdeutlicht.

[0098] Anhand eines Rechenbeispiels wird nachfolgend verdeutlicht, wie die Wandstärke 7 des Verzinkungskessels 3 aus der Temperatur berechnet werden kann.

[0099] Zunächst erfolgt eine Kalibrierung des Sensors 10 im Grenzbereich der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3, vorzugsweise im Neuzustand des Verzinkungskessels 3 und/oder bei Installation der Überwachungsvorrichtung 6, insbesondere zumindest unter Kenntnis einer bekannten Wandstärke 7. Es wird die Formel (10) genutzt:

$$t_2 \cdot (T_1 - T_2) = t_1 \cdot (T_2 - T_4)$$

mit $\lambda_1 = \lambda_2$

T_1 Temperatur im Brennerraum, Außenseite der Trägerplatte 12 und/oder des Außenkessels 15 und/oder des Wandabschnitts 13

T_2 Temperatur in der Zwischenebene zwischen Trägerplatte 12 und Verzinkungskessel 3 (Innenseite Trägerplatte 12/Außenseite 9 des Verzinkungskessels 3)

EP 3 612 658 B1

- T_4 Temperatur an der Innenwand des Verzinkungskessels 3
- t_1 Wanddicke der Trägerplatte 12 und/oder des Außenkessels 15 und/oder des Wandabschnitts 13
- t_2 Wandstärke 7 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3

5 **[0100]** Zur Ermittlung der Temperatur T_2 kann folgende Umformung getroffen werden:

$$T_2 (-t_2 - t_1) = -t_2 T_1 - t_1 \cdot T_4$$

10

$$T_2 = \frac{t_2 T_1 + t_1 \cdot T_4}{t_1 + t_2}$$

15

- $t_1 = 20 \text{ mm}$
- $t_2 = 50 \text{ mm}$
- $T_1 = 600^\circ \text{ C}$
- $T_4 = 450^\circ \text{ C}$

20

$$T_2 = \frac{50 \cdot 600 + 20 \cdot 450}{50 + 20} \quad \frac{\text{mm} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{mm}}$$

$$T_2 = 557,14^\circ \text{ C}$$

25

[0101] Bei der Berechnung wird angenommen, dass die Temperaturverteilung im Brennerraum wie auch im Kesselinnenraum 5 bzw. im Verzinkungskessel 3 als homogen anzusehen ist. Die sich in der Grenzfläche eingestellte bzw. in dem Zwischenraum 14 einstellende theoretische Temperatur T_2 wird dabei mittels des Sensors 10 erfasst. Über den Abgleich des theoretischen SOLL-Wertes und des tatsächlichen erfassten IST-Wertes kann die Kalibrierung im Neuzustand durchgeführt werden.

30

[0102] Bei einer kontinuierlichen Messwerterfassung ergibt sich beispielsweise ein Zustand nach acht Jahren, der dadurch charakterisiert ist, dass

35

- Wanddicke der Trägerplatte 12 und/oder des Außenkessels 15 und/oder des Wandabschnitts 13 $t_1 = 20 \text{ mm}$
- Temperatur im Brennerraum $T_1 = 600^\circ \text{ C}$
- Temperatur Innenseite des Verzinkungskessels 3 $T_4 = 450^\circ \text{ C}$
- Temperatur in der Grenzebene bzw. der Grenzfläche der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 $T_2 = 535^\circ \text{ C}$

[0103] Die Dicke bzw. die Wandstärke 7 des Verzinkungskessels 3 lässt sich wie folgt bestimmen:

40

$$t_2 = t_1 \cdot \frac{T_2 - T_4}{T_1 - T_2}$$

45

[0104] Es ergibt sich mit den bekannten Größen:

$$t_2 = 20 \cdot \frac{535 - 450}{600 - 535} \text{ mm}$$

50

$$t_2 = 26,15 \text{ mm}$$

[0105] Es liegt somit eine deutliche Abnahme der Wandstärke 7 des Verzinkungskessels 3 nach acht Jahren von 50 mm auf 26 mm vor. Durch die Überwachungseinrichtung 6 kann diese kritische Wandstärke 7 des Verzinkungskessels 3 kontinuierlich überwacht werden und bei Unterschreiten eines Grenzwertes, beispielsweise unter 25 mm, kann entweder ein Anzeigesignal und/oder ein Gegensteuern ausgelöst bzw. eingeleitet werden.

55

[0106] Im Übrigen ist nicht dargestellt, dass der Sensor 10 als Dünnfilmthermoelement und/oder als Mantelthermoelement ausgebildet ist. Insbesondere hält der Sensor 10 thermischen Belastungen von über 650 °C stand.

[0107] Wie bereits erläutert, zeigt die Fig. 2, dass eine Mehrzahl von über einem Bereich der Außenseite 9 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 verteilten Sensoren 10 vorgesehen ist. Diese Mehrzahl von Sensoren 10 ist dabei entweder

an der Innenseite des Außenkessels 15 (gemäß Fig. 2A) und/oder an der Außenseite des Verzinkungskessels 3 (gemäß Fig. 2B) vorgesehen. Die Sensoren 10 erfassen dabei insbesondere die Temperatur im Zwischenraum 14 zwischen dem Außenkessel 15 und dem Verzinkungskessels 3, insbesondere der Grenzfläche der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3.

[0108] Die Sensoren 10 können auf verschiedene Weise an der Außenseite 9 des Verzinkungskessels 3 angebracht bzw. angeordnet werden. Fig. 3 zeigt schematisch, dass der Sensor 10, in Fig. 3 die Sensoren 10, auf einer Trägerplatte 12 vorgesehen ist/sind. Die Trägerplatte 12 ist dabei bevorzugt im Bereich einer Wärmeeinbringungszone 20 - gemäß Fig. 1 - angeordnet, wobei die Wärmeeinbringungszone 20 einer erhöhten thermischen Belastung ausgesetzt ist. Der Sensor bzw. die Sensoren 10 können auf der Trägerplatte 12 in Form eines Netzes (gemäß Fig. 5) oder einzeln aufgebracht sein.

[0109] Die Fig. 4 zeigt, dass der Sensor bzw. die Sensoren 10 auf einem Wandabschnitt 13 vorgesehen sind. Gemäß Fig. 4 reicht dabei der Wandabschnitt 13 über die gesamte Höhe und über die gesamte Höhe des Verzinkungskessels 3 und über die gesamte Höhe des Verzinkungskessels 3. Die Fig. 4 ist insofern schematisch, da sie nicht die Tragstruktur des Ofens 25 sowie die Brennereinrichtung 18 zeigt und darüber hinaus den Spalt zwischen der Außenseite 9 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 und der Innenseite des Wandabschnitts 13 vergrößert darstellt sowie zur Verdeutlichung der Anordnung der Sensoren 10 dem Wandabschnitt 13 keine Dicke zuweist. In weiteren, nicht dargestellten Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass der Wandabschnitt 13 über die gesamte Höhe und/oder Länge des Verzinkungskessels 3 reicht. Die Sensoren 10, die auf der Trägerplatte 12 und/oder den Wandabschnitt 13 eingebracht sind, schließen bündig an die Außenseite 9 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 an. Neben der Anordnung der Sensoren 10 auf einem Wandabschnitt 13 und/oder auf eine Trägerplatte 12 ist es gemäß Fig. 1 und 2 auch denkbar, die den Sensor 10 bzw. die Sensoren 10 auf einen, den Verzinkungskessel 3 umgebenden, Außenkessel 15 vorzusehen. Dabei sind die Sensoren 10 im Zwischenraum 14 bzw. der Grenzfläche der Wandung 8 - in der Explosionsansicht der Fig. 2A und B gezeigt - angeordnet, vorzugsweise an der Innenseite des vom Verzinkungskessel 3 separaten Außenkessels 15.

[0110] Darüber hinaus zeigt die Fig. 9 die Überwachungseinrichtung 6. Die Überwachungseinrichtung 6 weist neben dem wenigstens einen Sensor 10 und der Auswerteeinrichtung 11 eine Speichereinrichtung 16 auf. Die Speichereinrichtung 16 wird zur Speicherung der gemessenen und/oder berechneten und/oder abgeleiteten Werte, insbesondere der Wandstärke 7 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3, genutzt. Dabei wird der Speichereinrichtung 16 das Signal, welches die Werte enthält, über die Auswerteeinrichtung 11 zugeführt. Die Auswerteeinrichtung 11 erhält den gemessenen Wert des Sensors 10 ebenfalls über ein Signal. Des Weiteren weist die Überwachungseinrichtung 6 eine Anzeigeeinrichtung 17 zur optischen und/oder akustischen Anzeige auf. Gemäß Fig. 9 ist die Anzeigeeinrichtung 17 mit der Auswerteeinrichtung 11 gekoppelt. Diese Kopplung führt dazu, dass beispielsweise bei Unterschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes der Wandstärke 7 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 ein Anzeigesignal, insbesondere optisch und/oder akustisch, angezeigt wird. Die Anzeigeeinrichtung 17 kann dabei sowohl von der Auswerteeinrichtung 11 als auch von der Speichereinrichtung 16 ein Signal zur Auslösung eines Anzeigesignals erhalten.

[0111] Ferner zeigt Fig. 9, dass in der Überwachungseinrichtung 6 eine Steuereinrichtung 24 vorgesehen ist, die zur Steuerung einer Brennereinrichtung 18 dient. Gemäß Fig. 1 weist die Brennereinrichtung 18 wenigstens einen Brenner 19 auf. Bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform ist eine Mehrzahl von Brennern 19 vorgesehen. Die Steuereinrichtung 24 kann dabei die zur Steuerung benötigten Signale von der Anzeigeeinrichtung 17 und/oder von der Speichereinrichtung 16 - gemäß Fig. 9 - erhalten.

[0112] Nicht dargestellt ist, dass die Steuereinrichtung 24 zur Steuerung der Gaszufuhr und/oder der Luftzufuhr des Brenners 19 der Brennereinrichtung 18 ausgebildet ist. Die Steuereinrichtung 24 kann insbesondere die Gaszufuhr und/oder Luftzufuhr des Brenners 19 der Brennereinrichtung 18 so steuern, dass eine optimale Wärmeübertragung durch die Brennereinrichtung 18 in die Zinkschmelze 4 vorliegt.

[0113] Weiterhin nicht dargestellt ist, dass der Sensor 10 im Bereich einer Wärmeeinbringungszone 20 angeordnet ist. Gemäß Fig. 1 ist eine Wärmeeinbringungszone 20 an dem Verzinkungskessel 3 in dem Bereich vorgesehen, in dem ein Brenner 19 auf den Verzinkungskessel 3 wirkt. In diesem Bereich - der Wärmeeinbringungszone 20 - wird die Wärmeenergie in die Zinkschmelze 4 bzw. in den Kesselinnenraum 5 eingebracht. In diesen Bereichen ergibt sich eine erhöhte thermische Belastung des Verzinkungskessels 3 bzw. von dessen Wandung 8.

[0114] Fig. 5 zeigt schematisch eine Trägerplatte 12, die an eine die Außenseite 9 des Verzinkungskessels 3 angeordnet wird. Die Anordnung der Sensoren 10 gemäß Fig. 5 ist, insbesondere bei einem Verzinkungskessel 3 unter der Verwendung eines Flachflammenbrenners, netzstrukturförmig ausgebildet, vorzugsweise in Bereichen der Wärmeeinbringungszone 20. Letztlich versteht es sich, dass in einer weiteren, nicht dargestellten Ausführungsform diese Anordnung der Sensoren 10, insbesondere in Form eines Netzes in Bereichen der Wärmeeinbringungszone 20, auch auf dem Außenkessel 15 und/oder auf einem Wandabschnitt 13 vorgesehen sein kann.

[0115] Weiterhin kann gemäß Fig. 10 die Verwendung von Hochgeschwindigkeitsbrennern als Brenner 19 der Brennereinrichtung 18 vorgesehen sein.

[0116] Nicht dargestellt ist, dass die Hochgeschwindigkeitsbrenner stirnseitig positioniert sind und parallel zur Längs-

wand des Verzinkungskessels 3 in den Brennerraum feuern. Ähnlich zu der Anordnung der Sensoren 10 bei Flachflammenbrennern gemäß Fig. 5 ist eine netzförmige Anordnung der Sensoren 10 möglich. Es empfiehlt sich eine flächige Anordnung der Sensoren 10 auf der Innenseite des Außenkessels 15, wie sich dies aus Fig. 10 ergibt. In weiteren, nicht dargestellten Ausführungsformen kann vorgesehen sein, dass die flächige Anordnung der Sensoren 10 auf einer Trägerplatte 12 und/oder auf einem Wandabschnitt 13 vorgesehen ist, wie sich dies ebenfalls aus Fig. 10 ergibt.

[0117] Bei der Berechnung der Wandstärke 7 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 wird die Wärmeleitfähigkeit λ_1 , auch Wärmeleitkoeffizient oder Wärmeübergangskoeffizient genannt, sowohl des Außenkessels 15 und/oder des Wandabschnitts 13 und/oder der Trägerplatte 12 sowie der die Wärmeleitfähigkeit λ_2 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 benötigt. In dem obigen Berechnungsbeispiel wird angenommen, dass der Wärmeübergangskoeffizient λ_1 des Außenkessels 15 und der Wärmeleitkoeffizient λ_2 des Verzinkungskessels 3 als gleich angesehen werden können. Dies vereinfacht die Berechnung der Wandstärke 7 des Verzinkungskessels 3.

[0118] Die Fig. 6 zeigt schematisch die Temperaturabnahme über die Wanddicke x bei gleichen Wärmeleitfähigkeiten. Wie sich aus Fig. 6 ergibt, besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der Temperatur T und der Wanddicke x . Bei Kenntnis der Wandstärke 7 des Außenkessels 15 (t_1), der Temperatur T_1 im Brennerraum, der Temperatur T_2 an der Außenseite 9 des Verzinkungskessels 3, der Temperatur T_4 an der Stelle ($t_1 + t_2$) kann die Wandstärke 7 (t_2) der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 bestimmt werden. Der funktionale Zusammenhang zwischen der Temperatur T und der Wandstärke x ist gemäß Fig. 6:

$$T(x) = T_1 + x \frac{T_2 - T_1}{t_1}$$

[0119] Ist die Wärmeleitfähigkeit λ_1 des Außenkessels 15 größer als die Wärmeleitfähigkeit λ_2 des Verzinkungskessels 3, so ergibt sich ein schematischer Zusammenhang gemäß Fig. 7, wobei im Bereich der Wandstärke 7 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 die Temperatur T stärker abfällt als im Bereich des Außenkessels 15. Die Fig. 8 zeigt hingegen, dass sich ein schematischer Zusammenhang zwischen der Temperatur T und der Wandstärke x ergibt, wobei die Temperatur im Bereich des Außenkessels 15 im Vergleich zur Wandstärke 7 des Verzinkungskessels 3 stärker abfällt, unter der Annahme, dass die Wärmeleitfähigkeit λ_1 des Außenkessels 15 geringer als die Wärmeleitfähigkeit λ_2 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 ist.

[0120] Im Übrigen ist ein Verfahren zur Feuerverzinkung von Bauteilen 2 in einer Zinkschmelze 4, wobei die Zinkschmelze 4 in einem durch eine Wandung 8 eines Verzinkungskessels 3 gebildeten Kesselinnenraum 5 befindlich und/oder angeordnet ist, mit einer Vorrichtung 1 zur Feuerverzinkung gemäß Fig. 1 vorgesehen. Nicht dargestellt ist, dass das Verfahren zur Feuerverzinkung von Bauteilen 2 mittels einer Vorrichtung 1 zur Feuerverzinkung mit einer der vorgenannten Ausführungsformen durchgeführt wird. Bei dem Verfahren ist vorgesehen, dass die Wandstärke 7 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 während des Verzinkungsbetriebes mittels einer Überwachungseinrichtung 6 überwacht wird. Die Fig. 9 zeigt die Überwachungseinrichtung 6, die zur Überwachung der Wandstärke 7 des Verzinkungskessels 3 dient. Die Fig. 1 zeigt den Verzinkungskessel 3 im Verzinkungsbetrieb, wobei die Zinkschmelze 4 in einem flüssigheißen Zustand gehalten wird und Bauteile 2 über einen Warenträger 21 in die Zinkschmelze 4 getaucht werden.

[0121] Gemäß Fig. 2A und 2B ist wenigstens ein Sensor 10 im Bereich der Außenseite 9 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 vorgesehen. Dabei ist eine Mehrzahl von Sensoren 10 vorgesehen. Der Sensor 10 misst in dem dargestellten Ausführungsbeispiel die Temperatur an der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3. Gemäß Fig. 9 überträgt der Sensor 10, insbesondere mittels eines Signals, den gemessenen Kennwert, in dem dargestellten Ausführungsbeispiel die Temperatur, an die mit dem Sensor 10 gekoppelte Auswerteeinrichtung 11. Die Auswerteeinrichtung 11 verarbeitet dabei den Messwert des Sensors 10 und ermittelt und/oder berechnet und/oder leitet die Wandstärke 7 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 ab.

[0122] Nicht dargestellt ist, dass in einem weiteren Ausführungsbeispiel eine kontinuierliche Messwerterfassung des Kennwertes zur Ermittlung der Wandstärke 7 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3 erfolgt.

[0123] Darüber hinaus verdeutlicht die Fig. 9, dass eine Speichereinrichtung 16 die berechneten und/oder abgeleiteten Werte der Auswerteeinrichtung 11 speichert. Die Speichereinrichtung 16 kann dabei mit einer Anzeigeeinrichtung 17 der Überwachungseinrichtung 6 gekoppelt sein. Eine Anzeigeeinrichtung 17 der Überwachungseinrichtung 6 zeigt dabei ein optisches und/oder akustisches Anzeigesignal an. Nicht dargestellt ist, dass das optische und/oder akustische Anzeigesignal dann angezeigt wird, wenn beispielsweise bei Unterschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes der Wandstärke 7 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3, insbesondere bei einem Grenzwert im Bereich von 15 bis 25 mm, vorliegt. Hierfür ist die Anzeigeeinrichtung 17 mit der Auswerteeinrichtung 11 gekoppelt. Weiterhin ist nicht dargestellt, dass auch ein Anzeigesignal durch die Speichereinrichtung 16, insbesondere bei einer zeitlich kritischen Veränderung der Wandstärke 7 der Wandung 8 des Verzinkungskessels 3, ausgelöst wird.

Ferner zeigt die Fig. 9, dass die Überwachungseinrichtung 6 mit einer Brenneinrichtung 18 gekoppelt ist, wobei die

Brennereinrichtung 18 gemäß Fig. 1 wenigstens einen Brenner 19 aufweist. Die Überwachungseinrichtung 6 kann gemäß Fig. 9 die Brennereinrichtung 18 über eine Steuereinrichtung 24 steuern. Die Steuereinrichtung 24 erhält dabei Signale entweder von der Anzeigeeinrichtung 17 und/oder von der Auswerteeinrichtung 11 und/oder von der Speichereinrichtung 16.

5 **[0124]** Nicht dargestellt ist, dass die Steuereinrichtung 24 und/oder die Überwachungseinrichtung 6 die Gaszufuhr und/oder die Luftzufuhr des Brenners 19 der Brennereinrichtung 18 steuert.

Bezugszeichenliste:

10 **[0125]**

- 1 Vorrichtung zur Feuerverzinkung
- 2 Bauteile
- 3 Verzinkungskessel
- 15 4 Zinkschmelze
- 5 Kesselinnenraum
- 6 Überwachungseinrichtung
- 7 Wandstärke
- 8 Wandung
- 20 9 Außenseite der Wandung
- 10 Sensor
- 11 Auswerteeinrichtung
- 12 Trägerplatte
- 13 Wandabschnitt
- 25 14 Zwischenraum
- 15 Außenkessel
- 16 Speichereinrichtung
- 17 Anzeigeeinrichtung
- 18 Brennereinrichtung
- 30 19 Brenner
- 20 Wärmeeinbringungszone
- 21 Warenträger
- 22 Laufkatze
- 23 Traverse
- 35 24 Steuereinrichtung
- 25 Tragstruktur des Ofens
- T Temperatur
- x Wanddicke
- Q Wärmeleistung
- 40 T_1 Temperatur im Brennerraum
- T_2 Temperatur in der Zwischenebene zwischen der Außenseite des Verzinkungskessels und der Trägerplatte und/oder dem Außenkessel und/oder dem Wandabschnitt
- T_3 Temperatur an der Außenseite des Verzinkungskessels
- T_4 Temperatur an der Innenseite des Verzinkungskessels
- 45 A Fläche, durch die die Wärmeleistung strömt
- t_1 Dicke der Trägerplatte und/oder des Außenkessels und/oder des Wandabschnitts
- t_2 Dicke des Verzinkungskessels
- λ_1 Wärmeleitfähigkeit der Trägerplatte
- λ_2 Wärmeleitfähigkeit der Wandung des Verzinkungskessels

50

Patentansprüche

- 55 **1.** Vorrichtung (1) zur Feuerverzinkung von Bauteilen (2) mit einem Verzinkungskessel (3) zur Aufnahme einer Zinkschmelze (4) in einem durch eine Wandung (8) des Verzinkungskessels (3) gebildeten Kesselinnenraum (5), wobei eine Überwachungseinrichtung (6) zur Überwachung der Wandstärke (7) der Wandung (8) des Verzinkungskessels (3) während des Verzinkungsbetriebes vorgesehen ist, wobei die Überwachungseinrichtung (6) wenigstens einen im Bereich der Außenseite (9) der Wandung (8) des

EP 3 612 658 B1

Verzinkungskessels (3) vorgesehenen Sensor (10) zur Messung wenigstens der Temperatur des Verzinkungskessels (3) und eine mit dem Sensor (10) gekoppelte Auswerteeinrichtung (11) zur Verarbeitung des vom Sensor (10) aufgenommenen Messwertes und Berechnung und/oder Ableitung der Wandstärke (7) aufweist.

- 5 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Überwachungseinrichtung (6) derart ausgebildet ist, dass eine kontinuierliche Messwerterfassung erfolgt.
- 10 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**,
dass wenigstens ein weiterer Sensor (10) zur Messung wenigstens eines Messwertes der Vorrichtung (1) zur Feuerverzinkung, insbesondere des Brennerraums und/oder des Kesselinnenraums (5) und/oder der Zinkschmelze (4), vorgesehen ist,
insbesondere wobei der weitere Sensor (10) mit der Auswerteeinrichtung (11) gekoppelt ist, vorzugsweise zur Verarbeitung des vom weiteren Sensor (10) aufgenommenen Messwertes und Berechnung und/oder Ableitung der Wandstärke (7) aufweist.
- 15 4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der als Temperatursensor ausgebildete Sensor (10), vorzugsweise außenseitig, im Bereich der Grenzfläche der Wandung (8) des Verzinkungskessels (3) vorgesehen ist.
- 20 5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der Sensor (10) als Dünnschichtthermoelement und/oder als Mantelthermoelement ausgebildet ist.
- 25 6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass eine Mehrzahl von über einen Bereich der Außenseite (9) der Wandung (8) des Verzinkungskessels (3) verteilten Sensoren (10) vorgesehen ist.
- 30 7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der Sensor (10) auf einer Trägerplatte (12) vorgesehen ist.
- 35 8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der Sensor (10) auf einem, insbesondere über die gesamte Höhe und/oder Länge des Verzinkungskessels (3) reichenden, Wandabschnitt (13) vorgesehen ist.
- 40 9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der Sensor (10) im Zwischenraum (14) zwischen einem dem Verzinkungskessel (3) außenseitig zumindest bereichsweise umgebenden Außenkessel (15) vorgesehen ist.
- 45 10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Überwachungseinrichtung (6) wenigstens eine Speichereinrichtung (16) zur Speicherung der gemessenen und/oder berechneten und/oder abgeleiteten Werte aufweist.
- 50 11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Überwachungseinrichtung (6) eine Anzeigeeinrichtung (17) zur optischen und/oder akustischen Anzeige aufweist,
insbesondere wobei die Anzeigeeinrichtung (17) mit der Auswerteeinrichtung (11) derart gekoppelt ist, dass bei Unterschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes der Wandstärke (7) der Wandung (8) des Verzinkungskessels (3), ein Anzeigesignal angezeigt wird, insbesondere wobei der Grenzwert der Wandstärke (7) im Bereich von 5 bis 20 mm, bevorzugt 10 bis 25 mm, weiter bevorzugt 15 bis 20 mm und insbesondere zumindest im Wesentlichen 20 mm, liegt.
- 55 12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Überwachungseinrichtung (6) mit einer wenigstens einen Brenner (19) aufweisenden Brenneinrichtung (18) gekoppelt ist, insbesondere wobei die Überwachungseinrichtung (6) zur Steuerung der Brenneinrichtung (18) ausgebildet ist.
13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Überwachungseinrichtung (6) zur Steuerung der Gaszufuhr und/oder Luftzufuhr des Brenners (19) der Brenneinrichtung (18) und/oder zur Ausrichtung des Brenners (19) in Bezug auf den Verzinkungskessel (3) aus-

gebildet ist.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der Sensor (10) im Bereich einer Wärmeeinbringungszone (20) der Brenneinrichtung (18) angeordnet ist.

15. Verfahren zur Feuerverzinkung von Bauteilen (2), insbesondere unter Verwendung einer Vorrichtung (1) zur Feuerverzinkung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, in einer Zinkschmelze (4), wobei die Zinkschmelze (4) in einem durch eine Wandung (8) eines Verzinkungskessels (3) gebildeten Kesselinnenraum (5) befindlich und/oder angeordnet ist,

wobei die Wandstärke (7) der Wandung (8) eines Verzinkungskessels (3) während des Verzinkungsbetriebes mittels einer Überwachungseinrichtung (6) überwacht wird, wobei wenigstens ein im Bereich der Außenseite (9) der Wandung (8) des Verzinkungskessels (3) vorgesehener Sensor (10) wenigstens die Temperatur des Verzinkungskessels (3) misst und eine mit dem Sensor (10) gekoppelte Auswerteeinrichtung (11) den aufgenommenen Messwert verarbeitet und die Wandstärke (7) der Wandung (8) des Verzinkungskessels (3) berechnet und/oder ableitet.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**,
dass eine kontinuierliche Messwertaufnahme erfolgt, und/oder ein weiterer Sensor (10) weitere Messwerte der Vorrichtung (1) zur Feuerverzinkung, insbesondere die Temperatur der Zinkschmelze (4) und/oder die Temperatur im Brennerraum, misst und wobei, vorzugsweise, der weitere Sensor (10) mit der Auswerteeinrichtung (11) gekoppelt ist.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass wenigstens eine Speichereinrichtung (16) der Überwachungseinrichtung (6) die, insbesondere berechneten und/oder abgeleiteten, Werte, vorzugsweise die Wandstärke (7) der Wandung (8) des Verzinkungskessels (3), speichert und/oder dass eine Anzeigeeinrichtung (17) der Überwachungseinrichtung (6) ein optisches und/oder akustisches Anzeigesignal anzeigt,

insbesondere wobei die Anzeigeeinrichtung (17) mit der Auswerteeinrichtung (11) derart gekoppelt ist, dass bei Unterschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes der Wandstärke (7) der Wandung (8) des Verzinkungskessels (3) ein Anzeigesignal angezeigt wird, insbesondere wobei der Grenzwert der Wandstärke (7) im Bereich von 5 bis 20 mm, bevorzugt 10 bis 25 mm, weiter bevorzugt 15 bis 20 mm und insbesondere zumindest im Wesentlichen 20 mm, liegt.

18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Überwachungseinrichtung (6) mit einer wenigstens einen Brenner (19) aufweisenden Brenneinrichtung (18) gekoppelt ist, wobei die Überwachungseinrichtung (6) die Brenneinrichtung (18) steuert.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Überwachungseinrichtung (6) die Gaszufuhr und/oder die Luftzufuhr und/oder die Ausrichtung des Brenners (19) der Brenneinrichtung (18) steuert.

Claims

1. A device (1) for hot-dip galvanizing components (2), comprising a galvanizing tank (3) for holding the zinc melt (4) in a tank interior (5) formed by a wall (8) of the galvanizing tank (3), wherein a monitoring apparatus (6) is provided for monitoring the wall thickness (7) of the wall (8) of the galvanizing tank (3) during the galvanizing operation, wherein the monitoring apparatus (6) has at least one sensor (10) provided in the area of the outer side (9) of the wall (8) of the galvanizing tank (3) for measuring at least the temperature of the galvanizing tank (3) and an evaluation device (11) coupled to the sensor (10) for processing the measured value recorded by the sensor (10) and for calculating and/or deriving the wall thickness (7).

2. The device according to claim 1, **characterised in**
that the monitoring apparatus (6) is designed in such a way that the measured values are continuously recorded.

3. The device according to claim 1 or 2, **characterised in**
that at least one further sensor (10) is provided for measuring at least one measured value of the device (1) for hot-dip galvanizing, in particular of the burner chamber and/or the tank interior (5) and/or the zinc melt (4),

in particular wherein the further sensor (10) is coupled to the evaluation device (11), preferably for processing the measured value recorded by the further sensor (10) and calculating and/or deriving the wall thickness (7).

- 5 4. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the sensor (10) designed as a temperature sensor is provided, preferably on the outside, in the region of the boundary surface of the wall (8) of the galvanizing tank (3).
- 10 5. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the sensor (10) is designed as a thin-film thermocouple and/or as a sheathed thermocouple.
- 15 6. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** a plurality of sensors (10) distributed over an area of the outer side (9) of the wall (8) of the galvanizing tank (3) is provided.
- 20 7. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the sensor (10) is provided on a carrier plate (12).
- 25 8. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the sensor (10) is provided on a wall section (13) extending in particular over the entire height and/or length of the galvanizing tank (3).
- 30 9. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the sensor (10) is provided in the intermediate space (14) between an outer tank (15) which surrounds the outer side of the galvanizing tank (3) at least in some areas.
- 35 10. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the monitoring apparatus (6) has at least one storage device (16) for storing the measured and/or calculated and/or derived values.
- 40 11. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the monitoring apparatus (6) has a display device (17) for optical and/or acoustic display, in particular wherein the display device (17) is coupled to the evaluation device (11) in such a way that a display signal is displayed when the wall thickness (7) of the wall (8) of the galvanizing tank (3) falls below a predetermined limit value, in particular wherein the limit value of the wall thickness (7) is in the range of 5 to 20 mm, preferably 10 to 25 mm, more preferably 15 to 20 mm and in particular at least substantially 20 mm.
- 45 12. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the monitoring apparatus (6) is coupled to a burner device (18) having at least one burner (19), in particular wherein the monitoring apparatus (6) is designed to control the burner device (18).
- 50 13. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the monitoring apparatus (6) is designed to control the gas supply and/or air supply to the burner (19) of the burner device (18) and/or to align the burner (19) with respect to the galvanizing tank (3).
- 55 14. The device according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the sensor (10) is arranged in the region of a heat introduction zone (20) of the burner device (18).
15. A method for hot-dip galvanizing components (2), in particular using a device (1) for hot-dip galvanizing according to any one of the preceding claims, in a zinc melt (4), wherein the zinc melt (4) is located and/or arranged in a tank interior (5) formed by a wall (8) of a galvanizing tank (3), wherein the wall thickness (7) of the wall (8) of a galvanizing tank (3) is monitored by means of a monitoring apparatus (6) during the galvanizing operation, wherein at least one sensor (10) provided in the area of the outer side (9) of the wall (8) of the galvanizing tank (3) measures at least the temperature of the galvanizing tank (3) and an evaluation device (11) coupled to the sensor (10) processes the recorded measured value and calculates and/or derives the wall thickness (7) of the wall (8) of the galvanizing tank (3).
16. The method according to claim 15, **characterised in that** a continuous measured value acquisition takes place, and/or a further sensor (10) measures further measured

values of the device (1) for hot-dip galvanizing, in particular the temperature of the zinc melt (4) and/or the temperature in the burner chamber, and wherein, preferably, the further sensor (10) is coupled to the evaluation device (11).

17. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in**

that at least one storage device (16) of the monitoring apparatus (6) stores the, in particular calculated and/or derived, values, preferably the wall thickness (7) of the wall (8) of the galvanizing tank (3) and/or that a display device (17) of the monitoring device (6) displays an optical and/or acoustic display signal, in particular wherein the display device (17) is coupled to the evaluation device (11) in such a way that a display signal is displayed when the wall thickness (7) of the wall (8) of the galvanizing tank (3) falls below a predetermined limit value, in particular wherein the limit value of the wall thickness (7) is in the range of 5 to 20 mm, preferably 10 to 25 mm, more preferably 15 to 20 mm and in particular at least substantially 20 mm.

18. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in**

that the monitoring apparatus (6) is coupled to a burner device (18) having at least one burner (19), wherein the monitoring apparatus (6) controls the burner device (18).

19. The method according to any one of the preceding claims, **characterised in**

that the monitoring apparatus (6) controls the gas supply and/or the air supply and/or the alignment of the burner (19) of the burner device (18).

Revendications

1. Dispositif (1) de galvanisation à chaud de composants (2) comprenant une cuve de galvanisation (3) pour recevoir du zinc fondu (4) dans un espace intérieur de cuve (5) formé par une paroi (8) de la cuve de galvanisation (3), un dispositif de surveillance (6) étant prévu pour surveiller l'épaisseur de paroi (7) de la paroi (8) de la cuve de galvanisation (3) pendant l'opération de galvanisation,

le dispositif de surveillance (6) présentant au moins un capteur (10) prévu dans la zone de l'extérieur (9) de la paroi (8) de la cuve de galvanisation (3) pour mesurer au moins la température de la cuve de galvanisation (3) et un dispositif d'évaluation (11) couplé au capteur (10) pour traiter la valeur mesurée enregistrée par le capteur (10) et pour calculer et/ou dériver l'épaisseur de paroi (7).

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**

le dispositif de surveillance (6) est conçu de telle manière que la valeur mesurée soit enregistrée en continu.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce**

qu'au moins un autre capteur (10) est prévu pour mesurer au moins une valeur mesurée du dispositif (1) de galvanisation à chaud, en particulier de la chambre du brûleur et/ou de l'espace intérieur de la cuve (5) et/ou du zinc fondu (4),

en particulier l'autre capteur (10) étant couplé au dispositif d'évaluation (11), de préférence pour traiter la valeur mesurée enregistrée par l'autre capteur (10) et calculer et/ou dériver l'épaisseur de paroi (7).

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**

le capteur (10) conçu comme un capteur de température est prévu, de préférence à l'extérieur, dans la zone de la surface limite de la paroi (8) de la cuve de galvanisation (3).

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**

le capteur (10) est conçu comme un thermocouple à couche mince et/ou comme un thermocouple à enveloppe.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce**

qu'une pluralité de capteurs (10) répartis sur une zone de l'extérieur (9) de la paroi (8) de la cuve de galvanisation (3) est prévue.

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le capteur (10) est prévu

sur une plaque support (12).

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**

le capteur (10) est prévu sur une section de paroi (13) qui s'étend notamment sur toute la hauteur et/ou la longueur

de la cuve de galvanisation (3).

- 5 9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le capteur (10) est prévu dans l'espace intermédiaire (14) entre une cuve extérieure (15) qui entoure au moins par endroits la cuve de galvanisation (3) à l'extérieur.
- 10 10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de surveillance (6) comporte au moins un dispositif de mémoire (16) pour mémoriser les valeurs mesurées et/ou calculées et/ou dérivées.
- 15 11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de surveillance (6) comporte un dispositif d'affichage (17) pour une affichage optique et/ou acoustique, en particulier le dispositif d'affichage (17) étant couplé au dispositif d'évaluation (11) de telle sorte que, lorsque l'épaisseur de paroi (7) de la paroi (8) de la cuve de galvanisation (3) tombe en dessous d'une valeur limite prédéfinie, un signal indicateur s'affiche, en particulier la valeur limite de l'épaisseur de paroi (7) se situant dans la plage de 5 à 20 mm, de préférence de 10 à 25 mm, plus préférentiellement de 15 à 20 mm et en particulier au moins sensiblement à 20 mm.
- 20 12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de surveillance (6) est couplé à un dispositif de brûleur (18) comportant au moins un brûleur (19), en particulier le dispositif de surveillance (6) étant conçu pour commander le dispositif de brûleur (18).
- 25 13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de surveillance (6) est conçu pour commander l'alimentation en gaz et/ou en air du brûleur (19) du dispositif de brûleur (18) et/ou pour orienter le brûleur (19) par rapport à la cuve de galvanisation (3).
- 30 14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le capteur (10) est disposé dans la région d'une zone d'introduction de chaleur (20) du dispositif de brûleur (18).
- 35 15. Procédé de galvanisation à chaud de composants (2), en particulier utilisant un dispositif (1) de galvanisation à chaud selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans un zinc fondu (4), le zinc fondu (4) étant situé et/ou disposé dans un espace intérieur de cuve (5) formé par une paroi (8) d'une cuve de galvanisation (3), l'épaisseur de paroi (7) de la paroi (8) d'une cuve de galvanisation (3) étant surveillée pendant l'opération de galvanisation au moyen d'un dispositif de surveillance (6), au moins un capteur (10) prévu dans la région de la zone extérieure (9) de la paroi (8) de la cuve de galvanisation (3) mesurant au moins la température de la cuve de galvanisation (3) et un dispositif d'évaluation (11) couplé au capteur (10) traitant la valeur mesurée enregistrée et calculant et/ou dérivant l'épaisseur de paroi (7) de la paroi (8) de la cuve de galvanisation (3).
- 40 16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce** qu'une acquisition continue de la valeur mesurée a lieu et/ou un autre capteur (10) mesure d'autres valeurs de mesure du dispositif (1) de galvanisation à chaud, en particulier la température du zinc fondu (4) et/ou la température dans l'espace du brûleur, et, de préférence, **en ce que** l'autre capteur (10) est couplé au dispositif d'évaluation (11).
- 45 17. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce** qu'au moins un dispositif de mémoire (16) du dispositif de surveillance (6) mémorise les valeurs, notamment calculées et/ou dérivées, de préférence l'épaisseur de paroi (7) de la paroi (8) de la cuve de galvanisation (3), et/ou **en ce qu'**un dispositif d'affichage (17) du dispositif de surveillance (6) affiche un signal indicateur optique et/ou acoustique, en particulier le dispositif d'affichage (17) étant couplé au dispositif d'évaluation (11) de telle manière que, si l'épaisseur de paroi (7) de la paroi (8) de la cuve de galvanisation (3) tombe en dessous d'une valeur limite prédéfinie, un signal indicateur est affiché, en particulier la valeur limite de l'épaisseur de paroi (7) se situant dans la plage de 5 à 20 mm, de préférence de 10 à 25 mm, plus préférentiellement de 15 à 20 mm et en particulier au moins sensiblement à 20 mm.
- 50 18. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de surveillance (6) est couplé à un dispositif de brûleur (18) comportant au moins un brûleur (19), le dispositif de surveillance (6) commandant le dispositif de brûleur (18).
- 55

EP 3 612 658 B1

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de surveillance (6) commande l'alimentation en gaz et/ou l'alimentation en air et/ou l'orientation du brûleur (19) du dispositif de brûleur (18).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

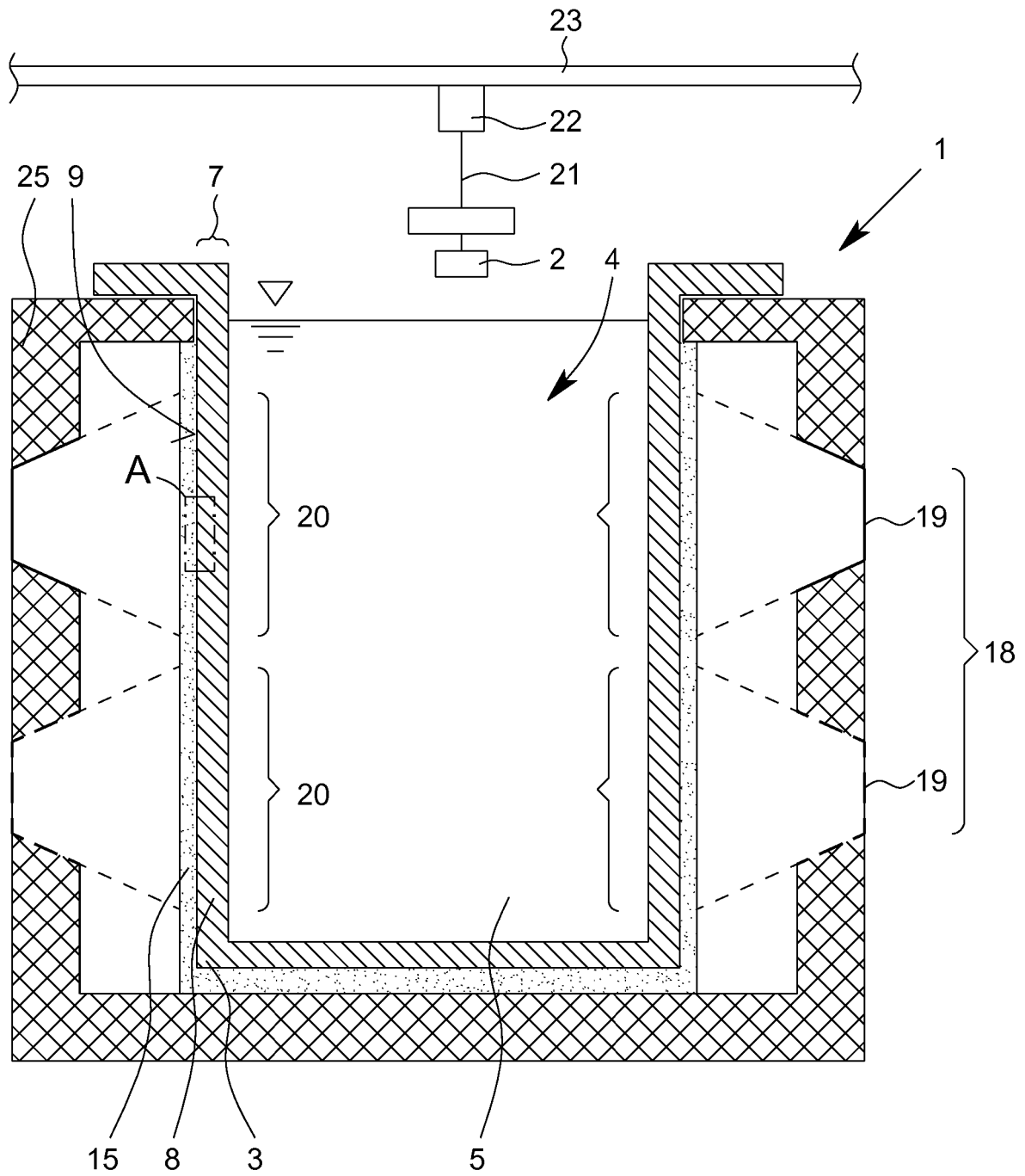


Fig. 1

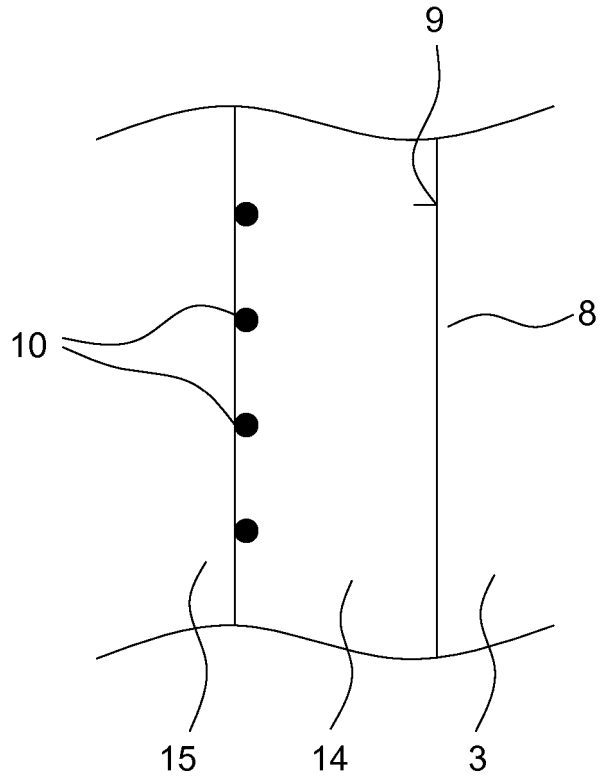


Fig. 2A

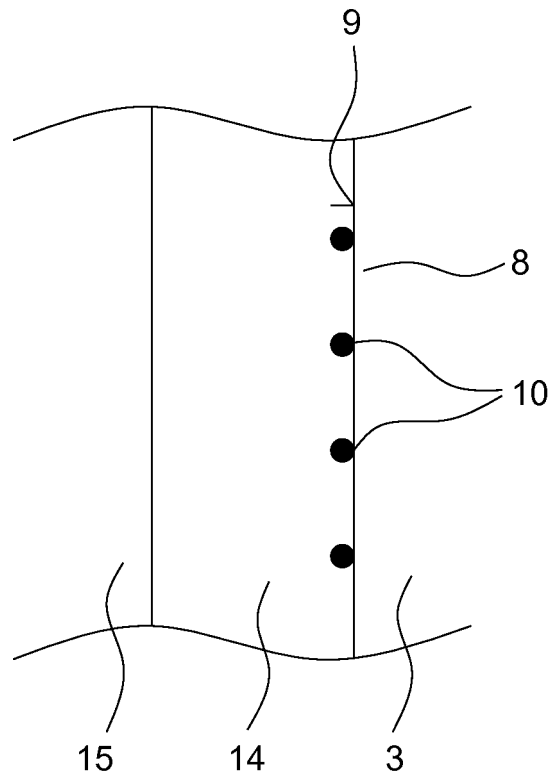


Fig. 2B

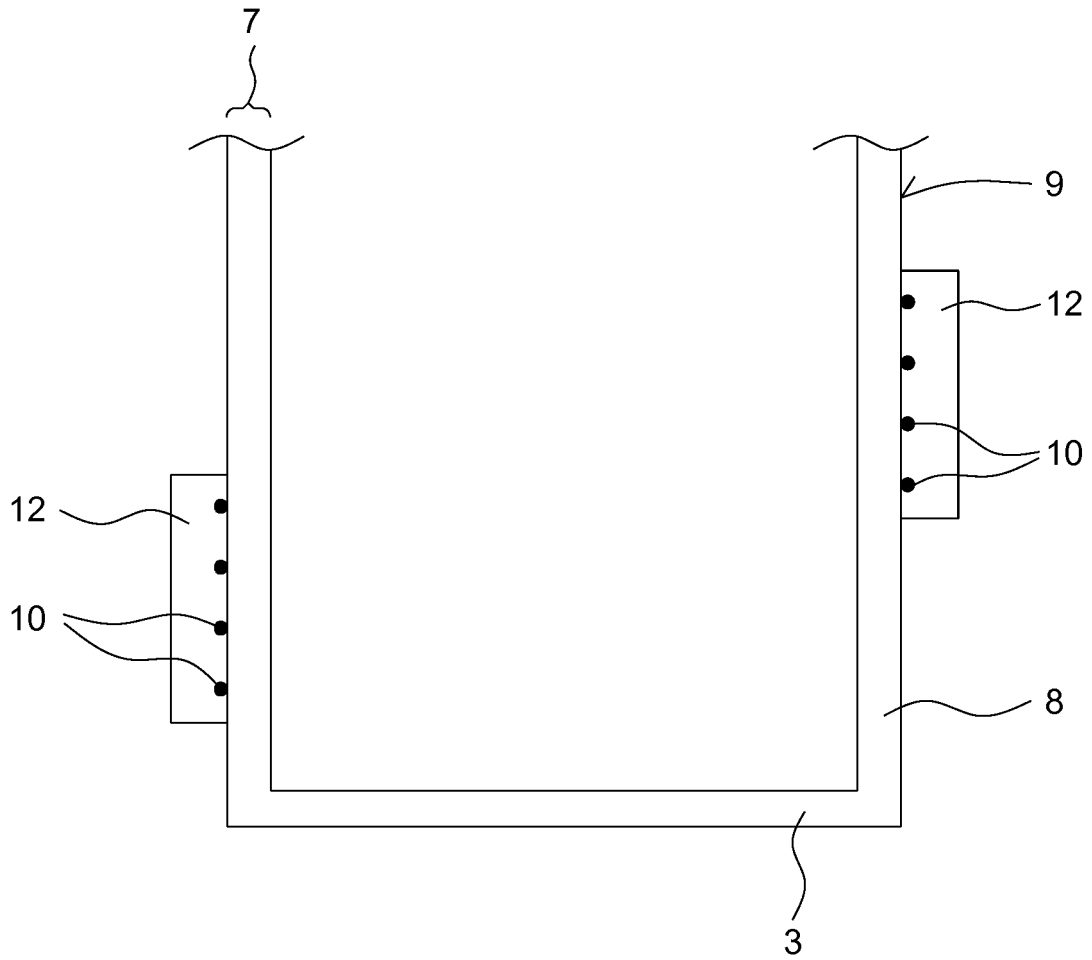


Fig. 3

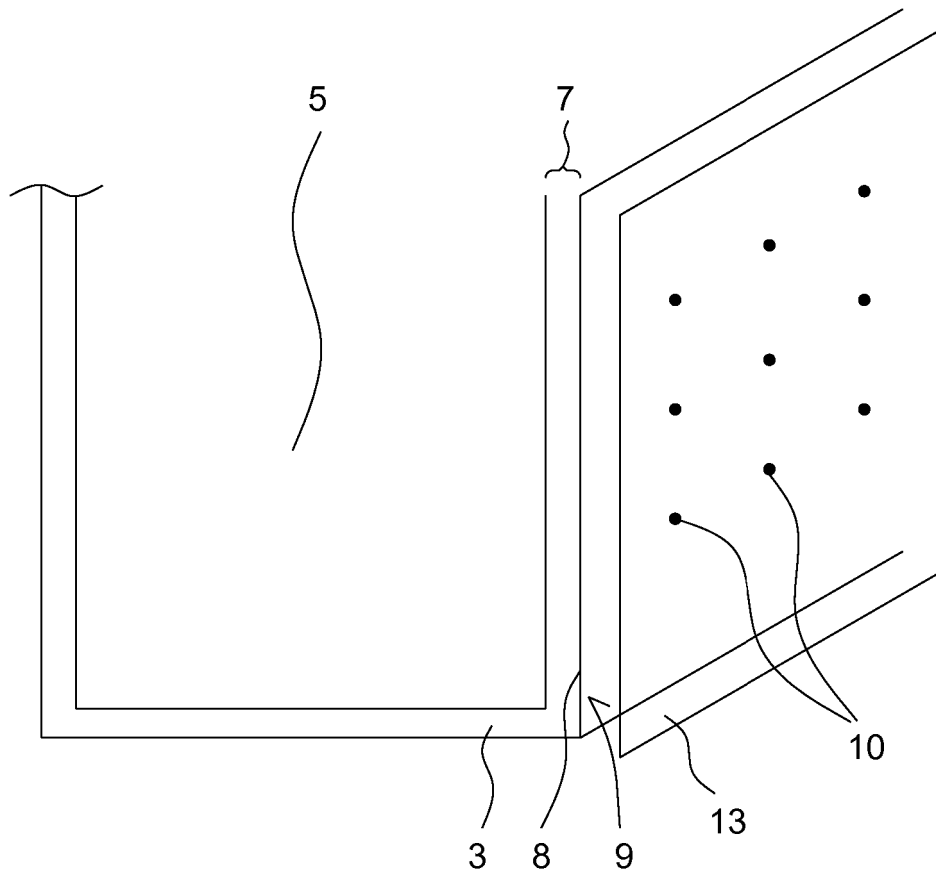


Fig. 4

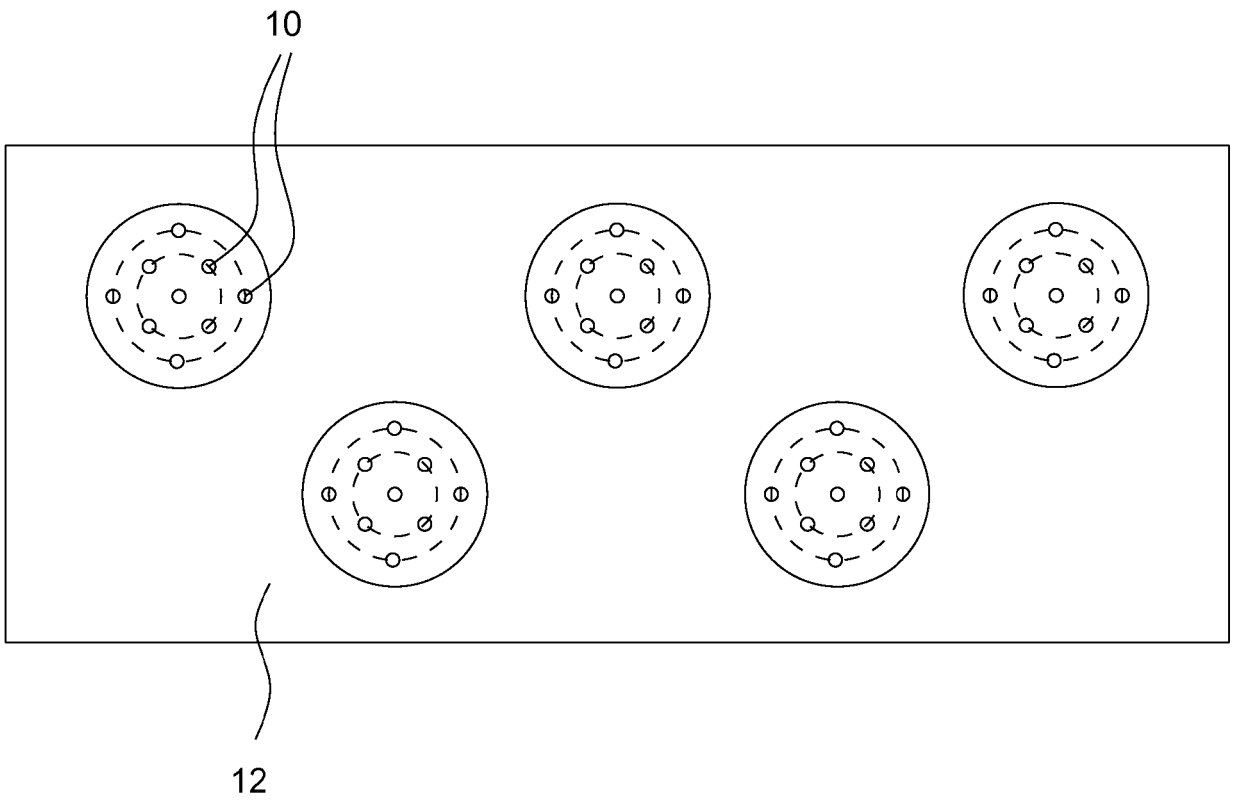


Fig. 5

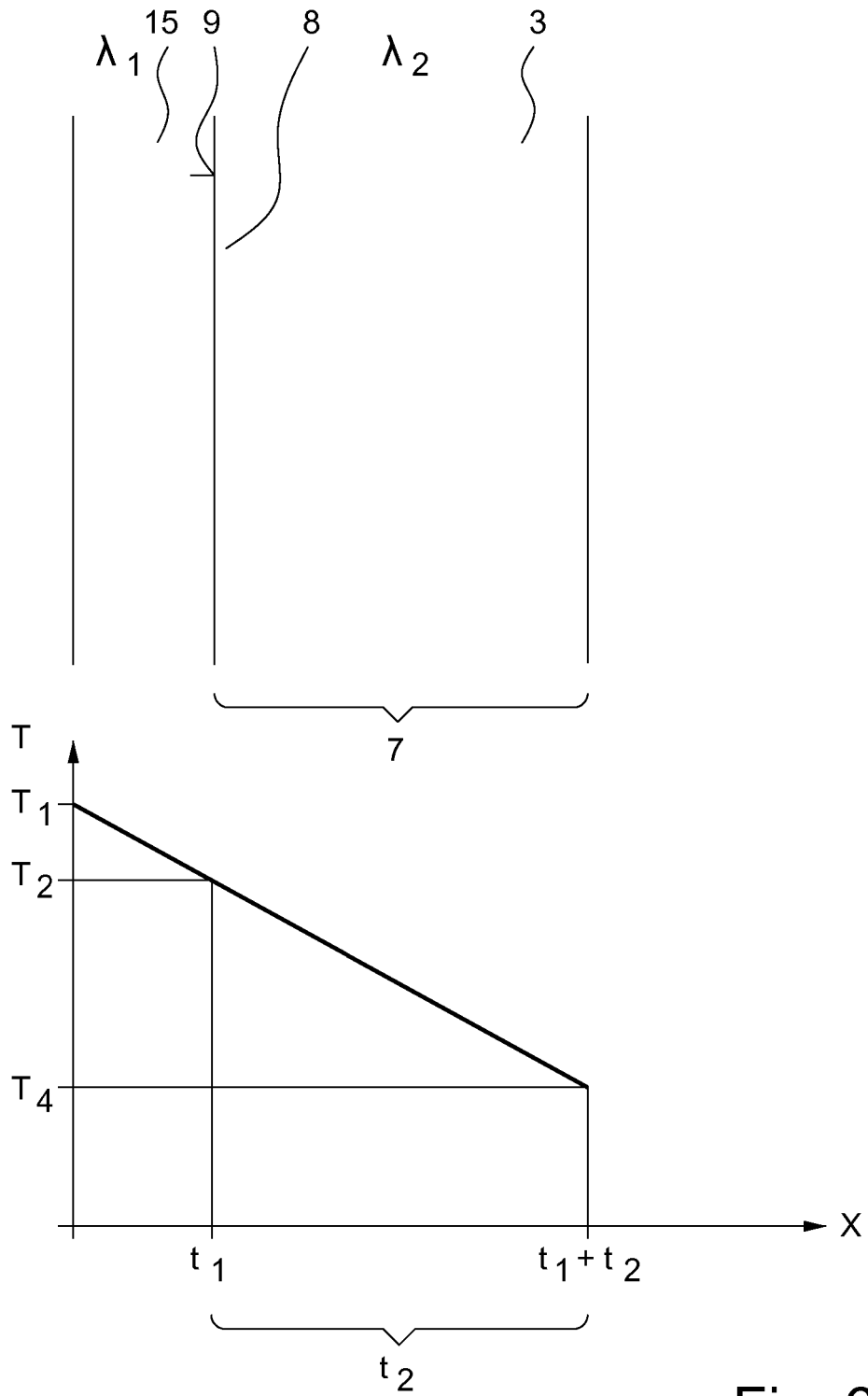


Fig. 6

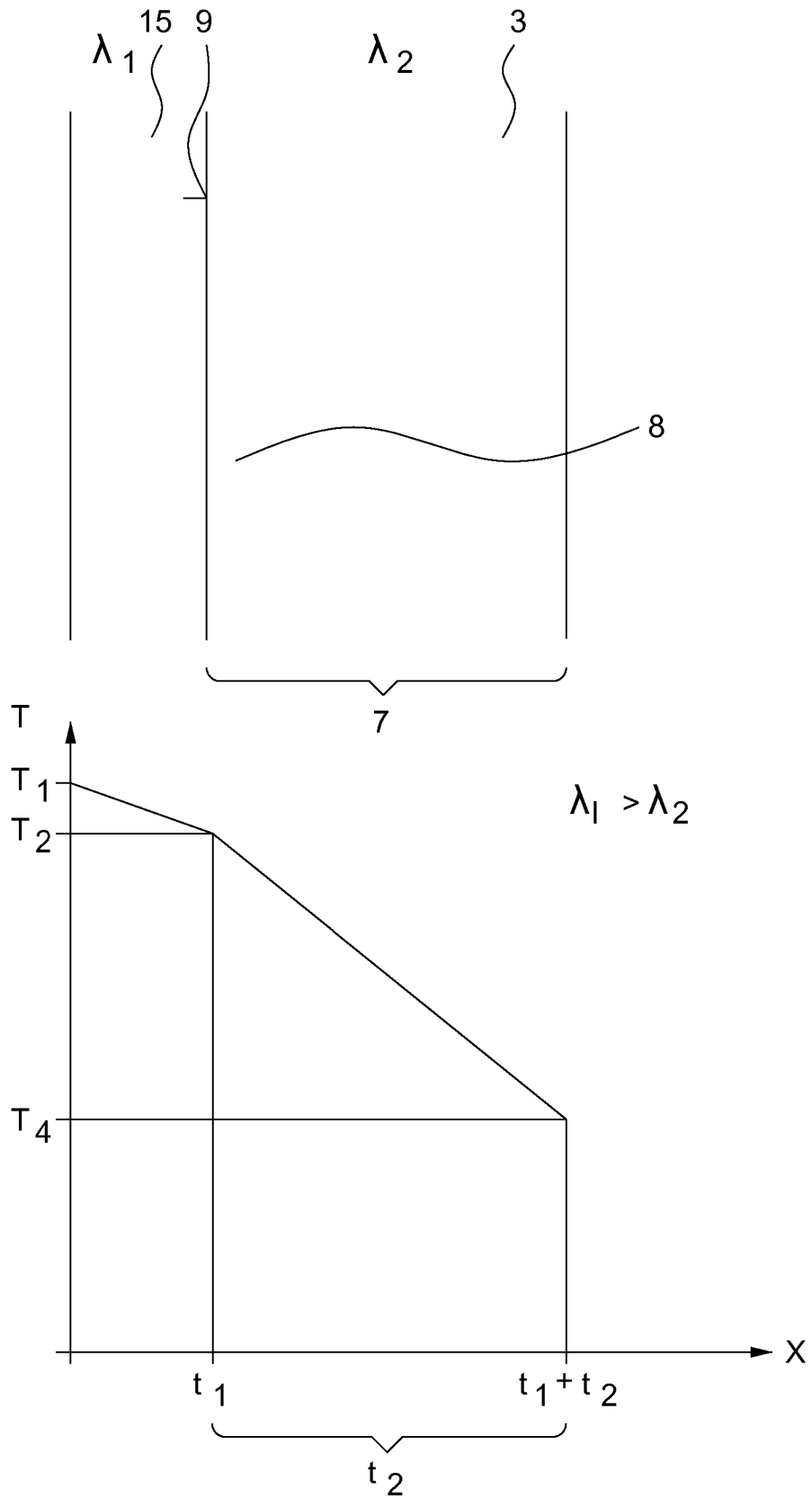


Fig. 7

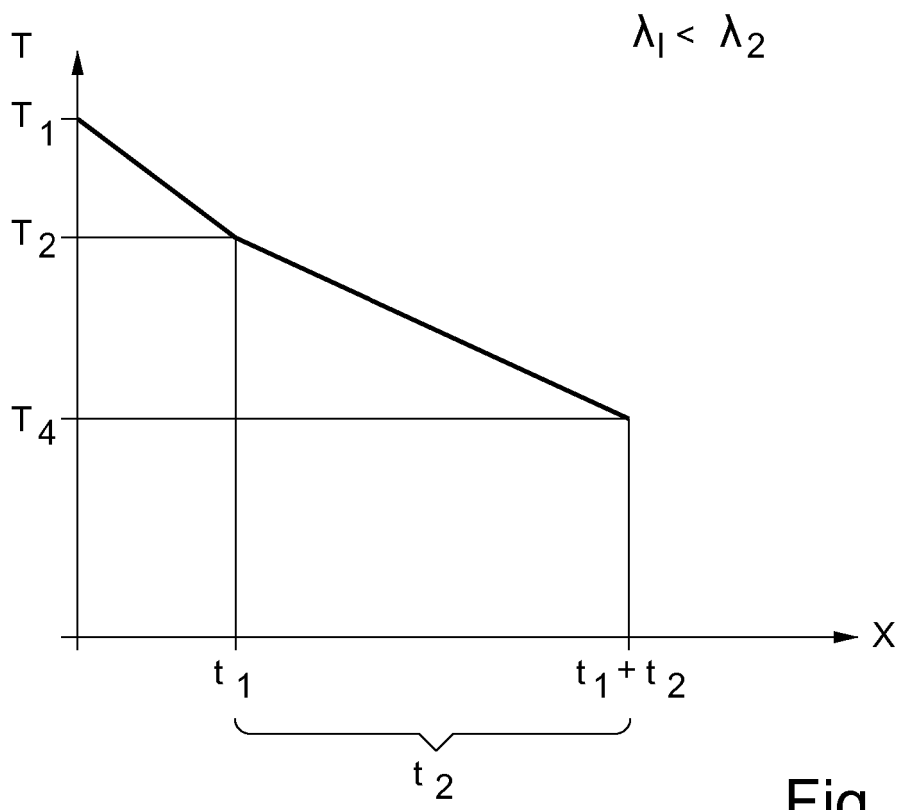
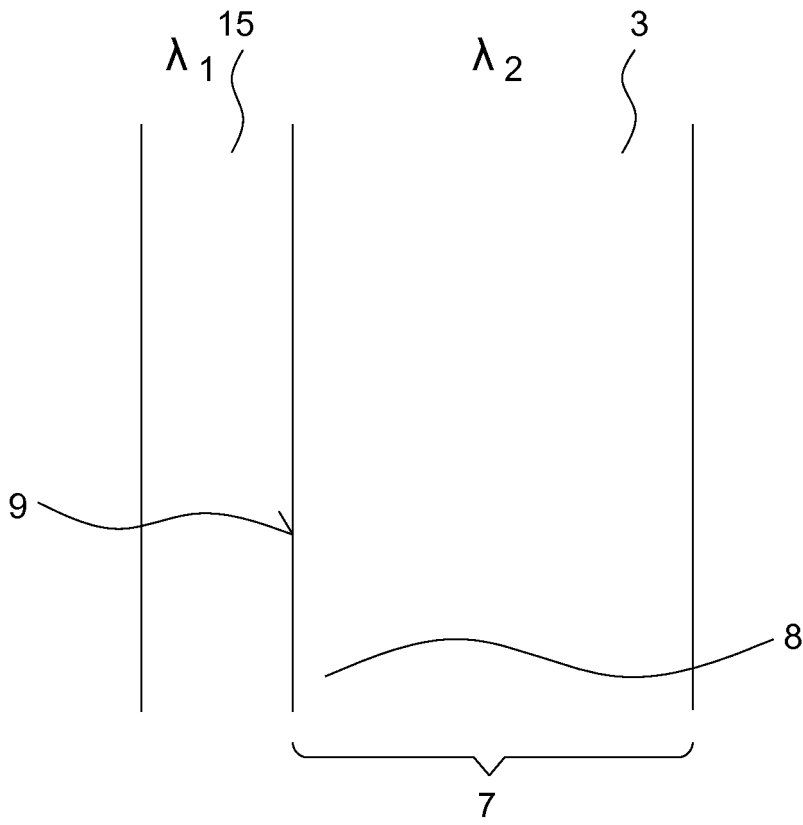


Fig. 8

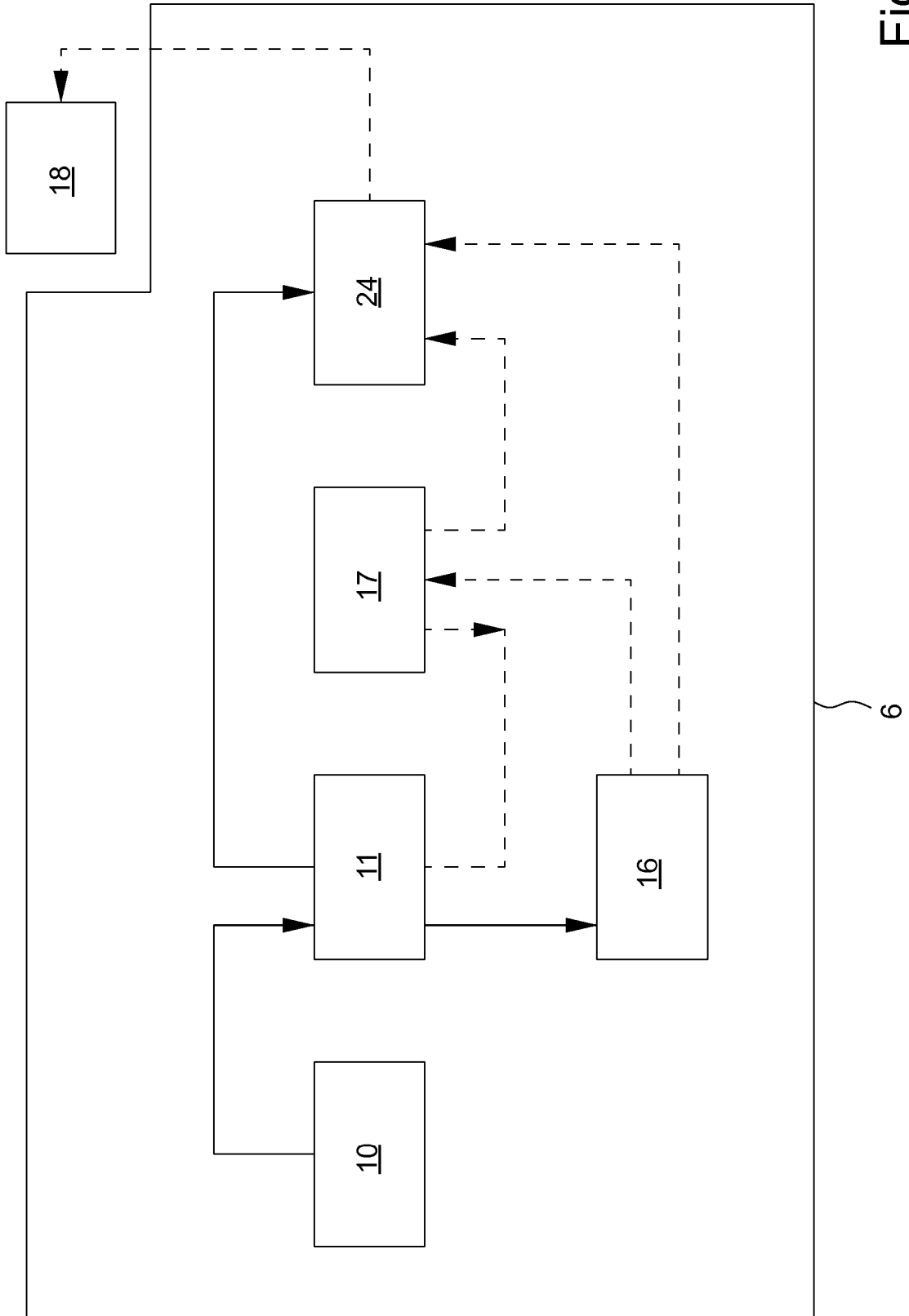


Fig. 9

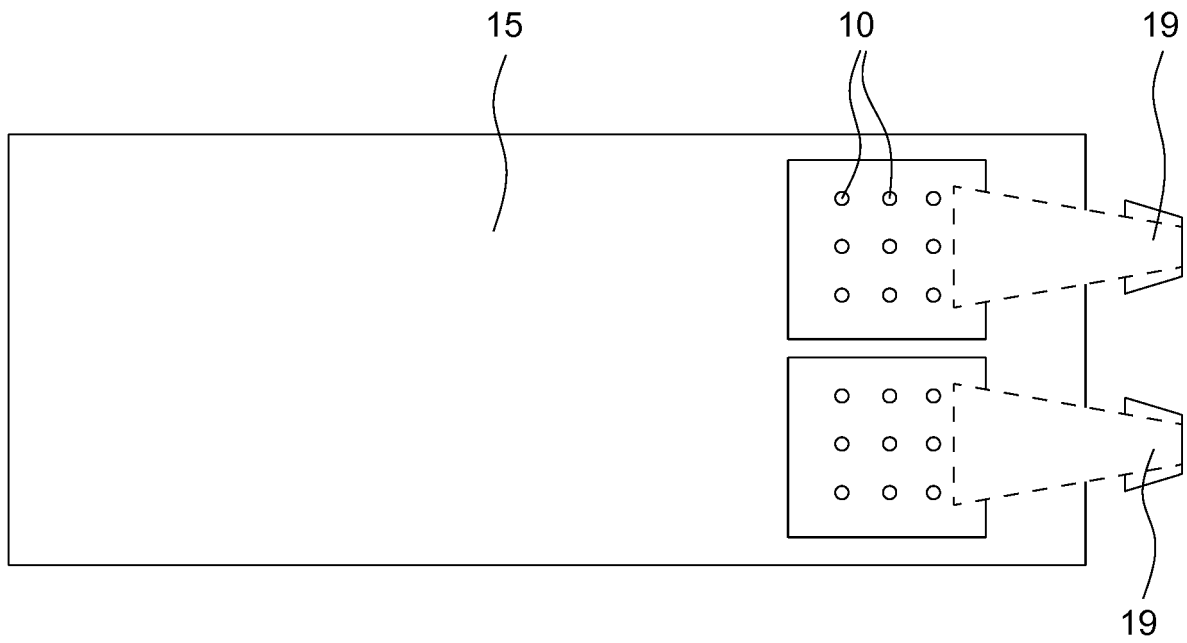


Fig. 10

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

- DE 3622106 A1 [0012]
- NL 7209733 A [0013]
- DE 1220086 B [0014]
- DE 202013105789 U1 [0015]