

①②

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

②① Anmeldenummer: **80103836.5**

⑤① Int. Cl.³: **B 22 C 7/02**

②② Anmeldetag: **05.07.80**

③① Priorität: **10.09.79 CH 8131/79**

⑦① Anmelder: **GEBRÜDER SULZER**
AKTIENGESELLSCHAFT, Zürcherstrasse 9,
CH-8401 Winterthur (CH)

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung: **25.03.81**
Patentblatt 81/12

⑦② Erfinder: **Schnelder, Hans, Gebhardstrasse 36,**
CH-8404 Winterthur (CH)

⑧④ Benannte Vertragsstaaten: **BE DE FR GB**

⑦④ Vertreter: **Dipl.-Ing. H. Marsch Dipl.-Ing. K. Sparing**
Dipl.-Phys.Dr. W.H. Röhl, Lindemannstrasse 31,
D-4000 Düsseldorf (DE)

⑤④ **Verfahren zur Herstellung von Gussstücken durch Präzisionsgießen.**

⑤⑦ Als Material für die Herstellung von Kernen für Präzisionsgießformen wird ein Metall verwendet, das bei relativ tiefen Temperaturen, d.h. unterhalb der Erstarrungstemperatur der abzugießenden Schmelzen oxidierbar ist und durch Oxid-Sublimieren direkt vom festen Zustand in die Gasphase übergeht.

Dadurch wird das Herauslösen von Kernen, besonders von solchen geringen Durchmessers, aus den Gußstücken erheblich beschleunigt.

EP 0 025 481 A1

Gebrüder Sulzer, Aktiengesellschaft, Winterthur/Schweiz

Verfahren zur Herstellung von Gussstücken durch
Präzisionsgiessen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Gussstücken durch Präzisionsgiessen unter Verwendung von verlorenen Modellen mit eingelegten Kernen, wobei die mit Hilfe des Modells hergestellte keramische Giessform nach
5 dessen Herauslösen gebrannt und für den Abguss aufgeheizt wird, ehe die abzugiessende Schmelze eingegossen und nach ihrem Erstarren der Kern herausgelöst wird.

Kerne für Präzisionsgussstücke werden bisher aus keramische Material hergestellt, dessen Grundsubstanz im allgemeinen
10 Siliziumdioxid und Aluminiumoxid sind. Das Herauslösen derartiger Kerne aus dem fertigen Gussstück erfolgt mit Hilfe von hochviskosen Schmelzen von Natriumhydroxid. Besonders bei Kernen mit engen Durchmessern und/oder komplizierten Formen ist dieses Herauslösen ein langwieriger und zeit-
15 raubender Verfahrensschritt, da in derartigen Kernen nur schwache Bewegungen des hochviskosen "Lösungsmittels" für das keramische Kernmaterial erzeugt werden können, was den Abtransport von gelöstem Kernmaterial sehr erschwert und verzögert. Zudem sind keramische Kerne sehr spröde, was
20 bei Kernen mit kleinen Querschnitten zu hohen Bruchraten oder komplizierten Arbeitsmethoden führt. So ist es zum Beispiel notwendig, Modelle von Turbinenschaufeln mit solchen Kernen in zwei Arbeitsoperationen und mit zwei Werkzeugen herzustellen. Dabei wird das von Kernen durchgezogene
25 Schaufelblatt mit fast flüssigem Wachs praktisch drucklos gespritzt, anschliessend der massivere Schaufelfuss mit Wachs aus dem Fest/flüssig-Bereich mit Druck gespritzt.

Aufgabe der Erfindung ist es, Kerne mit besseren mechani-

schen Eigenschaften zu verwenden, welche eine einfache Methode der Modellherstellung erlauben und den Schritt des HerauslöSENS des Kernmaterials aus dem fertigen Gussstück entscheidend zu beschleunigen. Diese Aufgabe wird gemäss der vorliegenden Erfindung dadurch gelöst, dass als Kernmaterial ein Metall verwendet wird, das unterhalb der Erstarrungstemperatur der abzugliessenden Schmelze oxidierbar ist, und dessen Oxid durch Sublimation entweicht.

Bei dem neuen Verfahren erfolgt das Auflösen des Kerns an einer Grenzfläche fest/gasförmig; in der Gasphase sind Diffusion und Beweglichkeit der "Lösungsmittel"-Partikel um Grössenordnungen grösser als in hochviskosen Schmelzen, wodurch das HerauslöSEN von Kernen erheblich beschleunigt wird. Als Kernmaterial für das neue Verfahren hat sich Molybdän, das im einfachsten Fall in Form von gezogenen Drähten in die Modelle eingelegt wird, bewährt.

Die bevorzugten Modellwerkstoffe für die zur Herstellung der keramischen Giessform benötigten verlorenen Modelle sind bekanntlich Wachs und Harnstoff. Bei der Verwendung des Harnstoffes als Modellwerkstoff ergeben sich mit der vorliegenden Erfindung zusätzliche Vorteile: Die letzten Reste des herausgelöSTEN Modells müssen aus der keramischen Giessform bekanntlich vor dem Eingiessen der Schmelze entfernt werden. Dies erfolgt im allgemeinen durch Verbrennen; um die Bildung von Kohlenstoffrückständen zu vermeiden, müssen dabei Wachsreste enthaltende Giessformen in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre erhöhten Temperaturen ausgesetzt werden. Arbeitet man bei Temperaturen unter 300°C , so erfordert dieses "Ausbrennen" der Form ebenfalls relativ lange Zeiten, während bei höheren Temperaturen die Gefahr einer vorzeitigen Oxidation des Kerns besteht. Demgegenüber erfordern Modell-Reste aus Harnstoff zu ihrer Beseitigung keinen Sauerstoff. Sie können daher bei beliebig hohen Temperaturen unter Ausschluss von Sauerstoff aus der Form entfernt werden, ohne dass vor-

zeitige Oxidationserscheinungen an den Kernen auftreten können.

Um ein gerichtetes Wachstum der Kristalle in dem zu fertig
den Gussstück zu erreichen, ist es unter Umständen notwend
5 die Abkühlung und damit das Erstarren der Schmelze relativ
langsam durchzuführen; hierbei kann die Schmelze dann in
nicht zu vernachlässigender Menge das Metall des Kern-
materials als Legierungsbestandteil aufnehmen. Eine solche
Veränderung der Zusammensetzung der Legierung des Guss-
10 stückes lässt sich auf einfache Weise verhindern, wenn der
metallische Kern vor dem Einlegen in das Modell mit einer
keramischen Schutzschicht überzogen wird; ein bevorzugter
keramischer Stoff für eine solche Schutzschicht ist Alumin
oxid (Al_2O_3).

15 Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbei-
spielen näher erläutert.

Beispiel 1

Als Präzisionsgussstück soll eine Turbinenschaufel für ein
Gasturbine aus der bekannten Nickel-Basis-Legierung IN 738
20 hergestellt werden, deren nominelle Zusammensetzung bekann
lich (in Gew.-%) lautet: C 0,11; Cr 16,0; Co 8,5; Mo 1,7;
W 2,6; Ta 1,7; Nb 0,9; Al 3,5; Ti 3,5; Zr 0,05; B 0,01 und
Ni Rest.

Die zu giessende Schaufel ist durchsetzt von Kühlluftkanäl
25 mit relativ geringen Durchmessern, deren Hohlräume in dem
Gussstück durch eingelegte Kerne erzeugt werden.

Als Kernmaterial dient Molybdän in Form von Drähten geeign
ten Durchmessers, die zunächst in die Kokillenform für die
Modellherstellung eingelegt und in der gewünschten Lage in
30 üblicher Weise, beispielsweise mit Hilfe von Kernlagern,
fixiert werden. Im Spritzgussverfahren wird nun in bekannt
einfacher Weise in der so vorbereiteten Kokille das ver-

lorene Modell des Gussstückes hergestellt.

Mit Hilfe dieses Modells wird anschliessend eine keramische Giessform in der für Präzisionsgiessformen üblichen Weise aufgebaut; das Modell wird dabei beispielsweise mehrfach in eine Tauchmasse aus Schmelzmullit getaucht, der mit einem Aethylsilikatbinder angesetzt ist. Jede Tauchschrift wird anschliessend mit körnigem Schmelzmullit besandet. Die Tauchungen und das Besanden werden solange fortgesetzt, bis eine gewünschte Formdicke erreicht ist, was beispielsweise 10 Tauchungen erfordert.

Nunmehr wird das Harnstoffmodell, wie üblich, mit Hilfe von Wasser aus der Form herausgelöst und diese - zu Beseitigung der Modellreste - auf etwa 1000°C unter Luftabschluss - also in einer Schutzgasatmosphäre, beispielsweise aus Argon, oder im Vakuum, das beispielsweise mit einem Roots-Gebläse erzeugt und bei dem ein Druck von 10^{-4} bar gehalten wird - erhitzt und etwa 4 Stunden gebrannt, was beispielsweise in einem geeigneten Vakuum-Ofen geschieht.

Unabhängig davon und gleichzeitig erfolgt das Schmelzen des Gussmaterials in einer Vakuum-Giesseinrichtung unter einem Druck von etwa 5×10^{-4} mbar in einem handelsüblichen Tiegel aus Si-Al-Oxid. Die Aufheizung der Schmelze wird solange fortgesetzt, bis ihre Temperatur etwa $1400 - 1450^{\circ}\text{C}$ beträgt.

Mit dieser Temperatur erfolgt der Abguss in die aufgeheizte Form ebenfalls im Vakuum oder unter Schutzgas.

Kurze Zeit nach dem Abguss kann die Form der Luft ausgesetzt werden, so dass ein Teil des Kernmaterials bereits beim Abkühlen des Gussstückes oxidiert und sublimiert.

Falls die Kerne während des Abkühlens nicht restlos aus dem Gussstück verdampft sind, wird anschliessend noch ein erneutes Aufheizen des Gussstückes auf über 500°C in einer

sauerstoffhaltigen Atmosphäre vorgenommen. Die dabei erreichte hohe Temperatur wird solange gehalten bis alles Kernmaterial durch Oxidation und Sublimation aus dem Gussstück entwichen ist.

5 Beispiel 2

Eine gleichartige Turbinenschaufel aus dem gleichen Material soll gerichtet erstarren oder als Einkristall wachsen.

Wie bereits erwähnt, wird ein derartiges Kristallwachstum durch gesteuertes relativ langsames Erstarren der Schmelze erreicht. Die Verfahrensbedingungen des Beispiels 1 müssen daher in einigen Punkten geändert werden:

Zum einen wird als Kernmaterial Molybdän-Draht verwendet, der zuvor mit einer Schutzschicht aus keramischem, bevorzugt oxidischem Material überzogen worden ist.

- 15 Dieser Ueberzug, der im vorliegenden Fall aus Aluminiumoxid besteht, wird mit Hilfe des Plasmaspritzverfahrens unter Verwendung üblicher und bekannter Parameter und Ausgangsmaterialien auf dem Molybdän-Draht niedergeschlagen; seine Dicke kann beispielsweise bis zu 0,1 mm betragen. Ein
- 20 Ueberzug mit einer solchen Schichtdicke ist nicht selbsttragend, so dass er beim Absublimieren seines Mo-Kernes zusammenbricht und leicht aus dem Gussstück entfernt werden kann.

Weiterhin besteht die keramische Giessform in diesem Fall

25 lediglich aus einer Formschale, die in bekannter Weise auf eine Kühleinrichtung aufgesetzt wird, wobei gegebenenfalls für die Steuerung der Abkühlungsbedingungen die Formschale zusätzlich von einer relativ zu ihr in Achsrichtung verschiebbaren Warmhalte-Heizeinrichtung umschlossen sein kann.

- 30 Eine weitere Abweichung des Verfahrens nach Beispiel 2 gegenüber Beispiel 1 besteht darin, dass die Schmelze - und gegebenenfalls auch die Form - vor dem Abguss höher

erhitzt werden. Die Formtemperatur beträgt dabei beispielsweise bis zu 1200°C , während die Ueberhitzung der Schmelze bis auf Temperaturen von $1550 - 1600^{\circ}\text{C}$ getrieben wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Gussstücken durch Präzisionsgiessen unter Verwendung von verlorenen Modellen mit eingelegten Kernen, wobei die mit Hilfe des Modells hergestellte keramische Giessform nach dessen Herauslösen ge-
5 brannt und für den Abguss aufgeheizt wird, ehe die abzugießende Schmelze eingegossen und nach ihrem Erstarren der Kern herausgelöst wird, dadurch gekennzeichnet, dass als Kernmaterial ein Metall verwendet wird, das unterhalb der Erstarrungstemperatur der abzugießenden Schmelze oxidier-
10 ist, und dessen Oxid durch Sublimation entweicht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Kernmaterial Molybdän in Form eines Drahtes verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
15 dass als Modellmaterial Harnstoff verwendet wird und dass ferner das Brennen und Aufheizen der keramischen Giessform unter Ausschluss von Sauerstoff erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der metallische Kern vor dem Einlegen
20 in das Modell mit einer keramischen Schutzschicht überzogen wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass als Schutzschicht durch Plasmaspritzen aufgebracht Alloxid (Al_2O_3) verwendet wird.



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

002548

Nummer der Anmeldung

EP 80 10 38

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
A	US - A - 4 043 381 (KH.S. MAZDIYASNI)		B 22 C 7/02
A	US - A - 3 259 492 (STALLMAN)		
A	FR - A - 2 143 777 (KEWANEE OIL CY)		

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.)
			B 22 C
			KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENT
			X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: in der Anmeldung angeführt Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
☒	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.		
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
Den Haag	22-12-1980	COULOMB	