



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 093 305⁽¹³⁾ C1

(51) МПК⁶ B 22 D 27/04

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 96111520/02, 05.06.1996

(46) Дата публикации: 20.10.1997

(56) Ссылки: 1. Патент США N 3915761, кл. C 22 C 19/03, 1975. 2. Авторское свидетельство СССР N 1061926, кл. B 22 D 27/04, 1983.

(71) Заявитель:

Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов

(72) Изобретатель: Каблов Е.Н.,

Герасимов В.В., Некрасов В.И., Шалимов А.С., Демонис И.М., Висик Е.М., Воробьева Е.В.

(73) Патентообладатель:

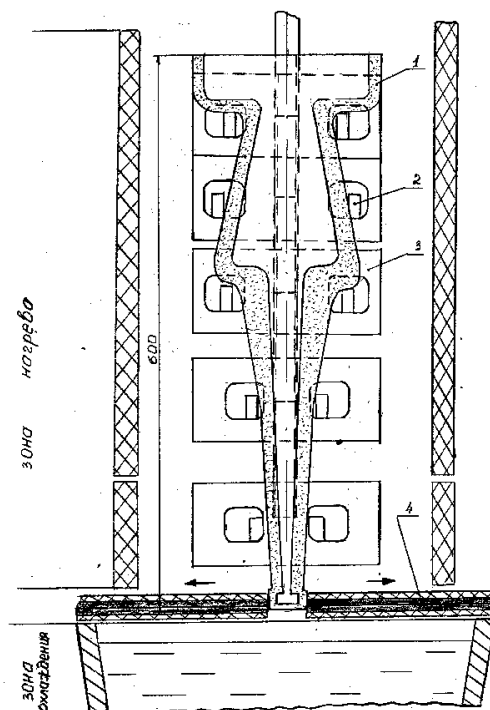
Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК НАПРАВЛЕННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИЕЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии и может быть использовано при литье крупногабаритных монокристаллических лопаток газотурбинных установок различного назначения. Предлагаемый способ получения отливок направленной кристаллизацией включает нагрев оболочковой формы до заданной температуры, расплавление и заливку жаропрочного сплава и направленную кристаллизацию лопатки. Процесс направленной кристаллизации начинают после заливки 20-30% расплава жаропрочного сплава в форму с затравкой, а дальнейшее заполнение формы расплавом осуществляют одновременно с направленной кристаллизацией. Зона нагрева и охлаждения разделены раздвигающимся экраном, который перемещается с изменением геометрического профиля лопатки. Оболочковая форма размещена в специальной подвеске, которая состоит из системы вертикальных тяг и горизонтальных опорных балок. Применение дозированной заливки с одновременным процессом направленной кристаллизации при наличии раздвижного экрана и специальной подвески обеспечивают повышение надежности оболочковой литейной формы и литейного оборудования, эффективности процесса направленной кристаллизации, позволяющего

получать качественные отливки крупногабаритных лопаток ($H > 300$ мм) с монокристаллической структурой. 2 з.п.ф-лы, 1 ил.



RU 2 0 9 3 3 0 5 C 1

RU 2 0 9 3 3 0 5 C 1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 093 305** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.⁶ **B 22 D 27/04**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 96111520/02, 05.06.1996

(46) Date of publication: 20.10.1997

(71) Applicant:
Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij
institut aviatsionnykh materialov

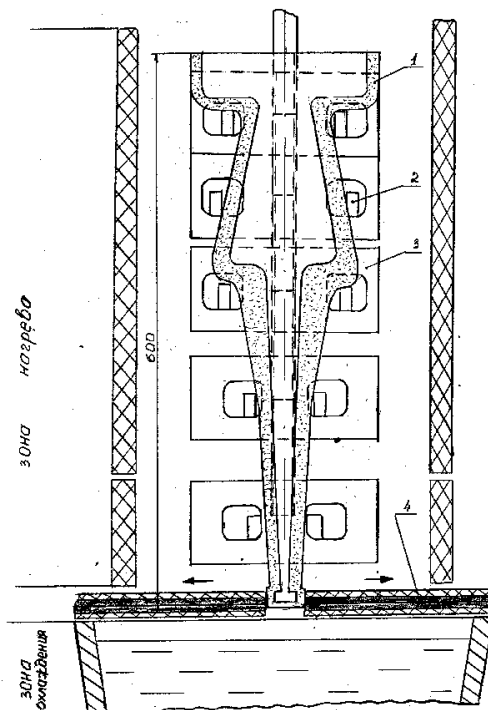
(72) Inventor: Kablov E.N.,
Gerasimov V.V., Nekrasov V.I., Shalimov
A.S., Demonis I.M., Visik E.M., Vorob'eva E.V.

(73) Proprietor:
Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij
institut aviatsionnykh materialov

(54) **METHOD FOR PRODUCTION OF CASTINGS BY DIRECTIONAL CRYSTALLIZATION**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy; casting of large-sized single-crystal blades of gas turbine plants of various applications. SUBSTANCE: method includes heating of shell mold up to preset temperature, melting and pouring of high-temperature alloy and directional crystallization of blade. Process of directional crystallization is started after pouring of 20-30% of melt of high-temperature alloy into mold with seed, and further filling of mold with melt is carried out concurrently with directional crystallization. Zones of heating and cooling are separated by extensible screen which is moved with change of blade geometric profile. Shell mold is located in special suspension which consists of system of vertical links and horizontal supporting beams. Batched pouring with simultaneous process of directional crystallization and special extension screen is used during process and results in quality castings of large-sized blades ($H > 300$ mm) with single crystal structure. EFFECT: increased efficiency of process. 3 cl, 1 dwg



RU 2 0 9 3 3 0 5 C 1

RU 2 0 9 3 3 0 5 C 1

Изобретение относится к области металлургии и может быть использовано при литье крупногабаритных монокристаллических лопаток газотурбинных установок различного назначения.

Известны способы получения монокристаллических отливок, включающие нагрев керамической формы, заполнение формы расплавом и направленную кристаллизацию отливки путем опускания формы с расплавом из зоны нагрева в зону охлаждения, в том числе в жидкометаллический охладитель [1]. Недостатком всех перечисленных аналогов является невозможность получения крупногабаритных лопаток с монокристаллической структурой.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является изобретение [2] принятое за прототип. Согласно прототипу способ получения крупногабаритных лопаток включает нагрев оболочковой формы на подвеске расплавление жаропрочного сплава в индукторе, заливку его в форму и направленную кристаллизацию путем погружения формы с расплавом из зоны нагрева в охладитель. Свободно плавающая в охладителе форма опускается под действием дозируемой заливки. Скорость погружения формы регулируется специальной следящей системой. Направленная кристаллизация отливки при этом начинается одновременно с началом заливки жаропрочного сплава, а заканчивается одновременно с ее окончанием. Известный способ предназначен для повышения эффективности процесса направленной кристаллизации при изготовлении отливок лопаток. Недостатком прототипа помимо очевидной сложности (нагревательный элемент погружается в жидкометаллический охладитель, система многократного перелива охладителя, свободно плавающая в охладителе форма) является и то, что способ не позволяет получать монокристаллические лопатки из-за невозможности нагреть донную часть, плавающей в охладителе формы до температуры, исключающей появление кристаллических зародышей при заливке жаропрочного сплава.

Технической задачей данного изобретения является получение монокристаллических крупногабаритных (>300 мм) лопаток ГТУ, повышение надежности работы керамической формы и литейного оборудования в целом.

Поставленная задача достигается тем, что способ получения отливок направленной кристаллизацией включает нагрев оболочковой формы до заданной температуры, расплавление и заливку жаропрочного сплава и последующую направленную кристаллизацию лопатки. Причем процесс направленной кристаллизации начинают после заливки 20-30% расплава жаропрочного сплава в форму с затравкой, нагретой до температуры превышающей T_L жаропрочного сплава, а дальнейшее заполнение формы расплавом осуществляют одновременно с направленной кристаллизацией через заливочную воронку так, чтобы над фронтом кристаллизации обеспечивался требуемый уровень расплава. Зона нагрева и охлаждения разделены

раздвигающимся в горизонтальной плоскости экраном, который перемещается с изменением геометрического профиля формы отливки. Оболочковая форма размещена в специальной подвеске, в которой располагают горизонтальные опорные балки или прутки, плотно облегающие керамическую оболочку. Прутки выполнены из молибдена, графита или композиционного материала на основе графита.

Начало кристаллизации после заливки 20-30% расплава позволяет создать условия разогрева затравки и формы до нужной температуры, обеспечить передачу ориентации от затравки в стартовое устройство, стабилизировать фронт кристаллизации. Уменьшение объема заливки расплава до начала кристаллизации ниже указанного предела приводит к образованию паразитных зерен. Дальнейшая кристаллизация происходит одновременно с дозированной заливкой расплава со скоростью, обеспечивающей прогрессивное повышение уровня расплава над фронтом кристаллизации, так чтобы к окончанию заливки высота затвердевшей части была бы $> 1/2$ всей высоты отливки. Смысл этой операции заключается в значительном снижении механической нагрузки на керамическую форму.

Другим элементом, повышающим работоспособность керамики является специальная система подвески, в которую устанавливают форму до начала процесса. Система подвески состоит из горизонтальных балок, плотно облегающих керамическую оболочку через каждые $1/4$ высоты лопатки и воспринимающих гидростатическое давление расплава. Опорные балки изготавливают из молибдена, графита или композиционного материала.

Сущность изобретения поясняется чертежом, на котором представлено схематичное изображение керамической оболочковой формы лопатки замком вверх в подвеске.

Вначале оболочковая форма (1) подвешивается на двух верхних горизонтальных опорных балках (2), установленных в окнах верхних графитовых вставок (3).

Затем устанавливают следующую пару горизонтальных балок. Плотно прижимают их к боковым поверхностям формы и расклинивают в окнах графитовыми клиньями, обеспечивая их неподвижность. Количество таких, разгружающих форму балок зависит от размера хорды отливки и ее высоты. Рекомендуется при ширине отливки < 200 мм горизонтальные балки устанавливать через $100+50$ мм.

После установки всех горизонтальных балок в форму устанавливают заливочную воронку. Чтобы не было разбрызгивания расплава при его заливке в форму воронка имеет удлиненную сливную часть, входящую до основания замка, если лопатка без стержня, или в специальный заливочный канал (на схеме не показан), если лопатка с керамическим стержнем.

Форму подогревают до заданной температуры, расплавляют в индукторе жаропрочный сплав, заливают через воронку с профилированным отверстием 4- 8 кг (20-30%) расплава и начинают процесс

направленной кристаллизации. Для получения плотной качественной отливки уровень расплава над фронтом кристаллизации находится в пределах 30-70 мм. Разделение зоны нагрева и охлаждения в процессе направленной кристаллизации обеспечивается раздвигающимся в горизонтальной плоскости экраном (4) по программе в полном соответствии с изменением геометрического профиля формы отливки и скорости ее опускания. Экран может быть выполнен из графитированного войлока.

После окончания заливки форму с расплавом продолжают опускать до полного погружения в зону охлаждения.

Пример 1. Предлагаемый способ осуществлялся на установке типа УВНК-8П следующим образом.

Оболочковую форму крупногабаритной (H 400 мм, хорда пера 180 мм, ширина замка 200 мм) лопатки, толщиной 8-10 мм, изготовленную для кристаллизации замком вверх, с установленной в стартовом устройстве монокристаллической затравкой размещали внутри специальной подвески, как показано на чертеже. Система подвески состоит из 2-х вертикальных молибденовых тяг, состоящих из прутков \varnothing 20 мм, соединенных между собой графитовыми вставками с двумя окнами, размер между которыми равен толщине оболочковой формы изделия.

Во избежание деформации формы под собственным весом и гидростатическим давлением расплава нагрузка передается на горизонтальные элементы подвески, которые плотно облегают форму по периметру, эффективно препятствуют ее деформации. Горизонтальные опорные балки изготовлены из молибдена с поперечным сечением размером 10 x 20 мм.

Сливную воронку с калиброванным отверстием располагали внутри полости формы так, чтобы сливное отверстие располагалось на отметке 200 мм от верхнего среза формы.

Жаропрочный коррозионностойкий сплав типа ЖСКС плавил в индукционной печи с емкостью тигля 20-25 кг. После разогрева формы до температуры на 80-100°C превышающей T_L сплава, доводили температуру металла в тигле до 1560 +20°C и заливали его через воронку в форму. После заливки 4-5 кг(20%) сплава в форму, начинали процесс направленной кристаллизации путем опускания формы из зоны нагрева в зону охлаждения, продолжая при этом заливку расплава из индуктора в форму.

К моменту окончания заливки форма опустилась из зоны нагрева в зону охлаждения на половину своей высоты. Форму с расплавом продолжали опускать до полного погружения ее в зону охлаждения. После окончания процесса кристаллизации извлекали из установки, закристаллизовавшуюся отливку освобождали от подвески и керамики и выявляли ее макроструктуру. Использование затравки в стартовом конусе, системы

кристаллопроводов и предложенные режимы процесса направленной кристаллизации обеспечили получение отливки с плотной монокристаллической структурой требуемой ориентации по всей ее высоте.

5 Пример 2. В отличие от примера 1 лопатку кристаллизовали замком вниз. Горизонтальные опорные балки были изготовлены из прессованного графита. Направленную кристаллизацию отливки в этом случае начинали после заливки 30% (7-7,5кг) сплава типа Же. Способ дозированной заливки и режимы направленной кристаллизации отливки были аналогичны примеру 1. Полученная отливка крупногабаритной лопатки имела плотную монокристаллическую структуру по всей высоте.

10 Применение дозированной заливки с одновременным процессом направленной кристаллизации при наличие раздвижного в горизонтальной плоскости экрана, обеспечивающего разделение зоны нагрева и охлаждения в соответствии с изменением геометрии профиля формы и специальной подвески обеспечивают повышение надежности оболочковой литейной формы и литейного оборудования, эффективности процесса направленной кристаллизации, позволяющего получать качественные отливки крупногабаритных лопаток (H > 300 мм) с монокристаллической структурой.

Формула изобретения:

30 1. Способ получения отливок направленной кристаллизацией, включающий нагрев оболочковой формы на подвеске до заданной температуры, расплавление и заливку жаропрочного сплава в оболочковую форму и последующую направленную кристаллизацию путем опускания оболочковой формы с расплавом из зоны нагрева через экран в зону охлаждения, отличающийся тем, что процесс направленной кристаллизации начинают после заливки 20-30% расплава жаропрочного сплава в оболочковую форму с затравкой, а дальнейшую заливку оболочковой формы расплавом осуществляют одновременно с направленной кристаллизацией через заливочную воронку с профилированным отверстием, поддерживая требуемый уровень заливаемого расплава над фронтом кристаллизации, при этом экран используют раздвижной в горизонтальной плоскости, раздвижение которого осуществляют по программе в соответствии с изменением геометрического профиля оболочковой формы.

45 2. Способ по п.1, отличающийся тем, что для предотвращения деформации оболочковой формы при высоких температурах подвеску используют с разгружающими оболочковую форму опорными балками или прутками.

50 3. Способ по п.2, отличающийся тем, что подвеску используют с разгружающими оболочковую форму опорными балками или прутками, изготовленными из молибдена, графита или композиционного материала на основе графита.