

Prüfungsarbeit des Bewerbers
(Prüfungsaufgabe B/1990 Elektrotechnik/Mechanik)

An das Europäische Patentamt

Auf den Bescheid vom ...

werden anbei neue Patentansprüche 1 bis 9 eingereicht, die an die Stelle der bisher vorliegenden Ansprüche treten sollen, sowie eine überarbeitete Beschreibung zum Ersatz der bisherigen Beschreibung.

I.

Die neuen Ansprüche enthalten nun zwei nebengeordnete Ansprüche 1 und 2, die beide der Lösung der zugrunde liegenden Aufgabe dienen, nämlich einen solchen Induktionsofen so auszubilden, daß die Konvektionsgeschwindigkeit so gesteuert werden kann, daß keine Verunreinigungen in den Tauchbereich gelangen, aber gleichzeitig eine konstante Temperatur in diesem Bereich aufrechterhalten werden kann (vgl. Seite 4, 1. Absatz der Beschreibung). Im Oberbegriff des Anspruchs 1 wird Dokument II berücksichtigt.

Diese Aufgabe wird nach der ersten Lösung gemäß Anspruch 1 dadurch gelöst, daß die Induktionswicklung so ausgebildet ist, daß sie ein um die Kernachse drehendes Magnetfeld erzeugt.

Der neue Anspruch 1 enthält also zusätzlich zu den bisherigen Merkmalen die Einschränkung des ursprünglichen Anspruchs 5.

Der neue Anspruch 1 ist zweifellos neu gegenüber dem entgegengesetzten Stand der Technik nach den Dokumenten I und II.

Der neue Anspruch 1 beruht jedoch - im Gegensatz zu der Auffassung im Bezugsbescheid - auch auf erfinderischer Tätigkeit: Zwar trifft es sicher zu, daß Wicklungen zur Erzeugung eines Drehfeldes als solche im Zusammenhang mit Elektromotoren an sich bekannt sind, jedoch ist es für den Fachmann - auch wenn Elektromotoren und Induktionsöfen benachbarte Fachgebiete sein mögen - nicht naheliegend, eine Induktionswicklung zur Erzeugung eines Drehfeldes bei einem Induktionsofen vorzusehen, um die Aufgabe zu lösen, das Tauchbecken von Verunreinigungen frei zu halten. Hierzu bedarf es vielmehr zusätzlicher erfinderischer Überlegungen, die bei weitem über die Anwendung von allgemeinem Fachwissen auf einen Induktionsschmelzofen hinausgehen.

Nach dem nebengeordneten unabhängigen Anspruch 2 wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Querschnittsfläche des einzigen bzw. jeder Schleife von ihrem einen Ende zum anderen Ende linear zunimmt.

Der neue Anspruch 2 enthält also zusätzlich zu den bisherigen Merkmalen die Einschränkung des bisherigen Anspruch 7.

Die Wirkung dieser Maßnahme besteht darin, daß die Konvektionsströmung veranlaßt wird, nur in einer Richtung zu verlaufen.

Der Gegenstand des Anspruchs 2 ist zweifellos neu gegenüber dem entgegengehaltenen Stand der Technik nach den Dokumenten I und II: Weder bei Dokument I noch bei Dokument II sind die Querschnittsflächen so beschaffen, daß die Querschnittsfläche der Schleife von einem Ende zum anderen Ende linear zunimmt. Bei beiden Gegenständen des Standes der Technik sind die Querschnittsflächen an den beiden Enden der Schleifen im wesentlichen gleich. Wie Figur 1 des Dokuments II zeigt, nimmt dort der Querschnitt sogar zunächst auf den ovalen Querschnitt in der Mitte der Schleife ab, um dann wieder größer zu werden, wie es auch in Seite 2, Zeilen 9 bis 12 erläutert ist. Bei Dokument I sind die Querschnitte der Kanäle 8, 9 und 10 gleich, so daß auch von dieser kein Hinweis auf die Lösung nach Anspruch 2 zu entnehmen ist.

Abgesehen davon, daß die stufenweise Änderung der Querschnittsfläche bei Dokument I mit der linearen Änderung bei der Erfindung überhaupt nicht verglichen werden kann, ist auch die Wirkung eine ganz andere: Bei Dokument I wird das geschmolzene Metall im Kanal 9 innerhalb des Magnetkerns am stärksten erhitzt, so daß es im Kanal 9 schräg nach oben in den Behälter 1 fließt, während von dort das kühlere Metall durch die Kanäle 8 und 10 nach unten nachfließt (vgl. auch Seite 2, Zeilen 1 bis 4 des Dokuments II in Verbindung mit Figur 1 und 2).

Somit wird zwar auch bei dem aus Dokument I bekannten Induktionsofen eine Strömung in vorgegebener Richtung erreicht, aber lediglich durch unterschiedliche Temperaturen, also eine Art "Thermosyphon-Effekt", während bei der vorliegenden Erfindung die Strömung durch die Formgebung der Schleife erreicht wird.

Dem Anspruch 2 kann also eine erfinderische Tätigkeit nicht abgesprochen werden.

Die Überlegungen in Seite 2, 3. vollständiger Absatz des Dokuments II hinsichtlich der magnetischen Abstoßung, so daß die "äußeren Schichten des Metalls in den Induktionsschleifen nach oben und außen gedrückt und durch Metall ersetzt werden, das an den Innenseiten der Schleifen nach unten fließt", zeigen zwar, daß auch dort an einen Einfluß der Schleifenform mit der Strömung gedacht worden ist, jedoch wird dort eine ganz andere Geometrie verwendet und auch ein ganz anderes Ergebnis erzielt.

II.

Sowohl beim Gegenstand des Anspruchs 1 als auch beim Gegenstand des Anspruchs 2 wird zum gleichen Zweck mit verschiedenen Mitteln, nämlich einmal durch ein Drehfeld und einmal durch eine bestimmte Formgebung der Schleife, die gleiche Wirkung erhalten, nämlich die Strömung durch die Schleife zu steuern.

Es wird somit in Hinblick auf Artikel 82 EPÜ gebeten, anzuerkennen, daß bei den Ansprüchen 1 und 2 eine einzige erfinderische Idee mit verschiedenen Mitteln verwirklicht wird, die jedoch beide zu einem ähnlichen Ergebnis in bezug auf die Aufgabe führen, also Einheitlichkeit besteht.

Lediglich für den Fall, daß sich die Prüfungsabteilung dieser Meinung nicht anschließen kann, wird in Erwägung gezogen, den Gegenstand des Anspruchs 2 zum Inhalt einer Teilanmeldung zu machen.

III.

Was die Unteransprüche betrifft, so entsprechen die Ansprüche 3, 4, 5, 6, 8 und 9 in dieser Reihenfolge den bisherigen Ansprüchen 2, 3, 4, 6, 9 bzw. 10.

Besonders zu erwähnen ist der neue Anspruch 7, dessen Merkmale dem bisherigen Anspruch 8 entsprechen, in Hinblick auf die vorteilhafte Wirkung zur Unterdrückung des "Pinch-Effekts", wie es in Seite 4, 2. Absatz der vorliegenden Beschreibung erläutert ist.

Die Querschnittsform gemäß dem neuen Anspruch 7 ist von eigener erfinderischer Bedeutung und durch den Stand der Technik nicht nahegelegt. So kann vielmehr dem Dokument II in Seite 1, 3. Absatz entnommen werden, daß ein "Pinch-Effekt" und die daraus resultierende starke Fließbewegung sogar erwünscht sein können, um dort Legierungsbestandteile besser zu vermischen. Wenn diese starke Fließbewegung vermieden werden soll wird dagegen lediglich eine niedrigere Leistung gelehrt.

IV.

Falls seitens der Patentabteilung trotz der vorstehenden Argumente noch Zweifel an der Patentierbarkeit der vorliegenden Erfindung bestehen sollten, wird um Anberaumung einer Anhörung gebeten.

Unterschrift
(Der zugelassene Vertreter vor EPO)

Neue Ansprüche 1-9
Neue Beschreibung, Seiten 1-5, 5a, 6-10

Patentansprüche

1. Induktionsofen, der einen Schmelzbehälter (1), mindestens einen Kanal (2; 2a, 2b, 2c), der an beiden Enden mit dem Schmelzbehälter verbunden ist, und eine Induktionsheizung (6, 8, 9, 10; 6, 8, 10) aufweist, wobei die Induktionsheizung einen Magnetfluß erzeugt, der einen Teil des Kanals durchdringt und damit das im Kanal befindliche Metall durch magnetische Induktion erhitzt, wobei Kanal und Induktionsheizung unterhalb des Schmelzbehälters angeordnet sind, und wobei der Kanal aus mindestens einer Schleife besteht, dadurch gekennzeichnet, daß die Induktionswicklung so ausgebildet ist, daß sie ein um die Kernachse drehendes Magnetfeld erzeugt.

2. Induktionsofen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsfläche der bzw. jeder Schleife von ihrem einen Ende zum anderen Ende linear zunimmt.
3. Induktionsofen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kanal aus einer einzigen Schleife (2) besteht, und daß die Induktionsheizung einen durch die Schleife geführten Transformator Kern (6) und eine Induktionswicklung (10) auf dem Kern aufweist.
4. Induktionsofen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kanal aus zwei Schleifen (2a, 2b, 2c) besteht, und daß die Induktionsheizung einen durch beide Schleifen geführten Transformator Kern (6) und mindestens eine Induktionswicklung (10) auf dem Kern aufweist.
5. Induktionsofen nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Schleifen (2a, 2b, 2c) über einen Teil ihrer Länge einen Kanal (2c) gemeinsam haben.
6. Induktionsofen nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsfläche der bzw. jeder Schleife entlang ihrer Länge unterschiedlich ist.
7. Induktionsofen nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 3 bis 5, sofern dieser auf Anspruch 1 zurückbezogen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsfläche der bzw. jeder Schleife über ihre gesamte Länge konstant ist und daß die Kanalbreite in Richtung parallel zur Kernachse mit zunehmender Entfernung vom Schmelzbehälterboden zum tiefsten Punkt des Kanals linear abnimmt, wobei der Schleifenquerschnitt direkt am Schmelzbehälter länglich (21) und an dem vom Behälter am weitesten entfernten Punkt quadratisch (20) ist.
8. Induktionsofen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die bzw. jede Schleife an ihrem tiefsten Punkt eine mit einem Stopfen (25) verschlossene Öffnung hat, durch die geschmolzenes Metall bzw. Verunreinigungen abfließen können.
9. Verzinkungsbad, das einen Induktionsofen nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist.

Beschreibung der Anmeldung

Induktionsofen

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Induktionsofen, bestehend aus einem Schmelzbehälter, mindestens einem an beiden Enden mit dem Behälter verbundenen Kanal und einer Induktionsheizung, wobei diese Induktionsheizung einen Magnetfluß erzeugt, der einen Teil des Kanals durchdringt und damit das im Kanal befindliche Metall durch magnetische Induktion erhitzt, wobei Kanal und Induktionsheizung unterhalb des Schmelzbehälters angeordnet sind. Die Erfindung betrifft insbesondere, aber nicht ausschließlich, einen solchen für die Verwendung als Verzinkungsbad ausgelegten Ofen; Bäder dieser

Art werden in der Industrie zum Verzinken von so unterschiedlichen Gegenständen wie Zaunpfosten und Kraftfahrzeugkarosserien durch Eintauchen in das Verzinkungsbad verwendet.

Das herkömmliche Verzinkungsbad besteht aus einem Mehrzweckofen zum Schmelzen von Metall, beispielsweise einem feuerfesten Tiegel oder Behälter, in dem das kalte, feste Metall durch eine in der Regel unter dem Tiegel angebrachte Gasheizung erhitzt wird; sobald das Zink flüssig und das Bad einsatzbereit ist, muß das Gas abgeschaltet werden, da bei der Beschichtung Schlacke, Oxid und sonstige Verunreinigungen entstehen, die auf den Boden des Bades sinken. Würde das Bad während des Eintauchvorgangs erhitzt, so würden diese Verunreinigungen durch Konvektion in den Tauchbereich aufsteigen. Es ist daher wichtig, den unteren Teil des Bades von Turbulenzen freizuhalten, damit sich die Verunreinigungen dort ablagern können.

Das herkömmliche Bad hat den Nachteil, daß der Beschichtungsvorgang in regelmäßigen Abständen unterbrochen werden muß; erstens muß das Zink, das mit der Zeit natürlich abkühlt, wieder erhitzt werden, und zweitens müssen die Verunreinigungen entfernt werden, bzw. sie müssen sich nach dem Erhitzen erneut absetzen können. Ein Verzinkungsbad, das diesen Nachteil nicht aufweist, ist aus Dokument I bekannt; es arbeitet mit einer Induktionsheizung.

Bei der Erhitzung durch Induktion wird das Zink einem starken magnetischen Wechselfeld ausgesetzt, indem Strom durch eine elektromagnetische Wicklung geführt wird, die einen Teil des Bades umgibt; durch dieses Feld werden im Zink elektrische Wirbelströme induziert, die es erwärmen. Die elektromagnetische Wicklung kann als Primärwicklung eines Transformators betrachtet werden, wobei das geschmolzene Metall eine kurzgeschlossene Sekundärwicklung darstellt. Die "Sekundärwicklung" hat einen endlichen Widerstand und wird durch den Strom erhitzt.

Bei dem Bad des Dokuments I ist eine Induktionsheizung an der Seite des Schmelzbehälters angebracht und mit dem Schmelzbehälter über Kanäle verbunden, die aufgrund der Konvektion ein Fließen von heißem, geschmolzenem Metall von der Heizung zum Behälter gestatten und die kälteres Metall in der entgegengesetzten Richtung zurücktransportieren. Die Kanäle münden in der Nähe der offenen Oberseite in den Behälter, so daß weitgehend eine Aufwirbelung der Verunreinigungen unterbleibt, die sich am Behälterboden ansammeln. Da das Zink direkt beheizt wird, läßt sich seine Temperatur genau regeln.

Das Bad nach Dokument I stellt zwar einen großen Fortschritt gegenüber dem herkömmlichen Bad dar, weist aber insbesondere in der Anlaufphase bestimmte Nachteile auf. Die so angebrachte und konstruierte Heizung kann aber festes, kaltes Zink nicht ohne weiteres zum Schmelzen bringen; der Behälter muß zunächst bis zu einer Höhe einschließlich der Heizungskanäle mit geschmolzenem Zink beschickt werden, und selbst dann kann später hinzugegebenes festes Zink aufgrund der geringen Konvektion in den relativ langen Kanälen, die die Heizung mit dem Behälter verbinden, nicht innerhalb einer angemessenen Zeitspanne geschmolzen werden. Es bedarf daher eines weiteren Ofens, um das Zink zu schmelzen, damit das Bad

voll beschickt werden kann. Die Kanäle müssen zu Beginn frei von festem Zink gehalten werden, das die Konvektion während der Anlaufphase verlangsamen könnte, und nach Beendigung des Vorgangs muß das geschmolzene Zink durch Entfernen der in Figur 2 von Dokument I dargestellten Stopfen abgelassen werden, da sonst das Wiederaufheizen durch das erstarrte Zink länger dauern würde. Da das erhitzte Zink durch die Heizung in den oberen Teil des Bades gelangt und kaum eine Konvektion stattfindet, liegt ein beträchtliches Temperaturgefälle vor, das die Qualität der beschichteten Produkte beeinträchtigen kann.

Aus dem Dokument II ist ein Induktionsofen bekannt, bei dem zwei mit jeweils einer Induktionsheizeinrichtung versehene Schleifen unterhalb des Behälters angeordnet sind. Der bekannte Induktionsofen ist insbesondere dazu vorgesehen, durch Hervorrufen einer starken Fließbewegung Legierungsmetalle gut zu durchmischen. Hinsichtlich der Wirkung des Magnetfeldes auf das Metall wird angenommen, daß zusätzlich zum Induktionseffekt eine magnetische Abstoßung in radialer Richtung von den Induktionskernen erfolgt, so daß die äußeren Schichten des Metalls in den Induktionsschleifen nach oben und außen gedrückt und durch Metall ersetzt werden, das an den Innenseiten der Schleifen nach unten fließt. Wenn den Wicklungen eine hohe Leistung zugeführt wird, ermöglicht dieser Bewegungseffekt ein rasches Zirkulieren des Metalls.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, bei einem Induktionsofen der vorausgesetzten Art zusätzliche Maßnahmen zur Steuerung der Konvektionsgeschwindigkeit zu ergreifen, damit keine Verunreinigungen in den Tauchbereich gelangen, aber gleichzeitig eine konstante Temperatur in diesem Bereich aufrechterhalten werden kann.

Gemäß einer ersten Ausführung der Erfindung nach dem Anspruch 1 wird die Induktionswicklung so angeordnet, daß sie ein um die Magnetkernachse sich drehendes Magnetfeld erzeugt. Das magnetische Drehfeld kann die Fließgeschwindigkeit durch die Heizung entsprechend den Betriebsparametern des Behälters regeln.

Gemäß einer zweiten Ausführung der Erfindung nach dem Anspruch 2 nimmt die Querschnittsfläche vom einen Ende der Schleife zum anderen Ende linear zu, wodurch innerhalb der Schleife ein Fluß in nur einer Richtung erzielt wird.

Der Vorteil der Erfindung besteht darin, daß der Behälter des Induktionsofens nur mit einer Mindestmenge geschmolzenen Metalls beschickt werden muß und als Verzinkungsbad verwendet werden kann, in dem Verunreinigungen nicht in den Beschichtungsbereich aufsteigen, und bei dem die Temperatur dieser Zone konstant gehalten werden kann.

Außerdem befindet sich bei dem erfindungsgemäßen ... der Kanal und die Induktionsheizung unter dem Behälter. Infolgedessen ist es nicht mehr erforderlich, den gesamten Behälter zu befüllen, bevor der Kanal befüllt werden kann, was ebenfalls von Vorteil ist.

Der Kanal kann aus einer einzigen Schleife bestehen und die Induktionsheizung kann einen durch diese Schleife hindurchtretenden

Transformator kern und eine Induktionswicklung auf dem Kern umfassen. Alternativ kann der Kanal aus zwei Schleifen bestehen und die Induktionsheizung weist einen durch beide Schleifen hindurchführenden Transformator kern und mindestens eine Induktionswicklung um den Kern auf. Die beiden Schleifen können über einen Teil ihrer Länge einen gemeinsamen Kanal haben. Die Ausführung mit zwei Schleifen ist besonders geeignet, wenn der erfindungsgemäße Ofen als Verzinkungsbad benutzt wird, da er vorgegebenem Durchsatz die Strömungsgeschwindigkeit niedriger ist.

Der Querschnitt der Schleife bzw. Schleifen kann über die Gesamtlänge unterschiedlich sein. Bei einer dieser Anordnungen haben die Schleife bzw. die Schleifen eine konstante Querschnittsfläche und die Schleifenbreite nimmt, in Richtung parallel zur Kernachse gemessen, mit zunehmender Entfernung vom Behälter linear ab, wobei der Schleifenquerschnitt direkt am Behälter länglich ist und an dem vom Behälter am weitesten entfernten Punkt quadratisch ist. Durch diese Anordnung wird ein bei Induktionsheizungen auftretendes Problem, der sogenannte magnetische Pincheffekt, vermieden. Fließt nämlich in einem Leiter ein Strom, so übt das dadurch aufgebaute Magnetfeld auf den Leiter einen Druck senkrecht zur Stromrichtung aus, der in einem flüssigen Leiter so groß werden kann, daß der Leiter abgeschnürt und dadurch der Stromkreis unterbrochen wird. Dies kann bei einem Metallbad verheerende Folgen haben, da als Konsequenz eine Druckwellenfolge durch das geschmolzene Metall läuft, wenn der Stromkreis durch das Metall unterbrochen wird und der Strom zusammenbricht; sobald aber der Strom zusammengebrochen ist, verschwindet der Pincheffekt, so daß der Stromkreis wieder geschlossen wird und sich der Vorgang wiederholt. Die sich daraus ergebenden Druckwellen können die empfindliche feuerfeste Auskleidung des Ofens zerstören und das Betriebspersonal gefährden. Durch Verwendung des vorstehend genannten Querschnitts läßt sich der Pincheffekt vermeiden, und der Heizung kann eine höhere Leistung zugeführt werden.

Schließlich ist bei einer weiteren Ausführungsart am tiefsten Punkt der oder jeder Schleife ein Stopfen angebracht; wird der Strom für die Induktionswicklungen in regelmäßigen Abständen abgeschaltet, so können sich die Verunreinigungen absetzen und abgelassen werden.

Der erfindungsgemäße Ofen ist, wie oben beschrieben, besonders für den Einsatz als Verzinkungsbad geeignet.

Eine ausführliche Erläuterung der Erfindung ist der Beschreibung und den beigefügten Zeichnungen zu entnehmen.

Die Zeichnungen zeigen folgendes:

Figur 1 einen Teilquerschnitt durch ein erstes erfindungsgemäßes Verzinkungsbad.

Figur 2 einen Teilquerschnitt durch ein zweites erfindungsgemäßes Verzinkungsbad

Figur 3 die Anwendung eines magnetischen Drehfelds zur Steuerung der Fließgeschwindigkeit und -richtung in der Ausführungsart gemäß Figur 1.

Figur 4 die Anwendung von zwei in entgegengesetzter Richtung drehenden Magnetfeldern zur Steuerung der Strömung in der Ausführungsart gemäß Figur 2.

Figur 5 zeigt im Querschnitt eine Variante des Bades gemäß Figur 1, während Figur 5a und Figur 5b jeweils einen Querschnitt entlang der Linie V-V in Figur 5 und Querschnitte des Kanals an verschiedenen Stellen zeigen.

Das in Figur 1 gezeigte Verzinkungsbad besitzt einen zylindrischen Behälter 1, dessen Wandungen in bekannter Weise aus einer feuerfesten Schicht beträchtlicher Stärke gefertigt sind. Die feuerfeste Schicht hat einen flachen Boden 1a, an den ein Kanal 2 mit feuerfesten Wandungen 3 angebaut ist, wobei der Kanal in Form einer vertikalen Schleife ausgebildet und mit diametral gegenüberliegenden Seiten des Behälterbodens verbunden ist. Der Kanal hat über den größten Teil seiner Länge einen gleichbleibenden kreisförmigen Querschnitt, weitet sich aber an seinen Enden zum Behälter hin aus, wobei die Behälter- und die Kanalwandungen gemeinsam dazu beitragen, die Turbulenz im Fluß des geschmolzenen Zinks möglichst niedrig zu halten. Die feuerfesten Wandungen des Behälters und des Kanals können in bekannter Weise beispielsweise aus feuerfesten Ziegeln gebildet sein, wobei die Aussteifung der Baugruppe durch Betonringe 5 mit einem zusätzlichen Außenmangel aus Metall 4 im Bereich des Kanals sichergestellt ist.

Unterhalb des Behälters befindet sich eine Induktionsheizung. Diese Heizung weist einen Transformator Kern 6 mit kreisförmigem Querschnitt auf, der durch die Mitte der durch den Kanal 2 gebildeten Schleife geführt ist. Transformatorjoche 8 und 9 erstrecken sich außen um die Kanalbaugruppe und bilden zusammen mit dem Kern 6 einen geschlossenen Magnetkreis für den von den Induktionswicklungen 10, die auf dem Kern angebracht sind, erzeugten Magnetfluß. Mittel zur Kühlung (nicht dargestellt) umgeben die Wicklungen und verhindern, daß sich zuviel Hitze aufbaut.

Die Wicklungen dienen zur Erzeugung eines axialen Magnetfelds, das sich im Transformator Kern und in den Transformatorjochen ausbreitet; dieses axiale Feld dringt in das geschmolzene Metall ein und induziert darin in bekannter Weise Heizströme. Die Wicklungen erzeugen darüber hinaus ein magnetisches Drehfeld, das die Zirkulation des geschmolzenen Zinks innerhalb des Kanals steuert. Aus Figur 3 wird ersichtlich, daß das Drehfeld mit dem eines Stabmagneten vergleichbar ist, der sich um die Achse des Kerns 6 dreht. Dieses Drehfeld übt eine Kraft F auf das geschmolzene Metall im Kanal 2 aus, analog der Kraft, die auf den Anker eines Elektromotors ausgeübt wird. Über die Regelung der Drehgeschwindigkeit des Drehfelds kann die Geschwindigkeit des geschmolzenen Metalls gesteuert werden.

Das Dreh- und das Axialfeld können im Prinzip durch zwei unabhängige Wicklungen erzeugt werden; in der Praxis hat es sich jedoch als zweckmäßig erwiesen, für beide Felder nur eine Wicklung vorzusehen. Infolgedessen dreht sich das Drehfeld mit einer vorbestimmten festen Drehgeschwindigkeit, die von der Versorgungsfrequenz und der Wicklungskonfiguration abhängig ist. Die Art der Wicklung, die zur Erzeugung einer Drehfeldkomponente erforderlich ist, und

die erforderliche Steuerschaltung sind von Elektromotoren her hinreichend bekannt und werden daher nicht näher beschrieben.

Für den Betrieb wird der Kanal mit so viel geschmolzenem Zink beschickt, daß er vollständig gefüllt ist, und die Heizleistung wird allmählich erhöht. Während der Aufwärmphase wird die Leistung so geregelt, daß das Auftreten des Pincheffektes vermieden wird und eine Überhitzung des Zinks verhindert wird, das sehr wenig zirkuliert, solange der gesamte Behälterinhalt nicht vollständig geschmolzen ist. Zink wird entweder in geschmolzenem Zustand oder in Pulverform so lange hinzugefügt, bis der Behälter vollständig beschickt ist; erst dann kann auf volle Leistung geschaltet werden. Das geschmolzene Zink wird anschließend mittels eines thermos-tatischen Regelkreises bekannter Art (nicht dargestellt) auf einer vorgegebenen Soll-Betriebstemperatur gehalten. Das Drehfeld gewährleistet, daß das Zink im Kanal mit vorgegebener Geschwindigkeit in nur einer Richtung fließt. Die Geschwindigkeit wird hierbei so niedrig gehalten, daß Verunreinigungen nicht in den Tauchbereich im oberen Teil des Behälters gelangen, sondern aufgrund ihres Eigengewichts zurücksinken, bevor sie diesen Bereich erreichen; gleichzeitig wird jedoch eine konstante Temperatur im gesamten Tauchbereich aufrechterhalten.

In einer weiteren Ausführungsart, die nicht dargestellt ist, nimmt die Querschnittsfläche vom einen Kanalende zum anderen hin linear zu. Dadurch wird ein Fluß nur in einer Richtung im Kanal sichergestellt.

In Figur 1 ist das Bad mit nur einem Kanal dargestellt; es sind aber auch mehrere Kanäle mit den entsprechenden Wicklungen möglich. Eine solche Anordnung ist beim Verzinken von Nutzen, da sie den Vorteil hat, daß bei einem gegebenen Durchsatz geschmolzenen Zinks die Fließgeschwindigkeit und somit die Konvektion geringer ist. Figur 2 zeigt ein Beispiel für eine solche Anordnung, wobei Elemente gleicher Konstruktion oder Funktion wie in Figur 1 dieselben Bezugszeichen tragen. Bei dieser Ausführungsart sind zwei äußere Kanäle 2a und 2b in einer gemeinsamen Ebene angeordnet und besitzen einen gemeinsamen inneren Kanal 2c. Die Kanäle verfügen jeweils über die Kerne 6 und die Wicklungen 10, wobei die Kerne durch die Joche 8 so miteinander verbunden sind, daß sie einen gemeinsamen Magnetkreis bilden. Die Wicklungen 10 sind so angeordnet, daß sie magnetische Felder erzeugen, die sich, wie in Figur 4 dargestellt, gegenläufig drehen, so daß das geschmolzene Metall durch die äußeren Kanäle 2a zuströmt und durch den gemeinsamen inneren Kanal 2c zurück zum Behälter fließt. Das in Figur 2 dargestellte Bad wird in ähnlicher Weise verwendet wie dasjenige in Figur 1. Infolge des Vorhandenseins von zwei Kanälen kann - im Vergleich zu der Ausführungsart nach Figur 1 - die Fließgeschwindigkeit in jedem Kanal verringert werden, wodurch auch die Gefahr abnimmt, daß Verunreinigungen in den Tauchbereich gelangen.

Selbstverständlich sind bei den vorstehend beschriebenen Verzinkungsbädern zahlreiche Abänderungen möglich. So können beispielsweise die Wicklungen der Induktionsheizung beträchtlich vereinfacht werden, wenn die Drehfeldkomponente nicht erforderlich ist. Dann kann zwar der Zinkfluß im Kanal bzw. in den Kanälen nicht mehr so genau reguliert werden, die Stabilität des Flusses im

Hinblick sowohl auf die Fließgeschwindigkeit als auch den Pincheffekt kann aber durch die nachstehend beschriebenen mechanischen Hilfsmittel erzielt werden.

Figur 5 zeigt eine Abänderung der Anordnung gemäß Figur 1, bei der eine Wicklung verwendet wird, die keine Drehfeldkomponente erzeugt. Identische Teile sind mit denselben Bezugszeichen wie in Figur 1 und Figur 2 bezeichnet. Es wird ein Kanal verwendet, der über die gesamte Länge eine konstante Querschnittsfläche aufweist, dessen Breite aber, wie in Figur 5a gezeigt, in der Richtung parallel zur Kernachse gemessen, vom Behälterboden zum tiefsten Punkt des Kanals linear abnimmt, wobei der Kanalquerschnitt am tiefsten Punkt (siehe Figur 5b) quadratisch, zum Behälter hin aber länglich ist. Zur Verringerung der Durchflußmenge ist die Querschnittsfläche dieses Kanals ungefähr halb so groß wie die des Kanals gemäß der Ausführungsart in Figur 1; es hat sich herausgestellt, daß die geringere Durchflußmenge und die geometrischen Gegebenheiten des Kanals geeignet sind, die Konvektion auf einem akzeptablen Niveau zu halten.

Aufgrund des quadratischen Querschnitts ist die Pinchwirkung am tiefsten Punkt des Kanals am stärksten; an diesem Punkt ist aber auch der hydrostatische Druck des geschmolzenen Metalls am größten. Näher am Behälter wird der Pincheffekt aufgrund des länglichen Kanalquerschnitts verringert; dafür ist aber auch der hydrostatische Druck geringer. Somit kann dem Bad mehr Leistung zugeführt werden, als wenn der Kanal überall den gleichen Querschnitt hätte. Die Kanalanordnung gemäß Figur 5 kann darüber hinaus eine Vielzahl von Kanälen gemäß Figur 2 aufweisen und mit der Induktionsheizung von Figur 1 kombiniert werden, so daß eine Drehfeldkomponente entsteht und dadurch mehr Leistung zugeführt werden kann, während gleichzeitig die Regulierung des Durchflusses weiterhin möglich ist und der Pincheffekt vermieden wird.

Wie in Figur 5 dargestellt, ist vorzugsweise am tiefsten Punkt des Kanals ein Stopfen 25 vorgesehen, damit geschmolzenes Metall und/oder Verunreinigungen abgelassen werden können. Wird die Induktionsheizung in regelmäßigen Abständen abgeschaltet, so können sich die Verunreinigungen absetzen und abgelassen werden. Es liegt auf der Hand, daß sich ohne einen solchen Stopfen die Verunreinigungen leicht im Kanal ansammeln und den Fluß behindern können.