



REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer: **AT 412 455 B**

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 1876/2002
(22) Anmeldetag: 17.12.2002
(42) Beginn der Patentedauer: 15.08.2004
(45) Ausgabetag: 25.03.2005

(51) Int. Cl.⁷: **B22D 19/00**
B22D 19/14, 19/16, 27/09

(56) Entgegenhaltungen:
US 5579822A US 5284200A

(73) Patentinhaber:
ARC
LEICHTMETALLKOMPETENZZENTRUM
RANSHOFEN GMBH
A-5282 RANSHOFEN, OBERÖSTERREICH
(AT).
(72) Erfinder:
KAUFMANN HELMUT DR.
BRAUNAU/INN, OBERÖSTERREICH (AT).

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG EINES LEICHTMETALLBAUTEILES

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Leichtmetall-Bauteiles (L) oder Leichtmetall-Vormaterials bestehend aus unterschiedlichen Komponenten durch Gießen und Formen.

Um beanspruchungsgemäß das Leichtmetall-Bauteil (L) oder Leichtmetall-Vormaterial aus verschiedenen Komponenten mit unterschiedlichen Eigenschaften auszuformen, ist nach der Erfindung vorgesehen, dass in einem ersten Schritt eine Gießmasse (G) aus zumindest zwei oder mehr als zwei Teilen (A, B, C) unvermischt gebildet wird und in einem zweiten Schritt die Gießmasse (G) im Wesentlichen formfüllend in eine Kokille (3) eingebracht und in dieser erstarren gelassen wird.

AT 412 455 B

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Leichtmetall-Bauteiles oder Leichtmetall-Vormaterials, bestehend aus unterschiedlichen Komponenten durch Gießen und Formen.

Weiters umfasst die Erfindung eine Vorrichtung zur Herstellung eines Leichtmetall-Bauteiles oder Leichtmetall-Vormaterials, welches aus unterschiedlichen Komponenten ausgeformt ist, wobei die Vorrichtung aus einer an sich bekannten Kokille, einem Aufnahmezylinder für eine Gießmasse sowie einem Beschickungsmittel besteht.

Schließlich bezieht sich die Erfindung auf ein Leichtmetall-Bauteil oder Leichtmetall-Vormaterial, bestehend aus zwei oder mehr als zwei Komponenten.

Bauteile aus Leichtmetall oder Leichtmetall-Legierungen sind in ihrer Funktion örtlich zumeist verschiedenartig beansprucht. Mit anderen Worten: Das, eines geringen Gewichtes wegen, aus Leichtmetall gebildete Bauteil wird beispielsweise in einigen Bereichen mechanisch, insbesondere auf Zug, Druck oder Torsion, in anderen Bereichen auf Verschleiß, Flächenpressung, chemisch oder dergleichen beansprucht, wobei sich die Beanspruchungsbereiche überschneiden können. Meist wird legierungstechnisch und/oder durch eine besondere Wärmebehandlung der Leichtmetallwerkstoff auf die wichtigste Beanspruchungsart ausgerichtet und die Form des Teiles den übrigen Erfordernissen angepasst. Weil nun unter anderem durch eine erforderliche Formgebung das Teil nicht immer eine optimale Massenverteilung aufweist, besteht seit langem der Wunsch, Leichtmetall-Bauteile in Komponentenbauweise herzustellen.

Aus der US 5 579 822 A ist ein Verfahren zur Herstellung von Zylinderköpfen mit einer Vielzahl von aufeinander folgenden Schichten bzw. Lagen und aus mindestens zwei unterschiedlichen Legierungen bekannt geworden, wobei das Herstellverfahren vier aufeinanderfolgende Schritte zur Erstellung einer metallischen Bindung zwischen den Lagen aufweist.

Für eine Herstellung eines Verbundkörpers aus Metall und Keramik offenbart das Dokument US 5 284 200. Also ein Verfahren, bei welchem eine Verbindungsschicht aus Fasern und Keramikteilchen erstellt und durch Temperatureinwirkung das Fasermaterial ausgebracht und ein eine zusammenhängende Porosität aufweisenden Schichtkörper gebildet wird. Mittels Druckinfiltrieren wird sodann flüssiges Metall in die Poren eingebracht, mit dem Metallteil des Verbundkörpers metallisch verbunden und derart ein Verbundkörper erstellt.

Eine Komponentenbauweise von Leichtmetall-Teilen birgt jedoch das Problem in sich, Einzelteile in gewünschter, einer den spezifischen Materialbelastungen Rechnung tragenden Ausformung zu fügen. Ein Fügen ist nach DIN 8593 ein dauerhaftes Zusammenbringen von zwei oder mehr Werkstücken.

Es ist bekannt, durch Eingießen, Einschweißen, Einlöten, Einpressen oder durch Kleben von Komponenten ein Bauteil zu schaffen, welches in verschiedenen Bereichen unterschiedliche Materialeigenschaften aufweist.

In der Bauteilfunktion bzw. im Gebrauch oder bei Belastung desselben können jedoch Probleme mit einer Desintegration der Einzelteile auftreten. Weiters ist oftmals die Herstellung derartiger Komponenten-Teile durch obige Fügeverfahren aufwendig, wobei die Komponentenform meist nicht den Beanspruchungen gemäß ausgebildet werden kann.

Hier will die Erfindung die Schwächen der bekannten Herstellungsverfahren von aus mehreren Komponenten bestehenden Leichtmetall-Teilen beseitigen und stellt sich die Aufgabe, einen neuen Erstellungsweg zu schaffen, mit welchem wirtschaftlich ein Bauteil mit einer den örtlich verschiedenen Beanspruchungen entsprechenden Komponentenausformung durch Gießen hergestellt werden kann.

Ferner bezweckt die Erfindung die Erstellung einer Vorrichtung zur Herstellung eines Leichtmetall-Bauteiles oder Leichtmetall-Vormaterials, welches aus unterschiedlichen Komponenten ausgeformt ist, wobei die Vorrichtung aus einer an sich bekannten Kokille, einem Aufnahmezylinder für eine Gießmasse sowie einem Beschickungsmittel besteht.

Weiters will die Erfindung die Nachteile der bekannten Fügebauteile beseitigen und zielt darauf ab, den Komponentenaufbau dahingehend zu verbessern, dass dieser den örtlichen Materialbelastungen durch eine entsprechende Komponentenausformung weitestgehend angepasst ist und dass die Komponentenverbindung keinerlei Desintegration des Bauteiles im Gebrauch zulässt.

Die Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass in einem ersten Schritt eine Gießmasse aus zumindest zwei oder mehr als zwei Teilen unvermischt gebildet wird und in einem zweiten Schritt die Gießmasse im Wesentlichen formfüllend in eine

Kokille eingebracht und in dieser erstarren gelassen wird.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile sind im Wesentlichen darin zu sehen, dass eine gewünschte bzw. vorgesehene Verteilung der unterschiedlichen Werkstoff-Komponenten in den Kokillenbereichen ermöglicht und erstellt wird, wobei die Komponenten zusatzwerkstoff-frei miteinander metallisch verbunden werden. Der bisherigen Fachmeinung entgegengerichtet wurde gefunden, dass eine Gießmasse aus mehreren unterschiedlich zusammengesetzten Legierungen unvermischt gebildet werden kann und bei einem Kokillenguss nach dem Stand der Technik durch eine streng heterogen bereitgestellte Gießmasse ein Guss-Stück, bestehend aus unterschiedlichen, vollflächig miteinander metallisch verbundenen Teilen in einer vorgesehenen Verteilung der Komponenten-Werkstoffe herstellbar ist. Dabei ist festzustellen, dass der Fachmann den Materialfluss bei einer Kokillenfüllung kennt und demgemäß die Gießmasse hinsichtlich der Dimensionierung und Positionierung der Komponenten-Legierungen ausbildet.

Besondere Vorteile sowohl für eine Gießmassenerstellung als auch für eine Positionierung der Komponenten bei der Kokillenfüllung können erreicht werden, wenn die Gießmasse aus Leichtmetallwerkstoffteilen mit unterschiedlichen Temperaturen und/oder mit voneinander verschiedenen Solidus- oder Liquidustemperaturen und/oder unterschiedlichem Erstarrungsintervall gebildet wird. Dadurch ist es leicht möglich, bei der Bereitstellung einer streng heterogenen Gießmasse in den Aufnahmezylinder zumindest einen sogenannten Rheobolzen einzubringen.

Für einen exakten Formguss mit genauer Verbringung der Teile in der Gießform kann es günstig sein, wenn die Gießmasse durch Schichtung der Teile gebildet wird. Dabei kann eine Schichtung mit planen oder auch mit gekrümmten Grenzflächen durchgeführt werden. Überraschend wurde gefunden, dass die Grenzflächen im aus der Gießmasse erstellten Leichtmetall-Bauteil zwischen den einzelnen Komponenten eine vollflächige metallische Bindung frei von Schwachstellen ergeben.

Besondere Vorteile für eine hohe Güte des Bauteiles, aber auch für eine hohe Produktivität, wurden, wie ermittelt wurde, erreicht, wenn zumindest ein Teil oder eine Schicht der Gießmasse aus einem Leichtmetall im Semi-Solid-Zustand gebildet wird. Nach Anforderung an das Teil und/oder an die Gießmasse und/oder an den Gießprozess kann dadurch eine Verbringung der Schicht und Positionierung der Komponententeile im Bauteil in weiten Bereichen eingestellt werden.

Wenn, wie nach einer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen sein kann, die Gießformfüllung im Wesentlichen steigend durch vertikales Einbringen der Gießmasse oder durch Druckbeaufschlagung derselben erfolgt, ist bei der Gießmassenerstellung und dabei insbesondere bei einer Erstellung des obersten Teiles derselben ein Einsatz von Flüssigmetall leicht möglich.

Für eine Herstellung von kompliziert geformten Bauteilen, aber auch für eine gesteuerte Verbringung von Gießmassen-Teilen in der Kokille kann es günstig sein, wenn beim Einbringen der Gießmasse in die Kokille deren Innen- bzw. Gießvolumen verändert wird. Auf einfache Weise ist es mit einem bewegbaren Kolben in der Kokille möglich, in dieser den Gießmassenfluss zu steuern.

Der weitere Zweck der Erfindung wird bei einer gattungsgemäßen Vorrichtung dadurch erfüllt, dass der Aufnahmezylinder für eine aus mehreren Teilen unvermischt gebildete Gießmasse ausgebildet ist, als Beschickungsmittel einseitig einen Kolben oder dergleichen, der in Zylinderachsenrichtung in diesem flüssigmetalldicht verschiebbar ist, aufweist und dass der Aufnahmezylinder der Kolben-Ausgangsposition gegenüberliegend ein flüssigmetalldichtes Anschlussmittel an eine Kokille oder Gießform besitzt. Der Querschnitt des Aufnahmezylinders kann dabei rund oder polygonal sein, muss jedoch eine dem Querschnitt entsprechende Eintragsöffnung für gegebenenfalls eine Einbringung von Semi-Solid-Gießmasse-Teilen mit Vollquerschnitt aufweisen.

Es ist auch möglich, den Aufnahmezylinder für die Gießmasse mit vergrößerter Längserstreckung in einer längsteilbaren Form auszuführen, was Vorteile bezüglich einer im Wesentlichen horizontalen Gießformfüllung und insbesondere bei einer Herstellung von stabförmigen Bauteilen mit über den Querschnitt verschiedenen Komponenten besitzt.

Wenn das Anschlussmittel des Zylinders direkt mit der Gießform kooperierend ausgeführt ist, kann der Kolbenboden beispielsweise konvex oder zylindrisch vorspringend ausgeführt sein und zumindest teilweise formbildend für den Leichtmetall-Bauteil wirken.

Wenn, wie vorgesehen sein kann, das Volumen des Aufnahmezylinders für eine Gießmasse an das Innen- bzw. Gießvolumen der Kokille durch Kolbenpositionierung anpassbar ist, ist eine Her-

stellung von Leichtmetall-Bauteilen in Komponenten-Bauweise in Sequenz möglich.

Wird für den kolbenseitig positionierten Gießmasseteil Flüssigmetall eingesetzt, ist es von Vorteil, wenn die Kokille ein nach der Füllung derselben betätigbares Verschlussmittel besitzt. Ein derartiges Verschlussmittel kann auch bei Rheomassen günstig wirken.

5 Für den Kokillenbau, aber auch für eine hohe Flexibilität und Wirtschaftlichkeit bei der Bauteilherstellung, kann es von Vorteil sein, wenn das Anschlussmittel, gegebenenfalls mit einem Verschlussmittel als eigener Bauteil ausgebildet ist.

10 Wenn schließlich das Innen- bzw. Gießvolumen der Kokille oder Gießform während der Herstellung eines Gießstückes bzw. Bauteiles zum Beispiel durch einen Gegenkolben veränderbar ist, kann zumindest weitgehend die Formfüllung bei allseitigem Druck der Gießmasse erfolgen, was steuernd auf die Komponentenverteilung und günstig auf die Oberflächengüte wirken kann.

15 Das weitere Ziel wird bei einem Leichtmetall-Bauteil oder Leichtmetall-Vormaterial der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass die Werkstoffe von benachbarten Komponenten ein voneinander verschiedenes Erstarrungsintervall aufweisen und die Komponenten vollflächig zusatzwerkstoff-frei miteinander metallisch verbunden sind.

20 Die mit der Erfindung erzielten Vorteile sind im Wesentlichen darin zu sehen, dass eine hochwertige und auch bei Extrembelastungen unlösbar metallische Verbindung über die gesamte Komponentengrenzfläche erreicht wird, wobei keinerlei Schwächung oder schädliche Inhomogenitäten durch Verbindungs-Zusatzwerkstoffe gegeben sind. Die Art der Komponenten und deren Erstarrungsintervalle sind dabei auf die geforderten örtlichen Werkstoffeigenschaften des Bauteiles zu wählen. Dabei ist es möglich, in einer Komponente, unabhängig von deren Erstarrungsintervall auch Einlagerungen, zum Beispiel hochschmelzende Verbindungsteilchen, vorzusehen.

25 Von besonderem Vorteil für eine günstige Werkstoffverteilung im Bauteil kann vorgesehen sein, dass zumindest eine Verbindungsfläche zwischen zwei Komponenten eine von einer Ebene abweichende Form aufweist. Eine metallische Verbindung der Komponenten, insbesondere mit einer unebenen oder gekrümmten Verbindungsflächenform fördert auch deren gegenseitige Abstützung.

Im Folgenden wird die Erfindung an Hand von jeweils lediglich einen Ausführungsweg darstellenden Zeichnungen näher erläutert.

30 Es zeigt:

Fig. 1 bis Fig. 4 einen Aufnahmezylinder für eine Gießmasse und ein Beschickungsmittel schematisch

Fig. 5A einen gefüllten Aufnahmezylinder

Fig. 5B eine Herstellung eines Guss-Stückes

35 Fig. 6A einen gefüllten Aufnahmezylinder

Fig. 6B ein Guss-Stück in der Kokille

Fig. 7A einen Aufnahmezylinder

Fig. 7B ein Guss-Stück

Fig. 8A einen Aufnahmezylinder

40 Fig. 8B eine Kokille

45 In den Fig. 1 bis 4 sind schematisch ähnliche Aufnahmezylinder 1 für eine Gießmasse G mit einem Beschickungsmittel 2 dargestellt. Einem als Kolben 2 ausgebildeten Beschickungsmittel 2 gegenüberliegend besitzt der Aufnahmezylinder 1 ein Anschlussmittel 11 an eine Kokille 3 oder an einen dazwischen angeordneten Bauteil, der gegebenenfalls ein Verschlussmittel aufweist. Als Verschlussmittel kann eine einschiebbare Blechplatte oder dergleichen dienen, welche ein Auslaufen von Flüssigmetall vor einer vollkommenen Durcherstarrung des Guss-Stückes L verhindert.

In Fig. 1 ist eine Gießmasse G mit drei unterschiedlich zusammengesetzten Schichten A, B, C gezeigt.

50 Die Schichtung bzw. die Grenzflächen der Schichten A, B, C sind ebenflächig achsnormal ausgebildet.

55 Fig. 2 zeigt eine Gießmasse G in einem Aufnahmezylinder 1, die aus einem Rohraußenteil B und einem zentralen Bolzen A besteht. Dabei ist der Bolzen A im Vergleich mit dem Außenteil B kürzer ausgebildet und ruht auf einem im Wesentlichen zylindrischen Kolbenzapfen 21. Erfolgt nun eine Gießformfüllung derart, dass die Platte des Kolbens 2 eine Kokillenöffnung abschließt, so dient der Kolbenzapfen 21 der Innenformbildung beim Gießen eines Leichtmetallbauteiles.

In Fig. 3 ist wiederum eine horizontal geschichtete Gießmasse G, bestehend aus Komponenten A, B, D dargestellt. Diese Gießmasse G kann beispielsweise aus einer fließfähigen Semi-Solid-Masse B, aus einem Rheobolzen A und aus einem flüssigen Leichtmetall D bestehen, wobei ein konvex gebildeter Teil 22 vom Kolben 2 wiederum formgebend für ein Guss-Stück sein kann.

Fig. 4 zeigt eine Gießmasse G in einem Aufnahmezylinder 1, welche aus einem kegeligen Teil A und einem den Kegel verkehrt konisch, zentrisch achsial aufnehmenden Teil B besteht.

In Fig. 5A ist schematisch eine Gießmasse G mit drei Teilen und zwar: A, B, C in horizontal geschichteter Form gezeigt. Die Fig. 5B stellt schematisch eine Füllung der Gießform 3 mit der Gießmasse G und eine Ausformung eines aus Komponenten K_A , K_B , K_C gebildeten Bauteils L dar.

In Fig. 6A ist wiederum eine in einem Aufnahmezylinder 1 in drei Schichten A, B, C erstellte Gießmasse G gezeigt. Fig. 6B zeigt die zu einem Bauteil L in einer Kokille 3 ausgeformten Gießmasse G mit den Komponenten K_A , K_B , K_C .

Fig. 7A vermittelt eine Gießmasse G mit achsnormaler Grenzfläche von Teilen A und B, wie auch in Fig. 2 dargestellt. Fig. 7B zeigt einen aus dieser Gießmasse G - Füllung eines Aufnahmezylinders 1 hergestellten Leichtmetall-Komponenten-Bauteil L bestehend aus K_A und K_B .

In Fig. 8A ist ein Aufnahmezylinder 1 mit einer Gießmassen-Schichtung gemäß Fig. 1 dargestellt. Fig. 8B zeigt eine Kokille 3 mit einem mittels dreier Kolben 31, 31', 32 veränderbaren Innenraum. Beim Guss können vorerst alle Kolben in einer niedergefahrenen Stellung positioniert sein, sodass am Füllbeginn der Kokille 3 ein Gießmassenteil A unter Druck eine Ausformung 321 des Kolbens 32 annimmt. Bei Weiterführung des Gießverfahrens kann ein Rückfahren des Kokillenkolbens 32 in eine gewünschte Stellung erfolgen, wobei ein Beschickungsmittel 2 im Aufnahmezylinder 1 die Gießmasse weiter in den Innenraum der Kokille 3 einbringt. Zur Füllung von seitlichen Ansätzen an der Kokille 2 werden die Kolben 31, 31' zurückgefahren, um derart eine Ansatzfüllung vom Bauteil L unter Druck mit dem Gießmassenteil C zu bewerkstelligen.

Aus der Beschreibung und obigen Beispielen, die nur eine schematische Darlegung vermitteln können, kann die Vielfalt der Anwendung der Erfindung gesehen werden.

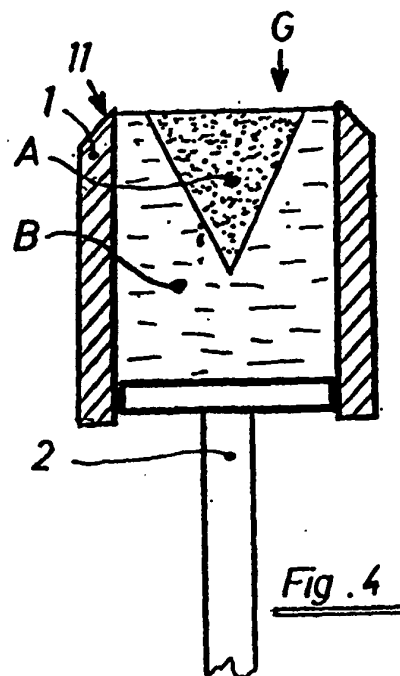
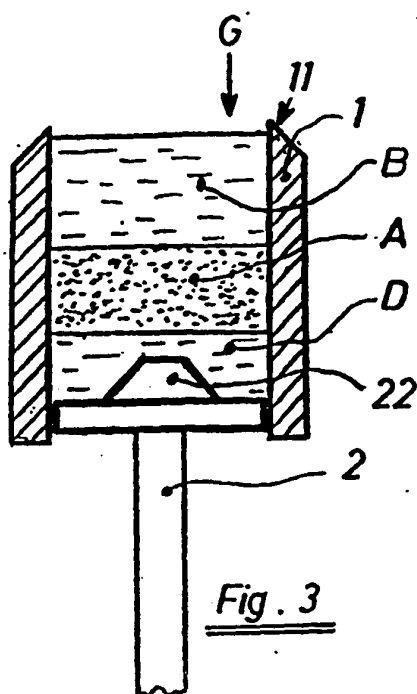
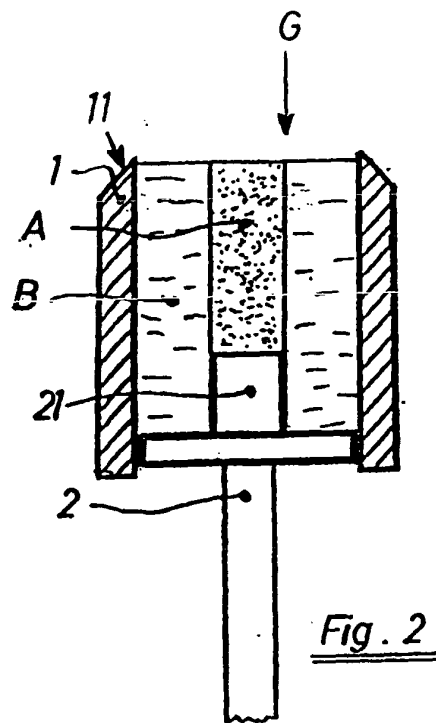
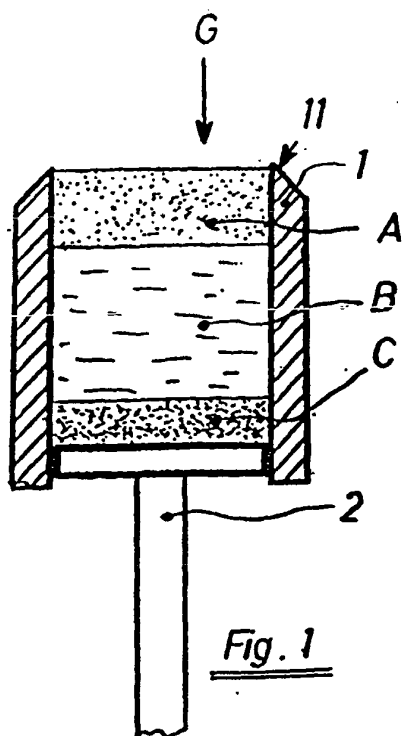
PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zur Herstellung eines Leichtmetall-Bauteiles (L) oder Leichtmetall-Vormaterials bestehend aus unterschiedlichen Komponenten durch Gießen und Formen, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem ersten Schritt eine Gießmasse (G) aus zumindest zwei oder mehr als zwei Teilen (A, B, C) unvermischt gebildet wird und in einem zweiten Schritt die Gießmasse (G) im Wesentlichen formfüllend in eine Kokille (3) eingebracht und in dieser erstarren gelassen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gießmasse (G) aus Leichtmetallwerkstoffteilen (A, B, C) mit unterschiedlichen Temperaturen und/oder mit voneinander verschiedenen Solidus- oder Liquidustemperaturen und/oder mit unterschiedlichem Erstarrungsintervall gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gießmasse (G) durch Schichtung der Teile (A, B, C) gebildet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Teil oder eine Schicht der Gießmasse (G) aus einem Leichtmetall im Semi-Solid-Zustand gebildet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gießformfüllung im Wesentlichen steigend durch vertikales Einbringen der Gießmasse (G) oder durch Druckbeaufschlagung derselben erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass beim Einbringen der Gießmasse (G) in die Kokille (3) deren Innen- bzw. Gießvolumen verändert wird.
7. Vorrichtung zur Herstellung eines Leichtmetall-Bauteiles (L) oder Leichtmetall-Vormaterials, welches aus unterschiedlichen Komponenten ausgeformt ist, wobei die Vorrichtung aus einer an sich bekannten Kokille (3), einem Aufnahmezylinder (1) für eine Gießmasse (G) sowie einem Beschickungsmittel besteht, **dadurch gekennzeichnet**, dass

der Aufnahmezylinder (1) für eine aus mehreren Teilen (A, B, C) unvermischt gebildete Gießmasse (G) ausgebildet ist, als Beschickungsmittel einseitig einen Kolben (2) oder dergleichen, der in Zylinderachsrichtung in diesem flüssigmetalldicht verschiebbar ist, aufweist und dass der Aufnahmezylinder (1) der Kolben (2) - Ausgangsposition gegenüberliegend ein flüssigmetalldichtes Anschlussmittel (11) an eine Kokille (3) oder Gießform besitzt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Volumen des Aufnahmezylinders (1) für eine Gießmasse (G) an das Innen- bzw. Gießvolumen der Kokille (3) durch Kolbenpositionierung anpassbar ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kokille (3) ein nach deren Füllung derselben betätigbares Verschlussmittel (4) besitzt.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Anschlussmittel (11) als eigenes Bauteil ausgebildet ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Innen- bzw. Gießvolumen der Kokille (3) oder Gießform während der Herstellung eines Gießstückes bzw. Bauteiles (L) veränderbar ist.
12. Leichtmetall-Bauteil (L) oder Leichtmetall-Vormaterial bestehend aus zwei oder mehr als zwei Komponenten (A, B, C), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Werkstoffe von benachbarten Komponenten ein voneinander verschiedenes Erstarrungsintervall und/oder eine unterschiedliche chemische Zusammensetzung aufweisen und die Komponenten (A, B, C) vollflächig zusatzwerkstoff-frei miteinander metallisch verbunden sind.
13. Leichtmetall-Bauteil nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Verbindungsfläche zwischen zwei Komponenten (A, B, C) eine von einer Ebene abweichende Form aufweist.

HIEZU 2 BLATT ZEICHNUNGEN



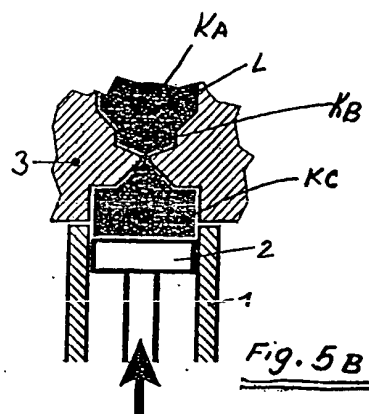


Fig. 5B

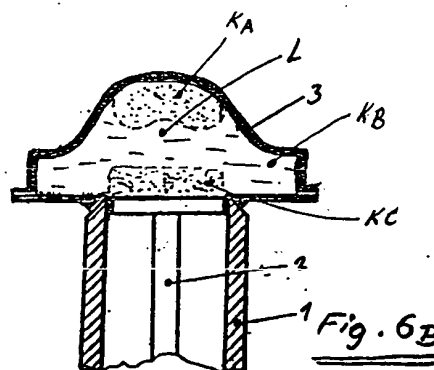


Fig. 6B

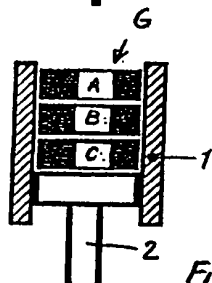


Fig. 5A

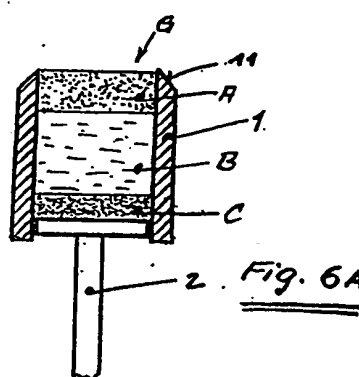


Fig. 6A

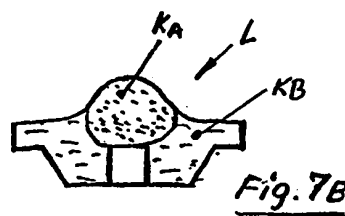


Fig. 7B

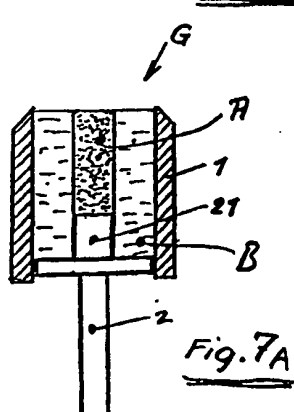


Fig. 7A

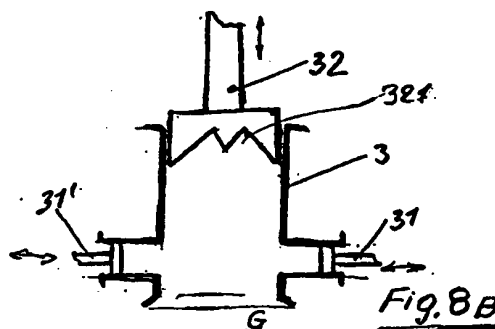


Fig. 8B

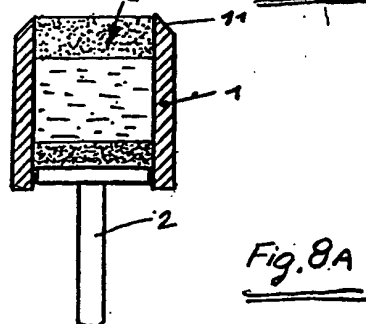


Fig. 8A