

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PATENTCHRIFT



(12) Ausschließungspatent

(11) **DD 297 782 A5**

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) B 22 D 17/00
B 22 D 27/04

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD B 22 D / 337 725 7	(22)	09.02.90	(44)	23.01.92
(31)	309,758	(32)	10.02.89	(33)	US

(71) siehe (73)
(72) Bradley, Norbert L.; Schafer, William J.; Wieland, Regan D.; Niemi, Allen N., US
(73) The Dow Chemical Company, Midland, Michigan 48640, US
(74) Weickmann, Fincke, Huber, Patentanwälte, Möhlstraße 22, W - 8000 München 86, DE

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Spritzguß von Metall-Legierungen

(57) Verfahren und Vorrichtung zum Spritzguß einer Metall-Legierung, worin die Legierung in einem thixotropen halbfesten Zustand in einem sich nach hinten bewegenden Extruder gehalten wird, bei Temperaturen oberhalb ihrer Solidus-Temperatur und unterhalb ihrer Liquidus-Temperatur, unter Scherung und dann als thixotrope Aufschlammung in eine Form gespritzt wird, so daß ein verwendbares Produkt entsteht. Nach Abschluß des Spritzgußstoßes wird die Düse des Extruders durch Verfestigung eines Teils der restlichen, in der Düse bleibenden Legierung abgedichtet.

ISSN 0433-6461

18 Seiten

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Spritzguß eines metallischen Materials mit dendritischen Eigenschaften, umfassend die Schritte:
 - (a) das Einbringen des Materials, das unter einer inerten Atmosphäre gehalten wird, in ein Extruderrohr, das an einem Ende in einer Auswurfdüse endet,
 - (b) das Befördern des Materials durch das Rohr in Richtung auf die Düse zu,
 - (c) das Erhitzen des Materials auf eine Temperatur, die zwischen seiner Solidus- und Liquidus-Temperatur liegt, so daß das Material in einen halbfesten, thixotropen Zustand umgewandelt wird,
 - (d) das Scheren des Materials während seiner Bewegung durch das Rohr, um dendritisches Wachstum zu verhindern, **gekennzeichnet durch** die Schritte:
 - (e) das Befördern des Materials in eine Sammelzone, die sich benachbart zur Düse befindet,
 - (f) das Vergrößern der Sammelzone mit einer Geschwindigkeit, die im wesentlichen der Geschwindigkeit entspricht, mit der das Material in die Sammelzone befördert wird,
 - (g) das Unterbrechen der Scherung des Materials in der Sammelzone,
 - (h) das Aufrechterhalten der Materialtemperatur in der Sammelzone auf einem Wert, der ein dendritisches Wachstum hemmt und
 - (i) das periodische Anwenden einer ausreichenden Kraft auf das metallische Material, das in der Sammelzone gesammelt wurde, um das gesammelte Material durch die Düse in eine Form auszustoßen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man einen im wesentlichen festen Pfropfen des Materials in der Düse beim Abschluß des Materialausstoßes in die Form erzeugt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß man die Temperatur des metallischen Materials in der Sammelzone auf einen größeren Wert, als ihn das Material anderswo besitzt, erhöht.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß man eine Scherungsrate des metallischen Materials von 5 bis 500 Sekunden⁻¹ aufrechterhält.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß man das Material in das Extruderrohr mit einer geringeren Rate als 100% seiner Kapazität einbringt, und worin die Förderrate des Materials entlang des Rohrs im wesentlichen unabhängig von der Scherungsrate des Materials ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Legierung ein diskontinuierliches Phasenmaterial enthält, das einen Teil davon bildet.
7. Vorrichtung zum Spritzguß eines metallischen Materials mit dendritischen Eigenschaften, wobei die Vorrichtung enthält:
 - (a) ein Extruderrohr mit einer Auswurfdüse an einem Ende und einem Einlaß, der entfernt von der Düse liegt,
 - (b) Beschickungsmittel zum Einbringen des Materials, das unter einer inerten Atmosphäre gehalten wird, in das Rohr durch den Einlaß,
 - (c) Mittel zum Erhitzen des Materials im Rohr auf eine Temperatur zwischen der Solidus- und Liquidus-Temperatur des Materials, die ausreichend hoch ist, um das Material in einem halbfesten Zustand zu halten,
 - (d) Mittel zur Beförderung des metallischen Materials durch das Rohr vom Einlaß in Richtung zur Düse,
 - (e) Mittel zur Scherung des Materials, wenn es sich durch das Rohr zwischen dem Einlaß und der Düse bewegt,
 - (f) Mittel zum Ausstoßen des metallischen Materials durch die Düse in eine Form, **gekennzeichnet durch**:
 - (g) eine Material-Sammelzone, benachbart zur Düse, zur Hemmung von dendritischem Wachstum im metallischen Material.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich auf dem Rohr mehrere longitudinal angeordnete Heizzonen befinden, von denen jede durch Heizmittel erwärmt wird, um

- ein Temperaturprofil für das metallische Material zu erzeugen, das sich in Richtung zur Düse hin erhöht.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Beschickungsmittel Mittel zum Einbringen von Material in das Rohr mit einer Rate von weniger als 100% seiner Kapazität enthält.
 10. Vorrichtung nach Anspruch 7, 8 oder 9, **gekennzeichnet durch Mittel** zum Vergrößern der Sammelzone mit einer Rate, die mindestens so groß ist wie jene, mit der das Material in die Sammelzone befördert wird.
 11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mittel zur Vergrößerung der Sammelzone ein Mittel zur Bewegung der Schnecke in Richtung fort von der Düse beinhalten.
 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie Mittel zur Erniedrigung der Materialtemperatur in der Düse nach Abschluß des Materialausstoßes von der Sammelzone auf einen Wert enthält, bei dem das Material sich verfestigt und einen Pfropfen bildet.
 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Heizmittel die Temperatur des Materials in der Sammelzone auf einem höheren Wert als anderswo halten.
 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Rohr eine innere Verkleidung besitzt, die aus einer Kobaltlegierung gebildet ist und die Schnecke eine Kobalt-Hartlegierung auf ihrer äußeren Oberfläche besitzt.
 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 14, **gekennzeichnet durch eine Form** mit einem Hohlraum und einem die Düse und den Hohlraum verbindenden Durchgang zum Leiten von Material, das aus der Düse in den Hohlraum ausgestoßen wird und eine in diesem Durchgang angeordnete Spindel, wobei die Spindel einen Körper besitzt, der in einer Spitze ausläuft, welche der Düse gegenübersteht, worin die Spitze konvex ist und einen Hohlraum enthält.

Hierzu 6 Seiten Zeichnungen

Beschreibung

Diese Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Spritzguß von Metalllegierungen, die unter geeigneten Temperatur- und Scherungsbedingungen eine zweiphasige thixotrope Aufschlammung bilden können. Metall-Legierungen mit einer dendritischen Kristallstruktur bei Umgebungstemperatur werden im allgemeinen geschmolzen und dann durch Hochdruck-Gußverfahren weiterverarbeitet. Solche üblichen Druckgußverfahren weisen bestimmte Nachteile auf, z. B. Schmelzverlust, Verunreinigung mit Flußmitteln oder dergleichen, hoher Ausschuß, hoher Energieverbrauch, lange Betriebszyklen, begrenzte Lebensdauer des Gusses aufgrund eines hohen thermischen Schocks oder dergleichen und eingeschränkte Formfüllungspositionen. Die betroffenen Legierungen beinhalten, aber sind nicht beschränkt auf Legierungen, die in den US-Patenten Nr. 3,840,365, 3,842,895, 3,902,544 und 3,936,298 beschrieben sind.

Die Spritzgußtechniken für polymeres Material haben viele Eigenschaften, die sich als vorteilhaft erweisen würden, wenn man sie beim Spritzguß von Metall-Legierungen einsetzen könnte, die in einen thixotropen Zustand überführt werden können. Solche Techniken sind etwa die Zufuhr von granuliertem Polymermaterial bei Raumtemperatur aus einer Beschickungsvorrichtung in einen Schneckenextruder in Abwesenheit von Flußmitteln oder anderen Verunreinigungen. Die Polymerkörner werden zur Plastifizierung im Extruder erhitzt, worauf eine Form, die sich am Abwurfende des Extruders befindet, mit dem fließbaren Material gefüllt wird. Es gibt keine Verunreinigung und Schmelzverluste bei Extrudierungsverfahren von Polymeren, und die verwendeten niedrigeren Temperaturen in diesen Verfahren verringern das Problem eines thermischen Schocks für die Gußform. Beim Spritzguß von Polymermaterial kann die Form beim Füllen von Teilen von jeder Position aus gefüllt werden, wie es für eine maximale Wirksamkeit erforderlich ist. Die erfindungsgemäße Vorrichtung und die erfindungsgemäßen Verfahren beinhalten die meisten, wenn nicht alle dieser vorteilhaften Eigenschaften.

Die US-Patente Nr. 4,694,881 und 4,694,882 offenbaren die Umwandlung einer Metall-Legierung mit dendritischen Eigenschaften in einen thixotropen, halbfesten Zustand durch kontrolliertes Erwärmen, um die Legierung auf einer Temperatur über ihrer Solidustemperatur und unterhalb ihrer Liquidustemperatur zu halten, während die Legierung während eines Spritzgusses einer Scherwirkung ausgesetzt ist. Auf diese Weise kann man gewisse Vorteile des Spritzgusses verwenden, so daß gewisse Nachteile des Druckgießens überwunden werden können. Die vorliegende Erfindung bringt weitere Verbesserungen und Vorteile, die aus dem Spritzguß von Metall-Legierungen resultieren.

Bereits bekannte Verfahren zum Spritzguß von thixotropen Metall-Legierungen können erheblich verbessert werden, indem man ein Temperaturprofil für eine bestimmte Legierung durch Erhitzen der Legierung in einem Schnecken-Extruder auf eine Temperatur oberhalb ihrer Solidustemperatur und unterhalb ihrer Liquidustemperatur einstellt und beibehält, und vor dem Injektionsstoß das Einwirken einer nennenswerten Erhöhung der Kraft auf die Legierung vermeidet. Dies wird erreicht, indem man das halbfeste Material in einen Sammelraum oder eine Sammelzone zwischen dem Extruderausguß und der Extruder-Schnecken spitze einbringt und die Schnecke, während sie rotiert, in einer Richtung weg von der Ausgußdüse zurückzieht, während sich der Raum zwischen der Düse und der Schnecken spitze mit Material füllt. Bei üblichen Spritzgußverfahren mit polymerem Material wird die Rückwärtsbewegung der Extruderschnecke durch eine Druckerhöhung im Raum zwischen der Düse und der Extruder-Schnecken spitze bewirkt.

Wegen der Natur von Metall-Legierungen ist es erforderlich, sorgfältig die Stufen der Druckbehandlung solcher Legierungen in halbfestem Zustand im Extruder zu kontrollieren. Es muß eine geeignete Scherungsrate beibehalten werden, welche die Rotationsgeschwindigkeit der Schnecke und die Zufuhrate des Materials in den Extruder vorschreibt. Dies schreibt wiederum die Rückzugsgeschwindigkeit der Schnecke vor dem Injektionsstoß vor. Weiterhin ist es beim Spritzguß eines halbfesten metallischen Materials erforderlich, die Temperatur, den Druck und die Geschwindigkeits-Bedingungen der Extruderschnecke zu kontrollieren, um eine Phasentrennung der vermischten flüssig-festen Bestandteile der Legierung zu verhindern.

Bei der Regelung des Temperaturprofils, der Zufuhrate, der Schergeschwindigkeit, des Injektionsdrucks und der Injektionsgeschwindigkeit auf die nachfolgend beschriebene Weise können Verfahren und Vorrichtungen für den Spritzguß von polymerem Material vorteilhaft auf die Verwendung für die Herstellung von Druckgußteilen aus Metall-Legierungen umgestellt werden. Durch eine Druckverringerung am Ende des Injektionsstoßes in der Nachbarschaft der Extruderdüse, verbunden mit einer Temperaturverringerung in der Düse und dem Fehlen einer Scherung kann sich ein Pfropfen von verfestigtem Metall in der Düse bilden, der von solcher Art ist, daß ein übliches mechanisches Abschließventil nicht mehr erforderlich ist und die mit einem solchen Ventil verbundenen Probleme beseitigt werden. Sofern gewünscht, ist es jedoch möglich, ein übliches Abschließventil in der Düse zu verwenden.

Die Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren zum Spritzguß eines metallischen Materials mit dendritischen Eigenschaften, umfassend die Schritte:

- (a) das Einbringen des Materials, das unter einer inerten Atmosphäre gehalten wird, in ein Extruderrohr, das an einem Ende in einer Ausgußdüse endet,
- (b) das Befördern des Materials durch das Rohr in einer Richtung zur Düse hin,
- (c) das Erhitzen des Materials auf eine Temperatur zwischen seiner Solidus- und Liquidustemperatur, um das Material in einen halbfesten, thixotropen Zustand überzuführen,
- (d) die Scherung des Materials während seiner Beförderung durch das Rohr, um dendritisches Wachstum zu verhindern, gekennzeichnet durch die Schritte:
- (e) das Befördern des Materials in eine Sammelzone, die benachbart zur Düse ist,
- (f) das Vergrößern der Sammelzone mit einer Geschwindigkeit, die im wesentlichen der Geschwindigkeit entspricht, mit der das Material in die Sammelzone befördert wird,
- (g) das Unterbrechen der Scherung des Materials in der Sammelzone,
- (h) das Aufrechterhalten einer Materialtemperatur in der Sammelzone auf einer Höhe, welche das dendritische Wachstum hemmt, und
- (i) das periodische Anwenden einer Kraft auf das in der Sammelzone gesammelte Material, die ausreicht, um das gesammelte Material durch die Düse in eine Form auszuwerfen.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zum Spritzguß eines metallischen Materials mit dendritischen Eigenschaften, wobei die Vorrichtung umfaßt:

- (a) ein Extruderrohr mit einer Auswurfdüse an einem Ende und einem Eingang, welcher sich entfernt von der Düse befindet,
- (b) Zufuhrmittel zum Einbringen des Materials, das unter einer inerten Atmosphäre gehalten wird, in das Rohr durch den Eingang,
- (c) Mittel zum Erwärmen des Materials im Rohr auf eine Temperatur, die zwischen der Solidus- und Liquidus-Temperatur des Materials liegt und ausreichend hoch ist, um das Material in einem halbfesten Zustand zu halten,
- (d) Mittel zum Bewegen des metallischen Materials durch das Rohr vom Eingang in Richtung der Düse,
- (e) Mittel zur Scherung des Materials, wenn es durch das Rohr zwischen dem Eingang und der Düse bewegt wird,
- (f) Mittel zum Ausstoßen des metallischen Materials durch die Düse in eine Form, gekennzeichnet durch
- (g) eine Material-Sammelzone, die sich benachbart zur Düse befindet, zur Hemmung von dendritischem Wachstum im metallischen Material.

Andere Vorteile des verbesserten Verfahrens und der verbesserten Vorrichtung gemäß vorliegender Erfindung sollen aus der folgenden Beschreibung in Verbindung mit den begleitenden Figuren verdeutlicht werden.

Fig. 1: ist eine schematische Seitenansicht, teilweise geschnitten, einer erfindungsgemäß hergestellten Spritzguß-Vorrichtung.

Fig. 2: ist eine Kurve zur Verdeutlichung eines typischen Schußdiagramms, welche die Schneckengeschwindigkeit und den hydraulischen Flüssigkeitsdruck während des Injektionsstoßes zeigt.

Fig. 3: ist eine schematische Darstellung eines Extruderrohres und einer Schnecke, einschließlich der Verwendung von Heizvorrichtungen zur Einrichtung von Heizzonen.

Fig. 4: ist eine vergrößerte, fragmentarische Schnittansicht des Düsenendes der Spritzguß-Vorrichtung.

Fig. 5: ist eine vergrößerte Darstellung einer modifizierten Gießspindel und Düse, teilweise im Querschnitt.

Fig. 6: ist ein vereinfachtes schematisches Diagramm eines Flüssigkeits-Druckkreislaufs, der zur Kontrolle der Extruderschnecke verwendet wird.

Das Spritzgießen einer Metall-Legierung ist ein einzigartiges Verfahren zur Herstellung von Formteilen mit hoher Qualität. Das Verfahren unterscheidet sich vom Hochdruckguß dadurch, daß man von Kügelchen, Pulver oder Spänen bei Raumtemperatur ausgeht und diese in einer inerten Atmosphäre einbringt, wobei der übliche Schmelztiegel und die damit verbundenen Probleme beseitigt werden. Es unterscheidet sich auch von dem kürzlich entwickelten Spritzgußverfahren, bei dem man einen Polymer- oder Wachs binder als Flußhilfe verwendet. Da kein Binder verwendet wird, ist der gegossene Metallgegenstand das fertige Produkt, bei dem das Entfernen des Binders nicht erforderlich ist. Die erfindungsgemäße Technologie beruht auf der Bildung einer halbfesten thixotropen Aufschlämmung, die ein Spritzgießen des Metalls erlaubt.

Die Eigenschaften von erfindungsgemäß hergestellten Gußteilen sind im Vergleich mit Hochdruck-Gußteilen vorteilhaft. In gewisser Hinsicht zeigen Teile, die nach dem erfindungsgemäßen Spritzgußverfahren hergestellt wurden, verbesserte Eigenschaften. So besitzen z. B. spritzgußgeformte Teile gemäß vorliegender Erfindung durchweg eine geringere Porosität als gleiche Druckgußstücke. Die Porosität verringert deutlich die zulässige Materialstärke eines Teils. Somit stellen die erfindungsgemäß erhaltenen, mit geringeren Fehlern behafteten Teile einen bedeutsamen Fortschritt gegenüber üblichen Druckgußteilen dar.

Figur 1 zeigt schematisch eine im wesentlichen konventionelle Spritzgußmaschine 10, die jedoch gewisse, im folgenden beschriebene Modifikationen enthält, die das erfindungsgemäße Gießen eines halbfesten metallischen Materials ermöglichen. Die Vorrichtung 10 beinhaltet einen Behälter für Zufuhrmaterial 11, in dem ein Vorrat von Kügelchen, Spänen oder Pulver einer geeigneten Metall-Legierung bei Raumtemperatur untergebracht werden können. Um die wesentlichen Eigenschaften der vorliegenden Erfindung beschreiben zu können, sollen als Beispiele für geeignete Metall-Legierungen, die man zur Durchführung der Erfindung verwenden kann, Metall-Legierungen, vorzugsweise Aluminium- oder Magnesium-Legierungen, besonders bevorzugt Magnesium-Legierungen, genannt werden. Eine volumetrische Beschickungsvorrichtung 12 in geeigneter Form steht in Verbindung mit dem Boden des Behälters 11, um daraus Kügelchen durch Schwerkraft aufzunehmen. Die Beschickungsvorrichtung enthält eine Förderschnecke (nicht gezeigt), welche mit einer gleichförmigen Rate das Einbringen von Kügelchen in den Extruder erlaubt. Die Beschickungsvorrichtung 12 steht in Verbindung mit einer Zufuhrgicht 13 eines Extruderrohres 14 über eine vertikale Leitung 15, welche eine bestimmte Menge von Kügelchen mit einer Rate, die durch die Geschwindigkeit der Förderschnecke bestimmt ist, in das Extruderrohr 14 liefert. In der Leitung 15 und im Extruderrohr 14 wird während der Zufuhr der Kügelchen eine Inertgas-Atmosphäre gehalten, um eine Oxidation des metallischen Materials zu vermeiden. Ein geeignetes Inertgas ist Argon, dessen Zufuhr auf übliche Weise bewerkstelligt wird.

Wie es in einer thermoplastischen Spritzgußmaschine üblich ist, enthält das Rohr 14 eine hin- und herbewegbare und rotierbare Extruderschnecke 16, welche mit einem helikalen Flügel- oder Schaufelgewinde 17 versehen ist. Benachbart zum Auswurfende des Rohres besitzt die Schnecke eine Rückschlagventil-Vorrichtung 18 und läuft in einer Schneckenspitze 19 aus. Das Auswurfende des Rohres 14 ist mit einer Düse 20 versehen, die eine Spitze 20a besitzt, die von einer Einlauf-Lagerschale 21 (Figuren 4 und 5) aufgenommen und ausgerichtet wird, die in einer geeigneten zweiteiligen Form 22 angebracht ist, welche eine stationäre Hälfte 23, befestigt auf einem stationären Formträger 24, besitzt. Die Formhälfte 23 wirkt mit einer beweglichen Formhälfte 25 zusammen, die von einem beweglichen Formträger 26 getragen wird. Die Formhälften definieren einen geeigneten Hohlraum 27 in Verbindung mit der Düse, wie später ausführlicher beschrieben wird. Die Gußform 22 kann jede geeignete Gestalt besitzen, einschließlich einer Zulauf-Verteilvorrichtung 28 in Verbindung mit dem Hohlraum 27, durch welche das halbfeste Material in den Hohlraum der Form fließen kann. Obwohl nicht in den Figuren gezeigt, können, sofern notwendig, geeignete, üblicherweise verwendete Heiz- und/oder Kühlvorrichtungen für die Form angebracht werden.

Das entgegengesetzte Ende der Spritzgußmaschine 10 enthält eine bekannte Form eines Hochgeschwindigkeits-Injektionsapparats A, der einen Sammler 29 und einen Zylinder 30 enthält und durch stationäre Träger auf einer geeigneten Trägeroberfläche S befestigt wird. Stromabwärts vom Zylinder 30 erstreckt sich ein Schuß- oder Injektionskolben 32 in ein Axial- bzw. Drucklager und Kupplung 33, um während des Betriebs auf bekannte Weise mit einer Antriebswelle 34 für die rotierbare und bewegliche Extruderschnecke 16 in Verbindung zu stehen. Drucklager und Kupplung 33 trennen den Schußkolben 32 von der Antriebswelle 34, so daß der Schußkolben 32, sofern gewünscht, sich nur vorwärts oder rückwärts bewegen kann, aber nicht rotieren muß. Die Antriebswelle 34 erstreckt sich durch einen Antriebs-Drehungs-Mechanismus 35 in üblicher Form, der mit der Antriebswelle 34 verbunden ist, um eine horizontale Vor- und Rückwärtsbewegung der Antriebswelle 34 in Reaktion auf eine Vor- und Rückwärtsbewegung des Schußkolbens 32 zu erlauben, während die Antriebswelle 34 rotiert. Diese Welle ist wiederum mit der Extruderschnecke 16 durch eine Antriebskupplung 36 von bekannter Art verbunden, um eine Rotation auf die Extruderschnecke 16 sowie eine Axialbewegung mit hoher Geschwindigkeit innerhalb des Rohres 14 in Reaktion auf den Betrieb des Hochgeschwindigkeits-Injektions-Apparats A zu übertragen. Es ist klar, daß geeignete und übliche hydraulische Kontrollkreisläufe (teilweise in Figur 6 gezeigt) auf übliche Weise verwendet werden, um den Betrieb der Spritzgußmaschine 10 auf die beschriebene Weise zu regeln.

Im allgemeinen beinhaltet der Betrieb der Spritzgußmaschine 10 eine Rotation der Extruderschnecke 16 innerhalb des Rohres 14, um das Zufuhrmaterial, d. h. metallisches Material, welches durch die Zufuhrgicht 13 eingebracht wird, in eine Material-Sammelkammer C (Figur 1) zwischen der Schneckenspitze 19 und der Düse 20 zu befördern und kontinuierlich zu scheren. Im folgenden beschriebene, geeignete Heizmittel erwärmen das Rohr 14, um ein Temperaturprofil zu erzeugen, welches die Umwandlung des Zufuhrmaterials in einen breiigen oder halbfesten Zustand bewirkt, bei einer Temperatur, die oberhalb seiner Solidustemperatur und unterhalb seiner Liquidustemperatur ist. In diesem halbfesten Zustand wird das Material einer Scherwirkung durch die Extruderschnecke 16 ausgesetzt, wobei dieses Material kontinuierlich in Richtung des Auswurfendes des Rohres gefördert wird, so daß es das Rückschlagventil 18 in ausreichender Menge passiert, um schließlich eine Hochgeschwindigkeits-Vorwärtsbewegung der Extruderschnecke 16 zu erlauben, so daß eine Injektion oder ein Schuß zum Füllen der Form erfolgt. Der Hochgeschwindigkeits-Injektionsapparat A arbeitet am geeigneten Zeitpunkt (auf eine noch zu erklärende Weise), um den Schußkolben 32 vorwärts in Richtung des Auswurfendes des Extruders zu bewegen, was eine Vorwärtsbewegung von Drucklager 33 und Antriebswelle 34 bewirkt. Da die Antriebswelle 34 mit der Welle der Extruderschnecke 16 über eine Kupplung 36 verbunden ist, bewegt sich die Extruderschnecke 16 schnell vorwärts, um den Schuß zur Formfüllung zu bewirken. Das Rückschlagventil 18 verhindert während des Schusses zur Formfüllung das Rückschlagen oder die Rückwärtsbewegung des halbfesten Materials, das in der Kammer C gesammelt wurde.

Figur 2 stellt ein typisches Schußdiagramm dar, wobei die Extruderschnecken-Schußgeschwindigkeit in Zoll pro Sekunde (cm/sec), sowie der hydraulische Flüssigkeitsdruck der Extruderschnecke in Pound pro Quadratzoll (kPa) gegen die Schußzykluszeit in Millisekunden aufgetragen ist. Dieses Schußdiagramm oder Profil unterscheidet sich nicht nennenswert von einem, das aus einem Hochdruckguß resultiert. In beiden Fällen muß die Form schnell gefüllt werden, um eine Verfestigung des Materials zu verhindern. Dies erfordert im vorliegenden System eine hohe lineare Geschwindigkeit des Systems aus Kolben und Schnecke, im allgemeinen von 50 bis 190 Zoll/Sekunde (125 bis 475 cm/sec).

Ein bedeutendes Ziel der Erfindung ist es, eine maximale Einspritzgeschwindigkeit innerhalb kurzer Zeit, während des ersten Teils des Schußzyklus zu erreichen, eine solche Geschwindigkeit ausreichend lang aufrechtzuerhalten, um die erforderliche Schußgröße zu erreichen, und dann schnell die Geschwindigkeit auf Null zu verringern, genau wenn der Formhohlraum gefüllt ist, um ein Auftreffen und Rückschlagen der Extruderschnecke 16 zu verhindern.

Das Temperaturprofil einer Metall-Legierung während des Spritzgusses ist ebenso von großer Bedeutung und, im allgemeinen, erfordert ein solches Profil einen Temperaturanstieg durch eine Vielzahl von Heizzonen, wobei die letzte (stromabwärts) Zone im Gebiet der Extruderdüse eine leichte Verringerung der Temperatur an der Düsenspitze 20 erlaubt. Diese leichte Verringerung bewirkt zusammen mit der Druckverringerung beim Abschluß des Injektionsstoßes die Bildung eines Pfropfens aus dem Rest der Metall-Legierung, der in der Düsenspitze bleibt. Der Pfropfen wird aus dem allerletzten Anteil des Metallschusses gebildet und ist im wesentlichen verfestigtes Metall. Die Verwendung eines solchen Pfropfens macht ein mechanisches Abschließventil überflüssig, insofern als der Pfropfen selbst diese Funktion erfüllt. Der Pfropfen aus Metall-Legierung wird während der Wiederauffüllung der Sammelkammer C nicht gestört, da die Schnecke 16 während dieser Auffüllstufe, wie im folgenden erklärt wird, zurückbewegt wird.

Es gibt zwei prinzipielle Verfahren zur Befüllung eines Schneckenextruders von der in Betracht kommenden Art. Ein Verfahren ist im allgemeinen bekannt als „Mangelbeschickung“ (starve feeding) und beinhaltet das Einbringen des Materials in das Rohr mit einer solchen Geschwindigkeit, daß das Material im Rohr weniger als die Gesamtkapazität des Rohres ist. Dementsprechend wird der Ausstoß des Extruders durch die Zufuhrvorrichtung 12 kontrolliert. Das zweite Verfahren ist im allgemeinen bekannt als „Überflußbeschickung“ (flood feeding) und wird durch einfaches Füllen der Zufuhrgicht 13 mit Kügelchen durchgeführt, so daß es der Schnecke erlaubt wird, das Material mit der maximal möglichen Geschwindigkeit fortzubefördern. In diesem Falle hängt der Extruderausstoß von der Konstruktion der Schnecke und ihrer Rotationsgeschwindigkeit ab.

Schneckenextruder für thermoplastisches Material werden im allgemeinen unter Überfluß-Beschickungs-Bedingungen betrieben. Die Pumpwirkung des Schaufel- oder Flügelgewindes der Extruderschnecke verursacht einen Druckaufbau vor der Extruderschnecke, wobei die Schnecke zu einer Rückwärtsbewegung im Rohr gezwungen wird, wenn die Sammelzone sich mit Material füllt, so daß beim Beginn eines neuen Zyklus eine automatische Rückwärtsbewegung der Schnecke erfolgt. Unter diesen Gesichtspunkten wäre es logisch, daß eine Überflußbeschickung von Kügelchen aus Magnesiumlegierung ebenfalls die bevorzugte Betriebsmethode wäre, da in diesem Falle die Sammelzone C mit der thixotropen Aufschlammung vollgepreßt werden würde, anstelle des Risikos, daß eine Mangelbeschickung eine unvollständige Auffüllung der Sammelzone bewirken würde, was einen möglichen Luftpneinbruch in den gegossenen Teilen bewirken könnte. Es wurde jedoch kein nennenswerter Unterschied in der Produktqualität bei Überfluß- oder Mangelbeschickungs-Bedingungen festgestellt. Es wurde jedoch gefunden, daß eine Mangelbeschickung eines metallischen Materials gegenüber der Überflußbeschickung bevorzugt ist, insofern als ein geringeres Drehmoment zur Rotation der Extruderschnecke erforderlich ist. Somit ist es möglich, die auf die Aufschlammung übertragene Scherung mittels der Rotationsgeschwindigkeit der Schnecke 16 unabhängig vom Durchsatz zu kontrollieren. Die Schnecken-Rotation kann im Bereich von 127 bis 175 Upm liegen, kann jedoch zur Anpassung an die jeweiligen Gußbedingungen variiert werden.

Aus dem Vorangehenden wird somit klar, daß die Schnecke 16 nicht nur bei der Fortbewegung des halbfesten Materials entlang des Rohres 14 des Extruders in die Sammelkammer C beteiligt ist, sondern daß sie auch die Scherung des Materials im Extruder bewirkt, um ein unerwünschtes dendritisches Wachstum und die Trennung von flüssiger und fester Phase während des Einspritzzyklus zu verhindern. Die Rotation der Schraube 16 wird bei einer geeigneten Geschwindigkeit gehalten, um eine Scherungsrate von 5 bis 500 Sekunden⁻¹ zu erreichen.

Wie oben erwähnt, bildet sich ein Pfropfen von festem Metall in der Düse aus dem Rest, der nach Beendigung des Formfüllvorgangs bleibt. Der Pfropfen ist vollständig wirksam beim Verhindern eines Leckens, wodurch ein mechanisches Ventil am Auswurfende der Düse 20 überflüssig wird. Die Abwesenheit eines Drucks stromaufwärts des Pfropfens erlaubt nicht nur, daß der Pfropfen bis zum nächsten Schuß an seinem Platz bleibt, ebenso wird die Möglichkeit der Phasentrennung der festen und flüssigen Bestandteile der Aufschlammung verhindert.

Die Extruderschnecke 16 kann aus einem geeigneten Material hergestellt sein, z. B. Warmarbeitsstahl mit geeigneter Hartmetallaufgabe auf dem Gewinde 17 und der inneren Oberfläche des Rohres 14. Eine typische Toleranz zwischen dem äußeren Durchmesser der Schnecke und der inneren Oberfläche des Rohres 14 bei normalen Betriebstemperaturen ist ungefähr 0,015 Zoll (0,40 mm). Das Gewinde 17 der Schnecke erstreckt sich über die Zufuhrgicht 13 zum Trägerstück 31, um die Ablagerung von feinen Metallteilchen in der Nabe der Schneckenwelle zu verhindern, welche die Rotation der Schnecke behindern können. Das Rohr 14 ist vorzugsweise bimetallic mit einer äußeren Haut aus einer hochprozentigen Nickellegierung I-718 (eine Legierung, die 50 bis 55 Gew.-% Nickel, 17 bis 21 Gew.-% Chrom, 4,75 bis 5,50 Gew.-% Niob und Tantal und von 2,80 bis 3,30 Gew.-% Molybdän enthält, wobei der auf 100 Gew.-% fehlende Rest der Legierung aus kleinen Mengen anderer Metalle besteht), die für Festigkeit und Ermüdungsbeständigkeit bei Betriebstemperaturen von über 600°C sorgt. Da die Legierung I-718 eine schnelle Korrosion in Gegenwart von Magnesium bei den in Betracht kommenden Temperaturen zeigt, wird eine Verkleidung aus einer Legierung wie z. B. StelliteTM 12 (eine hochprozentige Kobaltlegierung, die ungefähr 28,5 Gew.-% Molybdän, ungefähr 17,5 Gew.-% Chrom, maximal 3,0 Gew.-% Nickel und Eisen, ungefähr 3,4 Gew.-% Silizium enthält, wobei der auf 100 Gew.-% fehlende Rest aus Kobalt besteht) auf die innere Oberfläche des Rohres 14 passend aufgeschumpft wird. Es kann jedoch auch jedes andere geeignete bimetallic Rohr verwendet werden, das chemische und thermische Widerstandsfähigkeit, ausreichende Festigkeit gegen Schußdrücke und Widerstandsfähigkeit gegen Ermüdung aufweist.

Eine typische Magnesiumlegierung, die für die Erfindung geeignet ist, ist AZ91B, mit 90 Gew.-% Mg, 9 Gew.-% Al und 1 Gew.-% Zn. Diese Legierung hat eine Solidustemperatur von 465°C, eine Liquidustemperatur von 596°C und eine geeignete Aufschlammungs-Morphologie bei einer Temperatur von ungefähr 560°C bis 590°C, vorzugsweise 585°C. Somit muß die erfindungsgemäße Vorrichtung bei Temperaturen betrieben werden, die wesentlich höher sind als jene, die beim thermoplastischen Spritzguß auftreten. Figur 3 stellt eine Heizapparatur für den Extruder dar, welche die äußere Oberfläche des Rohres 14 umgibt und vorzugsweise in Heizzonen Z1 bis Z6 unterteilt ist. Im allgemeinen werden die Kügelchen aus Metall-Legierung bei der Beförderung durch das Extruderrohr erwärmt, während das Rohr teilweise durch Induktions- und teilweise durch Keramikband-Widerstandsheizungen erwärmt wird. Die Induktionswärme reagiert viel schneller und kann eine höhere Wattdichte als Widerstandsheizungen erreichen. Widerstandsheizungen sind jedoch einfacher und preiswerter und können benutzt werden, wenn die Legierung die Maximaltemperatur erreicht und keine schnelle Änderung der Heizleistung erforderlich ist.

Figur 3 zeigt die Verwendung einer Band-Widerstandsheizung 37 in Heizzone 1, gerade stromabwärts der Zufuhrgicht 13. Diese Heizung hat beispielsweise eine Leistung von 1100 W. In Heizzone 2 ist eine Induktions-Heizschleife 38 verwendet, welche das Rohr 14 eine wesentliche Strecke lang umgibt. Die Induktions-Heizschleife 38 ist in der Lage, die Metall-Legierung mit einer relativ hohen Geschwindigkeit bis zu ihrer Aufschlammungstemperatur zu erhitzen. Die für die Induktions-Heizung in Zone 2 erforderliche Leistung kann ungefähr 24 kW betragen.

In Richtung zur Düse 20 verwendet man in Heizzone 3 eine Reihe von Bandwiderstands-Heizungen 39, die z. B. eine Leistung von 4,7 kW erbringen können. In Heizzone 4 werden Bandwiderstands-Heizungen 39 verwendet, welche eine Leistung bis zu 3,2 kW erbringen können. Die Heizzone 3 und 4 sind in einer Hülle 40 eingeschlossen, welche mit geeigneten kontrollierbaren Luftkühlungsmitteln ausgestattet ist. Diese Teile können aus rostfreiem Stahl gearbeitet sein und, sofern gewünscht, mit einer inneren Isolationsschicht von 0,5 Zoll (1,25 cm) versehen sein. In der Material-Sammelkammer C zwischen der Düse 20 und der Schneckenspitze 19 erreicht die Temperatur der Aufschlammung ihren Maximalwert oder liegt zumindest sehr nahe dabei. Die Sammelkammer befindet sich teilweise innerhalb der Heizzone 3 und teilweise innerhalb der Heizzone 4.

In der Zone Z5 verwendet man eine Band-Widerstandsheizung 42, die eine Leistung bis zu 0,75 kW erbringen kann, um eine erste, relativ hohe Temperatur im stromaufwärts gelegenen Teil der Düse 20 zu erreichen. In der Heizzone Z6 verwendet man eine Band- oder Schleifen-Widerstandsheizung 43, die eine Leistung bis zu 0,6 kW erbringen kann und hält dort eine zweite, etwas geringere Temperatur im Rest der Düse 20, insbesondere in der Düsenspitze 20a.

Figur 3 verdeutlicht, daß das Einbringen des Zufuhrmaterials in das Rohr 14 in der Nähe seiner Rückseite oder seines stromaufgelegenen Endes erfolgt. An diesem Ende des Rohres findet nur eine begrenzte Heizung statt, aber die eingebrachten Materialkügelchen werden durch die Schnecke 16 nach vorne oder stromabwärts in die Heizzone Z1 befördert und dort einer vorläufigen Erwärmung durch die Heizung 37 ausgesetzt. Das Material wird anschließend weiter stromab befördert und in der Heizzone Z2 der stärkeren und drastischen Erwärmung durch die Induktionsschleife 38 ausgesetzt.

In der Heizzone Z2 wird das Material in einem halbfesten Zustand belassen, während es kontinuierlich stromabwärts durch das Rohr 14 und sukzessiv durch die Heizzone Z3 bis Z5 befördert wird. In der Zone Z3 ist das Material thixotrop mit entarteten, dendritischen, sphärischen Körnern und wird von der Schnecke 16 durch die Rückschlagsventil-Anordnung 18 in die Schuß- oder Material-Sammelzone C befördert, in der seine Temperatur durch die Heizung 39 in der Heizzone Z4 aufrechterhalten und vorzugsweise leicht erhöht wird, um dendritisches Kristallwachstum aufgrund des Unterbrechens der Scherungswirkung zu verhindern. Während Material in die Sammelzone C befördert wird, erhöht sich das Volumen dieser Zone kontinuierlich durch die Rückwärtsbewegung der Schnecke 16. Dies geschieht mit einer Geschwindigkeit, die im wesentlichen der Füllgeschwindigkeit der Sammelzone entspricht, wobei ein Ansteigen des Drucks in der Sammelzone vermieden wird.

An diesem Punkt des Gesamtbetriebs ist es bedeutsam, den Gipfelpunkt des Temperaturprofils mit dem Einbringen von metallischer Aufschlammung in die Sammelzone C zeitlich, gerade vor der Durchführung des Injektionsschusses, zu bestimmen. Eine ausreichend hohe Temperatur wird in der Heizzone Z4 aufrechterhalten, so daß die Aufschlammungs-Morphologie beibehalten und eine Verfestigung der Legierung verhindert wird, da zum Schmelzen und Reinigen eine wesentlich höhere Temperatur als die Liquidus-Temperatur erforderlich wäre. Die Temperatur in der Heizzone Z4 sollte ausreichend sein, um eine Anwesenheit von mehr als ungefähr 60% Feststoff in der Aufschlammung zu verhindern. Die Temperatur in der Heizzone Z3 sollte jedoch nicht so hoch sein, um die Schnecke an einer wirksamen Beförderung der Aufschlammung zu hindern. So ist z. B. eine Beförderung der Aufschlammung durch die Schneckenwirkung bei 5% oder weniger Feststoffen völlig unwirksam. Unterschiedliche Legierungen können, abhängig von der Legierungs-Zusammensetzung, stark unterschiedliche Temperaturprofile erfordern. Der entscheidende Faktor bei der Auswahl der Temperaturen ist der gewünschte Prozentsatz an Feststoffen während des endgültigen Injektions-Gußschusses. Auch die Art der Gußanschnitt-Technik kann die Wahl der Temperatur beeinflussen.

Die Rückschlagventil-Anordnung 18 ist am besten in den Figuren 4 und 5 dargestellt. Diese Art von Ventil ist bekannt und enthält einen gleitenden Dichtungsring 44, dessen äußerer Durchmesser eine eng anliegende Paßform mit dem Inneren des Rohres 14 bildet. Vorzugsweise ist der Abstand zwischen dem äußeren Durchmesser des Rings 44 und dem inneren Durchmesser des Rohres 14 zwischen 0,5 und 2 mils (12,7 bis 51 µm). Seine äußere Verschleißfläche kann mit einem geeigneten Material, z. B. Tribaloy™ T-800 (eine Kobalt-, Molybdän-, Chromlegierung) hartbeschichtet sein. Zusätzliche mitwirkende Teile, welche die Rückschlagventil-Anordnung 18 bilden, beinhalten einen, im wesentlichen zylindrischen Körperteil 45 der Schneckenspitze 19, der nach rückwärts an einem, sich über den gesamten Umfang erstreckenden stationären Dichtungsring 46 endet, an dem die Rückseite des gleitenden Dichtungsringes 44 sitzen kann, um die Rückschlagventil-Anordnung zu schließen und dem Rückfluß von Aufschlammung in den Schneckenbereich zu verhindern. Es besteht ein erheblicher Abstand zwischen dem Innendurchmesser des gleitenden Dichtungsringes 44 und dem zylindrischen Körperteil 45 der Schneckenspitze. Dieser Abstand erlaubt eine relative Axialbewegung zwischen dem gleitenden Dichtungsring und dem zylindrischen Teil der Schneckenspitze und sorgt für einen Durchflußbereich der Aufschlammung. Der gleitende Dichtungsring 44 ist an der Schneckenspitze 19 durch viele ohrenartige Vorsprünge 49 begrenzt, zwischen denen Gassen sind, die axiale Durchflußwege 50 für die Schlämme in die Schneckenspitze 19 bilden. Die Vorsprünge 49 erstrecken sich nach außen und überlappen mit der benachbarten Endfläche des gleitenden Dichtungsringes 44, um diesen Ring auf der Schneckenspitze 19 festzuhalten. Somit befördert eine kontinuierliche Rotation der Schnecke 16 Aufschlammung unter Druck in den Bereich der äußeren Oberfläche des stationären Dichtungsringes 46 der Schneckenspitze 19 und wirkt gegen die benachbarte Endfläche des gleitenden Dichtungsringes 44, um letzteren nach vorne fort vom stationären Dichtungsring 46 zu bewegen, so daß es der Aufschlammung möglich wird, zwischen dem Innendurchmesser des gleitenden Dichtungsringes 44 und der äußeren Oberfläche des Körperteils 45 durch die Durchgänge 50 und in die sich vor der Schneckenspitze 16 befindliche Sammelzone C zu fließen. Die Vorwärtsbewegung der Schnecke während eines Einspritzstoßes bewirkt eine schnelle Druckerhöhung in der Sammelzone C, welche den gleitenden Dichtungsring 44 nach hinten treibt, so daß er gegen den stationären Dichtungsring 46 gepreßt wird, wobei die Schlämme daran gehindert wird, während des Spritzgußschusses nach hinten zurück in den Rohrbereich zu strömen.

Die Spritzgußvorrichtung 10 soll bei viel höheren Einspritz-Geschwindigkeiten betrieben werden, als sie beim thermoplastischen Spritzguß auftreten. Die Vorrichtung 10 soll z. B. eine halb feste Legierung mit einer Geschwindigkeit spritzen, welche in der Größenordnung von hundertmal schneller als die ist, die bei üblichen thermoplastischen Spritzguß-Vorrichtungen auftritt.

Die Vorrichtung 10 verbindet einen hin- und herbeweglichen Schneckenextruder, der dem in einem Kunststoff-Spritzgußsystem ähnlich ist, mit den hohen Temperaturen und Schußgeschwindigkeiten einer Druckguß-Vorrichtung. Während des Füllens der Form 22 kann sich die Schnecke nach vorne, z. B. mit einer Geschwindigkeit von bis zu 150 Zoll pro Sekunde (381 cm/sec) bewegen. Der Druck der Spritzvorrichtung 2 kann 1.850 psi (12.746 kPa) erreichen. Eine typische Spritzguß-Vorrichtung, die für halbstarre Legierung geeignet ist, kann eine maximale statische Kraft von 35.300 Pounds (157.000 N) während des Injektionsstoßes und 22.600 Pounds (101.000 N) während des Retraktionsstoßes erreichen.

Die Figuren 4 und 5 zeigen die Schnecke 16 in der nach vorne geschobenen Position, wobei sich die Schneckenspitze in dem nach vorne sich verengenden Einlaß 51 zum Durchgang 52 der Düse 20 befindet. Figur 4 zeigt das Errichten einer Dichtung zwischen dem Ende der Extruder-Düsen spitze 20 und einer Eingußbuchsen- und Kanal-Anordnung 53. Diese Anordnung ist von einem üblichen Typ, wobei der Eingußkanal-Verteiler 28 in Verbindung mit der Form 22 steht. Das äußere Ende des Durchgangs 52, welcher die Düsen spitze 20 a umgibt, ist mit einer konvex gekrümmten Oberfläche 56 versehen, die auf einer konkav gekrümmten Oberfläche 57 liegt, die auf der Eingußbuchse 21 angebracht ist. Die Oberfläche 56 ist vorzugsweise etwas kleiner als die konkave Oberfläche 57, so daß eine hochdruckartige Dichtung erhalten wird, wenn die beiden Teile mit einer geeigneten Kraft zusammengepreßt werden. Diese Einrichtung ist ähnlich zu einer, die bei thermoplastischen Spritzgußtechniken verwendet wird, außer daß bei der thermoplastischen Spritzgußtechnik die Düsen spitze von der Einlaufbuchse zurückgezogen wird, um den Einlauf zu unterbrechen.

Bei der Durchführung der Erfindung wird vorzugsweise die Düsen spitze 20 a für den gesamten, viele Zyklen dauernden Gußbetrieb abdichtet zur Eingußbuchse 21 gehalten, wobei der Rest der Schlämme am Auslaßende des Durchgangs 52 der Düse 20 zwischen jedem aufeinanderfolgenden Schuß sich verfestigen oder einfrieren kann, so daß ein Pfropfen von verfestigtem Metall entsteht. Der verfestigte Pfropfen wirkt als Abschließventil, um ein „Lecken oder Tröpfeln“ zu verhindern, während sich die Schlämme in der Sammelzone C für einen nachfolgenden Schuß sammelt. Bei einem weiteren Injektionsstoß wird der Pfropfen in die Form gedrückt und löst sich auf und/oder zerbricht und wird in dem zu gießenden Teil dispergiert. Durch dieses Verfahren wird die Verwendung eines mechanischen Ventils zur Verhinderung eines Leckens überflüssig. Ebenso verhindert man die Möglichkeit des Entstehens von Oxiden oder anderen Verunreinigungen in einem solchen Ventil, welche schließlich seinen wirksamen und sicheren Betrieb behindern.

Da ein Aufbau eines nennenswerten Drucks während des Füllens der Sammelzone C nicht stattfindet, bleibt der Pfropfen in der Spritzdüsen spitze 20 a zwischen aufeinanderfolgenden Schüssen an seinem Platz und funktioniert wirksam als Dichtung. Die leichte Temperaturverringerung in der Zone Z6 (Fig. 3) an der Düsen spitze und am Kontakt zwischen der Düsen spitze 20 a und der Formeingangsbuchse 21 verbessert die Verfestigung der Legierung im Düsendurchgang 52. So bildet sich der Pfropfen in einem sehr begrenzten und beschränkten Bereich der Spritzgußvorrichtung und seine Bildung wird bis zum Abschluß des Injektionsstoßes verzögert. Als Folge sind dendritische Strukturen im Pfropfen aufgrund seiner kälteren, verfestigten Natur auf die Düsen spitze 20 a beschränkt und behindern nicht den Gußbetrieb.

Figur 5 zeigt eine Modifizierung des Eingußkanal-Verteilers 28. Die Spitze dieses Verteilers ist konkav, so daß eine flache Tasche oder Einbuchtung 58 entsteht, in welcher der aus der Düsen spitze 20 a ausgestoßene Pfropfen aufgefangen werden kann. Diese Einrichtung hilft beim gleichförmigen Auffangen des vorderen Endes des Pfropfens ganz am Anfang jedes Injektionsschusses. Das ausgestoßene, stromaufwärts vom Pfropfen stammende halbstarre Material fließt über und um den aufgefangenen Pfropfen in die Form 22. So wird der Pfropfen ein Teil des Ausschusses, der beim Zurückziehen nach dem Guß von jedem Stück entfernt wird. Das Zurückziehen der Schnecke 16 nach Beendigung des Injektionsstoßes wird auf andere Weise bewerkstelligt, als dies bei thermoplastischen Spritzgußverfahren der Fall ist. In einer Gußvorrichtung für thermoplastische Stoffe bewirkt der Druck des Materials, das sich vor dem Schneckenextruder angesammelt hat, die Rückwärtsbewegung der Schnecke. Wie hier zuvor beschrieben wurde gefunden, daß beim Spritzguß von Magnesium-Legierungen oder dergleichen es am besten ist, den Druck in der Sammelzone C nach Beendigung eines Schusses möglichst gering zu halten, so daß die Rückwärtsbewegung der Extruderschnecke 16 durch einen aktiven reversen Betrieb der Hochgeschwindigkeits-Injektions-Vorrichtung A durch geeignete hydraulische Regelkreise geschehen muß. Die Rate der Rückwärtsbewegung kann variieren, abhängig vom gewünschten Betriebszyklus oder der zwischen aufeinanderfolgenden Schüssen verstreichenden Zeit. Die Rückzugsrate kann so eingestellt werden, daß die Maschine spritzen kann, kurz nachdem die Extruderschnecke 16 die voll zurückgezogene Position erreicht hat. Wird etwa ein 30-Sekunden-Zyklus gewünscht, kann die Rückzugsrate so eingestellt werden, daß die Schnecke ungefähr 25 Sekunden zum völligen Rückzug benötigt. Eine langsame Rückwärtsbewegung bewirkt eine maximale Zeitdauer zur ausreichenden Erwärmung des Materials, welches durch die Schnecke 16 von der Zufuhrzone stromabwärts durch das Rohr 14, schließlich in die Sammelzone C zum nächsten Schuß gefördert wird. Die Zeit eines vollständigen Zyklus hängt auch von der Schußgröße ab und kann zwischen 10 und 200 Sekunden variieren.

Figur 6 offenbart in schematischer Darstellung eine Vorrichtung 60 zur Regelung des Betriebs des Schußkolbens 32. Mit einer Ausnahme ist die Regelapparatur 60 aus üblichen Komponenten zusammengesetzt.

Der Schußkolben 32 erstreckt sich in eine Verlängerung 61 des Zylinders 30, in dem sich ein beweglicher Kolben 62 befindet. Der Kolben ist mit dem Schußkolben 32 verbunden, der mit der Extruderschnecke 16 auf eine bereits vorher beschriebene Weise verbunden ist. An einem Ende der Zylinderverlängerung 61 ist eine hydraulische Leitung 63 angebracht und am entgegengesetzten Ende der Verlängerung ist eine ähnliche Leitung 64 angebracht. Die Leitungen 63 und 64 stehen mit einem gerichteten Kontrollventil 65 in Verbindung, das einen steuerbaren Abstandsring bzw. eine Spule 66 mit zwei Paaren von Flüssigkeitspassagen 67, 68 und 69, 70 enthält, die sich hindurch erstrecken. Das Ventil 65 steht mit einer Flüssigkeitsleitung 71 in Verbindung, welche mit dem Druck-Flüssigkeits-Sammler 29, einer Flüssigkeitspumpe 73 und einem Flüssigkeitsreservoir 74 in Verbindung steht. Das Ventil 65 steht auch mit einer Flüssigkeitsleitung 75 in Verbindung, welche zum Reservoir 74 führt. Das Kontrollventil 65 ist durch den Einbau einer Verzweigung 76 modifiziert, welche die Verbindung zwischen der Leitung 71 und dem Ventil 65 über ein einstellbares Fließventil 77 herstellt, das ein Umleitungs-Testventil 78 besitzt. Diese Teile kommen üblicherweise im oben beschriebenen Ventil nicht vor. Der Zweck des Ventils 78 und der damit verbundenen Teile wird in Kürze beschrieben.

Verbunden mit dem Kolben 62 des Schußkolbens 32 ist ein Stellglied 79, das Bestandteil eines üblichen Linear-Geschwindigkeits- und Verschiebungs-Umformers (LVDT) 80 ist. Der Umformer 80 ist mit einem üblichen Servo-Verstärker 81 und einem Computer 82 verbunden. Der Computer empfängt ein analoges Signal vom Servo-Verstärker 81, welches die

Bewegungsgeschwindigkeit des Kolbens 62 anzeigt. Der Servo-Verstärker 81 ist auch mit einem Servo-Steuerungsventil 84 verbunden, das einen steuerbaren Abstandsring bzw. eine Spule 85 besitzt, die durch die Flüssigkeits-Leitungen 86 bzw. 87 mit den Spuleneinstell-Vorrichtungen 88 bzw. 89 des Kontrollventils 65 verbunden ist. Das Ventil 84 ist auch durch eine Flüssigkeitsleitung 90 mit dem Reservoir 74 über eine Pumpe 91 und durch eine Flüssigkeits-Rückführungs-Leitung 92 mit dem Reservoir verbunden.

Die in Figur 6 gezeigte Kontrollapparatur 60 hat den Kolben 62 des Schußkolbens 32 voll im Zylinder 61 zurückgezogen, vorbereitet zur Durchführung eines Injektionsstoßes oder Schusses.

Beim Betrieb der Kontrollapparatur 60 empfängt der Servo-Verstärker 81 ein Signal vom Computer 82, um die Vorwärts-Schußgeschwindigkeit des Kolbens 62 einzustellen, und stellt sich selbst gemäß des Signals vom Umformer 80 ein, bis die tatsächliche Geschwindigkeit des Kolbens 62 mit der im Computer 82 vorgegebenen Geschwindigkeit übereinstimmt. Man kann den Computer 82 programmieren, sein Signal zum Servo-Verstärker 81 gemäß der Position des Kolbens 32 zu verändern, wie vom Umformer 80 gemessen. Bei einer zuvor eingestellten Kolbenposition während des Injektionsstoßes verändert der Computer 82 das Signal zum Servo-Verstärker 81, um die Spule 85 des Steuerungsventils 84 so einzustellen, daß eine kontrollierte Bremsung des Kolbens 32 bewirkt wird. Dies wird manchmal als „deramp“ bezeichnet.

Die Kontrollapparatur wird durch das Schließen eines Schalters in Verbindung mit dem Computer 82 aktiviert, worauf die Spule 85 auf dem Steuerungsventil 84 durch ein Stellglied 83 so eingestellt wird, daß eine Verbindung zwischen der Pumpe 91 und dem Stellglied 89 hergestellt wird, um die Spule 66 auf dem Kontrollventil 65 nach rechts zu verschieben, wobei eine direkte Verbindung, über den Durchgang 69, zwischen dem rechten Ende der Zylinderverlängerung 61, der Sammlungs-Vorrichtung 29 und der Pumpe 73 hergestellt wird. Das entgegengesetzte Ende der Zylinder-Verlängerung steht dann in direkter Verbindung mit dem Reservoir 74 über den Durchgang 70 und die Leitung 75. Der Kolben 62 (und demzufolge die Schnecke 16) bewegt sich somit schnell nach vorne, so daß Material aus der Sammelzone C in die Form 22 gespritzt wird.

Wenn sich der Kolben 62 nach vorne bewegt, dann bewegt sich auch das Stellglied 79 des Umformers nach vorne. Wenn das Stellglied den vorher eingestellten Bremsungspunkt erreicht, reagiert das Steuerungsventil 84 auf Signale vom Computer 82 und Umformer 80, so daß das Kontrollventil 65 verstellt und die Spule 66 in eine Lage gebracht wird, in der die Durchgänge 67 und 68 teilweise aus der Verbindung mit den Leitungen 63 und 64 gebracht werden, wobei die Flüssigkeitsmenge abnimmt, die in die Zylinder-Verlängerung 61 strömt und dabei die Bewegung des Kolbens 62 gebremst wird. Wenn der Kolben das Ende des vorbestimmten Stoßes erreicht, verstellt der Umformer 80 wiederum das Steuerungsventil 84 und bewegt die Spule 66 des Kontrollventils 65 eine ausreichende Strecke, um den Strom von Flüssigkeit durch den Durchgang 69 zu beenden, wobei die Vorwärtsbewegung des Kolbens 62 aufhört. Dann ist der Injektionsstoß vollendet.

Nach Beendigung des Injektionsstoßes bewirken die Signale vom Umformer 80 und Computer 82, daß die Spule 85 des Steuerungsventils 84 sich in eine Position bewegt, in der Flüssigkeit von der Pumpe 91 eine Bewegung der Spule 66 des Kontrollventils 65 in eine Position bewirkt, in der die Durchgänge 67 und 68 mit den Flüssigkeitsleitungen 75 bzw. 76 in Verbindung stehen. Diese ermöglicht, daß Flüssigkeit von der Pumpe 73 den Kolben 62 nach hinten treibt und die Zufuhrschnecke 16 zurückzieht, wenn frisches Material in die Sammelzone C eingebracht wird, um die Durchführung des nächsten Schusses vorzubereiten.

Die Geschwindigkeit, mit der der Kolben 62 und die Zufuhrschnecke 16 zurückbewegt werden, ist so gewählt, um das Aufbauen eines Drucks in der Sammelzone C zu vermeiden, der ausreichend wäre, um den Abdichtungspuffen der Düse auszustoßen. Die Geschwindigkeit der Rückwärtsbewegung wird durch den Umformer 80 gemessen und mit der zuvor eingestellten Geschwindigkeit verglichen, die in den Computer 82 programmiert wurde, um eine Einstellung der Kontroll-Ventilspule 66 zu bewirken, so daß die Durchgänge 67 und 68 relativ zu den Flüssigkeitsleitungen 75 und 76 verschoben werden und den Strom von Flüssigkeit durch den Durchgang 69 begrenzen oder einschränken.

Um Zeit bei der Einstellung einer geeigneten Rückzugsgeschwindigkeit der Zufuhrschnecke zu sparen, ist es möglich, das einstellbare Ventil 77 manuell zu betätigen, so daß für eine positive Kontrolle über die Maximalgeschwindigkeit, bei der Flüssigkeit durch den Durchgang 68 strömen kann, gesorgt wird. Das Ventil 77 ist nicht wesentlich, es verringert nur die Einstellungszeit zum Start des Gußbetriebs. Verwendet man das Ventil 77, dann sorgt das Umleitungs-Kontrollventil 78 für den Umlauf von überschüssiger Flüssigkeit, wenn die Spule 66 so eingestellt ist, daß der Flüssigkeitsstrom durch den Durchgang 68 eingeschränkt ist.

Die Zeitdauer zum Rückzug der Zufuhrschnecke 16 hängt von einer Anzahl von Faktoren ab. Der Hauptfaktor ist die Zeit, die zum Abkühlen und Entfernen eines Gußstücks aus der Form 22 erforderlich ist. Die Abkühlzeit des Gußstücks und demnach die Rückzugszeit der Schnecke ist ausreichend lang, um es der Pumpe 73 zu ermöglichen, die Sammlungs-Vorrichtung 72 beim Rückzug der Zufuhrschnecke wieder aufzuladen.

Zur Untersuchung des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtungen wurden zahlreiche Teile spritzgegossen und getestet. Die hergestellten Teile waren z. B. runde Zugstäbe, trapezoidförmige Stoßstäbe und Flachplatten-Korrosionstafeln, um eine Bestimmung der mechanischen Eigenschaften, z. B. Formfestigkeit, Bruchfestigkeit, Elongation, Elastizitätsmodulus, Korrosion und Porosität, sofern möglich, zu bestimmen. Diese Teile hatten gute Eigenschaften im Vergleich zu gleichartigen Teilen, die nach bekannten kommerziellen Hochdruck-Gußverfahren hergestellt worden waren.

Es wurde eine Anzahl verschiedener Magnesium-Legierungen verwendet, deren Zusammensetzung wie folgt war:

Legierung	Bestandteile
AZ 91	90,00% Magnesium 9,00% Aluminium 1,00% Zink
ZK 60	83,50% Magnesium 6% Zink 0,55% Zirkonium
AZ 80	> 91,00% Magnesium 8,00% Aluminium Zink (Spuren)

Es wurden auch verschiedene modifizierte Zusammensetzungen der Legierung AZ91 spritzgegossen, wie im folgenden dargestellt ist. Zur Herstellung der obengenannten unterschiedlichen Teile wurden verschiedene Formen verwendet, wobei solche Formen sowohl in der erfindungsgemäßen Spritzgußmaschine, als auch in einer Standard-Hochdruck-Gußmaschine mit bekanntem Design verwendet werden können. Wo es erforderlich war, wurde Ölhitze verwendet, um die Formen in beiden Betriebsweisen zu erhitzen. Die Schußgröße wurde innerhalb des Bereichs von 0,5 bis 1,6 Pounds (0,23 bis 0,734 kg) Magnesium gewählt, abhängig vom jeweils gegossenen Gegenstand. Eine Öffnungsgeschwindigkeit von 800 Zoll pro Sekunde (2,032 cm/sec) wurde verwendet. Die Temperaturprofile der verschiedenen Legierungen, in Übereinstimmung mit den Temperaturzonen von Figur 3, sind im folgenden mit Details, betreffend die Gußtemperatur, die Extruderanordnung und die Schußanordnung dargestellt.

Temperaturprofile in (°C)

	AZ 91-Legierungen (einschließlich Verbundlegierungen)	ZK 60	AZ 80
Zone 1	575	630	575
Zone 2	580	632	580
Zone 3	582	634	582
Zone 4	584	635	584
Zone 5	585	635	585
Zone 6	565	620	565
Gußtemperatur	232	232	232

Extruderanordnung

Zufuhr rate: 30 lb/Stunde (13,6 kg/Stunde)
 Zufuhrdauer: 60 Sekunden (obere Gußposition)
 70 Sekunden (untere Gußposition)
 Rückzugsdauer: 75 Sekunden (über 2,4 Zoll [6,1 cm] Weglänge)
 Schneckengeschwindigkeit: 125 Upm
 Schneckenrückzug für Gußöffnung: 0,375 Zoll (0,95 cm).

Schußanordnung

schnelle Schußgeschwindigkeit 1: 120 Zoll/sec (304,8 cm/sec)
 schnelle Schußgeschwindigkeit 2: 135 Zoll/sec (343 cm/sec)
 langsame Aufprall-
 Geschwindigkeit: 10 Zoll/sec (25,4 cm/sec)
 schnelle Schuß-Startposition 2: 0,2 Zoll (0,51 cm)
 langsame Aufprallposition: 1,45 Zoll (3,68 cm)
 1,55 Zoll (3,94 cm)
 Schußzyklus (Verweil)zeit: 2,0 Sekunden.

Da kein nennenswerter Druckaufbau in der Sammelkammer stattfindet und der Pfropfen in der Lage ist, ein Lecken oder einen gefährlichen Auswurf von geschmolzenem Material aus dem Extruder zu verhindern, ist es nicht erforderlich, einen speziellen Einguß-Unterbrechungs-Mechanismus für die erfindungsgemäße Spritzgußmaschine bereitzustellen. Es ist nur erforderlich, die Form 22 zu öffnen, um den verfestigten Pfropfen zu brechen und in dieser Hinsicht geschah ein solches Öffnen, wenn die Schnecke 16 0,375 Zoll (0,95 cm) zurückgezogen war.

Schnelle Schußgeschwindigkeit 1, schnelle Schußgeschwindigkeit 2 und langsame Aufprallgeschwindigkeit beziehen sich auf den tatsächlichen Injektionsstoß. Die erste Geschwindigkeit beruht darauf, den Injektionsstoß zu starten, die zweite Geschwindigkeit bestimmt die maximale Schußgeschwindigkeit zum Füllen des Formhohlraumes und die langsame Aufprallgeschwindigkeit dient zum Bremsen der Schnecke 16, um ihre Vorwärtsbewegung gerade dann zu beenden, wenn die Form 22 vollständig gefüllt ist. Dies verhindert einen Aufprall aufgrund des Moments der Extruderschnecke 16 und der Hochgeschwindigkeits-Injektions-Apparatur A.

Figur 2 verdeutlicht das Geschehen während eines typischen Injektionsstoßes. Insbesondere die Geschwindigkeiten und Übergangspositionen können einen Effekt auf die Qualität des Formteils haben. Wenn die Injektionsgeschwindigkeit zu gering ist, findet eine vorzeitige Verfestigung der Legierung in den Öffnungen und Zuleitungen der Form 22 statt, was einen kurzen Schuß bewirkt. Wenn die Injektionsgeschwindigkeit zu hoch ist, kann eine Zerstäubung der Ladung erfolgen, was eine stark erhöhte Porosität des Teils bewirkt. Die ideale Geschwindigkeit oder Kombination von Geschwindigkeiten ist eine, unter der der Pfropfen sich in der Düsenspitze 20a verfestigt, gerade wenn die Form vollständig gefüllt ist. Im allgemeinen wurde die schnelle Schußgeschwindigkeit 2 ungefähr 0,01 Zoll (0,254 mm) in den Schuß gestartet und die langsame Aufprallgeschwindigkeit wurde ungefähr 0,02 Zoll (0,57 mm) gestartet.

Vergleich der Eigenschaften von Hochdruckguß gegenüber Einspritzguß

Art	Legierung	Zugfestig- keit KSI (PA × 10 ⁶)	Bruchfestig- keit KSI (PA × 10 ⁶)	Elonga- tion %	Modulus 10 ⁶ PSI (KPA × 10 ⁶)	Korrosion MIL/Jahr (µm/Jahr)	Porosität %	
Hochdruckguß	AZ 91 XD	23,1 (158)	30,5 (210)	3,3		< 10 (254)	3,2	
Einspritzguß	AZ 91 XD ^{a, b}	23,4 (161)	30,6 (211)	3,9	6,2 (42)	6,0 (152)	1,7	
Einspritzguß	AZ 80	21 (145)	30 (207)	3				
Einspritzguß	AZ 91 B ^c	Getriebe-Gehäusedeckel						1,4

a = 10 bis 30 % Feststoffe

b = primäre Feststoffe < 50 µm

c = 40 bis 50 % Feststoffe

Von den verschiedenen obengenannten Zusammensetzungen der Legierung AZ91 enthält AZ91 XD Spuren an Beryllium, wobei eine besondere Sorgfalt aufgewandt wurde, um zur Hilfe bei der Korrosionsbeständigkeit den Gehalt an Verunreinigungen zu verringern. AZ91 B enthält eine Spur Beryllium aus Gründen der Feuerbeständigkeit.

Obwohl der Feststoffanteil in der Schlamme bei bestimmten Tests stark variierte, waren die resultierenden Zeile vollständig verwendbar. Die Zugfestigkeit und die Bruchfestigkeit, ebenso wie die prozentuale Elongation sind sowohl bei Druckguß- als auch bei Spritzgußteilen vergleichbar. Die angegebenen Korrosionsraten wurden durch einen 10-Tage-Standard Salz/Nebel-Test bestimmt, bei dem die Teile durch Sand- oder Trommelbehandlung auf gemeinsame Oberflächen-Bedingungen gebracht wurden, und vor und nach dem Test gewogen wurden. Das gefundene Ergebnis war eine entsprechende Anzahl von korrodierten Mil pro Jahr (µm/Jahr). Dabei war die Korrosionsrate in Spritzgußteilen im Durchschnitt weniger als 10 Mil/Jahr (254 µm/Jahr) und somit gleich wie bei ähnlichen hochreinen Druckgußteilen. Die mechanischen Eigenschaften wurden mit Teststäben bestimmt, die aus Teilen mit rundem Querschnitt und 2 Zoll (5,1 cm) Meßlänge genommen wurden.

Bei Tests zum Vergleich der Porosität wurde ein kommerzieller Getriebegehäusedeckel, der durch Hochdruckguß hergestellt wurde, mit demselben Deckel verglichen, der durch das erfindungsgemäße Verfahren hergestellt wurde. Der spritzgegossene Getriebegehäusedeckel zeigte eine geringere Porosität. Die Dichte der getesteten Teile wurde unter Verwendung des Verdrängungsprinzips von Archimedes bestimmt. Es wurde gefunden, daß bei den spritzgegossenen Teilen eine 50%ige Verringerung der Porosität von mehr als 3% bis ungefähr 1,5% im Vergleich zu den druckgegossenen Teilen stattfindet. Die signifikant verringerte Porosität ist vermutlich auf mehrere Faktoren zurückzuführen, aber in erster Linie durch die erhöhte Viskosität der halbfesten Aufschlämme gegenüber der viel geringeren Viskosität von geschmolzenem Metall bestimmt. Da die Metall-Legierung vor dem Spritzen in die Form teilweise verfestigt wurde, entstanden durch die resultierende höhere Viskosität geringere Turbulenzen in der Schußzone und den Zuläufen der Form. Dadurch wurde auch ein Füllen des Formhohlraums mit einer festen Füllfront ermöglicht, anstelle der versprühten und verwirbelten Strukturen, die beim Hochdruckgießen von flüssigem Metall auftreten. Das Einspritzen von teilweise festem Material in eine Form bewirkt auch ein geringeres Schrumpfen, das aufgrund der Verfestigung von flüssigem Metall auftritt.

Es wird oft gewünscht, eine diskontinuierliche Phase einem Metallteil zuzugeben, so daß ein Verbundstoff mit gewissen verbesserten Eigenschaften entsteht. Man kann z. B. Aluminiumoxid-Teilchen einer Magnesium-Legierung zugeben, welche druckgegossen werden soll, um die Verschleißfestigkeit des Druckgußteils zu verbessern. Andererseits kann man auch Silizium- oder Borcarbidfasern oder Whiskers zur Verstärkung einer solchen Magnesiumlegierung zugeben, damit die mechanischen Eigenschaften des Teils verbessert werden. Auch die vorliegende Erfindung erlaubt die Herstellung solcher Verbundteile. Getriebegehäusedeckel des obengenannten Typs wurden erfolgreich spritzgegossen, unter Verwendung der Legierung AZ91 B mit ungefähr 0,5 Gew.-% Aluminiumoxid-Teilchen. Dabei wurde eine sehr gleichförmige Verteilung des Aluminiumoxids in den hergestellten Teilen gefunden. Es wurden auch 2 Gew.-% Aluminiumoxid zur Legierung AZ91 XD zugegeben, um die Verschleißfestigkeit zu erhöhen. Die getesteten spritzgegossenen Teile enthielten das Aluminiumoxid in gleichförmiger Verteilung, wobei keine nachteilige Wirkung auf die Oberflächenqualität gefunden wurde.

Beim Spritzguß der verschiedenen oben erwähnten Teile wurden Standard-Maschinen-Komponenten verwendet. Es wurde auch der zuvor erwähnte Standard-Mikroprozessor und ein Datenaufzeichnungssystem verwendet, welches ein Nicolet-Digital-Oszilloskop enthält, um die Schußgeschwindigkeiten zu ermitteln.

Es wurden ausgedehnte Läufe durchgeführt, um die Leistung der Spritzgußmaschine und des Verfahrens zu bestimmen. Solche Läufe beinhalteten in mindestens einem Fall eine Dauer von über 16 Stunden, wobei mehr als 800 Schüsse durchgeführt wurden. Es waren keine Reinigungsschüsse erforderlich. Die Spritzgußmaschine zeigte eine gute Leistung und die Prozeßdaten gaben keine Hinweise auf eine Verschlechterung des Verfahrens. Im Gegensatz wurden die Schüsse und Temperaturprofile bei einer längeren Betriebsdauer immer stabiler.

Während ausgedehnter Läufe kann der Betriebszyklus verkürzt oder verlängert werden. So wurde z. B. ein Betriebszyklus von 90 Sekunden auf 60 Sekunden, dann auf 45 Sekunden und schließlich auf 30 Sekunden für eine Dauer von jeweils einer Stunde verringert. Es wurde gefunden, daß keine nachteiligen Effekte auf die Qualität der Teile oder die Verfahrensleistung auftraten. Wie zuvor ausgeführt, erzielt man durch das verbesserte Spritzgußverfahren und die Vorrichtung gemäß vorliegender Erfindung viele Vorteile. Die mit dem Druckguß von Metallteilen verbundenen Vorteile werden beibehalten, während Schwierigkeiten mit Schmelzverlust, Verunreinigung, Abfall und beschränkten Positionen bei der Formfüllung beseitigt werden.

Im Vergleich mit dem Druckgußbetrieb liefert die vorliegende Erfindung bessere Ausbeuten, einen bedeutend geringeren Energieverbrauch, erhöhte Produktivität und eine erhöhte Lebensdauer der Form.

Die Erfindung ermöglicht es, daß viele der dem Spritzgießen von thermoplastischem Material innewohnenden Vorteile auch beim Guß von thixotropen metallischen Teilen erreicht werden können. Es ist jedoch günstig, signifikante Modifikationen gegenüber den üblichen thermoplastischen Spritzgußverfahren vorzunehmen. So ist z. B. im Unterschied zur thermoplastischen Überflußbeschickung eine Mangelbeschickung vorteilhaft. Weiterhin verwendet man wesentlich höhere Temperaturen bei sorgfältig ausgewählten Temperaturprofilen.

Eine zonale Temperaturkontrolle und ein Unterbrechen der Scherwirkung kann die Bildung eines Pfropfens in der Düsenspitze bewirken, wobei nicht nur die zusätzlichen Komplikationen und Probleme beseitigt werden, die aus der Verwendung eines üblichen, federbelasteten oder andersartigen mechanischen Abschließventils entstehen, es werden auch die Sicherheitsbedingungen bezüglich des Spritzgußbetriebs wesentlich verbessert. Eine normale Abnutzung in einem Abschließventil kann in einem Lecken oder einem explosiven Ausstoß von heißem Material resultieren, wobei nicht nur eine mögliche Gefahr für das Betriebspersonal entsteht, sondern zusätzlich noch eine weitere Abnutzung des Ventilmechanismus. Eine wichtige Lösung für die Schwierigkeiten des Spritzgießens von geschmolzenem Metall beruht auf der sorgfältigen Angleichung der Durchflußrate von halbfestem Material und der Rückzugsrate der Extruderschnecke 16, so daß kein nennenswerter Druck in der Material-Sammelzone C vor dem Spritzgußschuß entsteht. Die Verwendung eines geeigneten Temperaturprofils für eine gegebene Magnesiumlegierung, das die Temperatur einer solchen Legierung stetig erhöht, im Bereich der Extruderdüsenspitze die Temperatur jedoch leicht verringert, verbunden mit der Auswahl von geeigneten Geschwindigkeiten des Schnecken-Extruders während des Betriebszyklus, kann im großen Maße zum Erreichen dieser Lösung beitragen. Während des Schußteils des Zyklus sollte die Geschwindigkeit der Extruderschnecke 16 am Anfang auf das gewünschte Maximum erhöht werden und für den Großteil des Schusses ungefähr bei diesem Maximum bleiben. Gerade jedoch bevor der vollständige Schuß vollendet ist, sollte die Extruder-Schnecke auf eine langsame Aufprallgeschwindigkeit verringert werden und ohne Rückschlag anhalten, wenn die Form 22 gefüllt wird. Ein weiterer Bereich von Gegenständen oder Teilen, einschließlich dünnwandiger Teile, kann mit verringerter Porosität gemäß vorliegender Erfindung aus halbfesten Materialien hergestellt werden, die letzten Endes eine metallische Matrix besitzen.

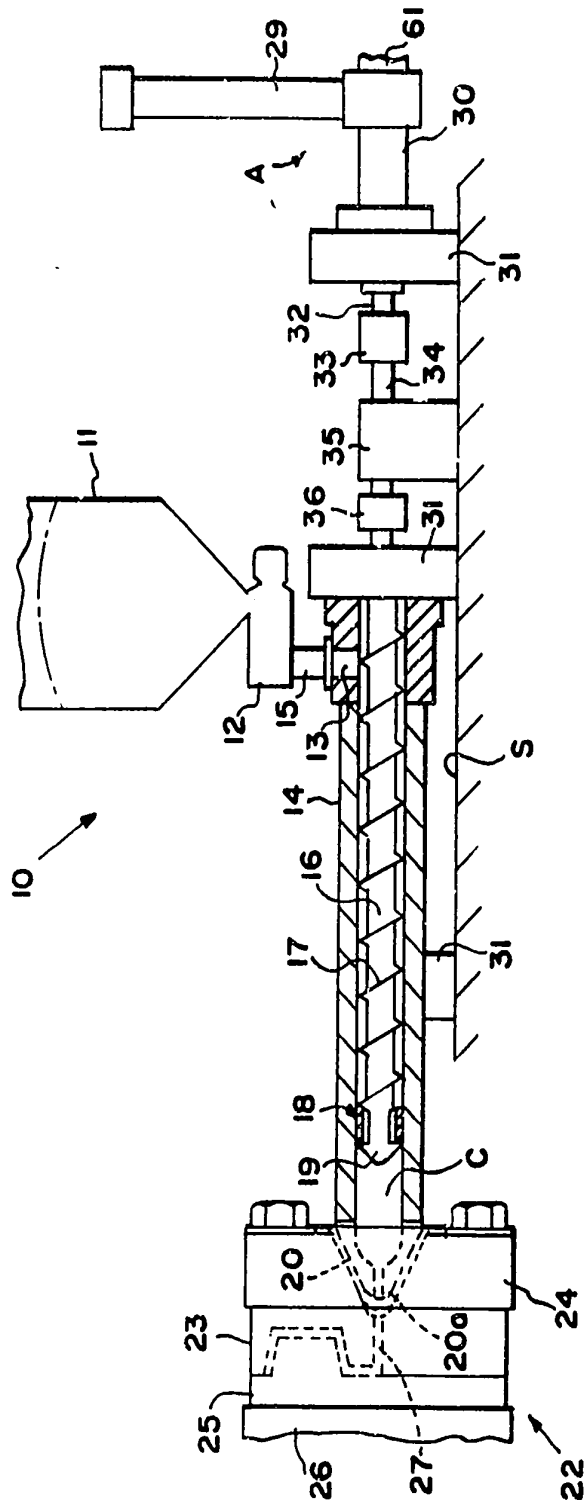


FIG 1

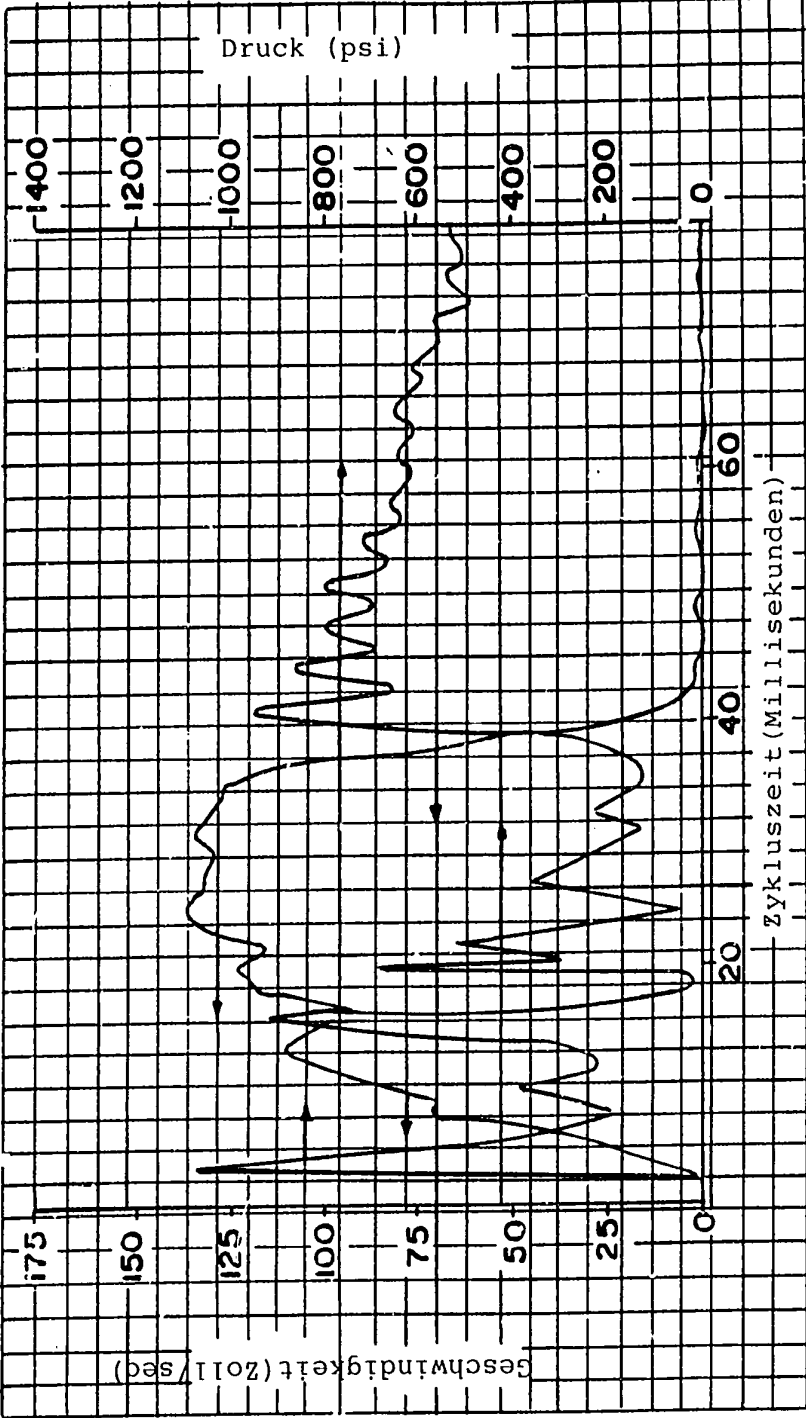


FIG.2

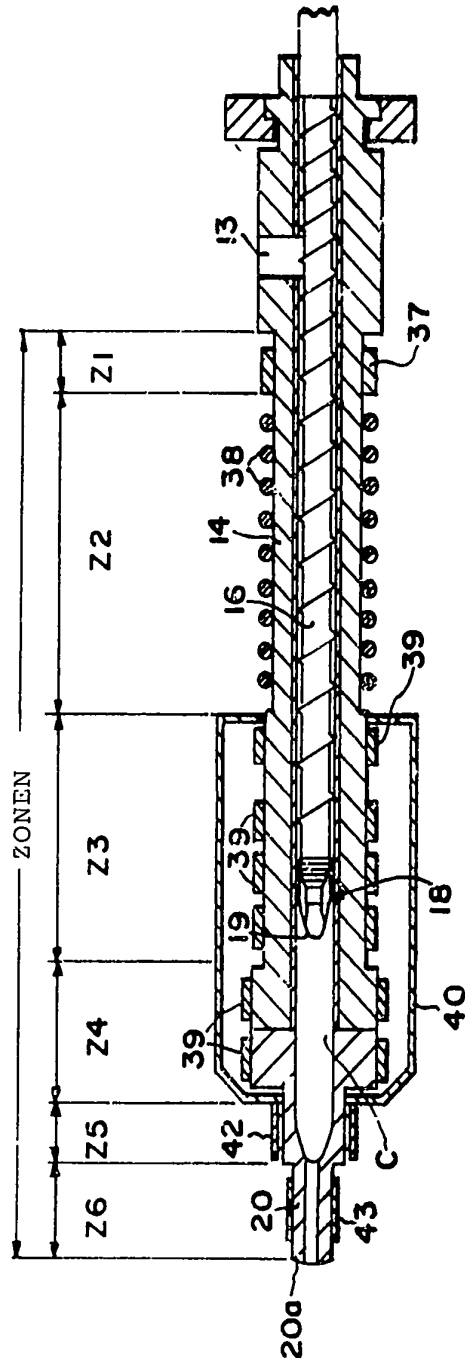


FIG.3

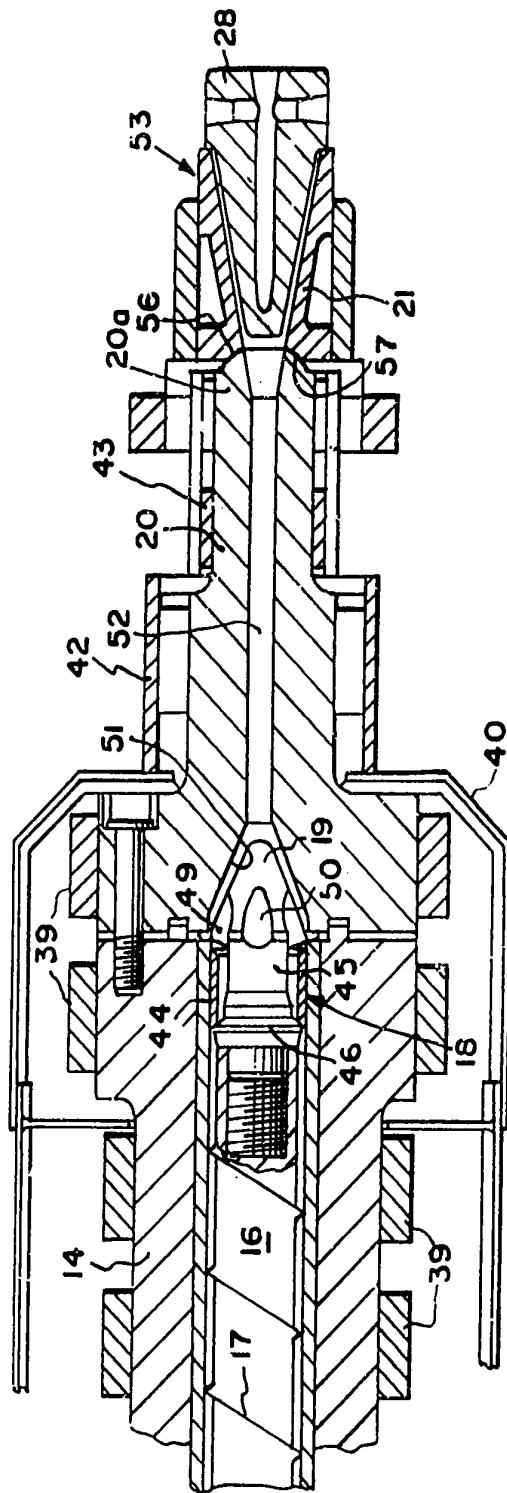


FIG. 4

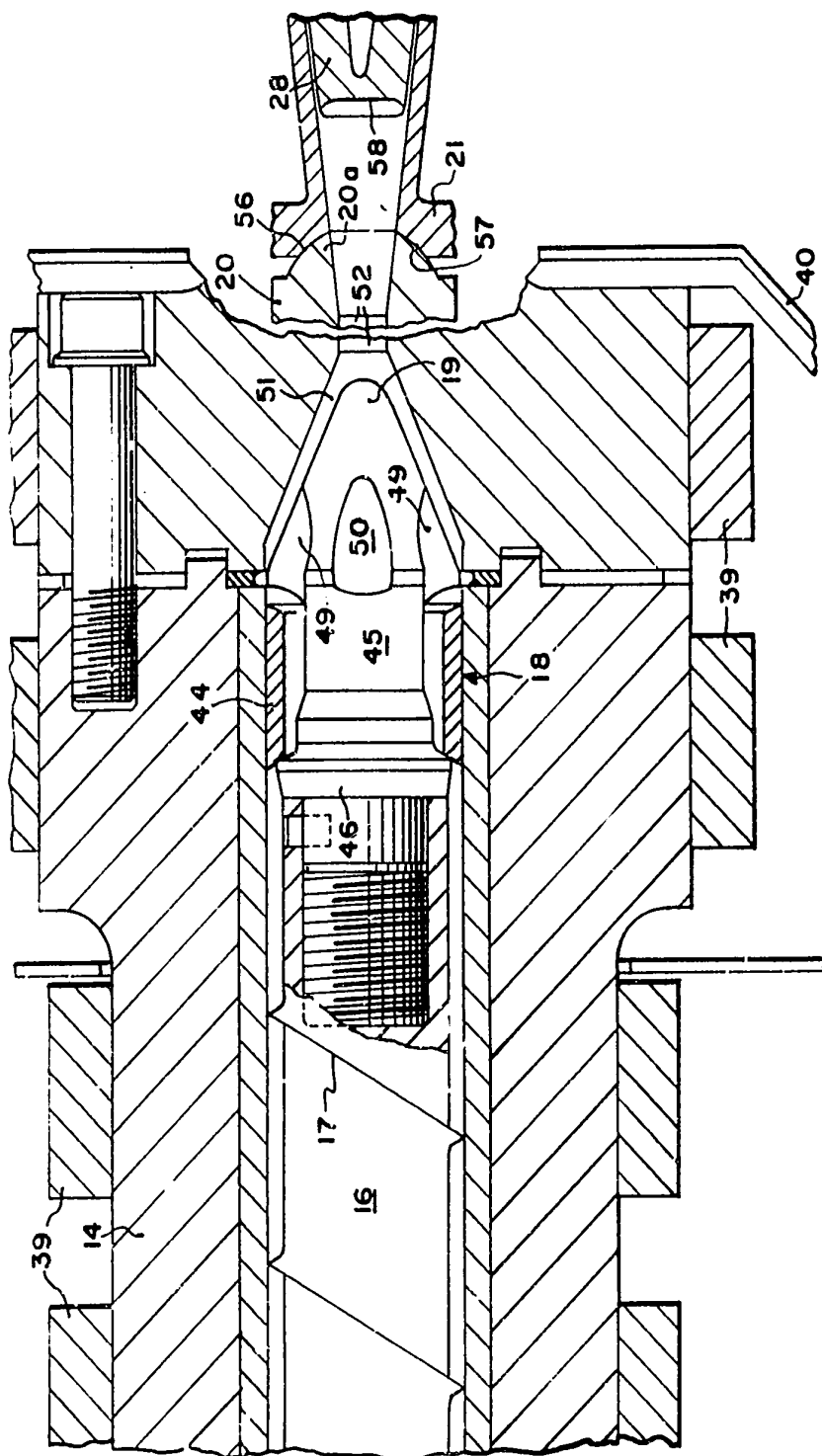


FIG. 5

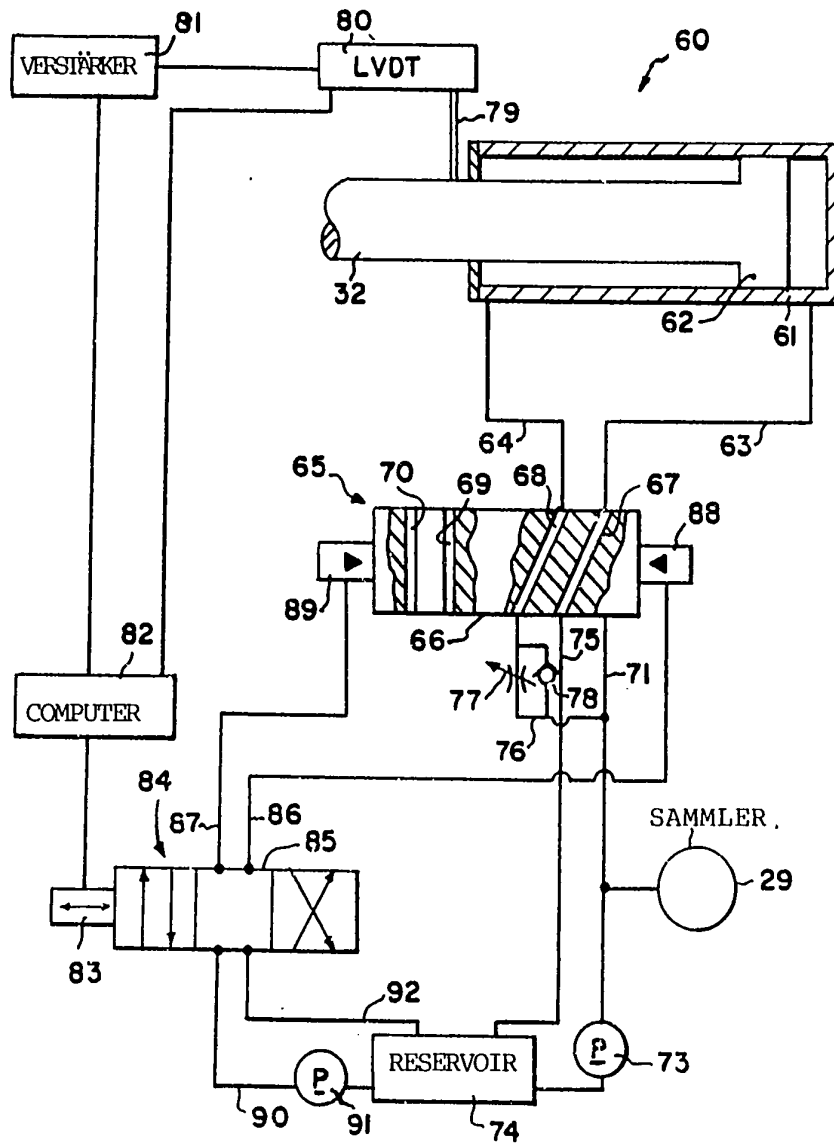


FIG.6