

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 475 597 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

10.11.2004 Patentblatt 2004/46

(51) Int Cl.7: **F28F 19/02, F28D 17/02**

(21) Anmeldenummer: **04010542.1**

(22) Anmeldetag: **04.05.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL HR LT LV MK

(30) Priorität: **08.05.2003 DE 10320462**

(71) Anmelder: **ALSTOM Power Energy Recovery
GmbH**

34123 Kassel (DE)

(72) Erfinder:

- **Müller-Odenwald, Hermann
68163 Mannheim (DE)**
- **Weyland, Friedrich, Dr.
69168 Wiesloch (DE)**

(54) **Hezelement für einen Regenerativ-Wärmetauscher und Verfahren zum Herstellen eines Hezelements**

(57) Hezelement für einen Regenerativ-Wärmetauscher, das als profiliertes Stahlblech ausgebildet ist, wobei das profilierte Stahlblech mit einer säurefesten Grundemailschiicht und deren Oberfläche mit einer An-

tihaft-Email-Beschichtung versehen ist sowie ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Hezelementes.

EP 1 475 597 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein als profiliertes Stahlblech ausgebildetes Heizelement für einen Regenerativ-Wärmetauscher.

[0002] Derartige Heizelemente sind allgemein bekannt. Eine Vielzahl von Heizelementen bilden die Speichermasse eines Regenerativ-Wärmetauschers. Die zur Wärmeübertragung bzw. zum Wärmetausch benötigte Speichermasse ist beim Einsatz in korrosiven und/oder staubhaltigen Gasströmen besonderen betrieblichen Beanspruchungen unterworfen. Dies trifft zum Beispiel für die Speichermasse von Luftvorwärmern an Kesselanlagen (Boiler) oder Gasvorwärmern an Rauchgasreinigungsanlagen zu, wo die Temperatur der Speichermasse zumindest lokal und/oder zeitweise unterhalb des Rauchgastaupunktes liegt und sich in Verbindung mit Flugstaub und/oder sonstigen Rauchgasinhaltsstoffen (Additive, Mittel zur Rauchgasreinigung) Beläge auf der Speichermasse bzw. den Heizflächen der Heizelemente bilden. Letztere erhöhen den Druckverlust für die Durchströmung der Speichermasse und führen im schlimmsten Fall zur vollständigen Versperung/Verstopfung des Regenerativ-Wärmetauschers. Ein weiteres Problem besteht darin, dass Rauchgaskondensate in der Regel stark sauer sind. Die Speichermasse muss deshalb, besonders bei niedrigen Betriebstemperaturen, hinreichend korrosionsfest sein und die Beläge sollen möglichst leicht durch Blasen oder Spülen abzureinigen sein. Für solche Anwendungen sind Speichermassen aus emaillierten Stahlblechprofilen oder Speichermaterialien aus Kunststoff bekannt geworden (DE 32 07 213 C2).

[0003] Emaillierte Stahlbleche sind zwar relativ gut korrosionsbeständig, haben aber den Nachteil einer relativ hohen Benetzbarkeit, was sich darin äußert, dass Beläge auf emaillierten Heizelementen mehr oder weniger fest haften. Speichermassen aus Kunststoff sind teuer und insofern nachteilig, weil diese eine geringe Wärmekapazität und Wärmeleitung aufweisen, nicht wirtschaftlich in für die Wärmetechnik optimaler Form dargestellt werden können und eine relativ geringe mechanische Festigkeit, Temperatur- und Temperaturwechselbeständigkeit sowie Erosionsfestigkeit besitzen. Deshalb beschränkt sich der Einsatz von Speichermassen aus Kunststoff auf Anwendungen in staubarmen Rauchgasen, vorzugsweise als Kaltendlage, d.h. an der Wärmetauscher-Ausströmseite des Rauchgases, in Gasvorwärmern an Entschwefelungsanlagen (REA Gavo).

[0004] Zur Verbesserung der schmutzabweisenden Eigenschaften und Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit wurde vorgeschlagen, die Oberfläche emaillierter Heizelemente mit einer Beschichtung aus Fluorkunststoff zu versehen (DE 199 40 627 A1). Die Antihafteigenschaften von Fluorkunststoffen, wie z. B. PTFE, sind bekannt, nachteilig ist aber die relativ geringe Erosionsfestigkeit solcher Beschichtungen. Wegen der beschränk-

ten Erosionsfestigkeit können Heizelemente mit Fluorkunststoffbeschichtung nicht mit befriedigender Standzeit in mit partikelhaltigem Rauchgas beaufschlagten Regenerativ-Wärmetauschern, beispielsweise Luftvorwärmern an kohlegefeuerten Dampferzeugern, eingesetzt werden. Der Flugstaubgehalt im Rauchgas kann hier bei einer Strömungsgeschwindigkeit von über 10 m/s mehr als 20 g Staub/Nm³ betragen. Für einen wirtschaftlichen Kraftwerksbetrieb mit hohem Wirkungsgrad und niedrigen Emissionen soll die Abgastemperatur im Luftvorwärmer möglichst weit abgesenkt werden, was nur mit Hilfe von korrosionsbeständigen und schmutzabweisenden Heizflächen möglich ist.

[0005] Es ist somit die Aufgabe dieser Erfindung, ein Heizelement der eingangs genannten Art anzugeben, das schmutzabweisende Eigenschaften besitzt, korrosions- und erosionsbeständig ist und trotzdem eine gute Wärmespeicherkapazität und Wärmeleitfähigkeit aufweist, hinreichend temperatur- und temperaturwechselbeständig ist und außerdem zu wirtschaftlich vertretbaren Kosten hergestellt werden kann. Es ist ferner Aufgabe der Erfindung Heizelemente zu schaffen, durch deren Einsatz es in kohlegefeuerten Dampferzeugern ermöglicht wird, die Abgastemperatur im Vergleich zum Stand der Technik noch weiter abzusenken. Es ist des weiteren Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Heizelementes aufzuzeigen.

[0006] Diese Aufgabe wird hinsichtlich des Heizelementes durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1 gelöst und hinsichtlich des Verfahrens zur Herstellung eines Heizelementes durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 9 gelöst.

[0007] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0008] Mit den mit Grund- und Antihaf-Email beschichteten Heizelementen lässt sich auf besonders wirtschaftliche Weise eine Wärme-Speichermasse herstellen bzw. darstellen, die korrosionsfest ist, eine abriebfeste, schmutzabweisende Oberfläche hat und keine wärmetechnischen und konstruktiven Nachteile oder Einschränkungen hinsichtlich der Betriebsweise aufweist. Es können die bezüglich Wärmetausch, Druckverlust und mechanischer Stabilität optimierten und bewährten Stahlblechprofile eingesetzt werden und die Antihaf-Emailschicht beeinflusst die Wärmeübertragungsleistung nur unwesentlich, d. h. bei der hohen Wärmekapazität von Email und durch die zusätzliche Masse wird sie praktisch sogar erhöht.

[0009] Die schmutzabweisende Eigenschaft der erfindungsgemäßen Heizelemente vermindert oder verhindert sogar ganz den Aufbau von druckverlust erhöhenden Verschmutzungsschichten auf den Heizelementprofilen. Das bringt betriebliche Vorteile, da dann die Intervalle für die bei Erreichen des maximal zulässigen Druckverlustes notwendigen Reinigungen der Speichermasse verlängert werden können und infolgedessen auch geringere Mengen an Reinigungs-Abwasser anfallen. Bilden sich trotzdem Beläge, so haften die-

se auf dem Antihaft-Email weniger fest an und lassen sich deswegen mit geringerem Blas- oder Spüldruck bzw. mit geringeren Mengen an Blasmedium und/oder umweltbelastendem Spülwasser reinigen.

[0010] Als vorteilhaft hat sich gezeigt, die Antihaft-Email-Beschichtung mit einer Schichtstärke von 5 bis 40 µm aufzubringen, wobei in besonders vorteilhafter Ausbildung der Erfindung eine Schichtstärke von 15 bis 25 µm aufgebracht wird. Diese dünne Schicht reicht aus, um die als Korrosionsschutz aufgebrachte Grundemailschi- 5 chicht vor Anbackungen und Anhaftungen weitgehend zu schützen. In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Heizelementes ist dessen Gesamtschichtdicke, d.h. der Grundemailschi- 10 chicht einschließlich der Antihaft-Email-Beschichtung, 80 bis 300 µm. Bei dieser Schichtdicke wird ein Optimum hinsichtlich der Korrosionsstandfestigkeit, Wärmeleitfähigkeit und Beschichtungskosten erzielt.

[0011] Durch die Ausbildung des Heizelementes mit einer säurefesten Grundemailschi- 20 chicht mit einem Abtragswert bzw. Gewichtsverlust nach 18 Stunden Prüfzeit von maximal 10 g/m² (Messung in Anlehnung an DIN 2743 und pr EN 14483-2) wird das Heizelement mit einer extrem korrosionsfesten Beschichtung ausgestattet, die dem Heizelement eine lange Standzeit verleiht.

[0012] Eine vorteilhafte Ausbildung des Heizelementes weist eine porenarme Grundemailschi- 25 chicht auf, wobei in besonders vorteilhafter Weise die Grundemailschi- chicht mit maximal 15 Poren je m² ausgebildet ist. Durch die geringe Porenzahl wird erreicht, dass der Metallgrundkörper weitestgehend vor Korrosion geschützt bleibt.

[0013] In vorteilhafter Ausgestaltung weist das Heizelement jeweils mindestens eine einlagige Grundemailschi- 30 chicht und Antihaft-Email-Beschichtung auf. Ein derartig ausgebildetes Heizelement ist einfach und kostengünstig herzustellen.

[0014] Ein Verfahren zur Herstellung eines Heizelementes nach Anspruch 1 zeichnet sich durch folgende Schritte aus:

- Stahlbänder werden mit Hilfe von Profilwalzen profiliert und daraus entsprechend der geforderten Maße Heizelemente zugeschnitten,
- auf die zugeschnittenen Stahlbleche wird die säurefesteste Grundemailschi- 35 chicht aufgebracht und in einem weiteren Arbeitsschritt
- die Antihaft-Email-Beschichtung auf die säurefesteste Grundemailschi- chicht aufgetragen.

[0015] In vorteilhafter Ausbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Grundemailschi- 40 chicht nach der Entfettung des Stahlbleches direkt und ohne Haftgrund auf das Stahlblech aufgebracht und/oder die Antihaft-Email-Beschichtung ohne Vorbehandlung direkt auf die Grundemailschi- chicht aufgebracht. Dadurch können die beiden Emailschi- 45 chichten sehr wirtschaftlich ohne zusätzliche Arbeitsschritte aufgebracht werden.

[0016] Ein vorteilhaftes Verfahren sieht vor, eine Fritte

oder Frittenmischung des Antihaft-Emails zu einem wasserbasigen Schlicker zu vermahlen, den Schlicker durch Tauchen oder Spritzen auf das grundemaillierte Heizelement aufzubringen und dann in einem Brennofen zu trocknen und aufzuschmelzen. Durch diese Maßnahme kann in konventioneller Weise sehr wirtschaftlich verfahren werden.

[0017] Vorteilhafterweise erfolgt das Trocknen und Brennen der Grundemailschi- 5 chicht und/oder der Antihaft-Email-Schi- chicht in einem Durchlaufofen. Dieses Verfahren zeichnet sich durch hohe Effektivität und Energieeffizienz aus.

[0018] Ein weiterer Vorteil des erfinderischen Verfahrens ist, dass das Antihaft-Email mit den zum Emaillieren von Heizblechen (Grundemail) üblichen Einrichtungen aufgebracht werden kann und somit für die Herstellung keine zusätzlichen Apparate und Einrichtungen notwendig sind.

[0019] Anhand eines Ausführungsbeispiels wird ein erfindungsgemäßes Heizelement für einen Regenerativ-Wärmetauscher und ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Heizelementes beschrieben.

[0020] Ein Heizelement besteht aus einem Stahlblech, das nach seiner mittels Profilierwalzen hergestellten Profilierung in vorteilhafter Weise durch Entfetten oder Beizen, jedoch ohne Aufbringen eines Haftgrundes für die Emaillierung vorbereitet wird. Anschließend wird eine säurebeständige Grundemailschi- 25 chicht auf das Stahlblech aufgebracht, die als Korrosionsschutz dient. Bei der Grundemailschi- chicht, die vorzugsweise porenarm und besonders bevorzugt mit maximal 15 Poren je m² ausgebildet ist, handelt es sich um ein speziell für den Korrosionsschutz von Heizelementen entwickeltes Email, das sich über Jahre beim Einsatz in Regenerativ-Wärmetauschern bewährt hat.

[0021] Nach dem Aufbringen der Grundemailschi- 30 chicht wird vorteilhafterweise ohne Vorbehandlung der emaillierten Oberfläche ein Schlicker des Antihaft-Emails, zum Beispiel durch Aufsprühen oder Tauchen, aufgebracht und anschließend getrocknet und gebrannt. Die Schichtdicke des Antihaft-Email auf dem Grundemail ist vorteilhaft mit 5 bis 40 µm, in besonders vorteilhafter Weise mit 15 bis 25 µm ausgebildet. Das Grundemail sowie das Antihaft-Email kann je nach Anwendungsfall ein- oder mehrlagig aufgebracht werden, wobei eine Gesamtschichtdicke von 80 bis 300 µm sich als besonders vorteilhaft gezeigt hat.

[0022] Es hat sich ferner gezeigt, dass eine dünne Antihaft-Emailschi- 35 chicht entsprechend den obigen Angaben ohne besondere Vorbehandlung der Grundemailoberfläche auf diese fest haftend aufgebracht werden kann und diese relativ dünne Antihaft-Emailschi- chicht die Benetzbarkeit der Heizelementoberfläche soweit herabsetzt, dass mit Fluorkunststoffen vergleichbare antiadhäsive Eigenschaften erreicht werden. Da schon allein die säurefesteste, porenarme Grundemailschi- 40 chicht das Stahlprofil hinreichend vor Korrosion schützt, muss die Antihaft-Emaildeckschi- chicht keinen Beitrag als Korrosi-

onsschutzschicht bringen und kann somit sehr dünn ausfallen und bei der Applikation muss nicht auf Poren und sonstige Beschichtungsfehler geachtet werden. Durch die niedrige Benetzbarkeit oder mit anderen Worten, hohe schmutzabweisende Eigenschaft der Antihaf-Email-Beschichtung wird der Aufbau von druckverlusterhöhenden Verschmutzungsschichten auf den Heizelementen verhindert bzw. wesentlich vermindert. Dadurch können Reinigungsintervalle verlängert werden bzw. geringere Mengen an Reinigungsmedien eingesetzt werden.

[0023] Gegenüber Beschichtungen gemäß dem Stand der Technik, beispielsweise Fluorkunststoffbeschichtungen haben Antihaf-Emailschichten eine deutlich höhere Abriebfestigkeit und außerdem haftet das Antihaf-Email besser auf dem Grundemail als Fluorkunststoff auf Email.

[0024] Da Antihaf-Emails relativ teuer sind, lassen sich in der angegebenen Ausführung, also mit relativ dünner Schichtstärke, somit in besonders wirtschaftlicher, kostengünstiger Weise Heizelemente mit korrosions- und erosionsbeständiger sowie schmutzabweisender Beschichtung herstellen, da wenig teures Material gebraucht wird. Optische Oberflächenfehler wie z. B. Laufspuren, Farb- und Glanzfehler spielen bei dem technischen Produkt Heizelement keine Rolle. Die Antihaf-Emailschicht kann, ohne Optik und Schönheit der Oberfläche beachten zu müssen, vorteilhaft mit geringem Aufwand appliziert werden, und zwar mit den für die Grundemailierung ohnehin vorhandenen Fertigungseinrichtungen, z.B. Durchlauföfen. Da es sich bei der oben vorgeschlagenen Lösung um eine technische Anwendung handelt, ist bei der Zusammensetzung der beiden Emailschichten beispielsweise auch keine lebensmittelechte Reinheit gefordert bzw. notwendig, d. h. dass der Blei- und Cadmiumgehalt der Emailschichten weniger bzw. nicht kritisch ist und deswegen nicht limitiert werden muss, was die Rohstoffauswahl und Herstellung der Emailfritte vereinfacht und die Beschichtung vergleichsweise deutlich kostengünstiger macht. Die Antihaf-Emailschicht beeinflusst die Wärmeübertragungsleistung des Heizelementes nur unwesentlich, sie wird durch die hohe Wärmekapazität von Email und durch die zusätzliche Masse in positiver Weise noch erhöht.

[0025] Heizelemente für Regenerativ-Wärmetauscher, die mit Säure enthaltendem Rauchgas beaufschlagt werden, müssen mit einer sehr widerstandsfähigen, säurebeständigen Grundemailschicht versehen sein. Um diesen Anforderungen zu genügen, muss die Grundemailschicht eine ganz bestimmte Säurefestigkeit aufweisen, die in Anlehnung an die DIN 2743+CEN Resolution in hochkorrosiver 30%iger siedender Schwefelsäure in einem mehrstündigen Kochversuch bestimmt wird. Der dabei gemessene Abtrag sollte weniger als 10 g/m² nach 18 Stunden Kochzeit betragen.

[0026] Regenerativ-Wärmetauscher bestehen aus einer Vielzahl von Heizelementen bzw. Wärmespeichern,

die durch ein heißes Gas, beispielsweise Rauchgas aufgeheizt werden und die anschließend die gespeicherte Wärme an ein kälteres Fluid, beispielsweise Luft oder Gas abgeben. Derartige Regenerativ-Wärmetauscher können beispielsweise als Luftvorwärmer oder Gasvorwärmer in Kesselanlagen, Rauchgasreinigungsanlagen usw. eingesetzt werden.

[0027] Aus Gründen der besseren Wirtschaftlichkeit (höherer Wirkungsgrad) einer Kesselanlage wird bei Luftvorwärmern eine möglichst tiefe Rauchgasaustrittstemperatur (Temperatur des Rauchgases nach Durchströmen des Regenerativ-Wärmetauschers) und damit auch eine möglichst tiefe Kaltendtemperatur des Regenerativ-Wärmetauschers angestrebt. Bei SO₃ und staubhaltigen Rauchgasen (Rohgas Kohlefeuerung: bis über 20 g Staub / Nm³ Rauchgas) waren bisher wegen zu schneller Belagsbildung und schlechter Abreinigbarkeit für die Tiefe der Kaltendtemperatur Grenzen gesetzt. Luftvorwärmer werden nach dem Stand der Technik so ausgelegt, dass die Kaltendtemperatur oberhalb der sogenannten Verschmutzungstemperatur liegt. Als Verschmutzungstemperatur bezeichnet man die Temperatur, ab der in Folge von Taupunktsunterschreitung und Einbindung von Flugstaub (Asche) in das Rauchgaskondensat (Schwefelsäure) Belagsbildungen nicht mehr mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand beherrschbar sind. Heizelemente, die beispielsweise mit Hilfe von Fluorkunststoffbeschichtungen antiadhäsive Eigenschaften besitzen oder Speichermasse aus Kunststoff, konnten wegen der erosiven Bedingungen in Luftvorwärmern nicht mit befriedigender Standzeit eingesetzt werden. Bei Kunststoffen kommt noch nachteilig eine relativ niedrige zulässige Dauerbetriebstemperatur hinzu, was deren Einsatz weiter einschränkt und im Störfall ein Sicherheitsrisiko darstellt. Mit einem Regenerativ-Wärmetauscher, der mit erfindungsgemäßen Heizelementen ausgebildet ist, wird eine Belagsbildung selbst bei extremer Taupunktsunterschreitung entweder verhindert oder sie ist zumindest wesentlich besser beherrschbar, was letztlich eine Absenkung der Rauchgastemperatur unter das bisher übliche Niveau zulässt. Eine tiefere Rauchgastemperatur bedeutet einen höheren Kesselwirkungsgrad und damit eine geringere spezifische CO₂-Emission (emittierte Menge CO₂ pro Einheit produzierte elektrische Energie) und die dem Luftvorwärmer nachgeschalteten Anlagen (Elektrofilter, Rauchgasreinigungsanlage) können kleiner gebaut werden (geringere Investitionen, niedrigere Betriebskosten). Ein weiterer Vorteil ist, dass durch die Taupunktsunterschreitung (Austauen von Schwefelsäure) eine Reduzierung der SO₃/H₂SO₄-Konzentration im Rauchgas einher geht und damit die Korrosionsgefahr in nachgeschalteten Anlagen und die Gefahr der Aerosolbildung gemindert wird.

[0028] Es versteht sich von selbst, dass die erfindungsgemäßen Heizelemente auch bei weniger erosiven und korrosiven Anwendungen eingesetzt werden können.

Patentansprüche

1. Heizelement für einen Regenerativ-Wärmetauscher, das als profiliertes Stahlblech ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das profilierte Stahlblech mit einer säurefesten Grundemailschicht und deren Oberfläche mit einer Antihaft-Email-Beschichtung versehen ist. 5
2. Heizelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antihaft-Email-Beschichtung mit einer Schichtstärke von 5 bis 40 µm aufgebracht ist. 10
3. Heizelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antihaft-Email-Beschichtung mit einer Schichtstärke von 15 bis 25 µm aufgebracht ist. 15
4. Heizelement nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundemailschicht einschließlich der Antihaft-Email-Beschichtung mit einer Schichtdicke von 80 bis 300 µm aufgetragen ist. 20
25
5. Heizelement nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die säurefesteste Grundemailschicht einen Abtragswert bzw. Gewichtsverlust nach 18 Stunden Prüfzeit in einer 30%igen siedenden Schwefelsäure von maximal 10 g/m² aufweist. 30
6. Heizelement nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundemailschicht porenarm ausgebildet ist. 35
7. Heizelement nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundemailschicht im Mittel mit maximal 15 Poren/m² ausgebildet ist. 40
8. Heizelement nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundemailschicht und die Antihaft-Email-Beschichtung jeweils mindestens einlagig ausgebildet ist. 45
9. Verfahren zur Herstellung eines Heizelementes für Regenerativ-Wärmetauscher nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** Stahlbänder mit Hilfe von Profilwalzen profiliert und daraus entsprechend der geforderten Maße das Heizelement zuge schnitten wird, dass das Stahlblech säurefest grundemailliert wird und dass auf die Grundemailschicht die Antihaft-Emailschicht aufgebracht wird. 50
55
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundemailschicht nach der Entfettung des Stahlbleches direkt und ohne Haft-

grund auf das Stahlblech aufgebracht wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antihaft-Email-Beschichtung ohne Vorbehandlung direkt auf die Grundemailschicht aufgebracht wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Fritte oder Frittenmischung des Antihaft-Emails zu einem wasserbasigen Schlicker vermahlen, der Schlicker durch Tauchen oder Spritzen auf das grundemaillierte Heizelement aufgebracht und dann in einem Brennofen getrocknet und aufgeschmolzen wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trocknen und Brennen der Grundemailschicht und/oder der Antihaft-Email-Schicht in einem Durchlaufofen erfolgt.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antihaft-Email-Schicht mit den zum Aufbringen der Grundemailschicht benötigten Einrichtungen aufgebracht wird.