



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 36 646 T2** 2008.07.17

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 263 997 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 36 646.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/14521**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 937 809.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2001/057283**

(86) PCT-Anmeldetag: **26.05.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **09.08.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **11.12.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **03.10.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.07.2008**

(51) Int Cl.⁸: **C22B 9/18** (2006.01)

B22D 23/10 (2006.01)

B22D 41/60 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

496752 03.02.2000 US

(73) Patentinhaber:

General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

(74) Vertreter:

Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(84) Benannte Vertragsstaaten:

CH, DE, FR, GB, IT, LI

(72) Erfinder:

**CARTER, William Thomas, Galway, NY 12074, US;
BENZ, Mark Gilbert, Burnt Hills, NY 12027, US;
ZABALA, Robert John, Schenectady, NY 12303,
US; KNUDSEN, Bruce Alan, Amsterdam, NY
12010, US**

(54) Bezeichnung: **GIESSYSTEME UND VERFAHREN MIT HILFSKÜHLUNG DER FLÜSSIGEN OBERFLÄCHE DER
GISSKÖRPER**

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**HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG**

[0001] Die Erfindung betrifft Gießsysteme und -verfahren mit Hilfskühlung an einem flüssigen Teil des Gussstückes. Insbesondere betrifft die Erfindung Reinmetall-Gießsysteme und -verfahren mit Hilfskühlung und direkter Kühlung an einem flüssigen Abschnitt des Gussstückes.

[0002] Metalle, wie beispielsweise Eisen (Fe), Nickel (Ni), Titan (Ti) und Kobalt (Co) basierte Legierungen werden häufig in Turbinenkomponentenanwendungen eingesetzt, in denen feinkörnige Mikrostrukturen, Homogenität und im Wesentlichen defektfreie Legierungen erwünscht sind. Probleme bei Superlegierungsgussstücken und -gussblöcken sind unerwünscht, da die mit der Doppellegierungserzeugung verbundenen Kosten hoch sind und die Folgen dieser Probleme, insbesondere bei Gussblöcken, die zu Turbinenkomponenten geformt werden, unerwünscht sind. Herkömmliche Systeme zur Erzeugung von Gussstücken versuchen, die Menge an Fremdkörpern, Verunreinigungen und sonstigen Bestandteilen, die in einer aus dem Gussstück hergestellten Komponente unerwünschte Folgen herbeiführen können, zu reduzieren. Jedoch ist die Verarbeitung und Feinung von verhältnismäßig großen Körpern aus Metall, beispielsweise Superlegierungen, häufig mit Problemen bei der Erreichung einer homogenen, defektfreien Struktur behaftet. Es wird angenommen, dass diese Probleme wenigstens zum Teil auf die sperrige Größe des Metallkörpers und die Menge und Tiefe des Flüssigmetalls während des Gussvorgangs und der Verfestigung des Gussblocks zurückzuführen ist.

[0003] Ein derartiges Problem, das in Bezug auf Superlegierungen häufig auftreten kann, umfasst die Kontrolle der Korngröße und anderer Mikrostruktur der verfeinerten Metalle. Gewöhnlich umfasst ein Feinungsprozess mehrere Schritte, wie beispielsweise ein aufeinanderfolgendes Aufheizen und Schmelzen, Formen, Abkühlen und Wiederaufheizen der großen Metallkörper, weil die Masse des Metalls, das verfeinert wird, im Allgemeinen wenigstens etwa 5000 Pfund beträgt und sogar mehr als etwa 35000 Pfund betragen kann. Ferner treten bei der Durchführung einer Verarbeitung an großen Metallkörpern auch Probleme bei der Seigerung der Legierungen oder Bestandteile auf. Häufig wird eine lange und kostspielige Folge von Verarbeitungsschritten gewählt, um die vorstehend erwähnten Schwierigkeiten zu überwinden, die durch die Verwendung der Massenverarbeitung und Feinerungsvorgänge an den Metallen auftreten.

[0004] Eine derartige bekannte Ablauffolge, die in der Industrie verwendet wird, umfasst Vakuuminduktionsschmelzen mit anschließendem Elektroschla-

ckenfeinen (wie beispielsweise in den US-Patentschriften Nr. 5 160 532, 5 310 165, 5 325 906, 5 332 197, 5 348 566, 5 366 206, 5 472 177, 5 480 097, 5 769 151, 5 809 057 und 5 810 066 beschrieben, die alle auf die Anmelderin der vorliegenden Erfindung lauten), dem wiederum ein Vakuum-Lichtbogen-Umschmelzen (VAR, Vacuum Arc Refining) folgt, woraufhin wiederum eine mechanische Bearbeitung durch Schmieden und Ziehen folgt, um eine feine Mikrostruktur zu erreichen. Während das durch eine derartige Ablauffolge erzeugte Metall sehr nützlich ist und das metallische Produkt selbst ziemlich wertvoll ist, ist die Verarbeitung recht kostspielig und zeitaufwendig. Ferner kann ein aus einer derartigen Ablauffolge resultierender Ertrag niedrig sein, was zu höheren Kosten führt. Außerdem stellt die Verarbeitungssequenz keine defektfreien Metalle sicher, so dass im Allgemeinen eine Ultraschalluntersuchung angewandt wird, um diejenigen Komponenten, die derartige Defekte enthalten, zu identifizieren und auszumustern, was eine weitere Kostensteigerung zur Folge hat.

[0005] Ein herkömmlicher Elektroschlacke-Feinungsprozess- bzw. Umschmelzprozess verwendet gewöhnlich ein Feinungsgefäß, das eine Schlackenfeinungsschicht enthält, die auf einer Schicht eines geschmolzenen verfeinerten Metalls schwimmt. Ein Barren- oder Gussblock aus unverfeinertem Metall wird im Allgemeinen als eine selbstverzehrende Elektrode verwendet und in das Gefäß abgesenkt, um mit der geschmolzenen Elektroschlackenschicht in Kontakt zu treten. Ein elektrischer Strom wird durch die Schlackenschicht zu dem Gussblock geführt und verursacht eine Oberflächenschmelzung an der Verbindungsstelle zwischen dem Gussblock und der Schlackenschicht. Wenn der Gussblock geschmolzen wird, werden Oxideinschlüsse oder Verunreinigungen in die Schlacke freigesetzt und an der Kontaktstelle zwischen dem Gussblock und der Schlacke abgeführt. Es werden Tröpfchen aus verfeinertem bzw. gereinigtem Metall erzeugt, wobei diese Tröpfchen durch die Schlacke hindurchtreten und in einem Pool aus einem geschmolzenen verfeinerten Metall unterhalb der Schlacke aufgefangen werden. Das verfeinerte Metall kann anschließend zu einem Gussstück oder Gussblock bzw. -barren (die hier anschließend gemeinsam als „Gussstücke“ bezeichnet werden) geformt werden.

[0006] Die vorstehend beschriebene Elektroschlackenfeinung bzw. -reinigung und das resultierende Gussstück können von einer Beziehung zwischen den einzelnen Prozessparametern abhängig sein, zu denen einschließlich, jedoch nicht ausschließlich, eine Stärke des Feinungsstroms, der spezielle Wärmeeintrag und die Schmelzrate gehören. Diese Beziehung umfasst eine unerwünschte Wechselbeziehung zwischen der Geschwindigkeit des Elektroschlackenfeinens des Metalls, dem Metallbarren und

den Gießtemperaturen sowie der Geschwindigkeit, mit der ein verfeinertes geschmolzenes Metallgussstück von seinem flüssigen Zustand zu seinem festen Zustand abgekühlt wird, wobei all dies zu einer schlechten metallurgischen Struktur in dem resultierenden Gussstück führen kann.

[0007] Ferner ermöglicht Elektroschlackenfeinen ggf. nicht die Kontrolle einer Menge und Tiefe des flüssigen Teils in einem Gussstück. Eine reduzierte Verfestigungsrate kann dazu führen, dass das Gussstück Eigenschaften und Merkmale erlangt, die nicht erwünscht sind. Beispielsweise können zu den unerwünschten charakteristischen Eigenschaften einschließlich, und in keiner Weise ausschließlich, eine inhomogene Mikrostruktur, Defekte, einschließlich (jedoch nicht ausschließlich) Verunreinigungen, Fehlstellen und Einschlüsse, Entmischungen bzw. Segregationen und ein poröses (undichtes) Material gehören, das von aufgrund einer zu langsamen Verfestigung eingefangener Luft herrührt.

[0008] Ein weiteres Problem, das mit herkömmlicher Elektroschlacke-Feinungsverarbeitung verbunden sein kann, umfasst die Bildung eines verhältnismäßig tiefen Metallpools in einem Elektroschlackentiegel. Ein tiefer Schmelzpool verursacht einen unterschiedlichen Grad der Makrosegretation von Bestandteilen in dem Metall, der zu einer weniger erwünschten Mikrostruktur, beispielsweise einer Mikrostruktur, die keine feinkörnige Mikrostruktur darstellt, oder zu einer Segregation der Elementarteilchen führt, so dass eine inhomogene Struktur gebildet wird. In Verbindung mit dem Elektroschlacke-Feinungsprozess ist eine nachfolgende Verarbeitungsoption vorgeschlagen worden, um dieses Problem des tiefen Schmelzpools zu überwinden. Diese nachfolgende Verarbeitung kann durch Vakuum-Lichtbogen-Umschmelzen (VAR) gebildet sein. Vakuum-Lichtbogen-Umschmelzen wird eingeleitet, wenn ein Gussblock durch Vakuum-Lichtbogen-Verarbeitungsschritte verarbeitet wird, um einen verhältnismäßig flachen Schmelzpool zu erzeugen, wodurch eine verbesserte Mikrostruktur erzeugt wird, die ferner einen niedrigen Wasserstoffgehalt aufweisen kann. Nach dem Vakuum-Lichtbogen-Feinungsprozess wird der resultierende Gussblock anschließend mechanisch bearbeitet, um einen Metallvorrat mit einer gewünschten feinkörnigen Mikrostruktur zu schaffen. Eine derartige mechanische Verarbeitung kann eine Kombination der Schritte Schmieden, Pressen, Ziehen und Wärmebehandlung umfassen. Diese thermomechanische Verarbeitung erfordert große, kostspielige Gerätschaften sowie teure Mengen an Energieeintrag.

[0009] Ein Versuch zur Schaffung einer gewünschten Gussmikrostruktur ist in der US-Patentschrift Nr. 5 381 847 vorgeschlagen worden, bei der ein vertikaler Gießprozess versucht, die Kornmikrostruktur

durch Steuerung des dendritischen Wachstums zu kontrollieren. Dieser Prozess kann in der Lage sein, eine für einige Anwendungen nützliche Mikrostruktur zu erzielen, wobei jedoch der vertikale Gießprozess die Quellmetallinhaltsstoffe, einschließlich, jedoch nicht ausschließlich, Verunreinigungsstoffen, Oxiden und anderen unerwünschten Bestandteilen, nicht kontrolliert. Der Prozess, wie er in der Patentschrift angegeben ist, kontrolliert die Tiefe oder den flüssigen Abschnitt nicht und liefert nichts zur Verbesserung der Verfestigungsrate des Gussstücks, die die Mikrostruktur und die charakteristischen Eigenschaften des Gussstücks in negativer Weise beeinflussen kann.

[0010] Folglich besteht ein Bedarf nach einer Schaffung eines Metallgießprozesses, der ein Gussstück mit einer verhältnismäßig homogenen, feinkörnigen Mikrostruktur erzeugt, der nicht auf mehreren Verarbeitungsschritten basiert und der die Tiefe des flüssigen Teils des Gussstücks kontrolliert. Ferner besteht ein Bedarf danach, ein Metallgießsystem zu schaffen, das ein Gussstück mit einer verhältnismäßig homogenen, oxidfreien, feinkörnigen Mikrostruktur erzeugt. Außerdem besteht ein Bedarf nach einer Schaffung eines Metallgießprozesses und -systems, die ein Gussstück erzeugen, das im Wesentlichen frei von Oxiden und/oder aufgrund zu langsamerer Verfestigungsraten eingefangener Luft ist.

KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0011] Die Erfindung ist in den Ansprüchen definiert.

[0012] Ein Aspekt der Erfindung gibt ein Gießsystem zur Erzeugung eines Metallgussstücks an. Das Gießsystem weist eine Hilfskühlung an einem flüssigen Teil des Gussstücks auf und kann ein metallisches Gussstück erzeugen, das eine feinkörnige, homogene Mikrostruktur aufweist. Die Mikrostruktur ist Oxid- und sulfidfrei, frei von Segregationsdefekten und frei von Fehlstellen, die dadurch hervorgerufen sind, dass Luft während der Verfestigung des Metalls aus einem flüssigen Zustand zu einem festen Zustand eingefangen wird. Das Gießsystem mit der Hilfskühlung auf einen flüssigen Teil des Gussstücks weist ein Elektroschlacke-Feinungssystem, eine Quelle flüssigen Metalls, beispielsweise ein Gießsystem, und wenigstens ein Kühlsystem auf, das ein Kühlmittel einem flüssigen Teil des Gussstücks zuführt. Das Gussstück wird in einer Weise abgekühlt, die ausreicht, um eine Mikrostruktur zu schaffen, die eine feinkörnige, homogene Mikrostruktur aufweist, die Oxid- und sulfidfrei, frei von Segregationsdefekten und frei von Poren bzw. Fehlstellen ist, die durch während einer Verfestigung von einem flüssigen Zustand zu einem festen Zustand eingefangene Luft verursacht sind.

[0013] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfin-

derung ist ein Verfahren zur Erzeugung eines metallischen Gussstücks unter Verwendung einer Hilfskühlung an einem flüssigen Teil des Gussstücks geschaffen. Das Verfahren erzeugt ein Metallgussstück, das eine feinkörnige, homogene Mikrostruktur aufweist, die im Wesentlichen frei von Oxiden und Sulfiden, frei von Segregationsdefekten und im Wesentlichen frei von Fehlstellen ist, die durch während einer Verfestigung des Metalls von einem flüssigen Zustand zu einem festen Zustand eingefangene Luft hervorgerufen sind. Das Verfahren weist eine Erzeugung einer Quelle aus sauberem verfeinerten Metall, aus dem Oxide und Sulfide durch Elektroschlackefeinen herausgeseigert worden sind, ein Erzeugen eines Gussstücks mittels eines Gießprozesses und ein Kühlen eines flüssigen Teils des Gussstücks auf. Das Kühlen weist ein Richten eines Kühlmittels auf den flüssigen Teil des Gussstücks auf, wobei der Kühlschritt ausreicht, um eine Mikrostruktur zu schaffen, die eine feinkörnige, homogene Mikrostruktur aufweist, die Oxid- und sulfidfrei, frei von Segregationsdefekten und frei von Poren bzw. Fehlstellen ist, die durch während einer Verfestigung aus einem flüssigen Zustand zu einem festen Zustand eingefangene Luft verursacht sind.

[0014] Diese und weitere Aspekte, Vorteile und ausgeprägte Merkmale der Erfindung erschließen sich aus der folgenden detaillierten Beschreibung, die, wenn sie in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen gelesen wird, in denen gleiche Teile in den Figuren hinweg mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind, Ausführungsformen der Erfindung beschreibt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0015] [Fig. 1](#) zeigt eine schematisierte Darstellung eines Reinmetall-Gießsystems mit einer Hilfskühlung an einem flüssigen Teil des Gussstücks, das ein Kühlsystem, ein Elektroschlacke-Feinungssystem und ein Gießsystem aufweist;

[0016] [Fig. 2](#) zeigt eine ausschnittsweise schematisierte vertikale Querschnittsdarstellung des Reinmetall-Gießsystems, wie es in [Fig. 1](#) veranschaulicht ist, die Einzelheiten des Elektroschlacke-Feinungssystems veranschaulicht;

[0017] [Fig. 3](#) zeigt eine ausschnittsweise schematisierte vertikale Querschnittsdarstellung von Details des Elektroschlacke-Feinungssystems des Reinmetall-Gießsystems zur Erzeugung eines Gussstücks;

[0018] [Fig. 4](#) zeigt eine ausschnittsweise schematisierte zum Teil quer geschnittene Darstellung des Elektroschlacke-Feinungssystems des Reinmetall-Gießsystems zur Erzeugung eines Gussstücks und

[0019] [Fig. 5](#) zeigt eine schematisierte Darstellung eines weiteren Gießsystems mit einem Gießsystem und einer Hilfskühlung an einem flüssigen Teil des Gussstücks.

BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0020] Gießsysteme und -verfahren mit Hilfskühlung auf einen flüssigen Teil des Gussstücks, wie sie durch die Erfindung verkörpert sind, können in Gießsystemen vorgesehen sein, zu denen beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich, vertikale Gießsysteme und Gießsysteme gehören, die ein vertikales Gießen mit einer Elektroschlacke-Feinung und kalten Induktionsführungen enthalten. Die Systeme und Verfahren mit Hilfskühlung an einem flüssigen Abschnitt des Gussstücks sind nachstehend in Bezug auf ein vertikales Gießen mit Elektroschlacke-Feinen und Kaltinduktionsführungen beschrieben, wie dies in den [Fig. 1–Fig. 4](#) veranschaulicht ist. Jedoch soll diese Beschreibung in keiner Weise die Erfindung beschränken, so dass der Rahmen der Erfindung Gießsysteme und -verfahren mit Hilfskühlung an einem flüssigen Teil des Gussstückes mit anderen Metallformungsprozessen und -systemen mit umfasst.

[0021] Die Gießsysteme und -verfahren mit Hilfskühlung auf einen flüssigen oberen Abschnitt (Flüssigteil) des Gussstücks und alternativ einer Hilfskühlung und direkter Kühlung auf einen Flüssigteil des Gussstücks (nachstehend als „Hilfskühlung auf den Flüssigteil“ bezeichnet) können ein Gussstück mit oxidfreien und verunreinigungsfreien Eigenschaften erzeugen. Das Gussstück, das erzeugt wird, kann auch dicht und nicht porös sein. Der Ausdruck „Gussstück“ umfasst ein beliebiges Gussteil, beispielsweise einen Vorformling, einen Gussblock bzw. -barren und dergleichen.

[0022] Die Flüssigreinmetallquelle für die Gießsysteme und -verfahren mit Hilfskühlung auf einen Flüssigteil des Gussstücks, wie sie die Erfindung verkörpert, können eine beliebige Flüssigmetallquelle, wie beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich, eine Elektroschlacke-Feinungsvorrichtung, enthalten, die aufgrund der Elektroschlacke-Feinungsschritte ein reines flüssiges Metall schaffen kann. Beispielsweise und in einem die Erfindung keinesfalls beschränkenden Sinne kann die Elektroschlacke-Feinungsvorrichtung ein Elektroschlacke-Feinungssystem (ESR-System, Electroslag Refining System) aufweisen, das mit einer Kaltinduktionsführung (CIG, Cold-Induction Guide) zusammenwirkt, wie dies in den vorstehend erwähnten Patentschriften der Anmelderin der vorliegenden Erfindung ausgeführt ist.

[0023] Alternativ kann die Quelle für die Gießsysteme und -verfahren mit Hilfsfüllung auf einen Flüssigteil des Gussstücks eine vertikale Gießanordnung aufweisen, wie sie in der US-Patentschrift Nr. 5 381

847 beschrieben ist. Folglich kann ein Gießsystem es ermöglichen, mehrere geschmolzene Metalltröpfchen zu erzeugen und durch eine Kühlzone hindurchtreten zu lassen, die mit einer ausreichenden Länge ausgebildet ist, um zu ermöglichen, dass sich etwa 30 Vol.% jedes Tröpfchens im Durchschnitt verfestigt. Die Tröpfchen werden anschließend von einer Form aufgenommen, und die Verfestigung der Metalltröpfchen wird in der Form beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich, durch Hilfskühlung zu Ende bewerkstelligt, wie dies durch die Erfindung verkörpert ist. Die Tröpfchen behalten flüssige Eigenschaften und fließen ohne weiteres in der Form, wenn weniger als etwa 30 Vol.% der Tröpfchen fest sind.

[0024] Um die Verfestigungsrate des Flüssigteils des Metalls zu erhöhen, liefern die Gießsysteme und -verfahren, die die Erfindung enthalten, ein Kühlmittel unmittelbar auf den flüssigen (oberen) Teil bzw. Abschnitt des Gussstücks, um eine Kühlung des Flüssigteils des Gussstücks zu fördern. Das Kühlmittel reduziert die Temperatur des Flüssigteils des Gussstücks und erzielt eine beschleunigte Kühlung und eine verstärkte Verfestigung des Flüssigteils des Gussstücks. Die beschleunigte Kühlung und verbesserte Verfestigung des Flüssigteils reduziert die Menge von eingefangenen Gas, die im Betrieb erzeugt oder darin zurückgehalten werden kann, so dass folglich ein dichtes Gussstück erzeugt wird, das weniger eingefangene Gasfehlstellen bzw. -poren enthält. Ferner verbessern die beschleunigte Kühlung und die erhöhten Verfestigungsraten des Flüssigteils die mikrostrukturellen Eigenschaften des Gussstücks durch eine Reduktion der Korngröße, wodurch eine im Wesentlichen segregationsfreie Mikrostruktur und eine homogene Mikrostruktur erzielt wird. Die Hilfskühlung an einem flüssigen Teil des Gussstücks, wie sie durch die Erfindung verkörpert ist, kann ein eine homogene, feinkörnige Mikrostruktur aufweisendes Gussstück für viele Metalle und Legierungen, einschließlich, jedoch nicht ausschließlich, Nickel (Ni) und Cobalt (Co) basierten Superlegierungen, Eisen-(Fe), Titan-(Ti) Legierungen, die häufig in Anwendungen von Turbinenkomponenten verwendet werden, erzeugen. Die Gussstücke, die durch die Hilfskühlung auf einem Flüssigteil des Gussstücks, wie durch die Erfindung verkörpert, erzeugt werden, können aufgrund ihrer homogenen, feinkörnigen Mikrostruktur bei reduzierter Verarbeitung und reduzierten Wärmebehandlungsschritten in ein endgültiges Gussstück, einen Barren, umgeformt oder unmittelbar geschmiedet werden.

[0025] Demgemäß kann ein Gießverfahren, das eine Hilfskühlung an einem Flüssigteil des Gussstücks enthält, dazu verwendet werden, Schmiedeteile hoher Qualität zu erzeugen, die in vielen Anwendungen, wie beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich, Anwendungen mit rotierenden Ausrüstungen, beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich, Lauf-

scheiben, Rotoren, Laufschaufeln, Leitschaufeln, Rädern, Schaufeln, Ringen, Wellen, Laufrädern und anderen derartigen Elementen, und anderen Anwendungen von Turbinenkomponenten, verwendet werden können. Die Beschreibung der Erfindung bezieht sich auf Turbinenkomponenten, die aus Gussstücken erzeugt sind, wobei dies jedoch lediglich ein Beispiel für die Anwendungen in dem Rahmen der vorliegenden Erfindung darstellt.

[0026] Bezugnehmend auf die beigefügten Zeichnungen veranschaulicht [Fig. 1](#) eine teilweise schematisierte, ausschnittsweise Querschnittsansicht eines beispielhaften Gießsystems **3** mit einer Hilfskühlung auf einen Flüssigteil des Gussstücks mittels eines Kühlsystems **500**, wie es durch die Erfindung verkörpert ist. [Fig. 2–Fig. 4](#) veranschaulichen Details von in [Fig. 1](#) dargestellten Merkmalen. Das Gießsystem **3** ist beginnend mit einer Beschreibung des Elektroschlacke-Feinungssystems **1** und des kernhaltigen Gießsystems **2** erläutert, um ein Verständnis der Erfindung zu fördern.

[0027] [Fig. 1](#) zeigt eine schematisierte Darstellung eines Gießsystems **3** mit einem Hilfskühlsystem **500** zur Kühlung eines Flüssigteils des Gussstücks, wie dies durch die Erfindung verkörpert ist, zur Erzeugung eines Gussstücks **145**. In [Fig. 1](#) werden das Metall für das Reinmetall-Gießsystem **3** und seine zugehörigen Reinmetall-Gießprozesse durch ein Elektroschlacke-Feinungssystem **1** bereitgestellt. Das Reinmetall wird einem Gießsystem **2** zugeführt. Das Elektroschlacke-Feinungssystem **1** und das Gießsystem **2** arbeiten zusammen, um ein Reinmetall-Gießsystem **3** zu bilden, das wiederum die Hilfskühlung an einem Flüssigteil des Gussstückes vornimmt, wie es die Erfindung verkörpert.

[0028] Das Elektroschlacke-Feinungssystem **1** führt eine verzehrbare Elektrode **24** aus Metall, die verfeinert oder gereinigt werden soll, unmittelbar in ein Elektroschlacke-Feinungssystem **1** ein und schmelzt die verzehrbare Elektrode **24**, um eine reine Feinmetallschmelze **46** zu erzeugen (die hier nachfolgend als „Reinmetall“ bezeichnet wird). Die Metallquelle für das Elektroschlacke-Feinungssystem **1** in Form einer verzehrbaren Elektrode **24** stellt lediglich ein Beispiel dar, so dass der Rahmen der Erfindung eine Metallquelle mit umfasst, zu der ein Barren bzw. Gussblock, eine Metallschmelze, ein Pulvermetall und Kombinationen von diesen einschließlich, jedoch nicht ausschließlich, gehören. Die Beschreibung der Erfindung bezieht sich auf eine verzehrbare bzw. selbstverzehrende Elektrode, wobei dies lediglich ein Beispiel darstellt und die Erfindung in keiner Weise beschränken soll. Das Reinmetall **46** wird in einer Kalttherdstruktur **40** aufgenommen und gehalten, die unter der Elektroschlacke-Feinungsvorrichtung **1** montiert ist. Das Reinmetall **46** wird aus der Kalttherdstruktur **40** durch eine Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80**

abgegeben, die unter der Kaltherdstruktur **40** montiert und angeordnet ist.

[0029] Das Elektroschlacke-Feinungssystem **1** kann einen im Wesentlichen dauerhaften Vorgang der Zuführung des Reinmetalls **46** erzielen, wenn die Geschwindigkeit der Elektroschlackefeinung des Metalls und die Zuführrate des geschmolzenen Metalls zu der Kaltherdstruktur **40** der Rate, mit der das geschmolzene Metall **46** aus der Kaltherdstruktur **40** durch eine Auslassöffnung **81** der Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** abgeführt wird, ungefähr gleich ist. Somit kann der Reinmetall-Gießprozess für eine längere Zeitdauer kontinuierlich arbeiten und kann demgemäß eine große Metallmasse verarbeiten. Alternativ kann der Reinmetall-Gießprozess mit Unterbrechungen durch eine intermittierende Betätigung einer oder mehrerer der Einrichtungen des Reinmetall-Gießsystems **3** ausgeführt werden.

[0030] Wenn das Reinmetall **46** das Elektroschlacke-Feinungssystem **1** durch die Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** verlässt, tritt es in das Gießsystem **2** ein. Anschließend kann das Reinmetall **46** weiter verarbeitet werden, um einen verhältnismäßig großen Barren oder Gussblock aus verfeinertem Metall zu erzeugen. Alternativ kann das Reinmetall **46** weiterverarbeitet, um kleinere Gussteile, Barren, Gussstücke zu erzeugen, oder zu kontinuierlich gegossenen Gussteilen geformt werden. Der Reinmetall-Gießprozess beseitigt in effektiver Weise viele der Verarbeitungsoperationen, wie beispielsweise diejenigen, wie sie vorstehend beschrieben sind, die bisher erforderlich gewesen sind, um ein metallisches Gussstück zu erzeugen, das einen gewünschten Satz von Materialeigenschaften und Merkmalen aufweist.

[0031] In [Fig. 1](#) ist in schematisierter Weise eine Steuerungsvorrichtung **10** für eine Vertikalbewegung dargestellt. Die Vorrichtung **10** zur Steuerung einer Vertikalbewegung weist einen Kasten **12** auf, der an einem vertikalen Träger **14** montiert ist, der eine (nicht veranschaulichte) Antriebsvorrichtung, wie beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich, einen Motor oder einen sonstigen Mechanismus enthält. Die Antriebsvorrichtung ist dazu eingerichtet, ein Schraubenelement **16** in Drehbewegung zu versetzen. Eine Barrentragstruktur **20** weist ein Element, beispielsweise, jedoch ohne Einschränkung, ein Element **22**, auf, das an einem Ende mit dem Schraubenelement **16** über eine Schraub- bzw. Gewindeverbindung verbunden ist. Das Element **22** trägt an seinem anderen Ende die verzehrbare Elektrode **24** mittels einer geeigneten Verbindung, wie beispielsweise, jedoch ohne Einschränkung, eines Bolzens **26**.

[0032] Eine Elektroschlacke-Feinungsstruktur **30** weist einen Sammelbehälter **32** auf, der durch ein geeignetes Kühlmittel, wie beispielsweise, jedoch ohne

Einschränkung, Wasser, gekühlt ist. Der Sammelbehälter **32** weist eine geschmolzene Schlacke **34** auf, in der eine überschüssige Menge der Schlacke **34** in Form der festen Schlackengranulate **36** veranschaulicht ist. Die in dem Reinmetall-Gießprozess verwendete Schlackenzusammensetzung variiert in Abhängigkeit von dem Metall, das verarbeitet wird. An den Innenflächen einer Innenwand **82** des Sammelbehälters **32** kann sich aufgrund der Kühleinwirkung des Kühlmittels, das gegen die Außenseite der Innenwand **82** strömt, ein Schlackenrest bzw. -bär **75** ausbilden, wie dies hier nachstehend beschrieben ist.

[0033] Unterhalb der Elektroschlacke-Feinungsstruktur **30** ist eine Kaltherdstruktur **40** montiert ([Fig. 1–Fig. 3](#)). Die Kaltherdstruktur **40** weist einen Herd **42** auf, der durch ein geeignetes Kühlmittel, beispielsweise Wasser, gekühlt ist. Der Herd **42** enthält einen Pfannenbären **44** aus verfestigtem gereinigtem Metall und einen Körper **46** aus verfeinertem Flüssigmetall. Der Sammelbehälter **32** kann mit dem Herd **42** integral, im Ganzen einstückig ausgebildet sein. Alternativ können der Sammelbehälter **32** und der Herd **42** in Form von gesonderten Einheiten ausgebildet sein, die miteinander verbunden sind, um das Elektroschlacke-Feinungssystem **1** zu bilden.

[0034] In der Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80**, die im Zusammenhang mit [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) beschrieben ist, ist eine untere Auslassöffnung **81** des Elektroschlacke-Feinungssystems **1** vorgesehen. Ein Reinmetall **46**, das durch das Elektroschlacke-Feinungssystem **1** derart verfeinert wird, dass es im Wesentlichen frei von Oxiden, Sulfiden und anderen Verunreinigungen ist, kann das Elektroschlacke-Feinungssystem **1** durchlaufen und aus der Öffnung **81** der Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** heraus fließen.

[0035] Eine Energieversorgungsstruktur **70** kann elektrischen Schmelzstrom zu dem Elektroschlacke-Feinungssystem **1** liefern. Die Energieversorgungsstruktur **70** kann eine elektrische Energiequelle und einen Steuermechanismus **74** aufweisen. Ein elektrischer Leiter **76**, der in der Lage ist, Strom zu dem Element **22** zu führen und wiederum Strom zu der verzehrbaren Elektrode **24** zu führen, verbindet die Energieversorgungsstruktur **70** mit dem Element **22**. Ein Leiter **78** ist an den Sammelbehälter **32** angeschlossen, um einen Stromkreis für die Energieversorgungsstruktur **70** des Elektroschlacke-Feinungssystems **1** zu vervollständigen.

[0036] [Fig. 2](#) zeigt eine detaillierte teilweise quer geschnittene Darstellung der Elektroschlacke-Feinungsstruktur **30** und der Kaltherdstruktur **40**, wobei die Elektroschlacke-Feinungsstruktur **30** einen oberen Teil des Sammelbehälters **32** definiert, während die Kaltherdstruktur **40** einen unteren Teil **42** des Sammelbehälters **32** definiert. Der Sammelbehälter **32** weist im Allgemeinen einen doppelwandigen Auf-

fangbehälter auf, der eine innere Wand **82** und eine äußere Wand **84** enthält. Zwischen der Innenwand **82** und der Außenwand **84** ist ein Kühlmittel **86**, wie beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich, Wasser, vorgesehen. Das Kühlmittel **86** kann zu einem und durch einen Strömungskanal, der zwischen der Innenwand **82** und der Außenwand **84** definiert ist, von einer Versorgung **98** ([Fig. 3](#)) und durch herkömmliche Einlässe und Auslässe (in den Figuren nicht veranschaulicht) strömen. Das Kühlwasser **86**, das die Wand **82** der Kaltherdstruktur **40** kühlt, sorgt für eine Kühlung der Elektroschlacke-Feinungsstruktur **30** und der Kaltherdstruktur **40**, um zu bewirken, dass sich an der Innenfläche der Kaltherdstruktur **40** der Pfannenbär **44** ausbildet. Das Kühlmittel **86** ist für den Betrieb des Elektroschlacke-Feinungssystems **1**, des Reinmetall-Gießsystems **3** oder der Elektroschlacke-Feinungsstruktur **30** nicht unbedingt notwendig. Eine Kühlung kann sicherstellen, dass das Flüssigmetall **46** die Innenwand **82** nicht kontaktiert und angreift, was eine Ablösung von der Wand **82** herbeiführen und das Flüssigmetall **46** verunreinigen kann.

[0037] In [Fig. 2](#) weist die Kaltherdstruktur **40** ferner eine Außenwand **88** auf, die flanschförmige Rohrabchnitte **90** und **92** enthalten kann. Die zwei mit einem Flansch versehenen Rohrabchnitte **90** und **92** sind in dem unteren Teil der [Fig. 2](#) veranschaulicht. Die Außenwand **88** wirkt mit dem Gießsystem **2** zusammen, um eine auf einer kontrollierten Atmosphäre stehende Umgebung **140** zu bilden, wie dies hier nachstehend beschrieben ist.

[0038] Die Kaltherdstruktur **40** weist eine Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** auf, die in Einzelheiten in den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) veranschaulicht ist. Die Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** ist in [Fig. 3](#) in Beziehung zu der Kaltherdstruktur **40** und einem Strom **56** einer flüssigen Schmelze **46** veranschaulicht, der aus der Kaltherdstruktur **40** durch die Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** austritt. Die Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** ist in struktureller Wechselwirkung mit dem Festmetallbären **44** und dem Flüssigmetall **46** veranschaulicht ([Fig. 2](#) und [Fig. 3](#)). [Fig. 4](#) veranschaulicht die Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** ohne das Flüssigmetall und ohne den festen Metallbären, so dass Einzelheiten der Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** veranschaulicht sind.

[0039] Die Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** weist die Auslassöffnung **81** auf, aus der verarbeitetes flüssiges Metall in Form eines Stroms bzw. einer Strömung **56** herausfließen kann. Die Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** ist mit der Kaltherdstruktur **40** und der Kaltherdstruktur **30** verbunden. Folglich ermöglicht die Kaltherdstruktur **40** es, dass die verarbeitete und im Wesentlichen verunreinigungsfreie Legierung die Pfannenbären **44** und **83** bildet, indem sie mit den Wänden der Kaltherdstruktur **40** in Kontakt tritt. Die

Pfannenbären **44** und **83** dienen somit als ein Aufnahmebehälter für das flüssige Metall **46**. Außerdem lässt sich der Pfannenbär **83** ([Fig. 3](#)), der an der Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** gebildet wird, hinsichtlich seiner Dicke steuern bzw. kontrollieren und wird gewöhnlich mit einer kleineren Dicke im Vergleich zu dem Pfannenbär **44** erzeugt. Der dickere Pfannenbär **44** steht mit der Kaltherdstruktur **40** in Kontakt, während der dünnere Pfannenbär **83** mit der Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** in Kontakt steht, wobei die Pfannenbären **44** und **83** miteinander in Kontakt stehen, um einen im Wesentlichen kontinuierlichen Pfannenrest bzw. -bär zu bilden.

[0040] Dem Pfannenbär **83** kann eine kontrollierte Wärmemenge zugeführt werden, und diese kann thermisch zu dem Flüssigmetallkörper **46** übertragen werden. Die Wärme wird von Induktionsheizspulen **85** geliefert, die rings um die Kaltherdstruktur angeordnet sind. Eine Induktionsheizspule **85** kann eine gekühlte Induktionsheizspule aufweisen, die durch einen Zustrom eines geeigneten Kühlmittels, beispielsweise Wasser, zu dieser von einer Versorgung **87** gekühlt ist. Die Induktionsleistung zum Heizen wird von einer Energiequelle **89** geliefert, die in [Fig. 3](#) in schematisierter Weise veranschaulicht ist. Der Aufbau der Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** ermöglicht es, dass eine Wärmemenge durch Induktionsenergie die Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** durchdringt und das Flüssigmetall **46** sowie den Pfannenbären **83** erhitzt und die Auslassöffnung **81** offen hält, so dass der Strom **56** aus der Öffnung **81** herausfließen kann. Die Öffnung kann durch Verfestigung des Stroms **56** des Flüssigmetalls **46** verschlossen werden, wenn Heizenergie der Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** nicht zugeführt wird. Die Aufheizung hängt davon ab, dass jeder der Finger der Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** von den benachbarten Fingern isoliert ist, indem er beispielsweise durch einen Luft- oder Gasspalt oder durch ein geeignetes Isolationsmaterial isoliert ist.

[0041] In [Fig. 4](#) ist die Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** veranschaulicht, wobei beide Pfannenbären **44** und **83** und das Flüssigmetall **46** aus Übersichtlichkeitsgründen weggelassen sind. Ein einzelner Kaltfinger **97** ist von jedem benachbarten Finger, beispielsweise dem Finger **92**, durch einen Spalt **94** getrennt. Der Spalt **94** kann mit einem Isoliermaterial, beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich, einem keramischen Material oder einem Isoliergas, versehen und gefüllt sein. Somit sickert das (nicht veranschaulichte) Flüssigmetall **46**, das in der Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** angeordnet ist, nicht durch die Spalte nach außen, weil der Pfannenbär **83** eine Brücke über den Kaltfingern erzeugt und ein Hindurchtreten des Flüssigmetalls **46** zwischen diesen verhindert. Jeder Spalt erstreckt sich bis zu dem Boden der Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80**, wie dies in [Fig. 4](#) veranschaulicht ist, die einen Spalt **99** veranschaulicht, wie er mit einer Sichtlinie eines Betracht-

ters ausgerichtet ist. Die Spalte können mit einer Weite in einem Bereich von etwa 20 mils bis etwa 50 mils geschaffen sein, die ausreicht, um eine isolierte Trennung der jeweiligen benachbarten Finger zu erzielen.

[0042] Die einzelnen Finger können mit einem Kühlmittel, beispielsweise Wasser, versehen sein, indem ein Kühlmittel von einer geeigneten (nicht veranschaulichten) Kühlmittelquelle in eine Leitung **96** eingeleitet wird. Das Kühlmittel wird anschließend rings um und durch einen Verteiler **98** den einzelnen Kühlrohren, beispielsweise dem Kühlrohr **100**, zugeführt. Das Kühlmittel, das aus dem Kühlrohr **100** austritt, strömt zwischen einer Außenfläche des Kühlrohrs **100** und einer Innenfläche eines Fingers. Das Kühlmittel wird anschließend in einem Sammler **102** aufgefangen und durch ein Wasserauslassrohr **104** aus der Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** nach außen herausgeführt. Diese individuelle Kaltfinger-Wasserversorgungsrohranordnung ermöglicht eine Kühlung der Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** im Ganzen.

[0043] Die Wärme- und Kühlmenge, die durch die Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** den Pfannenbären **44** und **83** sowie dem Flüssigmetall **46** zugeführt wird, kann beeinflusst werden, um den Durchgang des Flüssigmetalls **46** durch die Öffnung **81** in Form des Stroms **56** zu steuern. Die kontrollierte Erwärmung und Abkühlung wird erzielt, indem die Menge des Stroms und Kühlmittels, die in den Induktionsspulen **85** zu der und durch die Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** strömen, gesteuert wird. Die kontrollierte Aufheizung oder Abkühlung kann die Dicke der Pfannenbären **44** und **83** vergrößern oder verringern, um die Öffnung **81** zu öffnen oder zu verschließen oder um den Durchgang des Stroms **56** durch die Öffnung **81** zu reduzieren oder zu vergrößern. Durch Vergrößerung oder Verringerung der Dicke der Pfannenbären **44** und **83** kann mehr oder weniger Flüssigmetall **46** durch die Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** hindurch in die Öffnung **81** eintreten. Der Fluss des Stroms **56** kann durch Steuerung von Kühlwasser und Heizstrom sowie Leistung zu und durch die Induktionsheizspule **85** in einem gewünschten Gleichgewicht gehalten werden, um gemeinsam mit der Beeinflussung der Dicke der Pfannenbären **44** und **83** eine festgelegte Durchgangsgröße der Öffnung **81** aufrechtzuerhalten.

[0044] Die Funktionsweise des Elektroschlacke-Feinungssystems **1** des Reinmetall-Gießsystems **3** ist nachstehend allgemein mit Bezug auf die Figuren beschrieben. Das Elektroschlacke-Feinungssystem **1** des Reinmetall-Gießsystems **3** kann Gussblöcke reinigen bzw. verfeinern, die Defekte und Unreinheiten enthalten können. Durch das Elektroschlacke-Feinungssystem **1** wird eine verzehrbare Elektrode **24** zum Schmelzen gebracht. Die verzehrbare Elektrode **24** ist in dem Elektroschlacke-Fei-

nungssystem **1** in Kontakt mit geschmolzener Schlacke in dem Elektroschlacke-Feinungssystem montiert. Dem Elektroschlacke-Feinungssystem und dem Gussblock wird elektrische Leistung zugeführt. Die Leistung bewirkt ein Schmelzen des Gussblocks an einer Oberfläche, an der dieser mit der geschmolzenen Schlacke in Kontakt steht, sowie die Bildung von geschmolzenen Metalltröpfchen. Die Tröpfchen werden, nachdem sie durch die geschmolzene Schlacke hindurchgetreten sind, in Form eines Körpers aus verfeinertem Flüssigmetall in der Kaltherdstruktur **40** unter der Elektroschlacke-Feinungsstruktur **30** aufgefangen. Oxide, Sulfide, Fremtteilchen und andere Verunreinigungen, die ursprünglich in der verzehrbaren Elektrode **24** enthalten sind, werden durch Auflösung in bzw. zu der Schlacke abgeführt, wenn sich die Tröpfchen auf der Oberfläche des Gussblocks bilden und durch die geschmolzene Schlacke hindurchtreten. Die geschmolzenen Tröpfchen werden von dem Elektroschlacke-Feinungssystem **1** an der Öffnung **81** in der Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** in Form eines Stroms **56** abgeleitet. Der Strom **56**, der aus dem Elektroschlacke-Feinungssystem **1** des Reinmetall-Gießsystems heraustritt und Gussstücke bildet, weist eine verfeinerte Schmelze auf, die frei von Oxiden, Sulfiden, Fremtteilchen oder anderen Verunreinigungsstoffen ist.

[0045] Die Geschwindigkeit, mit der der Metallstrom **56** die Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** verlässt, kann ferner durch Beeinflussung einer hydrostatischen Höhe des Flüssigmetalls **46** oberhalb der Öffnung **81** gesteuert werden. Das Flüssigmetall **46** und die Schlacke **44** sowie **83**, die sich über der Öffnung **81** der Kaltfinger-Öffnungsstruktur **80** erstrecken, definieren die hydrostatische Höhe. Wenn ein Reinmetall-Gießsystem **3** mit einem Elektroschlacke-Feinungssystem **1** bei einer gegebenen konstanten hydrostatischen Höhe und einer konstant bemessenen Öffnung **81** betrieben wird, kann eine im Wesentlichen konstante Strömungsrate des Flüssigmetalls hergestellt werden.

[0046] Gewöhnlich ist ein stabiler Zustand der Leistung erwünscht, so dass die Schmelzrate im Allgemeinen gleich der Geschwindigkeit der Abführung aus dem Reinmetall-Gießsystem **3** in Form eines Stroms **56** ist. Jedoch kann der dem Reinmetall-Gießsystem **3** zugeführte Strom angepasst werden, um mehr oder weniger Flüssigmetall **46** und Schlacke **44** sowie **83** oberhalb der Öffnung **81** zu schaffen. Die Menge des Flüssigmetalls **46** und der Schlacke **44** und **83** über der Öffnung **81** ist durch die Leistung, die den Gussblock aufschmilzt, und die Kühlung des Elektroschlacke-Feinungssystems **1**, die die Pfannenbären erzeugt, bestimmt. Durch Anpassung des zugeführten Stroms kann eine Strömung durch die Öffnung **81** beeinflusst werden.

[0047] Ferner kann der Kontakt zwischen der ver-

zehrbaren Elektrode **24** und einer oberen Fläche der geschmolzenen Schlacke **34** aufrechterhalten werden, um einen stabilen Betriebszustand **1** herzustellen. Eine Geschwindigkeit der Absenkung der verzehrbaren Elektrode **24** in die Schmelze **46** kann eingestellt werden um sicherzustellen, dass ein Kontakt der verzehrbaren Elektrode **24** mit der oberen Fläche der geschmolzenen Schlacke **24** für den stabilen Betriebszustand aufrechterhalten wird. Somit kann ein dauerhafter Austritt des Stroms **46** in dem Reinmetall-Gießsystem **3** erhalten werden. Die Metallströmung **56**, die in dem Elektroschlacke-Feinungssystem **1** des Reinmetall-Gießsystems **3** erzeugt wird, tritt aus dem Elektroschlacke-Feinungssystem **1** aus und wird einem Gießsystem **2** zugeführt. Das Gießsystem **2** ist in [Fig. 1](#) in Wechselwirkung mit dem Elektroschlacke-Feinungssystem **1** veranschaulicht.

[0048] Das Gießsystem **2** weist eine Trenn- bzw. Spaltstelle **134** auf, die positioniert ist, um den Strom **56** aus dem Elektroschlacke-Feinungssystem **1** des Reinmetall-Gießsystems **3** zu empfangen. Die Trennstelle **134** wandelt den Strom **56** in mehrere geschmolzene Metalltröpfchen **138** um. Der Strom **56** kann der Trennstelle **134** in einer unter kontrollierter Atmosphäre stehenden Umgebung **140** zugeführt werden, die ausreicht, um eine wesentliche und unerwünschte Oxidation der Tröpfchen **138** zu verhindern. Die Umgebung **140** mit kontrollierter Atmosphäre kann ein beliebiges Gas oder eine Kombination von Gasen enthalten, das bzw. die mit dem Metall des Stroms **56** nicht reagiert bzw. reagieren. Wenn beispielsweise der Strom **56** Aluminium oder Magnesium aufweist, stellt die unter kontrollierter Atmosphäre stehende Umgebung **140** eine Umgebung dar, die die Tröpfchen **138** daran hindert, zu einem Brandrisiko zu werden. Gewöhnlich ist ein beliebiges Edelgas oder Stickstoff zur Verwendung in der unter kontrollierter Atmosphäre stehenden Umgebung **140** geeignet, weil diese Gase mit den meisten Metallen und Legierungen in dem Rahmen der vorliegenden Erfindung im Allgemeinen nicht reagieren. Beispielsweise kann Stickstoff, der ein kostengünstiges Gas darstellt, außer für Metalle und Legierungen, die für übermäßiges Nitrieren anfällig sind, in der Schutzgasatmosphärenumgebung **140** eingesetzt werden. Ferner kann die unter kontrollierter Atmosphäre stehende Umgebung **140** in dem Fall, dass das Metall Kupfer aufweist, Stickstoff, Argon oder Gemische von diesen umfassen. Wenn das Metall Nickel oder Stahl aufweist, kann die unter kontrollierter Atmosphäre stehende Umgebung **140** Stickstoff oder Argon oder Gemische von diesen aufweisen.

[0049] Die Trenn- bzw. Aufspaltstelle **134** kann eine beliebige geeignete Vorrichtung zur Umsetzung des Stroms **56** in die Tröpfchen **138** aufweisen. Beispielsweise kann die Trennstelle **134** einen Gaszerstäuber aufweisen, der den Strom **56** mit einem oder mehreren Strahlen **142** durchstreift. Die Gasströmung aus

den Strahlen **142**, die auf den Strom auftreffen, kann gesteuert werden, so dass die Größe und Geschwindigkeit der Tröpfchen **138** gesteuert werden kann. Eine weitere Zerstäubungsvorrichtung innerhalb des Rahmens der Erfindung umfasst ein Hochdruck-Sprühgase in Form eines Stroms des Gases, der verwendet wird, um die Umgebung **140** mit kontrollierter Atmosphäre zu erzeugen. Der Strom des Gases der unter kontrollierter Atmosphäre stehenden Umgebung **140** kann auf den Metallstrom auftreffen, um den Metallstrom **56** in Tröpfchen **138** umzuformen. Weitere beispielhafte Arten der Stromaufspaltung umfassen eine magnetohydrodynamische Zerstäubung, bei der der Strom **56** durch einen schmalen Spalt zwischen zwei Elektroden strömt, die an eine Gleichstromenergieversorgung angeschlossen sind, wobei ein Magnet senkrecht zu dem elektrischen Feld angeordnet ist, sowie mechanische Stromauftrennvorrichtungen.

[0050] Die Tröpfchen **138** werden aus der Auftrennstelle **134** nach unten ([Fig. 1](#)) übertragen, um eine im Wesentlichen divergierende bzw. trichterförmige Konusgestalt zu bilden. Die Tröpfchen **138** durchlaufen eine Kühlzone **144**, die durch den Abstand zwischen der Auftrennstelle **134** und der oberen Fläche **150** des Metallgusses definiert ist, der durch die Form **146** gehalten ist. Die Kühlzone **144** weist eine ausreichende Länge auf, um einen Bruchteil eines Volumens eines Tröpfchens in der Zeit, in der das Tröpfchen die Kühlzone **144** durchläuft und auf die Oberfläche **150** des Metallgusses auftrifft, zu verfestigen. Der Teil des Tröpfchens **138**, der sich verfestigt (hier nachfolgend als der „feste Volumenanteil“ bezeichnet) reicht aus, um ein grobes dendritisches Wachstum in der Form **146** bis zu einem Viskositätswendepunkt zu verhindern, an dem Flüssigkeitsdurchflusseigenschaften in der Form im Wesentlichen verloren gehen.

[0051] Die teilweise geschmolzenen/teilweise verfestigten Metalltröpfchen (hier nachfolgend als „teilstoffe Tröpfchen“ bezeichnet) sammeln sich in der Form **146**. Die Form kann eine einzelne und einstückige Form aufweisen, wie dies mit gestrichelter Linie in [Fig. 1](#) veranschaulicht ist. Alternativ kann die Form eine Entnahmeform aufweisen, die eine zurückziehbare Basis **246** enthält, die von den Seitenwänden der Form **146** entnommen werden kann. Die folgende Beschreibung der Erfindung beschreibt eine Entnahmeform als eine beispielhafte, nicht ausschließliche Form und soll die Erfindung in keiner Weise beschränken. Die einziehbare Basis **246** kann mit einer Welle **241** verbunden sein, um die Basis von den Seitenwänden in der Richtung des Pfeils **242** wegbewegen zu können. Ferner kann die Welle **241** die zurückziehbare Basis **246** in der Richtung des Pfeils **243** in Drehbewegung versetzen, um die meisten Teile der Form zu einem Kühlsystem zu bringen, das hier nachfolgend beschrieben ist. Die teilfesten Tröpf-

chen verhalten sich wie eine Flüssigkeit, wenn der feste Volumenanteil im Vergleich zu einem Viskositätswendepunkt kleiner ist, so dass die teilfesten Tröpfchen ausreichende Fließeigenschaften zeigen, um sich an die Gestalt der Form anzupassen. Im Allgemeinen ist ein oberer Grenzwert des festen Volumenanteils, der einen Viskositätswendepunkt definiert, kleiner als etwa 40 Vol. %. Ein beispielhafter fester Volumenanteil liegt in einem Bereich von etwa 5 % bis etwa 40 %, wobei ein fester Volumenanteil in einem Bereich von etwa 15 Vol. % bis etwa 30 Vol. % den Viskositätswendepunkt nicht nachteilig beeinflusst.

[0052] Der Sprühstrahl aus Tröpfchen **138** erzeugt einen flüssigen oberen Abschnitt **148**, der in der Nähe der Oberfläche des Gussstücks **145** in der Form **146** angeordnet ist. Die Tiefe des oberen Flüssigteils **148** hängt von der Kühlung des Flüssigteils, seiner Verfestigungsrate und verschiedenen Faktoren des Reinmetall-Gießsystems **3**, wie beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich, der Zerstäubungsgeschwindigkeit, der Tröpfchengeschwindigkeit, der Länge der Kühlzone **144**, der Strömungstemperatur und der Tröpfchengröße ab. Der obere Flüssigteil **148** kann in der Form **146** mit einer Tiefe in einem Bereich von etwa 0,005 Zoll bis etwa 1,0 Zoll erzeugt werden. Ein beispielhafter oberer Flüssigteil **148** im Rahmen der Erfindung weist eine Tiefe in einem Bereich von etwa 0,25 bis etwa 0,50 Zoll in der Form auf. Im Allgemeinen sollte der obere Flüssigteil **148** in der Form **146** nicht größer sein als ein Bereich des Gussstücks, in dem das Metall vorwiegend Flüssigkeitseigenschaften zeigt. Gewöhnlich minimiert eine beschleunigte Verfestigung des Flüssigteils den Gaseinfang und daraus resultierende Poren in dem Gussstück.

[0053] Ein Kühlsystem **500** ([Fig. 1](#)), wie es durch die Erfindung verkörpert ist, kann Wärme dem Flüssigteil **148** des Gussstücks **145** entziehen, um seine Abkühlung zu beschleunigen und seine Verfestigung zu fördern. Das Kühlsystem **500** weist eine Kühlmittelversorgung **501** auf. Das Kühlmittel kann ein beliebiges geeignetes Kühlmittel, wie beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich, ein Inertkühlgas, enthalten, das mit dem Werkstoff des Gussstücks nicht reagiert. Zu beispielhaften Kühlgasen in dem Rahmen der vorliegenden Erfindung gehören einschließlich, jedoch nicht ausschließlich, Argon, Stickstoff und Helium. In dem Kühlsystem **500** wird das Kühlmittel auf den Flüssigteil des Gussstücks **145** gerichtet, während das Gussstück **145** aus der Form **146** entnommen werden kann, falls die Form eine Entnahmeform aufweist. Das Kühlmittel tritt aus dem Kühlsystem **500** in Form eines Sprühstrahls **503** aus, nachdem es eine Kühlmittelleitung **502** von der Kühlmittelversorgung **501** aus durchlaufen hat. Die Kühlmittelleitung **502** kann eine beliebige geeignete Leitung aufweisen, die eine Durchströmung des Kühlmittels von der

Kühlmittelquelle **501** bis zu einer Stelle in der Nähe des Flüssigteils **148** eines Gussstücks **145** ermöglicht. Die Form und Gestaltung der Kühlmittelleitung **502** können eine beliebige Form und Gestaltung einnehmen, solange das Kühlmittel auf den flüssigen Abschnitt **148** des Gussstücks **145**, beispielsweise innerhalb der Zone **144**, gerichtet werden kann. Während die Darstellungen die Kühlmittelleitung **502** in einem gekrümmten und abgewinkelten Zustand veranschaulichen, dient diese Form und Gestaltung lediglich beispielhaften Zwecken und soll die Erfindung in keiner Weise beschränken. Andere Formen und Gestaltungen der Kühlmittelleitung **502**, wie beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich, gerade und gewendelte bzw. spiralförmige Leitungen, liegen in dem Rahmen der vorliegenden Erfindung.

[0054] Das Kühlsystem **500**, wie es die vorliegende Erfindung verkörpert, kann die veranschaulichte Konfiguration aufweisen. Ferner kann das Kühlsystem **500** eines der, mehrere der oder all die Elemente des Kühlsystems **500** aufweisen. Beispielsweise und in einem die Erfindung keinesfalls beschränkenden Sinne kann das Kühlsystem **500** eine Quelle aufweisen, die mit mehreren Kühlmittelleitungen **502** in Strömungsverbindung steht, um mehrere Sprühstrahlen **503** zu erzeugen. Ferner kann das Kühlsystem **500** mehrere Versorgungen **501** aufweisen, von denen jede mit einer Kühlmittelleitung **502** und einem Kühlmittelsprühstrahl **503** strömungsmäßig verbunden ist. Außerdem kann eine Kühlmittelleitung **502** mehrere Sprühstrahlen **503** aus einer einzelnen Kühlmittelleitung **502** heraus erzeugen. Die obige Beschreibung ist lediglich beispielhafter Natur und nicht dazu vorgesehen, die Erfindung in irgendeiner Weise zu beschränken.

[0055] Die Form **146** kann aus einem beliebigen für Gießanwendungen geeigneten Material, wie beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich, Graphit, Gusseisen und Kupfer, ausgebildet sein. Graphit stellt ein geeignetes Material für die Form **146** dar, weil es verhältnismäßig einfach maschinell zu bearbeiten ist und eine ausreichende Wärmeleitfähigkeit zur Wärmeabfuhr über das Kühlsystem, wie es die vorliegende Erfindung verkörpert, aufweist. Da die Form **146** mit teilweise festen Tröpfchen **138** gefüllt ist, verschiebt sich ihre obere Fläche **150** näher zu der Aufspalt- bzw. Auftrennstelle **134** hin, so dass die Kühlzone **144** reduziert wird. Wenigstens entweder die Auftrennstelle **134** und/oder die Form **146** kann an einem bewegbaren Träger montiert und mit einer festen Geschwindigkeit verlagert werden, um eine konstante Abmessung der Kühlzone **144** aufrechtzuerhalten. Somit wird in den Tröpfchen **138** ein im Wesentlichen gleichbleibender fester Volumenanteil erzeugt. In dem Gießsystem **2** können Trennwände **152** vorgesehen sein, um die unter kontrollierter Atmosphäre stehende Umgebung **140** von dem Elektroschlacke-Feinungssystem **1** bis zu der Form **146**

auszudehnen. Das Kühlsystem **500** kann sich durch die Trennplatten erstrecken, wie dies in den Figuren veranschaulicht ist. Die Trennwände **152** können eine Oxidation der teilweise aufgeschmolzenen Metalltröpfchen **138** verhindern und das Gas der unter kontrollierter Atmosphäre stehenden Umgebung **140** aufrechterhalten. Wärme, die von dem Gehäuse **145** extrahiert wird, vervollständigt den Verfestigungsprozess des oberen Flüssigteils **148** des Gehäuses **145** zur Erzeugung verfestigter Gussstücke für eine weitere Verwendung. In dem erzeugten Gussstück **145** sind ausreichend Kerne ausgebildet, so dass nach Verfestigung eine feine gleichachsige Mikrostruktur **149** in dem Gussstück **145** erzeugt werden kann.

[0056] Das Gießsystem **3** verhindert ein unerwünschtes dendritisches Wachstum, verringert Porosität bei Erstarrungsschwindung in dem gebildeten Gussstück und Gussteil und reduziert Warmrissbildung sowohl während des Gießvorgangs als auch während der nachfolgenden Warmbearbeitung des Gussstücks und Gussteils. Ferner erzeugt das Reinmetall-Gießsystem **3** eine gleichförmige, gleichachsige Struktur in dem Gussstück, die von der minimalen Verzerrung der Form während des Gießvorgangs, dem kontrollierten Wärmetransfer während der Verfestigung des Gussstücks in der Form und der kontrollierten Kernbildung herrührt. Das Reinmetall-Gießsystem **3** verbessert die Formbarkeit und Bruch- bzw. Risszähigkeit des Gussstücks im Vergleich zu herkömmlichen Gussstücken.

[0057] Das vorstehend beschriebene Kühlsystem **500** ist in Bezug auf ein Gießsystem **3** beschrieben worden, das ein Elektroschlacke-Feinungssystem **1** als eine Quelle eines Flüssigmetalls, ein Gießsystem **2** und ein Kühlsystem **500** aufweist. Jedoch umfasst der Rahmen der Erfindung ferner die Verwendung von Kühlsystemen, wie sie die vorliegende Erfindung verkörpert, mit einem Gießsystem, das ein Gießsystem mit einer beliebigen geeigneten Flüssigmetallquelle aufweist. Beispielsweise kann die Flüssigmetallquelle ein Gießsystem alleine aufweisen, wie dies in [Fig. 5](#) veranschaulicht ist. Das Gießsystem **510** nach [Fig. 5](#) weist ein Gießsystem **2** auf, das dem kernbildenden Gießsystem nach [Fig. 1–Fig. 4](#) ähnlich ist. Das Gießsystem **2** nach [Fig. 5](#) ist mit einer Entnahmeform **146** veranschaulicht, wobei jedoch eine beliebige geeignete Form in dem Rahmen der vorliegenden Erfindung liegt.

[0058] Das Gießsystem **2** weist eine Aufspalt- bzw. Auftrennstelle **134** auf, die positioniert ist, um einen Flüssigmetallstrom **512** von einer beliebigen geeigneten Quelle **511** zu empfangen. Beispielsweise und in einem die Erfindung keinesfalls beschränkenden Sinne kann die Quelle **511** des Flüssigmetallstroms ein Vakuum-Lichtbogen-Umschmelzsystem (VAR-System), ein Vakuuminduktionsschmelzsystem (VIR-System), ein (oben beschriebenes) Elektro-

schlacke-Feinungs- bzw. -Umschmelzsystem (ESR-System) mit oder ohne ein Kaltinduktionsführungssystem (CIG-System) sowie weitere Systeme aufweisen, die eine Reinigung von Rohmetallen oder unreinen Metallen betreffen. Die obigen Systeme stellen lediglich Beispiele dar und sollen die Erfindung in keiner Weise beschränken.

[0059] Die Trennstelle **134** wandelt den Flüssigmetallstrom **512** von der Quelle **511** in mehrere aufgeschmolzene Metalltröpfchen **138** um. Der Strom **512** kann der Trennstelle **134** in einer unter kontrollierter Atmosphäre stehenden Umgebung **140** zugeführt werden, die ausreicht, um eine wesentliche und unerwünschte Oxidation der Tröpfchen **138** zu verhindern. Die unter kontrollierter Atmosphäre stehende Umgebung **140** kann ein beliebiges Gas oder eine beliebige Kombination von Gasen enthalten, das bzw. die mit dem Metall des Stroms **512** nicht reagiert bzw. reagieren. Wenn beispielsweise der Strom **512** Aluminium oder Magnesium aufweist, stellt die unter kontrollierter Atmosphäre stehende Umgebung **140** eine Umgebung dar, die verhindert, dass die Tröpfchen **138** eine Brandgefahr darstellen.

[0060] Die Trennstelle **134** kann eine beliebige geeignete Vorrichtung zur Umwandlung des Stroms **512** in Tröpfchen **138** aufweisen. Beispielsweise kann die Trennstelle **134** einen Gaszerstäuber aufweisen, der den Strom **512** mit einem oder mehreren Strahlen **142** durchstreift. Die Strömung des Gases von den Strahlen **142**, die auf den Strom auftreffen, kann gesteuert sein, so dass die Größe und Geschwindigkeit der Tröpfchen **138** kontrolliert werden kann. Eine weitere Zerstäubungsvorrichtung in dem Rahmen der vorliegenden Erfindung enthält ein Hochdruck-Zerstäubungsgas in Form eines Stroms des Gases, der verwendet wird, um die unter kontrollierter Atmosphäre stehende Umgebung **140** zu schaffen. Der Strom des Gases der unter kontrollierter Atmosphäre stehenden Umgebung **140** kann auf den Metallstrom **512** auftreffen, um den Metallstrom **512** in die Tröpfchen **138** zu wandeln. Weitere Beispiele zur Stromauftrennung sind vorstehend beschrieben.

[0061] Die Tröpfchen **138** werden von der Auftrennstelle **134** nach unten geleitet ([Fig. 1](#)), so dass sie eine im Wesentlichen divergierende Konusgestalt bilden. Die Tröpfchen **138** durchlaufen eine Kühlzone **144**, die durch den Abstand zwischen der Auftrennstelle **134** und der oberen Fläche **150** des Metallgussstücks definiert ist, das durch die Form **146** gehalten ist. Die Länge der Kühlzone **144** reicht aus, um einen Volumenanteil eines Tröpfchens in der Zeit verfestigen zu lassen, in der das Tröpfchen die Kühlzone **144** durchtritt und auf die obere Fläche **150** des Metallgussstücks auftrifft. Die teilweise geschmolzenen/teilweise verfestigten Metalltröpfchen (hier nachstehend als „teilst feste Tröpfchen“ bezeichnet) werden

in der Form **146** aufgefangen. Die Form kann eine zurückziehbare Basis **246** aufweisen, die von den Seitenwänden der Form **146** entnommen werden kann, um eine Entnahmeform zu bilden. Die zurückziehbare Basis kann mit einer Welle **241** verbunden sein, die dazu dient, die Basis von den Seitenwänden in der Richtung des Pfeils **242** wegzubewegen. Ferner kann die Welle **241** die zurückziehbare Basis **246** in der Richtung des Pfeils **243** verdrehen, um die meisten Teile der Form einem Kühlsystem auszusetzen, wie dies hier beschrieben ist. Einzelheiten in Bezug auf den Rest des Gießsystems **2** sind in der obigen Beschreibung angegeben.

[0062] Das Gießsystem **500** erzielt eine Hilfskühlung zur direkten Kühlung des Flüssigteils **148** des Gussstücks **145**. Die Hilfskühlung wirkt zusätzlich zu der Abkühlung, die während der Verfestigung des Gussstücks **145** selbst stattfindet, beispielsweise einer Kühlung, die durch Wärmeableitung von den Wänden der Form **146** auftritt. Somit kann ein Gießsystem, das mit einem Kühlsystem **500**, wie es die vorliegende Erfindung verkörpert, versehen ist, ein Gussstück erzeugen, das im Wesentlichen oxidfrei und frei von Verunreinigungen ist und das ferner dicht und im Wesentlichen porenfrei ausgebildet sein kann, weil aufgrund der erhöhten Verfestigungsrate, die sich aus der Hilfskühlung auf einen Flüssigteil des Gussstücks, wie durch die vorliegende Erfindung verkörpert, ergibt, wenigen Luftporen ermöglicht wird, sich in dem Gussstück abzukühlen. Ferner verbessern die beschleunigte Kühlung und die erhöhten Verfestigungsraten des Flüssigteils des Gussstücks die mikrostrukturellen Eigenschaften des Gussstücks durch eine Reduktion der Korngröße, so dass sie eine im Wesentlichen segregationsfreie Mikrostruktur und eine homogene Mikrostruktur schaffen.

[0063] Während verschiedene Ausführungsformen hier beschrieben sind, ist es aus der Beschreibung ohne weiteres verständlich, dass verschiedene Kombinationen von Elementen, Veränderungen oder Verbesserungen an diesen durch einen Fachmann vorgenommen werden können und dass diese in dem Schutzzumfang der Erfindung liegen.

Patentansprüche

1. Gießsystem (**3**) mit Hilfskühlung auf einen flüssigen Abschnitt (**148**) des Gussstückes zum Erzeugen eines metallischen Gussstückes (**145**), wobei das metallische Gussstück eine feinkörnige, homogene Mikrostruktur aufweist, die Oxid- und sulfidfrei, frei von Segregationsdefekten und frei von Fehlstellen ist, die durch Luft hervorgerufen sind, die während der Erstarrung des Metalls aus einem flüssigen Zustand zu einem festen Zustand eingeschlossen wird, wobei das Gießsystem mit Hilfskühlung auf einen flüssigen Abschnitt des Gussstückes enthält: ein Elektroschlacke-Feinungssystem (**1**),

ein Gießsystem (**2**), in dem geschmolzene Metalltröpfchen (**138**) in eine Form (**146**) gerichtet werden, und wenigstens ein Kühlsystem (**500**), das Kühlmittel an einen flüssigen Abschnitt des Gussstücks in der Form liefert.

2. Gießsystem nach Anspruch 1, wobei das Elektroschlacke-Feinungssystem enthält: eine Elektroschlacke-Feinungsstruktur (**30**), die eine geschmolzene Elektroschlacke aufnehmen und halten kann, eine Metallquelle (**24**), die in der Elektroschlacke-Feinungsstruktur verfeinert werden soll, einen Körper aus geschmolzener Schlacke (**34**) in der Elektroschlacke-Feinungsstruktur, wobei die Metallquelle in Kontakt mit der geschmolzenen Schlacke angeordnet ist, eine elektrische Versorgung (**70**), die elektrischen Strom an die Metallquelle als eine Elektrode und durch die geschmolzene Schlacke hindurch zu einem Körper aus geschmolzenem Metall unter der Schlacke liefern kann, um die verfeinerte Schlacke geschmolzen zu halten und das Ende der Metallquelle in Kontakt mit der Schlacke zu schmelzen, eine Vorschubeinrichtung (**10**) zum Vorschieben der Metallquelle in Kontakt mit der geschmolzenen Schlacke mit einer Geschwindigkeit, die der Geschwindigkeit entspricht, mit der die Kontaktfläche der Elektrode geschmolzen wird, wenn ihre Feinung fortschreitet, eine Kaltherdstruktur (**40**) unter der Elektroschlacke-Feinungsstruktur, wobei die Kaltherdstruktur in der Lage ist, das verfeinerte, geschmolzene Elektroschlackemetall in Kontakt mit einem festen Pfannenbären des verfeinerten Metalls aufzunehmen und zu halten, der an den Wänden des Kaltherdgefäßes gebildet wird, einen Körper (**46**) aus verfeinertem geschmolzenem Metall in der Kaltherdstruktur unter der geschmolzenen Schlacke, eine Kaltfinger-Ausflussöffnungsstruktur (**80**) unter dem Kaltherd, die in der Lage ist, eine Strömung (**56**) von verfeinertem geschmolzenem Metall aufzunehmen und abzugeben, das durch das Elektroschlacke-Feinungssystem und durch die Kaltherdstruktur verarbeitet wird, wobei die Kaltfinger-Ausflussöffnungsstruktur eine Ausflussöffnung aufweist, einen Pfannenbären (**44**) aus erstarrtem verfeinertem Metall in Kontakt mit der Kaltherdstruktur und der Kaltfinger-Ausflussöffnungsstruktur, einschließlich der Ausflussöffnung.

3. Gießsystem nach Anspruch 1, wobei das Gießsystem, in dem geschmolzene Metalltröpfchen (**138**) in eine Form (**146**) gerichtet werden, enthält: eine Trennstelle (**134**), durch die eine Strömung von flüssigem Metall zu geschmolzenen Metalltröpfchen (**138**) geformt wird, und eine Kühlzone (**144**), die die geschmolzenen Metall-

tröpfchen empfängt, wobei die geschmolzenen Metalltröpfchen in der Kühlzone zu teilfesten Tröpfchen verfestigt werden, derart, dass, im Mittel, 5 bis 40 Vol% von jedem teilfesten Tröpfchen fest ist und der Rest des teilfesten Tröpfchens geschmolzen ist, und eine Form (**146**), die Tröpfchen in einem flüssigen Abschnitt sammelt und verfestigt, wobei die Tröpfchen dadurch das Gussstück bilden.

4. Gießsystem nach Anspruch 1, wobei der flüssige Abschnitt des Gussstückes durch Metalltröpfchen in einem oberen Bereich des Gussstückes erzeugt wird und in dem flüssigen Abschnitt, im Mittel, weniger als 50 Vol% eines durchschnittlichen Tröpfchens fest ist.

5. Gießsystem nach Anspruch 1, wobei das Kühlsystem enthält:
eine Kühlmittelversorgung (**501**) und eine Kühlmittelleitung (**502**), um Kühlmittel direkt auf einen flüssigen Abschnitt des Gussstückes aufzubringen.

6. Gießsystem nach Anspruch 5, wobei die Kühlmittelleitung Kühlmittel in Form eines Sprühstrahls (**503**) aufbringt.

7. Gießverfahren mit Hilfskühlung auf einen flüssigen Abschnitt des Gussstückes zum Formen eines metallischen Gussstückes, wobei das metallische Gussstück eine feinkörnige, homogene Mikrostruktur aufweist, die Oxid- und sulfidfrei ist, frei von Segregationsdefekten und frei von Fehlstellen ist, die durch Luft hervorgerufen sind, die während der Erstarrung des Metalls aus einem flüssigen Zustand zu einem festen Zustand eingeschlossen wird, wobei das Verfahren mit Hilfskühlung auf einen flüssigen Abschnitt des Gussstückes enthält:

Bilden einer Quelle von reinem verfeinerten Metall, bei dem Oxide und Sulfide durch Elektroschlacke-Feinung herausgeseigert sind,
Formen eines Gussstückes (**145**) durch ein Gießverfahren, bei dem geschmolzene Metalltröpfchen (**138**) in eine Form (**146**) gerichtet werden, und
Kühlen eines flüssigen Abschnittes des Gussstückes, wobei der Kühlschritt enthält, dass Kühlmittel auf den flüssigen Abschnitt des Gussstückes in der Form gerichtet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Schritt des Bildens einer Quelle eine Elektroschlacke-Feinung aufweist, die enthält:

Bereitstellen einer Quelle von Metall (**1**), das verfeinert werden soll,
Bereitstellen einer Elektroschlacke-Feinungsstruktur (**30**), die zur Elektroschlacke-Feinung der Metallquelle und zur Bereitstellung von geschmolzener Schlacke (**34**) in dem Behälter in der Lage ist,
Bereitstellen einer Kaltherdstruktur (**40**) zum Halten eines verfeinerten geschmolzenen Metalls unter der geschmolzenen Schlacke und Bereitstellen von ver-

feinertem geschmolzenem Metall in der Kaltherdstruktur,
Befestigen der Metallquelle (**24**) zum Einführen in die Elektroschlacke-Feinungsstruktur und in Kontakt mit der geschmolzenen Schlacke in der Elektroschlacke-Feinungsstruktur,
Bereitstellen einer elektrischen Energieversorgung (**70**), die elektrische Energie liefern kann,
Liefern elektrischer Energie zum Elektroschlacke-Feinen der Metallquelle durch einen Stromkreis, wobei der Stromkreis die Energieversorgung, die Metallquelle, die geschmolzene Schlacke und die Elektroschlacke-Feinungsstruktur aufweist,
Widerstandsschmelzen der Metallquelle, wobei die Metallquelle die geschmolzene Schlacke kontaktiert und geschmolzene Metalltröpfchen bildet,
Zulassen, dass die geschmolzenen Tröpfchen durch die geschmolzene Schlacke fallen,
Sammeln der geschmolzenen Tröpfchen, nachdem sie durch die geschmolzene Schlacke hindurchgetreten sind, als ein Körper aus verfeinertem flüssigem Metall in der Kaltherdstruktur direkt unter der Elektroschlacke-Feinungsstruktur,
Bereitstellen einer Kaltfinger-Ausflussöffnungsstruktur (**80**) mit einer Auslassöffnung an dem unteren Abschnitt von der Kaltherdstruktur und
Entleeren des verfeinerten Elektroschlackemetalls, das sich in der Kaltherd-Öffnungsstruktur sammelt, durch die Auslassöffnung der Kaltfinger-Ausflussöffnungsstruktur.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

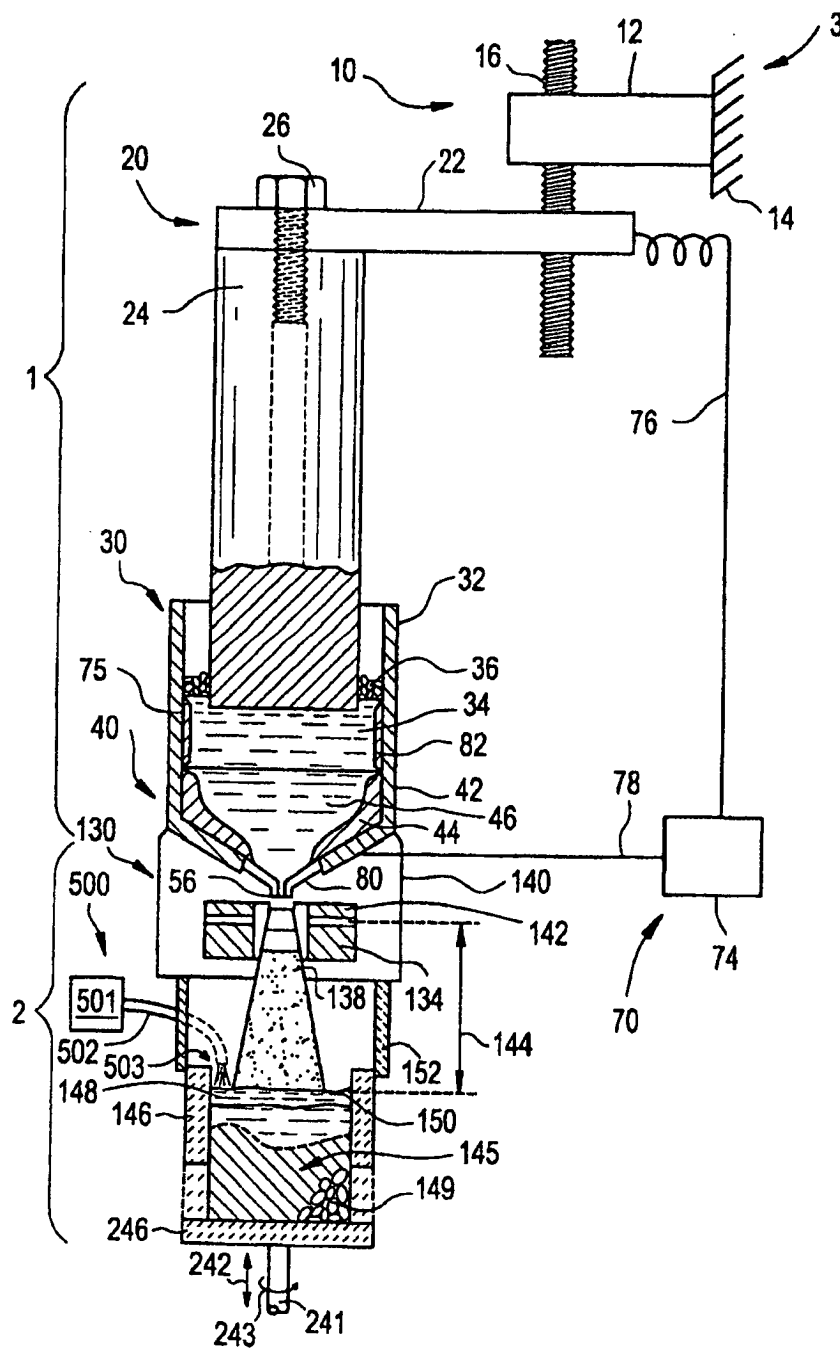


FIG. 2

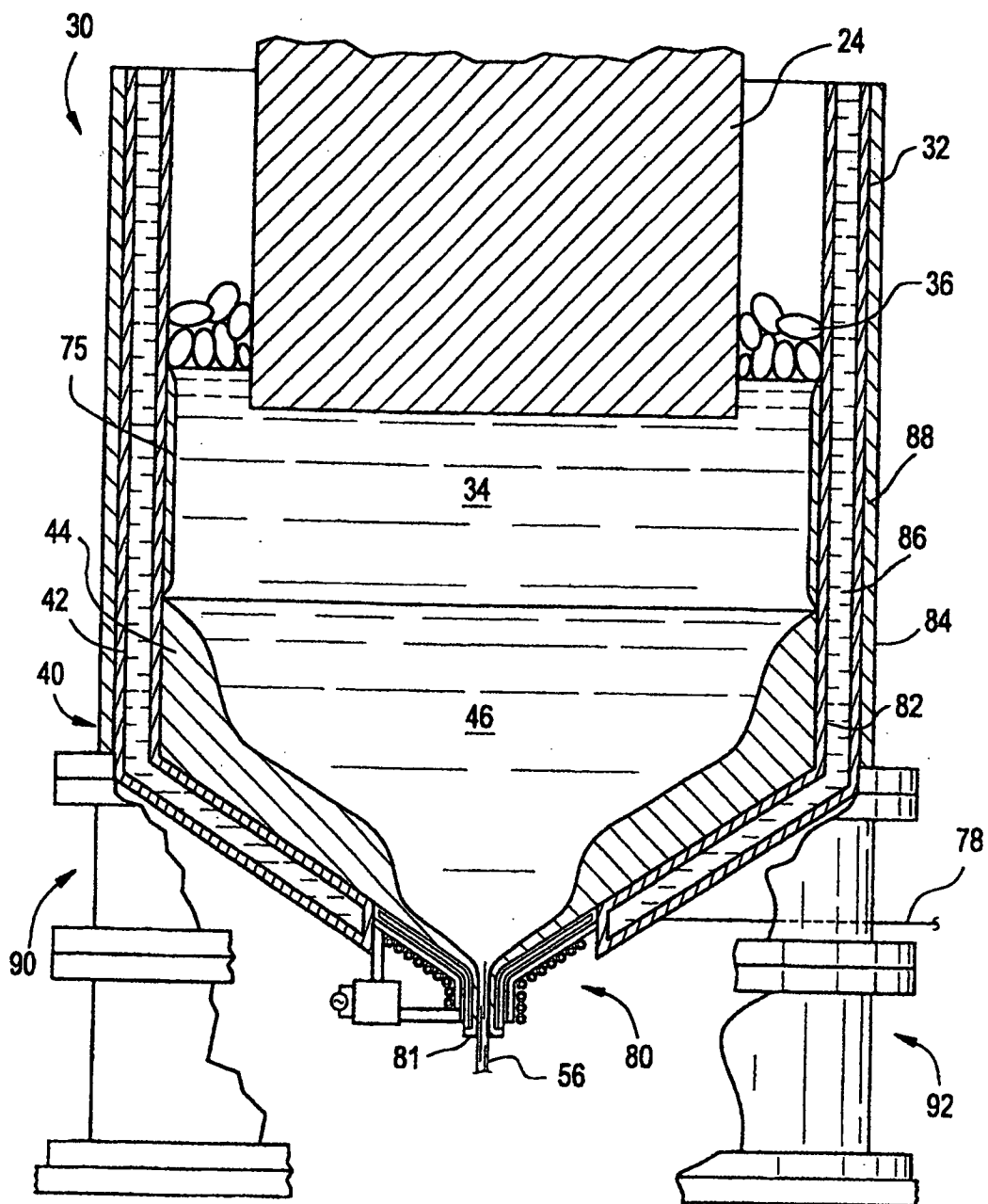


FIG. 3

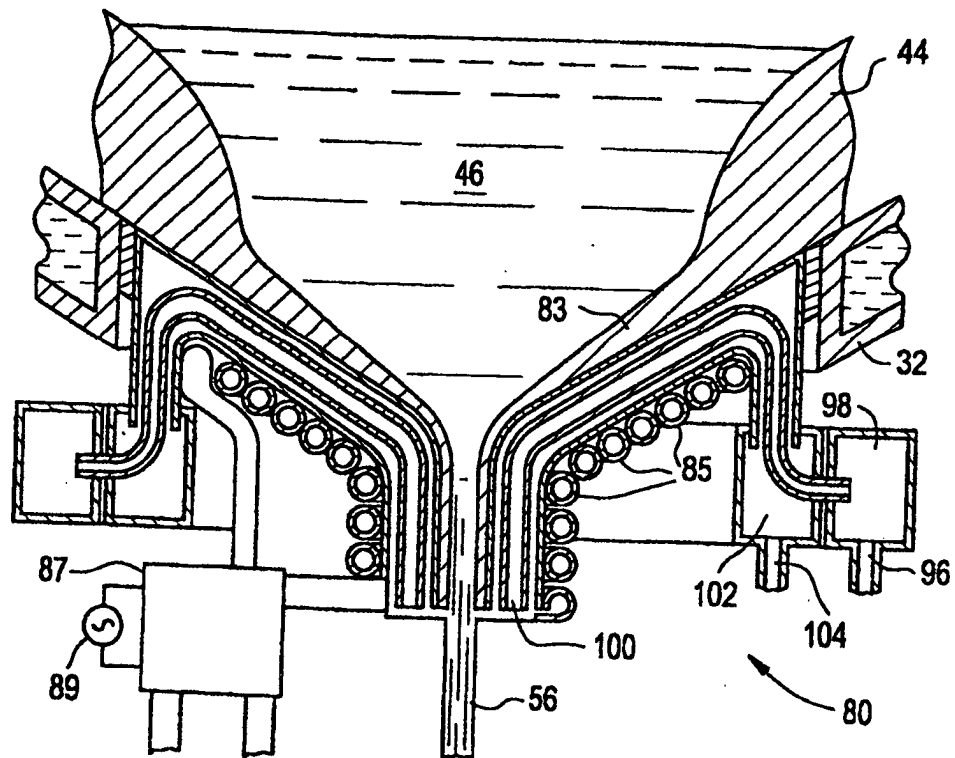


FIG. 4

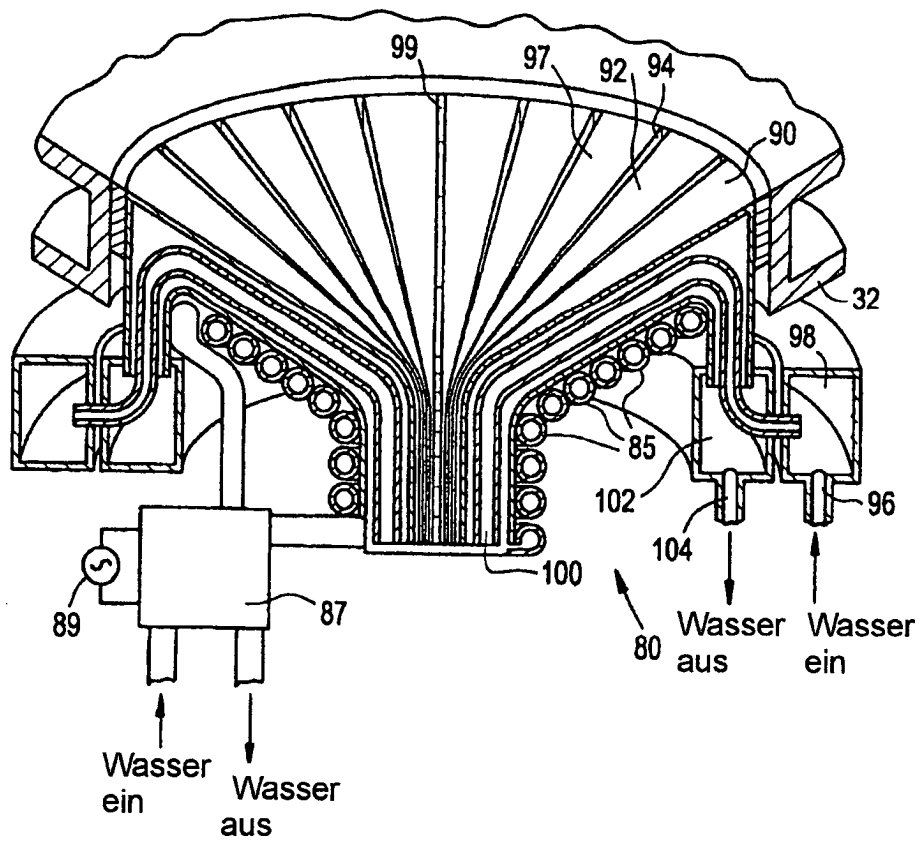


FIG. 5

