



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑤① Int. Cl.³: B 22 D 29/00
B 22 C 7/02
// F 01 D 5/12

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑪

640 441

⑳① Gesuchsnummer: 8131/79

⑦③ Inhaber:
Hans Schneider, Winterthur

⑳② Anmeldungsdatum: 10.09.1979

⑳④ Patent erteilt: 13.01.1984

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 13.01.1984

⑦② Erfinder:
Hans Schneider, Winterthur

⑤④ Verfahren zur Herstellung von Gussstücken durch Präzisionsgiessen.

⑤⑦ Als Material für die Herstellung von Kernen für Präzisionsgiessformen wird ein Metall verwendet, das 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.

Das Verfahren eignet sich z.B. zur Herstellung von Turbinenschaufeln.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Herstellung von Gussstücken durch Präzisionsgiessen und Verwendung von verlorenen Modellen mit eingelegten Kernen, wobei die mit Hilfe des Modells hergestellte keramische Giessform nach dessen Herauslösen gebrannt 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 oxidierbar 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, 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 in das Modell mit einer keramischen Schutzschicht überzogen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass als Schutzschicht durch Plasmaspritzen aufgebracht Aluminiumoxid (Al_2O_3) verwendet wird.

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 dessen Herauslösen gebrannt und für den Abguss aufgeheizt wird, ehe die abzugießende Schmelze eingegossen und nach ihrem Erstarren der Kern herausgelöst wird.

Kerne für Präzisionsstücke werden bisher aus keramischem Material hergestellt, dessen Grundsubstanz im allgemeinen Siliziumdioxid und Aluminiumoxid sind. Der 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 zeitraubender 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 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 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 mechanischen Eigenschaften zu verwenden, welche eine einfache Methode der Modellherstellung erlauben und den Schritt des Herauslösen der 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 abzugießenden 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 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 vorzeitige Oxidationserscheinungen an den Kernen auftreten können.

Um ein gerichtetes Wachstum der Kristalle in dem zu fertigenden Gussstück zu erreichen, ist es unter Umständen notwendig, die Abkühlung und damit das Erstarren der Schmelze relativ langsam durchzuführen; hierbei kann die Schmelze dann in nicht zu vernachlässigender Menge das Metall des Kernmaterials als Legierungsbestandteil aufnehmen. Eine solche Veränderung der Zusammensetzung der Legierung des Gussstückes 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 Aluminiumoxid (Al_2O_3). Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Beispiel 1

Als Präzisionsgussstück soll eine Turbinenschaufel für eine Gasturbine aus der bekannten Nickel-Basis-Legierung IN 738 LC hergestellt werden, deren nominelle Zusammensetzung bekanntlich (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 Kühlluftkanälen mit relativ geringen Durchmessern, deren Hohlräume in dem Gussstück durch eingelegte Kerne erzeugt werden.

Als Kernmaterial dient Molybdän in Form von Drähten geeigneten Durchmessers, die zunächst in die Kokillenform für die Modellherstellung eingelegt und in der gewünschten Lage in üblicher Weise, beispielsweise mit Hilfe von Kernlagern, fixiert werden. Im Spritzgussverfahren wird nun in bekannter, einfacher Weise in der so vorbereiteten Kokille das verlorene 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 Äthylsilikatbinder angesetzt ist. Jede Tauchschicht wird anschliessend mit körnigem Schmelzmullit besandet. Die Tauchungen und das Besanden werden so lange

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 – zur 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 so lange fortgesetzt, bis ihre Temperatur etwa 1400–1450 °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 so lange gehalten, bis alles Kernmaterial durch Oxidation und Sublimation aus dem Gussstück entwichen ist.

Beispiel 2

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

Dieser Überzug, 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 Überzug mit einer solchen Schichtdicke ist nicht selbsttragend, so dass er beim Absublimieren seines Molkernes zusammenbricht und leicht aus dem Gussstück entfernt werden kann.

Weiterhin besteht die keramische Giessform in diesem Fall 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.

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 Überhitzung der Schmelze bis auf Temperaturen von 1550–1600 °C getrieben wird.