



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 25 587 T2** 2006.03.16

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 068 369 B1**

(51) Int Cl.⁸: **C23C 2/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 25 587.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB99/01480**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 946 371.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/058735**

(86) PCT-Anmeldetag: **22.01.1999**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **18.11.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.01.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **01.06.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **16.03.2006**

(30) Unionspriorität:

15551 29.01.1998 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:

Sippola, Perti J., Espoo, FI

(72) Erfinder:

Sippola, Perti J., 2810 Espoo, FI

(74) Vertreter:

**Heun, T., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 20095
Hamburg**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES FEUERVERZINKTEN STAHLBLECHS, DAS FREI VON KRATZEDEFEKTEN AUF DER BESCHICHTUNG IST, UND ZUGEHÖRIGE VORRICHTUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern der Ablagerung einer metallischen Schicht auf einem kontinuierlichen Stahlprodukt wie einem Band oder einem Draht in einem kontinuierlichen Verfahren zum Feuerverzinken. Die Erfindung betrifft insbesondere ein System und ein Verfahren zur Durchführung einer Krätze-freien Beschichtung eines mit Schmelzzink beschichteten Stahls.

Hintergrund der Erfindung

[0002] In den vergangenen Jahren hat die Anwendung von in einem Schmelztauchverfahren feuerverzinkten und anschließend wärmebehandelten Stahlblech für Karosserieteile von Kraftfahrzeugen und andere entsprechende Strukturen stark zugenommen. Einem kalt gerollten Bandstahl kann durch eine Hitzebehandlung wie sie z. B. in der US-PS 4,361,448 beschrieben ist, eine gute Formbarkeit verliehen werden. Bei diesem Verfahren wird der Bandstahl nach dem Glühen bei einer Temperatur T_1 (720° bis 850°C) langsam auf eine Temperatur T_2 (600° bis 650°C) abgekühlt. An diesem Punkt wird der Stahl in einem Zinkbad auf eine Temperatur T_3 schnell abgeschreckt. Die Zeitdauer, die zwischen der Temperatur T_2 und der Temperatur T_3 verstreicht, beträgt etwa 0,5 Sekunden.

[0003] Bei der in der US-PS 4,361,448 beschriebenen Anordnung wird ein Zinkbad und eine Zinkpumpe mit Düsen verwendet. Geschmolzenes Material, das die gleiche Temperatur aufweist wie das Zinkbad wird durch einen Ausfluss zu dem Tauchpunkt des Bandstahls gepumpt. Dies hat zur Folge, dass die Endtemperatur T_3 des schnellen Kühlungsprozesses relativ hoch ist und der Bandstahl die Temperatur des Zinkbades während der gesamten Tauchzeit (etwa 2 Sekunden) nicht erreicht.

[0004] Ein durch ein Zinkbad geführter Bandstahl verursacht eine laminare Zinkströmung, die der Oberfläche des Bandstahls folgt. Die Hitze aus dem Inneren des Bandstahls erhöht die Temperatur der laminaren Zinkströmung (Schicht) auf einen Wert, der höher ist als die Betriebstemperatur des Zinkbades. In einem konventionellen Zinkbad (das zwischen 0,15 und 0,25 % Aluminium enthält) reagieren Eisen und Zink bei einer Temperatur von über 480°C stark. Dies führt zu einer dicken intermetallischen Schicht, die sich auf der Zinkbeschichtung bildet.

[0005] Um eine gute Formbarkeit der Zinkbeschichtung zu erzielen, sollte die intermetallische Beschichtung so dünn wie möglich sein. Bei dem in der US-PS 4,361,448 beschriebenen Verfahren wird die Dicke der intermetallischen Schicht durch ein schnelles Abkühlen des Stahlproduktes gesteuert. Dies wird erreicht durch Abschrecken des Stahls in einem Bad aus geschmolzenem Zink und Steuern der Struktur der auf dem Stahlprodukt zu bildenden Beschichtung beim Abschrecken, durch Richten einer Strömung aus geschmolzenem Zink, das auf eine Temperatur unterhalb der Betriebstemperatur des Zinkbades abgekühlt ist, gegen das Stahlprodukt, während es sich durch das Zinkbad bewegt.

[0006] Vorzugsweise wird eine erste Strömung aus geschmolzenem Zink nahe des Tauchpunktes des Stahlproduktes sowie schräg zu der Bewegungsrichtung des Stahlproduktes mittels eines Satzes von ersten Düsen gegen dieses gerichtet. Eine zweite Strömung aus gekühltem geschmolzenem Zink wird mittels eines zweiten Satzes von Düsen im wesentlichen senkrecht an einer Stelle nach der schräg gerichteten Strömung auf das Stahlprodukt gerichtet.

[0007] Die auf das Stahlprodukt gerichtete Strömung aus geschmolzenem Zink wird mittels eines Wärmetauschers vorzugsweise auf eine Temperatur abgekühlt, die zwischen 1° und 15°C unter der Betriebstemperatur des Zinkbades liegt. Die Strömung des Zinks durch den Kühler zu den Düsen wird getrennt von dem Rest des Zinkbades gehalten. Das wesentliche Merkmal der lokalen Kühlung des Zinkbades besteht in dem zusätzlichen wichtigen Vorteil, dass der Eisengehalt in dem Zinkbad abgesenkt wird.

[0008] Der Eisengehalt eines in einem kontinuierlichen Prozess zum Feuerverzinken von dünnen Stahlblechen verwendeten Zinkbades liegt im allgemeinen an dem Sättigungspunkt. Schon eine geringe Änderung der Temperatur führt zu einer Ausfällung von Eisen und Zink. Dies geschieht entweder an dem Boden des Bades oder als treibende Ausfällungen auf der Oberfläche des zu verzinkenden Bandstahls, wodurch die Qualität der Beschichtung beeinträchtigt wird.

[0009] Um eine gute Qualität zu erhalten, sollten somit Änderungen der Temperatur des Zinkbades vermie-

den werden. Aus diesen Grund sind einige Verzinkungsleitungen mit getrennter Einkapselung für ein vorläufiges Schmelzen des Zinks vorgesehen, so dass die Schmelztemperatur des hinzuzufügenden Zinks die Temperatur des Zinkbades nicht verändert.

[0010] Die Löslichkeit von Eisen in geschmolzenem Zink ist im allgemeinen eine lineare Funktion der Temperatur. Bei einer normalen Verzinkungstemperatur von näherungsweise 455°C beträgt der Eisengehalt etwa 0,040 %, während der Eisengehalt bei einer Temperatur von etwa 440°C etwa 0,015 % beträgt. Um die Qualität eines feuerverzinkten dünnen Stahlblechs zu verbessern, muss Krätze wie z. B. FeZn-Ausfällungen (Schlackepartikel) auf der Zinkbeschichtung vermieden werden. Somit ist es vorteilhaft, den Eisengehalt in dem Zinkbad gegenüber dem gesättigten Zustand abzusenken, so dass verschiedene Verzinkungstemperaturen möglich sind, ohne dass aus dem geschmolzenen Zink sehr kleine Fe-Al-Zn Partikel ausgefällt werden. Diese Partikel sind eine Kombination von unterer Krätze (FeZn_7) und oberer Krätze (Fe_2Al_5). Diese Partikel werden im Detail in einer Veröffentlichung von Kato et al mit dem Titel "Dross Formation and Flow Phenomenon in Molten Zinc Bath", Galvatech '95, Conference Proceedings, Chicago, 1995, auf den Seiten 801 bis 806 beschrieben. Diese Veröffentlichung gibt Hintergrundinformationen hinsichtlich der Natur und Arten der Krätzeartikel, die in der Umgebung gebildet werden, in der auch die Erfindung arbeitet. Wenn das Zink auf den Bandstahl fließt, haften kleine Fe-Al-Zn Partikel in Form einer gleichmäßigen Schicht auf der Oberfläche des Stahlproduktes an und verlassen das Zinkbad als ein Teil der Zinkbeschichtung.

[0011] Um die Fe-Al-Zn Partikel so klein wie möglich zu halten und homogen zu verteilen, sollte die Temperatur und die Rate des Zinkflusses vorzugsweise einen konstanten Wert aufweisen. Der durch den Zinkkühler verursachte Wärmeverlust kann durch Einstellung der Geschwindigkeit des Stahlproduktes kompensiert werden, dessen Temperatur höher ist als die Temperatur des Zinkbades.

[0012] Ein größeres Problem im Zusammenhang mit der in der US-PS 4,971,842 beschriebenen Arbeitsweise besteht in der Krätze-Aufnahme durch das Band während des Prozesses der Feuerverzinkung auf Grund von in dem Bad verteilter Krätze. Das Vorhandensein von Krätze-Partikeln aus Fe-Zn und Fe-Al Intermetallen in der Beschichtung ist von besonderer Bedeutung. Zum einen können Press- und Formvorgänge in bestimmtem Ausmaß ein Durchschlagen und andere Defekte verursachen, die sich zeigen, wenn das Produkt gestrichen ist. Dies ist von besonderer Bedeutung, wenn der Stahl im Automobilsektor und für Endbenutzer-Anwendungen verwendet wird. Insbesondere treten Schönheitsfehler bei der Oberflächen-Verzinkung auf Grund von Krätze-Partikeln dann besonders stark in Erscheinung, wenn eine Hochglanz-Endbeschichtung aufgebracht wird.

[0013] Die Krätze-Partikel können auch während des Betriebes Probleme verursachen, wenn sie sich auf der Senkrolle (Element 4 in [Fig. 1](#)) ansetzen. Dies erfordert eine Abstufung des Stahlproduktes auf weniger kritische Kategorien und/oder ein periodisches Schließen der Leitung, um die betroffene Rolle zu säubern oder auszutauschen, was zu einem Produktionsausfall führt.

[0014] Selbst wenn ein perfektes Chemie-Management des Zinkbades unter Anwendung von konventionellen Technologien zum Verzinken vorgenommen wird, ist eine Krätze-Kristallisation auf Grund des Zusatzes von Aluminium, der Lösung von Eisen aus dem Bandstahl, einer ungenügenden Temperaturkonstanz, sowie einer nicht ausreichenden chemischen Homogenität des Bades unvermeidlich. Das Problem der Krätze-Aufnahme kann theoretisch nur vermieden werden, wenn die Beschichtung mit einer Krätze-freien Zinkbad-Zusammensetzung durchgeführt wird.

[0015] Zwar wird mit dem in der US-PS 4,971,842 beschriebenen System die Gleichmäßigkeit der Temperatur des Bades verbessert, die chemische Homogenität ist jedoch nicht in ausreichendem Maße verbessert worden. Wenn jedoch das Zink gegen den Bandstahl fließt, haften kleine Fe-Al-Zn Partikel in Form einer gleichmäßigen Schicht an der Oberfläche des Stahlproduktes an und verlassen das Zinkbad als Teil der Zinkbeschichtung. Dies beruht auf der ungenügenden Leistung der zweiten, gegen den Bandstahl gerichteten Strömung aus einem zweiten Satz von Düsen. Ferner ist auch der in [Fig. 1](#) gezeigte Verlauf der Strömung nicht geeignet, eine chemische Homogenität des Zinkbades zu erzeugen. Dies beruht auf der Tatsache, dass das Volumen des gesamten Bades nicht in ausreichendem Maße in seiner Gesamtheit bewegt wird, wodurch sich lokale Ansammlungen von Krätze in dem Bad bilden können. Auch können weder dieses noch die bekannten Systeme eine ausreichende Reinigung der Zinkrolle (Element 4 in [Fig. 1](#)) sicherstellen. Folglich kann der Aufbau von Krätze auf der Oberfläche der Rolle nicht ohne einen mechanischen Schaber verhindert werden, der wiederum seine eigenen Probleme verursacht.

[0016] Während somit mit dem in der US-PS 4,971,842 beschriebenen Kühler die Menge der Krätze-Partikel

in dem Zinkbad vermindert werden kann, ist jedoch eine vollständig Krätze-freie Bad-Zusammensetzung und eine Krätze-freie Beschichtung nicht zu erzielen. Im Stand der Technik ist es ebenfalls nicht möglich gewesen, das Problem der Krätze-Steuerung in einem Verfahren zum Feuerverzinken angemessen zu lösen, so dass ein großer Bedarf nach einem Kühler/Reinigungseinheit und einem Verfahren besteht, mit dem diese Probleme gelöst werden können.

[0017] Als Teil des Standes der Technik, der die Herstellung von feuerverzinkten Stahlbeschichtungen betrifft, sollen noch die "Patent Abstracts of Japan", Vol. 012, No. 387 (C-536) vom 13. Oktober 1988 und die JP 63 134652 A (Kawasaki Steel Corp) vom 7. Juni 1988 genannt werden. In diesem Stand der Technik wird eine Einrichtung (7) zur Erzeugung einer Strömung beschrieben, die eine Mehrzahl von Düsen auf jeder Seite des Bandstahls aufweist, die eine Mehrzahl von Zinkströmungen senkrecht zu dem Bandstahl richten.

Zusammenfassung der Erfindung

[0018] Folglich besteht eine der Erfindung zu Grunde liegende Aufgabe darin, eine nahezu Krätze-freie Feuerverzinkung von Stahlstreifen (Bandstahl) zu realisieren.

[0019] Eine weitere Aufgabe, die der Erfindung zu Grunde liegt, besteht darin, eine Feuerverzinkung von Stahl in einem nahezu Krätze-freien Bad auszuführen.

[0020] Weiterhin sollen mit der Erfindung "Durchschlag"-Defekte an mit Zink beschichtetem Bandstahl auf Grund von in einem Schmelztauchbad gebildeter Krätze beseitigt oder wesentlich vermindert werden.

[0021] Eine weitere Aufgabe, die der Erfindung zu Grunde liegt, besteht darin, die Probleme zu lösen, die sich im Zusammenhang mit dem Aufbau von Krätze an Senkrollen in einem Zink-Schmelztauchbad, das zum Beschichten von Bandstahl verwendet wird, ergeben.

[0022] Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, die Menge von Zink, die gegen den Bandstahl in einem Verfahren zum Feuerverzinken fließt, spezifisch zu steuern.

[0023] Der Erfindung liegt auch die Aufgabe zu Grunde, eine in stärkerem Maße konsistente Beschichtung von Zink auf Bandstahl mit einem Verfahren zum Feuerverzinken zu erzielen, als es mit bekannten Verfahren zum Feuerverzinken möglich ist.

[0024] Eine weitere Aufgabe, die der Erfindung zu Grunde liegt, besteht darin, ein Verfahren zum wirksamen Reinigen einer Senkrolle ohne mechanische Schaber in einem Zinkbad zu schaffen, das in einem Verfahren zum Feuerverzinken verwendet wird.

[0025] Weiterhin liegt der Erfindung die Aufgabe zu Grunde, eine chemische Homogenität in einem Zinkbad zu schaffen, das in einem System zum Feuerverzinken von Bandstahl verwendet wird, um die lokale Ansammlung von Krätze in "toten" Zonen zu vermeiden.

[0026] Diese und andere Aufgaben und Vorteile der Erfindung werden mit einem Verfahren zum Feuerverzinken gemäß Anspruch 1 gelöst bzw. erreicht, mit dem das Entstehen von im wesentlichen jeglicher Krätze auf Grund des Verzinkens von zu beschichtendem Metall vermieden wird. Dieses Verfahren umfasst einen Schritt des Einbringens von Metall in ein Zinkbad und ein Anhaften von im wesentlichen aller Krätze, die in dem Zinkbad entsteht, an dem Metall.

[0027] Ein verzinktes Stahlprodukt wird durch das beanspruchte Verfahren des Eintauchens von Stahl in ein heißes Zinkbad und Anhaften von im wesentlichen aller Krätze, die in dem Zinkbad entsteht, an dem Stahl erzeugt.

[0028] Eine weitere Ausführungsform der Erfindung ist durch ein System gemäß Anspruch 6 zur Ausführung des Feuerverzinkens in einem Zinkbad gebildet, wobei das Zinkbad in einem im wesentlichen Krätze-freien Zustand gehalten wird. Das System umfasst Strömungseinrichtungen zum Führen im wesentlichen aller Krätze in der Weise, dass diese an dem beschichteten Stahl anhaftet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0029] [Fig. 1](#) zeigt schematisch den Strömungsverlauf des in der US-PS 4,971,842 beschriebenen Systems.

[0030] [Fig. 2\(a\)](#) zeigt schematisch eine Seitenansicht der Kühl-/Reinigungseinheit gemäß der Erfindung sowie den neuen Strömungsverlauf gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren.

[0031] [Fig. 2\(b\)](#) zeigt schematisch eine Vorderansicht bzw. eine Seitenansicht der Steuereinrichtung für die Strömung des geschmolzenen Zinks.

[0032] [Fig. 3](#) zeigt schematisch die Düsenkammer des Systems gemäß der Erfindung sowie den Strömungsverlauf, der entsteht, wenn das Verfahren gemäß der Erfindung ausgeführt wird.

[0033] [Fig. 4](#) zeigt schematisch eine Ablenkplatte oder Plenum mit Düsen.

[0034] [Fig. 5\(a\)](#), (b) zeigen schematisch zwei Ansichten der Düsen, die verwendet werden, um das Zink entlang der Länge und beider Seiten des Bandstahls zu spritzen.

[0035] [Fig. 6\(a\)](#)–(c) zeigen Verfahrensdigramme zum Vergleich von verschiedenen Betriebszuständen gemäß dem Stand der Technik und gemäß der Erfindung.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0036] Die [Fig. 2\(a\)](#) und [Fig. 2\(b\)](#) zeigen das Gesamtsystem, mit dem die Erfindung ausgeführt wird. Als Teil des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein geglühter Bandstahl **2** durch ein Zinkbad **3** um eine Senkrolle **4** und zwischen einer oder mehreren Stabilisierungsrollen **5** geführt. Die Düseneinheit **6**, die Zink auf den Stahl aufbringt, umfasst obere Düsen **7** und untere Düsen **8** (wie in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) dargestellt). Im Gegensatz dazu umfasst der Kühler gemäß der US-PS 4,971,842 eine obere Düse **7** und eine untere Düse **8**, die beide als Schlitze gleichmäßig über der Breite der Einheit **6** angeordnet sind, ohne die Schattenkonfiguration der Plenum-Platte **9** ([Fig. 4](#)), die eine Mehrzahl von Düsen **8** aufweist, die zum Führen von geschmolzenem Zink mit Winkeln von im wesentlichen 90 Grad entlang einer Länge des Bandes angeordnet sind. Weiterhin weist die Kühl-/Reinigungseinheit **2** gemäß der Erfindung eine Mehrzahl von oberen verlängerten Düsen **7** gemäß der Darstellung in [Fig. 4](#) auf. Ferner sind die unteren Düsen **8** rund und in der Konfiguration der Plenum-Platte **9** ausgebildet.

[0037] Der Abgabebereich der Düsen **7** und **8** sollte mindestens etwa 50 % der Fläche des Bandstahls **2** entlang der Länge des Bandstahls **2** von A nach B gemäß der Darstellung in [Fig. 2\(a\)](#) abdecken. Dies ist ein Unterschied im Vergleich zu der einzigen unteren Düse **8** gemäß der Beschreibung in der US-PS 4,971,842 und der Darstellung in [Fig. 1](#). Bei dem erfindungsgemäßen System sind die Düsen **8** in der Plenum-Platte **9** so montiert, dass eine Hälfte der Länge der Düsen auf einer Seite und die andere Hälfte auf der anderen Seite der Mittellinie der Plenum-Platte liegt. Mit dieser Anordnung wird eine besonders effiziente Strömung des Zinks gegen das Stahlblech erzielt.

[0038] Innerhalb der Düsenkammer **6** wird das mit Krätze verschmutzte Zink in Richtung auf den Bandstahl gepumpt, so dass die Krätze-Partikel an der Oberfläche des Bandstahls **2** anhaften. Durch diesen Vorgang wird die Krätze als Teil der Zinkbeschichtung auf dem Bandstahl aus dem Zinkbad entfernt. Als Ergebnis davon wird der nachfolgend bearbeitete Stahl in einem Krätze-freien Zinkbad behandelt, da sämtliche Krätze durch Anhaften an dem zuvor bearbeiteten Bandstahl entfernt worden ist. Um eine wirksame Anhaftung der Krätze-Partikel an dem Bandstahl zu erzielen, sollte die Zinkströmung aus den Düsen **8** so gerichtet sein, dass sie aus einer nahezu senkrechten Richtung auf das Band trifft, anstatt sich parallel zu dem Band zu bewegen, wie es bei dem Kühler gemäß der US-PS 4,971,842 und der Darstellung in [Fig. 1](#) der Fall ist.

[0039] Um eine für das Anhaften der Krätze-Partikel an dem Band **2** ausreichende Strömung zu entwickeln, sollte die Fläche der Düsen **8** gemäß der Erfindung etwa das Doppelte der Fläche des Pumpengehäuses **10**, gemessen an dem Rührwerk **17**, betragen. Durch Regeln der Drehgeschwindigkeit der Pumpe und somit des Volumens des bewegten Materials, kann die Geschwindigkeit der Zinkströmung aus den Düsen **7** und **8** eingestellt werden. Die Menge des zu dem Bandstahl **2** geführten Zinks kann durch Ableiten von Material (näherungsweise 2 Prozent des gesamten Zinks in dem Bad) aus einer Zinksäule durch einen Schlitz **12** in dem Gehäuse **11** über der Oberfläche **3** des Zinkbades überwacht und gesteuert werden. Der Schlitz **12** ist vorzugsweise 25 Millimeter breit und 100 Millimeter hoch. Das Gehäuse **11** ist an dem Pumpengehäuse **10** befestigt und erstreckt sich von unterhalb der Oberfläche des Zinkbades über die Oberfläche des Zinkbades. Der Zinkpegel in dem Schlitz ist von dem durch die Pumpe **10** erzeugten Haupt-Zinkfluss abgeleitet, zeigt jedoch den korrekten Zinkpegel in dem gesamten Bad an. Ferner ist es durch Einstellung kleiner Mengen von Zink in der Weise, dass diese aus der auf den Stahl aufgebrachten Haupt-Zinkströmung abgeleitet oder dieser hinzuge-

fügt werden, möglich, die Zink-Pegel für eine optimale Plattierung und die Erzeugung der geringsten Mengen von Krätze genau einzustellen. Diese Steuerungseinrichtung ist in der US-PS 4,971,842 nicht offenbart.

[0040] Vorzugsweise korrelieren 5 Millimeter Zinksäule (über der Oberfläche **3** des Bades) mit dem Pumpen von 1000 Tonnen Zink pro Stunde, und 10 Millimeter Zinksäule sind geeignet für 2000 Tonnen Zink pro Stunde. Unterhalb von 5 Millimetern ist die Zinkströmung zu gering und über 10 Millimetern ist die Zinkströmung zu hoch, so dass Probleme mit der Materialerosion entstehen können. Somit wird die Zinkströmung gemäß der Erfindung durch Aufrechterhaltung einer Zinksäule vorzugsweise zwischen 5 und 10 Millimetern an dem Schlitz **12** sichergestellt.

[0041] Nach der Verarbeitung von drei Stahlrollen ist gemäß [Fig. 6\(c\)](#) das aus der Düseneinheit **6** austretende Zink eine nahezu Krätze-freie Zinkschmelze, da nahezu sämtliche Krätze-Partikel an dem Bandstahl **2** der zuvor verarbeiteten Rollen angeheftet sind. Somit kann die Zinkströmung auf beiden Seiten und unterhalb der Rolle **4** keine sich auf der Rolle **4** aufbauende Krätze bilden. Ferner wird auch keine weitere Krätze an dem Band **2** abgelagert.

[0042] Die Ablenkplatte **13** liegt unter der unteren Rolle **4**. Die Zinkströmung hält die Oberfläche der unteren Rolle **4** sauber und verhindert, dass sich Krätze daran ansetzen kann. Somit ist kein mechanischer Schaber erforderlich, wie er bei den bekannten Systemen benötigt wird, um Krätze, die sich an der Rolle ansetzt, zu entfernen. Ein Konus **14** ([Fig. 2\(b\)](#)) an dem Ende der Ablenkplatte **13** richtet einen Teil der Krätze-freien Zinkströmung gegen das Lager **15** der Senkrolle **4**, die an dem Arm **16** befestigt ist. Durch diese Strömung wird die Erosion/der Verschleiß an dem Lager der Rolle auf Grund von harten Krätze-Partikeln, die in dem Bad während früherer Stufen der Bearbeitung (der ersten drei Rollen) vorhanden sind, minimiert.

[0043] Die Aufteilung des durch die Pumpe **10** bearbeiteten Volumens von Zink **V** ist in [Fig. 2\(a\)](#) gezeigt. Näherungsweise **40** Prozent des Volumens von Zink, das durch die Pumpe beaufschlagt wird, fließt unterhalb der unteren Rolle **4**, während näherungsweise 30 Prozent über die Rolle strömen. Näherungsweise **15** Prozent des Volumens von Zink, das durch die Pumpe beaufschlagt wird, tritt aus der Oberseite der Düseneinheit **6** an jeder Seite des Bandstahls **2** aus. Alle diese Volumina von Zink strömen zurück durch die Pumpe und bilden näherungsweise 98 Prozent des Zinks in dem Bad. Die anderen zwei Prozent werden zu dem Gehäuse **11** abgeleitet und fließen durch den Schlitz **12**.

[0044] Die Fläche sämtlicher Düsen **7** und **8** sollte im wesentlichen gleich dem Doppelten der Fläche des Pumpengehäuses **10** sein. Folglich zeigt die aus dem Schlitz **12** austretende Zinkströmung die kritischen inkrementalen Mengen von Zink an, die in dem Bad verfügbar sein sollten, um den korrekten Prozess zu erzielen, der zu einem Krätze-freien Bad und einem eventuell Krätze-freien Produkt führt.

[0045] Die Düsen **8** sind gemäß der Erfindung vorzugsweise röhrenförmig mit einem Durchmesser von zwischen 70 und 100 Millimetern und einer Länge von mehr als dem 0,7 fachen des Durchmessers der Düse. Der Werkstoff des Materials der Einheit **6** ist AISI 316L (gegossen) oder nach DIN 1,449. Es ist jedoch wichtig, dass die Einheit **6** eine vollständig austenitische Struktur ist, d. h. Ferrit-frei, und der Anteil von Ferrit sollte weniger als 0,2 Prozent betragen. Ferner sollte das Material durch Gießen geformt sein, ohne es nach dem Gießen zu biegen oder kalt zu verformen.

[0046] Mit der Vorrichtung gemäß der Erfindung wird gemäß [Fig. 2](#) ein Strömungsverlauf ohne "tote" Zonen in dem Zinkbad **3** und mit einer chemischen Gleichförmigkeit in dem gesamten Zinkbad erzeugt. Mit diesem Strömungsverlauf ist es möglich, ein Verfahren zur Durchführung einer Feuerverzinkung mit einer Krätze-freien Zinkbad-Zusammensetzung zu realisieren. Die Strömungsverläufe in bekannten Systemen und in einem System wie es in [Fig. 1](#) gezeigt ist, sind nicht geeignet, eine ausreichende chemische Homogenität herbeizuführen, so dass damit keine Krätze-freie Bad-Zusammensetzung und kein Krätze-freies Produkt erzielt werden kann.

[0047] Die Ergebnisse dieser Untersuchungen an einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind unten sowie in den [Fig. 6\(a\)](#) bis [Fig. 6\(c\)](#) wiedergegeben, um einige der spezifischen Details des erfindungsgemäßen Systems und des Verfahrens zu dessen Betrieb zum Verzinken von Bandstahl zu verdeutlichen. Im industriellen Maßstab sind Versuche durchgeführt worden, um den Kühler gemäß der US-PS 4,971,842 mit dem Kühler/Reinigungseinheit gemäß der Erfindung zu vergleichen.

[0048] Wenn die Eintauchtemperatur des Bandes zu hoch ist, wird die Reaktivität des Bades zu hoch, was zu anhängenden Krätze-Partikeln führt. Das erfindungsgemäße System arbeitet in der Weise, dass ein Krätz-

ze-freies Bad und nachfolgend ein Krätze-freies Produkt bei realistischen Eintauchtemperaturen des Bades, vorzugsweise 485°C bis 500°C für die Temperatur des Bandstahls und 440°C bis 450°C für die Temperatur des Bades, erzielt werden kann.

[0049] Wie in Tabelle 1 dargestellt ist, kann mit dem neuen Kühler/der neuen Reinigungseinheit ein Produkt mit einer Krätze-freien Beschichtung (0 % Krätze) hergestellt werden.

Tabelle 1:

	bekannter Kühler		Kühler/Reiniger gemäß der Erfindung	
Band-Eintauchtemperatur	540°C	485°C	540°C	485°C
Badtemperatur	447°C	447°C	447°C	447°C
Aluminiumgehalt des Bades	0,15%	0,15%	0,14%	0,14%
Eisengehalt des Bades	0,03%	0,025%	0,025%	0,020%
%Krätze in Beschichtung (durch Zwischenprüfung)	2-3	1-2	1	0

[0050] Der Aluminium- und Eisengehalt ist durch chemische Analysen von Proben gemessen worden, die dem Zinkbad entnommen wurden. Die Löslichkeit von Eisen zu Zink beträgt 0,020 Gewichts % bei 477°C, wenn der Aluminiumgehalt 0,14 % beträgt. Somit ist der Eisengehalt des Bades gleich der Löslichkeit von Eisen. Als Ergebnis kann mit dem Verfahren gemäß der Erfindung ein Krätze-freies Zinkbad zur Herstellung eines Krätze-freien Produktes aufrechterhalten werden.

[0051] Die drei in den [Fig. 6\(a\)](#) bis [Fig. 6\(c\)](#) dargestellten Kurven zeigen die Ergebnisse der Anwendung der Erfindung im Gegensatz zu den Kurven, die sich bei Anwendung des in der US-PS 4,971,842 beschriebenen Systems ergeben. Insbesondere ist die Wirksamkeit (das heißt die Beseitigung von Krätze pro Zeiteinheit) des Systems gemäß der Erfindung größer als des Systems gemäß der US-PS 4,971,842. Dies wird aus den Kurven in [Fig. 6\(c\)](#) deutlich, die die Beseitigung von Krätze über einer Zeitperiode bei einer Mehrzahl von bearbeiteten Rollen darstellen. Jede Rolle beinhaltet näherungsweise 20 Tonnen Stahl und benötigt näherungsweise 30 Minuten zur Verarbeitung. Zu der Zeit, zu der die dritte Rolle verarbeitet wird, ist die Arbeitsweise der Erfindung so, dass Krätze-Partikel schnell aus dem Zinkbad entfernt werden. Im Anschluss daran ist die Rolle 4 die erste Rolle, die in einer Krätzefreien Umgebung verarbeitet wird, worin die Aufgabe der Erfindung liegt. Dieses Ergebnis konnte mit dem in der US-PS 4,971,842 beschriebenen System nicht erzielt werden.

[0052] Die bevorzugten Ausführungsformen sind nur beispielhaft beschrieben worden und sollen die Erfindung in keiner Weise beschränken. Folglich umfasst die Erfindung auch alle Äquivalente, Modifikationen, Variationen und andere Ausführungsformen, die nur durch den Schutzbereich der folgenden Ansprüche begrenzt sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Feuerverzinken, mit dem im wesentlichen alle suspendierten Krätzepartikel, die durch das Verzinken eines zu beschichtenden Metallstreifens erzeugt werden, beseitigt werden, mit folgenden Schritten:

- (a) Einbringen des Metallstreifens in ein Bad, das verzinkende Materialien enthält, und
- (b) Anhaften der verzinkenden Materialien einschließlich der Krätze an den Metallstreifen, um ein im wesentlichen Krätze-freies Bad zu erhalten, durch
- (c) Richten von im wesentlichen senkrechten Strömungen gegen den Metallstreifen unter Verwendung einer Mehrzahl von Düsen einschließlich einer Mehrheit von runden Düsen, die in dem Bad an Plenum-Platten an einer oder beiden Seiten des Stahlstreifens angeordnet sind, wobei die Mehrzahl von runden Düsen an den Plenum-Platten in der Weise angeordnet sind, dass die Hälfte der Länge jeder Düse auf einer Seite und die andere Hälfte auf der anderen Seite der Mittellinie der Plenum-Platte liegt, wobei die Düsen einen Abgabebereich von mindestens 50 Prozent des Bereiches von jeder Seite des Metallstreifens aufweisen, und die chemi-

sche Homogenität in dem Zinkbad aufrechterhalten wird, so dass ein prozentualer Gehalt von Eisen in dem Bad im wesentlichen gleich dem Wert der Löslichkeit vom Eisen in dem Bad ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
bei dem der Schritt (a) folgenden Unterschritt aufweist:
(i) Bewegen des Metallstreifens mittels einer unteren Rolle in dem Bad.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
bei dem die Strömungen von Zink durch eine Mehrzahl von Strahlen gebildet sind, die sich senkrecht zu den Flächen des Metallstreifens an einer Mehrzahl von Stellen entlang einer vorbestimmten Länge des Metallstreifens bewegen.

4. Verfahren nach Anspruch 2,
mit folgendem Schritt:
(c) Richten einer Zinkströmung von dem Metallstreifen über und unter die untere Rolle.

5. Verfahren nach Anspruch 4,
bei dem die untere Rolle durch einen Arm mit einem Lager gehalten wird und die Zinkströmung auch auf das Lager gerichtet ist.

6. System zur Durchführung eines Verfahrens zum Feuerverzinken an einem Stahlstreifen in einem Zinkbad, während das Zinkbad in einem im wesentlichen Krätzefreien Zustand gehalten wird, mit:
(a) einem Zinkbad, durch das der Stahlstreifen (2) geführt wird, und
(b) einer Mehrzahl von Düsen (7, 8) einschließlich einer Mehrheit von runden Düsen (8), die in dem Bad an Plenum-Platten (9) an einer oder beiden Seiten des Stahlstreifens angeordnet sind, wobei die Mehrzahl von runden Düsen (8) an den Plenum-Platten (9) in der Weise angeordnet ist, dass die Hälfte der Länge jeder Düse (8) auf einer Seite und die andere Hälfte auf der anderen Seite der Mittellinie der Plenum-Platte (9) liegt, um Zinkströmungen auf den Stahlstreifen in einer im wesentlichen senkrechten Richtung zu richten, so dass der Düsen-Abgabebereich gleich mindestens 50 Prozent von jeder Seite des Stahlstreifens ist, der der senkrechten Zink-Strömung ausgesetzt ist, so dass ein prozentualer Gehalt von Eisen in dem Bad im wesentlichen gleich dem Wert der Löslichkeit des Eisens in dem Bad ist.

7. System nach Anspruch 6, mit:
(b) einer unteren Rolle (4), die zur Handhabung des Stahlstreifens (2) angeordnet ist, und
(c) Führungseinrichtungen (13) zum Richten der Zinkströmung über und unter die Rolle.

8. System nach Anspruch 7,
bei dem die Düsen runde Düsen (8) und längliche Düsen (7) umfassen, die entlang von oberen Umfängen der Plenum-Platten (9) angeordnet sind.

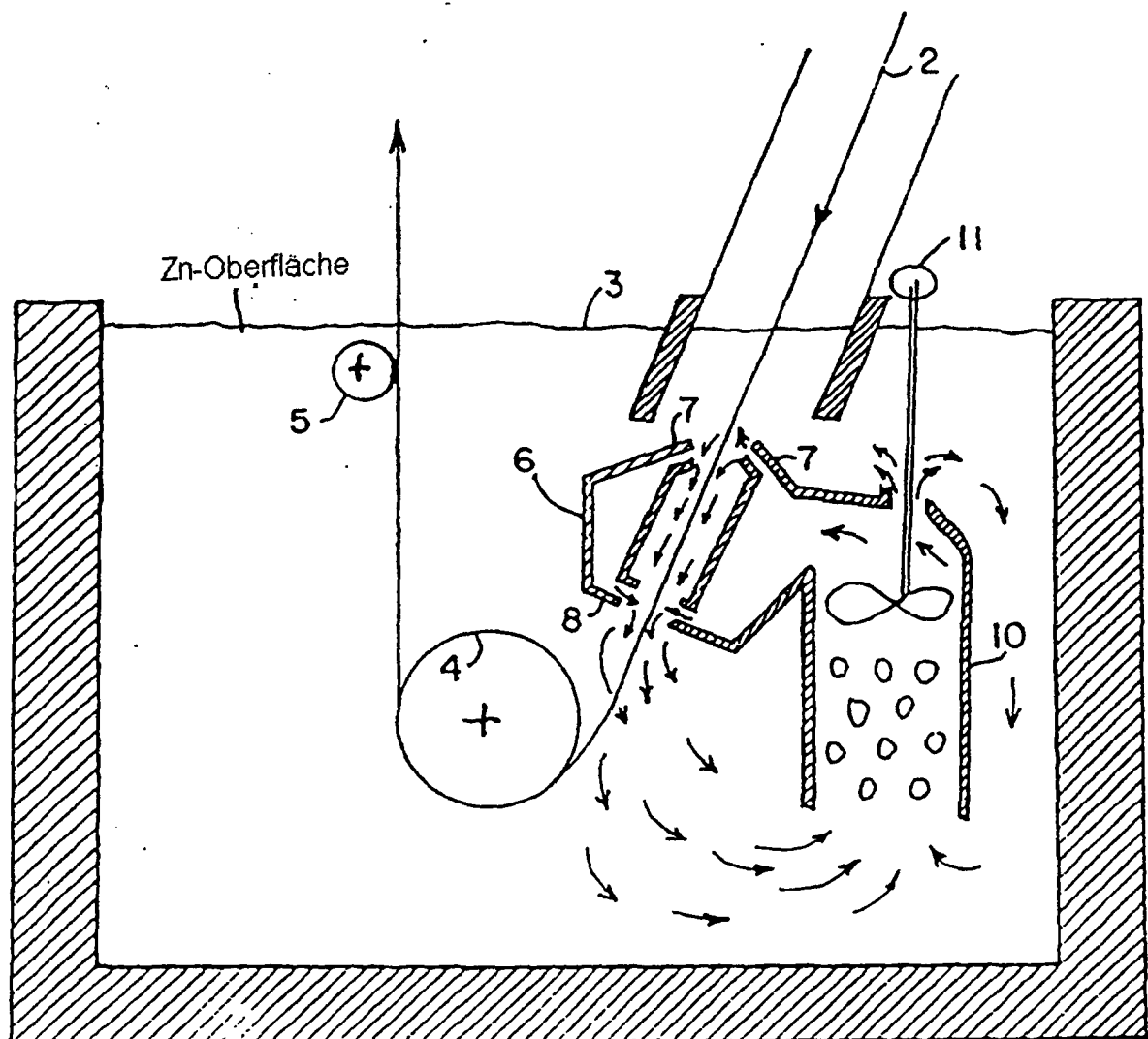
9. System nach Anspruch 8,
bei dem die runden Düsen (8) mit einer Länge und einem Durchmesser so gestaltet sind, dass die Länge gleich oder größer als $0,7 \times \text{Durchmesser}$ ist.

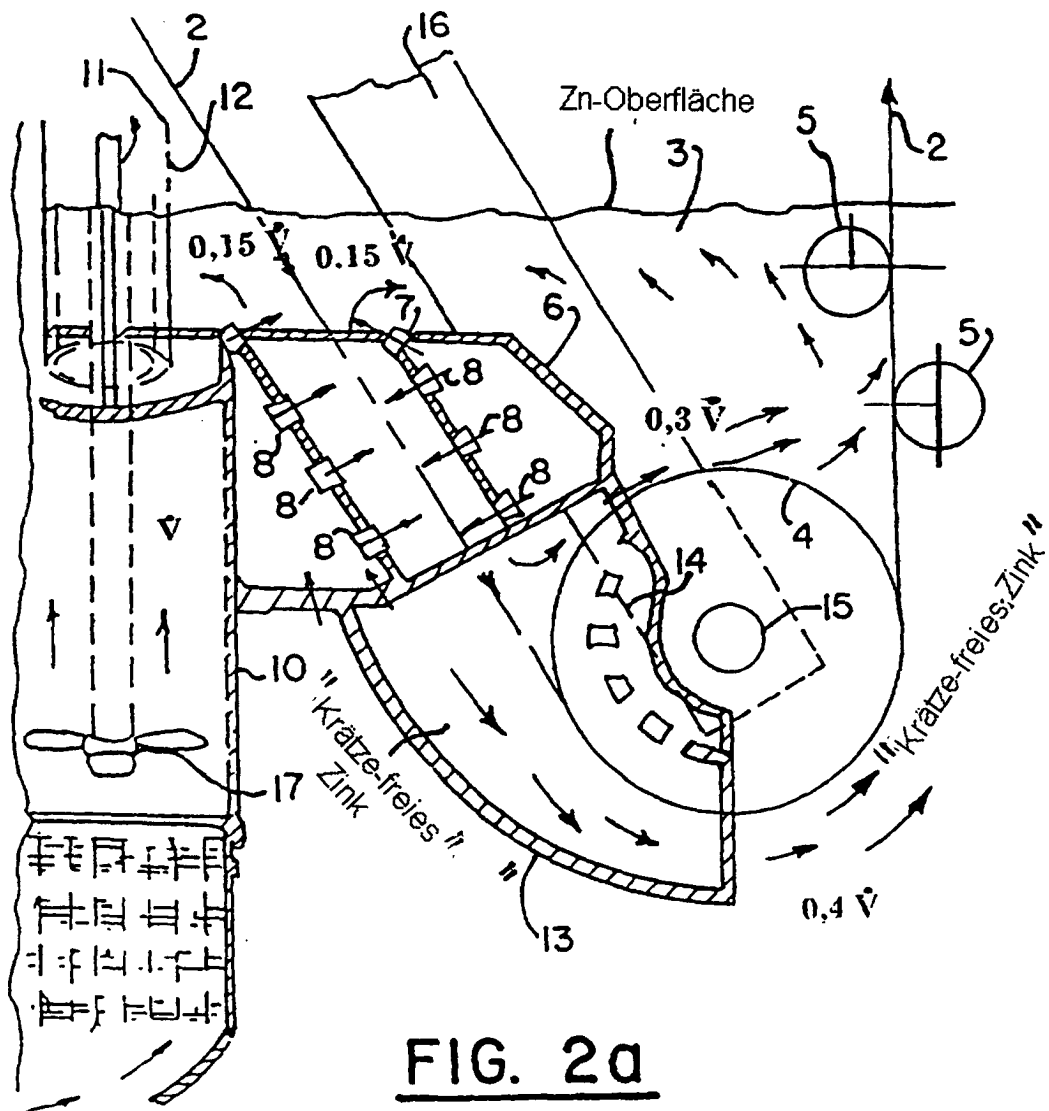
10. System nach Anspruch 9,
bei dem die Düsen (8) so angeordnet sind, dass sie den Stahlstreifen (2) der Zinkströmung entlang einer vorbestimmten Länge des Stahlstreifens aussetzen, die sich von einer Oberfläche des Zinkbades zu einem Punkt an der unteren Rolle (4) erstreckt, an dem der Stahlstreifen die untere Rolle (4) zuerst berührt.

11. System nach Anspruch 10,
bei dem das Material der Düsen durch eine austenitische Stahlzusammensetzung gebildet ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

FIG. 1





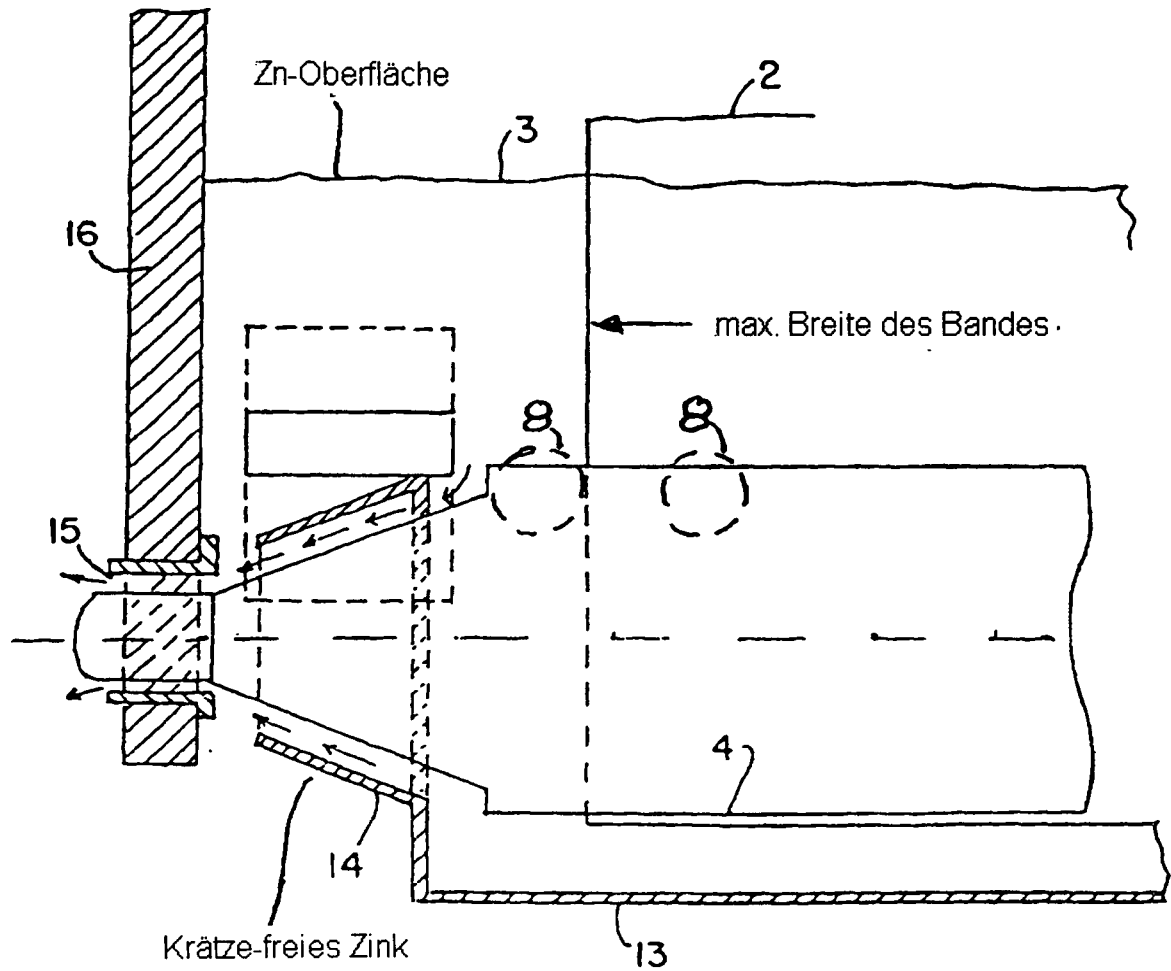


FIG. 2b

