



УКРАЇНА

(19) UA (11) 18135 (13) A

(51)6 C 22 B 9/22

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДбез проведення експертизи по суті
на підставі Постанови Верховної Ради України
№ 3769-XII від 23 XII. 1993 р.Публікується
в редакції заявника

(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ТІЛ ОБЕРТАННЯ МЕТОДОМ ПОШАРОВОЇ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

2

(21) 95041751

(22) 18.04.95

(24) 01.07.97

(46) 31.10.97. Бюл. № 5

(47) 01.07.97

(72) Гречанюк Микола Іванович, Кучеренко Павел Петрович, Осокін Валентин Олександрович

(73) Гречанюк Микола Іванович (UA), Кучеренко Павел Петрович (UA), Осокін Валентин Олександрович (UA)

(57) 1. Способ изготовления тел вращения методом послойной кристаллизации путем введения вращающейся вокруг собственной оси затравки в контакт с расплавом и намораживание слоя на затравку, отличающийся тем, что для получения заданной толщины и структуры в каждом намораживаемом слое, намораживание на затравку осуществляют путем введения затравки в канавку, выполненную на боковой поверхности тигля, а подачу жидкого металла для намораживания производят через диаметральный паз, выполненный на верхней кромке тигля, осуществляя при этом взаим-

ное перемещение тигля относительно затравки и затравки относительно тигля на толщину слоя, намораживаемого за один поворот затравки вокруг собственной оси.

2. Устройство для получения тел вращения методом послойной кристаллизации, включающее вакуумную камеру с размещенным в ней тиглем для жидкого металла, на верхней крышке которого выполнены сквозные диаметральный пазы для перемещения в них затравки, механизм вертикального перемещения и подпитки тигля, механизм горизонтального перемещения затравки относительно тигля, систему электронно-лучевого нагрева, отличающееся тем, что на боковой поверхности тигля соосно с диаметральной канавкой для введения затравки глубиной 0,15–0,3 от суммарной толщины намораживаемого слоя, причем диаметральный паз глубиной 1–3 мм для подачи жидкого металла и канавка для введения затравки выполнены под углом 70–90° к оси тигля и их ширина больше на 0,1–0,4 мм толщины затравки.

Изобретение относится к вакуумной металлургии и может быть использовано при изготовлении режущего инструмента, в частности, дисковых фрез.

Как известно, для обработки резанием используются различные виды материалов: углеродистые, легированные и быстрорежущие стали, твердые сплавы на основе карби-

дов вольфрама и титана, сверхтвердые материалы (минералокерамика, алмазы, различные модификации кубического нитрида бора). Наибольший объем снимаемой стружки приходится на инструмент из твердых сплавов и быстрорежущей стали [1].

Быстрорежущие стали - наиболее характерные для режущих инструментов. Они со-

(19) UA (11) 18135 (13) A

четают высокую теплостойкость (600–650°C, в зависимости от состава и обработки) с высокими твердостью (до HRC 58–70), износостойкостью при повышенных температурах и повышенным сопротивлением пластической деформации.

В зависимости от химического состава, а следовательно, и уровня основных свойств быстрорежущие стали подразделяются на стали нормальной и повышенной теплостойкости (производительности). Если содержание ванадия не превышает 2%, их относят к быстрорежущим сталям нормальной теплостойкости. Это стали P18, P9, P6M5. Быстрорежущие стали с более высоким содержанием ванадия, а также дополнительно легированные кобальтом относят к сталям повышенной теплостойкости (P12Ф3, P6M5Ф3, P18K5Ф2, P9K5, P6M5K5, P9M4K8 и др.).

К группе быстрорежущих сталей повышенной производительности следует отнести и быстрорежущие дисперсионно-твердеющие сплавы с интерметаллидным упрочнением. Наибольшее распространение получил сплав В11М7К23 (ЭП 831).

Исходные заготовки быстрорежущей стали получают по традиционной технологии путем металлургического передела (выплавки) с последующей специальной термической обработкой, заключающейся в закалке с высоких температур (1200–1300°C) и отпуске, вызывающем дисперсионное твердение.

Быстрорежущие стали относятся к ледобуритному классу. Избыточные карбиды быстрорежущей стали входят в состав эвтектики, образующейся по границам зерен аустенита или δ-феррита. Литая сталь из-за присутствия эвтектики имеет высокую хрупкость и низкую прочность. Существенное улучшение структуры и прочностных свойств достигается после горячей пластической деформации с обжатием выше 90%. Таким образом, технология получения быстрорежущих сталей является достаточно трудоемкой. Но с другой стороны, создание дешевого конкурентноспособного на мировом рынке режущего инструмента является чрезвычайно важной проблемой для Украины. Это обусловлено практически полным отсутствием на Украине исходного сырья для получения вольфрама, кобальта ванадия.

Суть предлагаемого авторами изобретения состоит в получении биметаллического инструмента путем намораживания режущей кромки из быстрорежущей стали на заготовку из обычной углеродистой стали.

Работы в данной области в бывшем СССР были начаты в 1938 году в Ленинградском физико-техническом институте под руководством д.т.н. профессора В.А.В.Степанова. В 1959 году им были опубликованы первые обобщающие работы [2, 3, 4] в этом направлении и сформулированы причины, объясняющие необходимость выполнения исследований, которые являются актуальными и на сегодняшний день.

1. Стремление сделать процесс получения металлических изделий более экономичным путем ликвидации затрат огромного количества энергии на деформирование металла, а также мощного дорогостоящего оборудования, требуемого для обработки.

2. Стремление создать приемы получения изделия из металла и сплава, из которых изделия нельзя изготовить путем обработки давлением в силу того, что эти металлы (сплавы) не обладают нужными для этого механическими свойствами.

3. Стремление сделать металлургический процесс непрерывным.

4. Стремление получить у материала изделия новые свойства. На основании данных физики металлов можно полагать, что регулированием процесса кристаллизации возможно получать изделия, материал которых по ряду свойств будет иметь более высокие показатели, по сравнению с теми, которые известны для материалов, полученных обработкой давлением.

В 1962 году вышла в свет монография Г.Ф. Баландина [5], в которой наиболее полно обобщены результаты исследований процесса формирования отливок способами намораживания, т.е. непосредственно из расплава.

Несмотря на обширные научные исследования достаточно простое, на первый взгляд техническое решение не было реализовано до настоящего времени. Причин здесь несколько:

1. Трудности, связанные с обеспечением однородности химического состава материала изделия, вследствие возникновения ликвационных процессов при расплавлении значительного количества сплава.

2. Необходимость защиты пространства, в котором происходит процесс намораживания, для исключения интенсивного окисления жидкого сплава и формируемого изделия.

3. Необходимость регулирования вязкости поверхностного натяжения сплавов.

Дальнейшее развитие металлургической науки, специальных способов расплавления металлов и формирования слитка [6] открыло реальные перспективы создания и

реализации способа получения биметаллических фрез в промышленном масштабе.

Применение концентрированных источников энергии (в частности, электронно-лучевых пушек) позволяет осуществить регулируемое поверхностное расплавление материала, что практически исключает развитие ливационных процессов. В этом случае легко обеспечить соответствие химического состава расплавленного и намораживаемого сплава. С другой стороны, поскольку процесс осуществляется в вакууме, практически исключается окисление жидкого металла и формируемой заготовки. Поэтому в последнее время предприняты попытки решения данной проблемы с помощью электронно-лучевой технологии. Б.А.Мовчаном, Н.Р.Музыкой и Манфредом Дитмаром Фабианом и Мафредом Теле [7] предложен способ изготовления тел вращения методом послойной кристаллизации на затравку, включающий введение вращающейся вокруг собственной оси затравки в соприкосновение с расплавом материала, захват тонкого слоя расплава поверхностью затравки с последующей кристаллизацией слоя на затравке, отличающийся тем, что, с целью получения сплошных заготовок заданного профиля с однородной тонкодисперсной макроструктурой и минимальным припуском на последующую механическую обработку, перед кристаллизацией каждый слой расплава на затравке пропускают, по меньшей мере, через охлаждаемый профилированный ролик, причем процесс осуществляется в вакууме. Способ также отличается тем, что слой материала на затравке перед пропуском через профилированный ролик оплавляют электронным лучом.

Несмотря на относительную простоту и возможность получения биметаллических заготовок различного профиля (форма заготовки, как это следует из описания заявки, обеспечивается с помощью профилированного ролика) способ не нашел промышленного применения по следующим причинам:

1. Невозможности обеспечения равномерного намораживания (толщины) каждого единичного слоя вследствие изменения теплового баланса в месте контакта жидкого металла с заготовкой.

До момента контакта заготовки с ванной жидкого металла глубину проплавления намораживаемого металла легко регулировать путем прецизионного изменения вкладываемой мощности.

В момент касания, вследствие погружения более холодной заготовки и затенения электронного луча будет происходить не-

контролируемое по толщине намораживание жидкого металла, вследствие изменения теплового баланса на границе жидкий расплав-вращающаяся заготовка.

2. Дополнительное оплавление поверхности каждого намораживаемого слоя не решает проблемы качества, поскольку не обеспечивается его полное проплавление из-за разности толщины по периметру заготовки. Оплавление на толщину максимального намораживания является вредным, так как там, где эта толщина меньше, будет происходить плавление поверхностных слоев самой заготовки и, как следствие изменение химического состава намораживаемого слоя.

Авторами в качестве примера приводится технологическая схема намораживания стали Р6М5 на заготовку из стали 20. Для формирования заданного профиля кристаллизующегося слоя в плоскости вращения затравки устанавливается охлаждаемый медный ролик с наружным диаметром 40 мм, торцевая полированная поверхность соответствует одному из необходимых профилей.

Известно [1], что быстрорежущая сталь в состоянии поставки подвергается ковке при температуре 1180–850°C и соответствующим отжигу и термической обработке. Следовательно, деформацию каждого намораживаемого слоя необходимо осуществлять при температуре не ниже 850°C (оптимальная температура деформации 980–1020°C), что технологически невозможно с помощью медного водоохлаждаемого вала, учитывая то обстоятельство, что твердость меди при столь высоких температурах очень низкая.

Видимо не случайно, что уже в следующем изобретении [8] те же авторы приводят несколько модернизированный вариант установки для изготовления тел вращения методом наслойной кристаллизации. Установка содержит вакуумную камеру, механизм закрепления затравки (заготовки) на торце горизонтально расположенного вала и вращения ее вокруг собственной оси, тигель с механизмом подпитки и систему электронно-лучевого нагрева и отличается тем, что, с целью получения биметаллических заготовок заданного профиля, не требующих дальнейшей механической обработки, она снабжена охлаждаемым профильным валком, расположенным в плоскости перпендикулярной к оси вращения вала, механизмом вращения вала, устройством синхронизации линейных скоростей вращения вала и вала и механизмом поступательного перемещения тигля.

Установка также отличается тем, что с целью улучшения качества кристаллизующихся на затравке слоев материала путем деформирования с заданной величиной пластической деформации, она снабжена устройством синхронизации перемещения тигля и вала, выполненным в виде шестерни, закрепленной на корпусе, и рейки, кинематически связанной посредством винтовой пары с механизмом поступательного осевого перемещения тигля. Механизм вращения вала выполнен в виде двух параллельно установленных в корпусе и соединенных между собой посредством шестерен валов, один из которых - ведомый, а другой - ведущий, соединен с приводом. Устройство синхронизации линейных скоростей вращения вала и вала выполнено в виде двух скошенных и обращенных своими скосами одна к другой втулок, первая из которых жестко скреплена с корпусом механизма вращения вала, а вторая свободно размещена на ведущем валу вала с возможностью поступательного перемещения направляющей и опирания при этом прямой торцевой стороной через упорный подшипник подпружиненное в осевом направлении фрикционное колесо, установленное на направляющей шпонке ведущего вала вала с возможностью осевого перемещения и контактирования с диском, связанным с механизмом вращения вала.

В приведенном варианте конструкции установки, как и в предыдущем случае, не решены основные технологические проблемы намораживания, а именно, сохранение заданного теплового баланса на границе раздела намораживаемый металл - вращающаяся заготовка и, как результат, обеспечение однородности каждого намораживаемого слоя по толщине и химическому составу, возможность надежного деформирования материала с помощью вала, учитывая необходимый нагрев заготовки до температуры 850-1020°C.

Этими же авторами в работе [9] описан способ изготовления тел вращения методом послойной кристаллизации, включающий введение вращающейся вокруг собственной оси затравки (заготовки) в соприкосновение с расплавом и намораживание слоя расплава на поверхность затравки, отличающийся тем, что с целью получения тел вращения с заданной анизотропией физико-механических и теплофизических свойств в кольцевом и радиальном направлениях, затравку поочередно вводят в соприкосновение по крайней мере с двумя расплавами различного состава и намораживают на затравку два и более слоя заданной толщины. Способ отличается также тем, что толщину каждого

слоя на затравке регулируют путем изменения количества оборотов затравки, находящейся в контакте с расплавом данного состава.

Установка для осуществления данного способа снабжена дополнительным тиглем с механизмом поворота затравки от данного тигля к другому.

Анализ результатов, приведенных в данном способе, свидетельствует о том, что его промышленная реализация чрезвычайно затруднена.

Во-первых, невозможно регулировать толщину единичного намораживаемого слоя путем изменения количества погруженной затравки в расплав, поскольку тепловой баланс на границе твердения - жидкая фаза постоянно будет меняться, а следовательно, будет меняться и толщина единичного намораживаемого слоя.

Во-вторых, невозможным представляется одновременное ручное управление восьмью электронно-лучевыми пушками.

При переводе затравки из одного положения в другое будет происходить обязательное экранирование электронных лучей, что недопустимо для ведения стабильного технологического процесса.

В-третьих не представляется возможным надежный контроль уровня жидкой ванны, а следовательно, глубина погружения затравки в каждом случае будет разной и, как результат, толщина единичного намораживаемого слоя будет различной.

В работе [10] описана установка для изготовления тел вращения методом послойной кристаллизации расплава на затравку.

Установка для изготовления тел вращения методом послойной кристаллизации на затравку, содержащая вакуумную камеру, затравку с механизмом вращения вокруг собственной горизонтальной оси, ванну для расплава с механизмом вертикального перемещения, систему электронно-лучевого нагрева, отличающаяся тем, что, с целью получения полых, преимущественно, кольцевых заготовок с высокой степенью дисперсности кристаллизующихся фаз, затравка выполнена в виде подвижных в радиальном направлении водоохлаждаемых секторов с ползунами и подпружиненным клиновым разжимным элементом, размещенным с возможностью перемещения вдоль оси вращения, причем установка снабжена ограничителем различного перемещения секторов. Сами же сектора снабжены регулятором расхода охлаждающей воды.

Анализ приведенных данных в описании изобретения и в примерах реализации

показывает, что осуществление данного способа в предложенном варианте тоже не возможно.

Известны различные тигельные устройства для плавки и испарения жидкого металла. Собственно, и при реализации данного способа жидкий (намораживаемый) металл находится в медном водоохлаждаемом кристаллизаторе. Жидкий металл не взаимодействует с металлом тигля (медью). Предлагается также осуществлять намораживание на медную водоохлаждаемую затравку. Известно, что процесс намораживания возможен только при условии смачивания (взаимодействия) затравки с намораживаемым металлом. Поскольку в данном случае процесс смачивания невозможен (процесс намораживания осуществляется на медную водоохлаждаемую затравку) жидкий металл будет просто скатываться с охлаждаемой затравки.

В работе [11] описан способ изготовления тел вращения методом послойной кристаллизации и установка для его осуществления. Способ включает введение вращающейся вокруг собственной оси затравки в контакт с расплавом и намораживание слоя расплава на затравку и отличается тем, что с целью улучшения качества намороженного слоя за счет измельчения его кристаллической структуры и равномерного распределения в нем упрочняющей фазы, затравке сообщают колебательные движения с частотой колебаний, превышающей более, чем в 180 раз частоту вращения заготовки, а амплитуду колебаний устанавливают из соотношения $0,025 \leq A \leq 0,1$, где A - амплитуда колебаний в мм.

Результаты исследований, проведенные авторами показали, что колебания расплава металла в дополнение к колебаниям затравки улучшают структуру закристаллизованного слоя. Наилучшая микроструктура соответствовала режиму, когда колебания затравки и колебания расплава находились в противофазе.

Несмотря на некоторое усовершенствование технологического процесса авторами не решены главные вопросы, а именно:

1. Сохранение необходимого уровня теплового баланса на границе жидкая фаза - затравка.

2. Обеспечение постоянной (равномерной) толщины намораживаемого слоя.

К сожалению, в описании изобретения авторами не приведены результаты, которые достигнуты при колебании затравки и расплава металла. Поэтому нельзя судить, какой выигрыш по долговечности изделия

достигается при дополнительном колебании затравки и расплава.

В работе [12] описан способ изготовления монолитных заготовок путем намораживания. Способ включает погружение затравки в металлический расплав в тигле и перемещение ее вверх относительно поверхности расплава и отличается тем, что с целью получения заготовки заданной формы по ее сечению и длине, повышения качества заготовки, поверхность расплава обогревают электронными лучами в вакууме, создают переменное температурное поле на поверхности расплава с изотермами, повторяющими форму сечения получаемой заготовки, и с температурой, близкой к температуре кристаллизации расплава, причем погружение затравки в расплав осуществляют соосно изотермам, эквидистантным форме сечения заготовки. Само переменное температурное поле формируют изменением положения зон и интенсивности электронно-лучевого нагрева. Для управления структурой намораживаемого металла, затравку периодически извлекают из расплава.

Авторами сделана попытка устранить технологические сложности процесса намораживания, связанные с изменением теплового баланса на границе раздела заготовки-намораживаемый материал. Практически это чрезвычайно трудно, используя даже указанное техническое решение, поскольку не контролируется уровень жидкого металла в тигле, температура охлаждаемой воды и плотность электронного пучка. Не случайно авторы осуществляют периодическое извлечение затравки из расплава для того, чтобы хоть в какой-то мере стабилизировать тепловое поле на поверхности расплава.

Не представляется также возможным поддерживать в жидком состоянии металл в тигле размером, как указывают авторы, 200x300x40 мм, а затем еще и перегревать расплав в зонах касания и жидкого расплава. В этом случае неизбежно испарение легколетучих компонентов, прежде всего хрома и марганца из быстрорежущей стали P6M5 и, следовательно изменение химического состава намороженного расплава.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому изобретению является способ изготовления заготовок методом послойной кристаллизации и установка для его осуществления [13], содержащая вакуумную камеру с размещенным в ней тиглем для жидкого металла, механизм вертикального перемещения и подпитки тигля жидким металлом, механизм горизонтального переме-

щения затравки относительно тигля, систему электронно-лучевого нагрева, отличающийся тем, что с целью получения плоских заготовок в верхней торцевой части тигля выполнены сквозные диаметрально пазы для размещения в них затравки, причем механизм перемещения затравки выполнен с возможностью перемещения затравки в пазах относительно тигля.

Установка отличается также тем, что, с целью получения заданного профиля слоев и их охлаждения, она снабжена водоохлаждаемым профильными вальками, закрепленными в вакуумной камере с возможностью взаимодействия с нижней торцевой частью затравки и перемещения совместно с тиглем.

Для предотвращения деформации затравки и регулирования ее температуры, установка снабжена охлаждаемыми пластинами, прикрепленными к боковым поверхностям затравки.

Указанный способ позволяет производить послойное намораживание на плоские заготовки и может быть использован на производстве изделий инструментальной промышленности, в частности, износостойких пил.

Дисковые пилы и изделия типа тел вращения указанным способом не могут быть изготовлены.

Задачей настоящего изобретения является улучшение качества биметаллических дисковых фрез путем прецизионного регулирования химического состава, толщины единичного намораживаемого слоя и температуры нагрева заготовки (затравки).

Для реализации указанного способа авторами предложена принципиально новая технологическая схема получения тел вращения методом послойной кристаллизации. Принципиальное отличие предлагаемого способа от всех известных технических решений, где намораживание осуществляется путем окунания затравки в жидкий расплав, заключается в том, что в данном случае осуществляется программируемое намораживание "наматыванием" пленки жидкого металла заданной толщины и ширины на нагретую до необходимой температуры заготовку (фиг. 1, 2, 3).

Способ изготовления тел вращения методом послойной кристаллизации включает введение вращающейся вокруг собственной оси затравки в контакт с расплавом и намораживание слоя на затравку, отличается от известных тем, что для улучшения качества намороженного слоя за счет регулирования структуры намораживание на затравку осуществляется путем введения затравки в ка-

навку, выполненную на боковой поверхности тигля. Глубина канавки для введения затравки составляет 0,15–0,3 суммарной толщины намораживаемого слоя. Подача жидкого металла для намораживания осуществляется с помощью сквозного паза, выполненного на верхней кромке тигля. Паз для подачи жидкого металла и канавки для введения затравки выполнены перпендикулярно друг другу. Глубина паза для подачи жидкого металла составляет 1–3 мм.

Экспериментально установлено, что для ведения технологического процесса необходимо, чтобы ширина паза и канавки была больше на 0,1–0,4 мм толщины затравки. Предусмотрено также взаимное перемещение тигля относительно затравки (или затравки относительно тигля) на полную толщину намороженного слоя.

Технологический процесс ведут следующим образом.

В тигель 1 помещается слиток 2. Рабочая камера 3 вакуумируется. В две форкамеры 4 и 5 на специальных водоохлаждаемых штоках 6 размещаются затравки 7. Форкамеры также вакуумируются. После достижения необходимой степени вакуума включаются электронно-лучевые пушки 8, 9. Сканирующим электронным лучом пушки 8, 9. Сканирующим электронным лучом пушки 8 осуществляется разогрев и плавление металла, предназначенного для намораживания.

Сканирующим электронным лучом пушки 9 разогревается затравка 7. После достижения заданных параметров технологического режима намораживания, включается плавная подача штока 10, обеспечивающего подъем слитка 2. Жидкий металл, достигнув определенного уровня, перетекает по пазу 13. Требуемая жидкотекучесть расплавленного металла в водоохлаждаемом разду 13 поддерживается с помощью электронно-лучевой пушки 11. Достигнув торцевой поверхности вращающейся затравки 7, жидкий металл, кристаллизуясь на ней, образует намороженный слой. Длительность технологического цикла намораживания определяется достижением заданной толщины намороженного слоя 14. Ниже приведены примеры осуществления данного способа.

Пример 1. Опытно-промышленную реализацию указанного способа осуществляли на электронно-лучевой установке ЭЛУН-1, специально спроектированной для этих целей. В тигель 1 диаметром 70 мм помещали слиток быстрорежущей стали Р6М5 диаметром 68,5 мм и длиной 500 мм. Камеру вакуумировали. В двух вспомога-

тельных камерах 4 на водоохлаждаемых штоках 6 размещали затравки 7 диаметром 80 мм и толщиной 20 мм из стали Ст 45. Зазор между затравками 7 составлял 25–30 мм. На каждом штоке 6 одновременно устанавливали восемь затравок 7. Вспомогательные камеры 4 также вакуумируются. После достижения вакуума $1-3 \cdot 10^{-2}$ мм рт.ст. в рабочей и вспомогательной камерах включается электронно-лучевая пушка 8 и производится поверхностное плавление слитка 2. Оплавление поверхности слитка производится программируемым электронным лучом с помощью кольцевой развертки таким образом, что глубина проплавления поверхности слитка не превышает 3–4 мм. Ток луча составляет 0,4–0,6 А, ускоряющее напряжение 18 кВ. При вкладываемой мощности 7,2–10,8 кВт практически не наблюдается испарение легколетучих компонентов быстрорежущей стали Р6М5 хрома и марганца, концентрация которых составляет 3,8–4,4% и не более 0,4% по массе, соответственно.

Высота поверхности зеркала жидкой ванны 12 поддерживается на уровне нижней кромки паза 13. Контроль за уровнем металлической ванны осуществляется с помощью телевизионного метода с датчиком на видиконе, который обеспечивает измерение контрастной границы между зеркалом металлической ванны и стенкой тигля с точностью 0,2–0,5 мм [14].

В таком положении открывается вакуумный затвор 15 и водоохлаждаемый шток 6 с затравками 7 перемещается из форкамеры (шлюзовой камеры) в рабочую камеру. Рабочее положение штока с затравками контролируется с помощью датчика линейного перемещения штока. Тигель 1 в это время находится в положении, когда затравка 7 не введена в канавку 16. С помощью электронно-лучевой пушки 9 затравка 7 нагревается до температуры $850 \pm 10^\circ\text{C}$. Температура нагрева контролируется с помощью специально разработанного фотоэлектрического пирометра [15]. Время нагрева заготовки 3–5 минут. Ускоряющее напряжение 18–20 кВ, ток луча 0,3–0,4 А, скорость вращения затравки - 3 об/мин. После достижения заданной температуры кристаллизатор 1 со слитком 2 перемещается по направлению к затравке. Затравка входит в канавку 16. Положение затравки относительно кристаллизатора фиксируется с помощью специальных датчиков. Зазор между плоскостью затравки 7 на которую осуществляется намораживание и верхней кромкой паза 13 не превышает 0,1 мм. Замкнутая система управления уровнем жидкого металла позволяет легко согласовывать скорость под-

ачи жидкого металла со скоростью его намораживания на затравку. В момент, когда мениск жидкого металла находится на высоте 0,6–1 мм выше нижней кромки паза 13 включается электронно-лучевая пушка 11, с помощью которой осуществляется подогрев, находящегося в жидком состоянии металла в пазе 13 для исключения его примерзания к холодным стенкам кристаллизатора 1. Ток луча пушки 11 0,3–0,4 А. Технологический процесс намораживания слоя 14 на затравку 7 толщиной 10 мм длится 12–15 минут. Толщина единичного намороженного слоя (слоя, намораживаемого за один оборот затравки) составляет 0,6–0,9 мм. В процессе намораживания осуществляется перемещение тигля 1 на толщину каждого единичного намороженного слоя. После завершения процесса намораживания тигель 1 отводится от затравки с намороженным слоем, шток с затравками переводится в положение для намораживания второй затравки и технологический цикл намораживания повторяется.

П р и м е р 2. В качестве исходного материала для намораживания использован слиток углеродистой инструментальной стали У10 диаметром 68,5 мм и длиной 300 мм, которая как известно широко используется для изготовления деревообрабатывающего инструмента, в частности, столярных пил. Процесс намораживания вели аналогично описанному в примере 1 с тем лишь отличием, что температуру нагрева заготовки поддерживали в диапазоне $760 \pm 20^\circ\text{C}$. Толщину намороженного слоя варьировали от 6 до 8 мм.

П р и м е р 3. В качестве исходного материала для намораживания использованы слитки стали 9ХФ. Указанная сталь широко применяется для изготовления круглых строгальных пил. Химический состав стали 9ХФ следующий в % по массе: С - 0,80–0,90; Si - 0,15–0,35; Mn - 0,30–0,60; Cr - 0,40–0,70; V - 0,15–0,30; Fe - остальное. Процесс намораживания стали 9ХФ проводили по режимам, описанным в примерах 1, 2. Температуру нагрева затравки поддерживали в диапазоне $850 \pm 20^\circ\text{C}$. Толщина намороженного слоя 10–12 мм.

П р и м е р 4. В качестве исходного материала для намораживания легированной стали использовали слитки инструментальной легированной стали 11ХФ. Химический состав стали: С - 1,05–1,15; Si - 0,15–0,35; Mn - 0,40–0,70; Cr - 0,40–0,70; V - 0,15–0,30; Fe - остальное. Указанная сталь используется для изготовления режущего инструмента диаметром до 30 мм, в частности, хирургического инструмента. Процесс

намораживания стали 11 ХФ вели по режимам, описанным в примере 1, 3. Температура нагрева затравок $850 \pm 20^\circ\text{C}$. Толщина намораживаемого слоя 4–6 мм.

Приведенные выше примеры подтверждают универсальность предлагаемого метода для получения различных типов дискового инструмента.

Положительный эффект, ожидаемый от использования объекта заключается в следующем: в техническом отношении впервые предложена принципиально новая технологическая схема, позволяющая прецизионно управлять процессом намораживания практически любых металлов и сплавов.

Это достигается благодаря согласованию скорости подачи жидкого металла и кристаллизации самого металла на затравке.

Малая поверхностная глубина проплавления слитка (2–4 мм) практически исключает фракционирование жидкого сплава сложного химического состава, что невозможно было достигнуть во всех рассмотренных выше указанных способах намораживания жидкого металла.

Возможность управления структурой намораживаемого слоя путем прецизионного регулирования толщины единичного намораживаемого слоя и температуры нагрева затравки. Возможность изменения температуры затравки по заданной программе в процессе технологического цикла намораживания.

Простота и экологическая чистота предлагаемого способа, поскольку сам процесс осуществляется в вакууме.

В экономическом плане целесообразность предлагаемого способа несомненна, поскольку позволяет экономить до 95% дорогостоящих быстрорежущих сталей. Здесь уместно отметить, что цена тонны быстрорежущей стали типа Р6М5 в настоящее время составляет примерно 4,5 тыс. дол. США.

Использованная литература

1. Конструкционные материалы. Под общей ред. д.т.г. Б.Н.Арзамасова, М., "Машиностроение", 1990, с.687.

2. Степанов А.В. Новый способ получения изделий (листов, труб, прутков различного профиля и т.п.) непосредственно из расплава (сообщение 1). - Журнал технической физики, 1959, Т. XXIX, вып. 4, с.381–393.

3. Шах-Будагов А.А. и Степанов А.В. Новый способ получения изделий (листов, труб, прутков и т.п.) непосредственно из расплава (сообщение 2). - Журнал технической физики, 1959, Т. XXIX, вып. 3, с.394–401.

4. Степанов А.В. Новый способ получения изделий непосредственно из расплава.

Вестник машиностроения, 1959, № 11, с.47–50.

5. Баландин Г.Ф. Литье намораживанием. М., Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1962, с.261.

6. Мовчан Б.А., Тихоновский А.Л., Куратов Ю.А. Электронно-лучевая плавка и рафинирование металлов и сплавов. Киев, "Наукова думка", 1973, с.231.

7. Мовчан Б.А., Музыка Н.Р., Горба Н.А., Дитмар Фабиан, Манфред Тэле. Способ изготовления тел вращения методом послойной кристаллизации на затравку.

15 Положительное решение по заявке № 4485039 от 21.09.88.

8. Мовчан Б.А., Музыка Н.Р., Горба Н.А. Установка для изготовления тел вращения методом послойной кристаллизации на затравку. Положительное решение по заявке № 4630622 от 21.09.88.

20 9. Мовчан Б.А., Музыка Н.Р., Горба Н.А. Способ изготовления тел вращения методом послойной кристаллизации и установка для его осуществления. Положительное решение по заявке № 4497754 от 24.10.88.

25 10. Мовчан Б.А., Музыка Н.Р., Горба Н.А. Способ изготовления тел вращения методом послойной кристаллизации и установка для его осуществления (Авт.св. СССР № 1701752 от 26.06.89).

30 11. Мовчан Б.А., Музыка Н.Р., Горба Н.А., Панна В.А. Установка для изготовления тел вращения методом послойной кристаллизации на затравку. Положительное решение по заявке № 4497755/31–02 от 24.10.88.

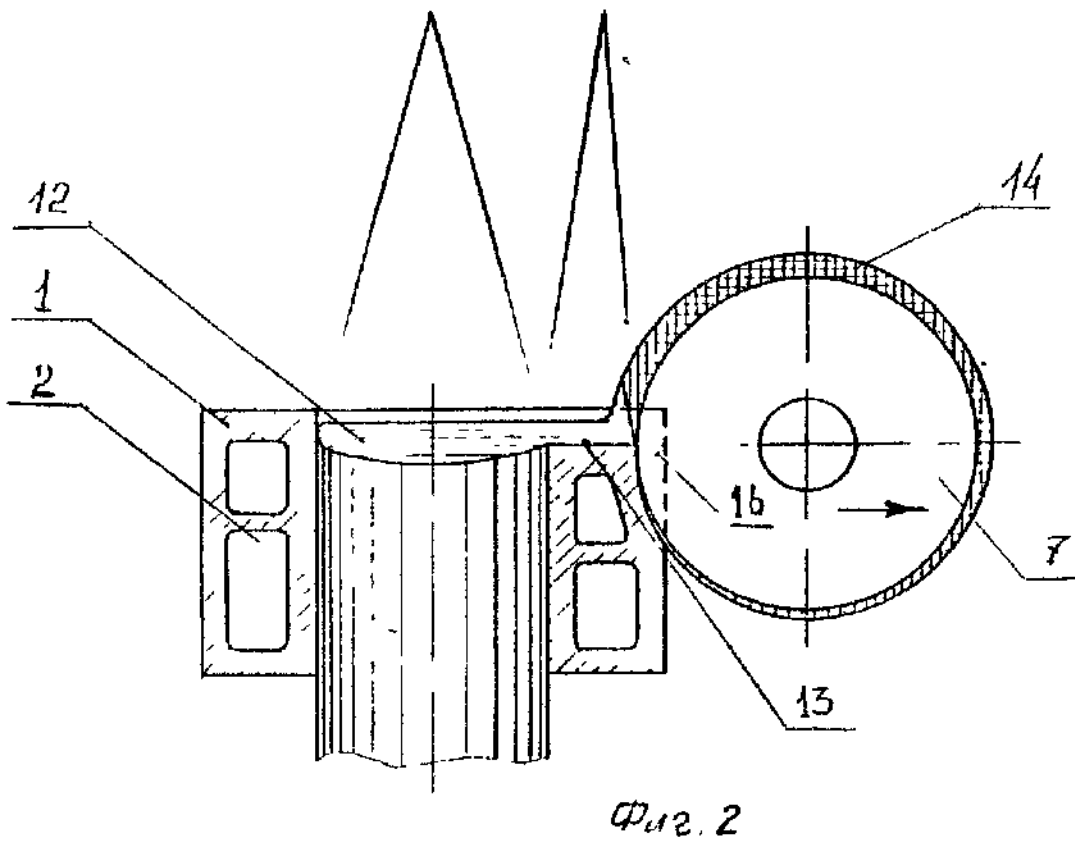
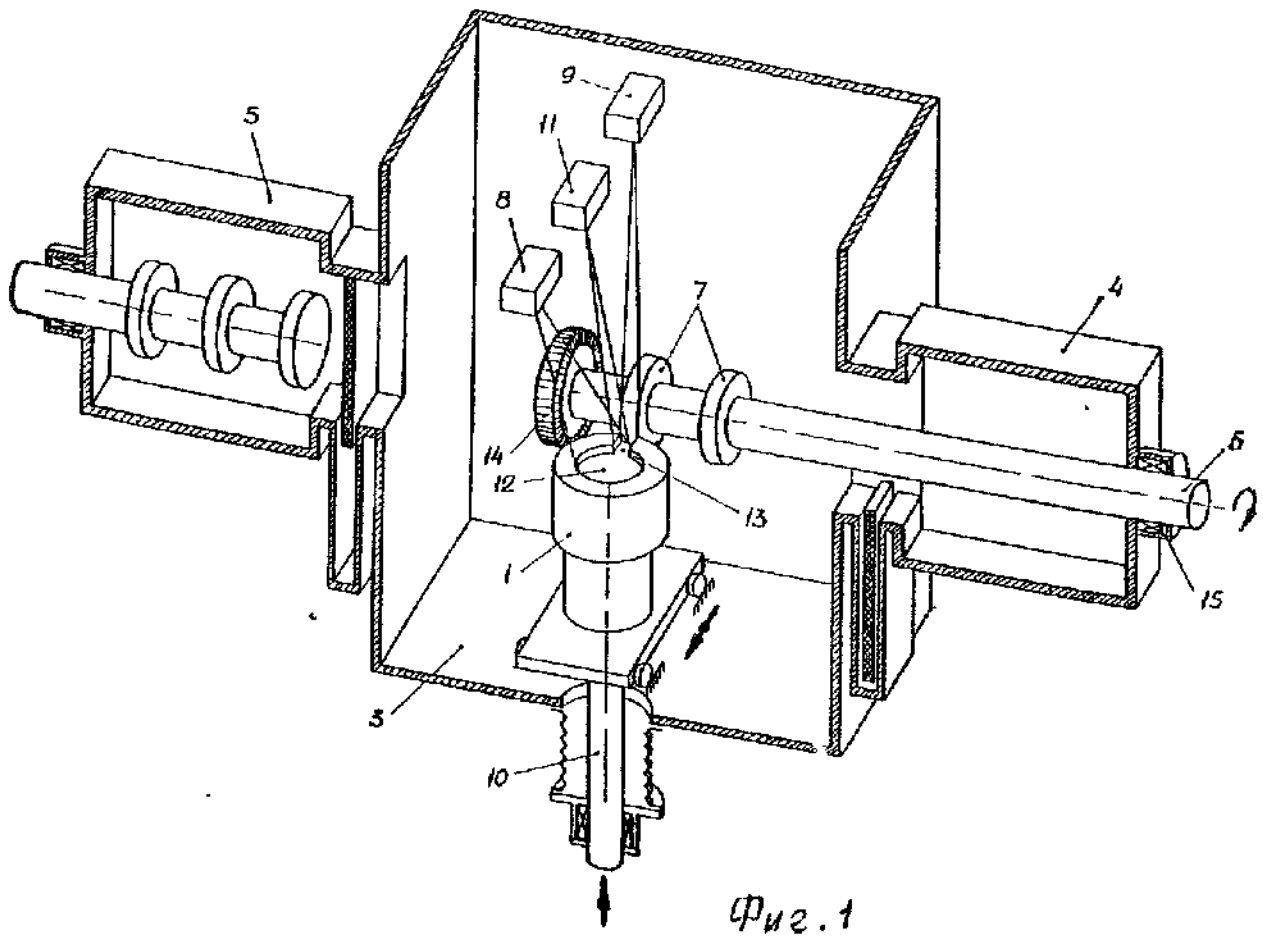
35 12. Мовчан Б.А., Панна В.А., Черненко Е.В., Горба Н.А. Способ изготовления монолитных заготовок путем намораживания (Авт.св. СССР № 1700074 от 23.12.91).

40 13. Мовчан Б.А., Музыка Н.Р., Горба Н.А., Панна В.А. Установка для изготовления заготовок методом послойной кристаллизации металла на затравку. Положительное решение по заявке № 4499552/31–02 от 30.10.88.

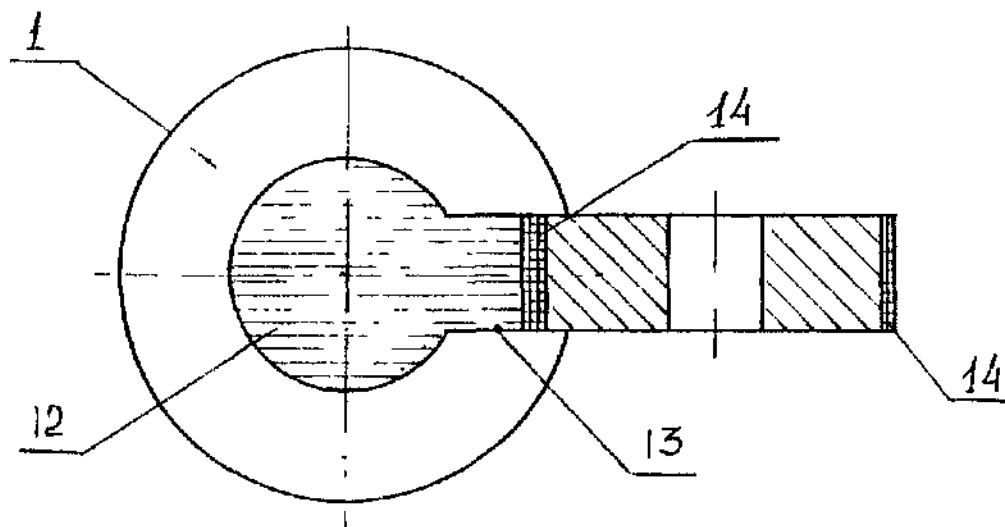
45 14. Мищенко В.П., Подола Н.В., Воробьев В.Н., Тарасов С.С. Автоматизированная система управления процессом электронно-лучевого нанесения покрытия. - Проблемы специальной электрометаллургии, 1985, № 3, с.45–50.

50 15. Мищенко В.П., Осечков П.П., Косенко И.А. Устройство для контроля температуры напыляемых изделий при электронно-лучевом испарении. Проблемы специальной электрометаллургии, 1982, вып. 16, с.57–60.

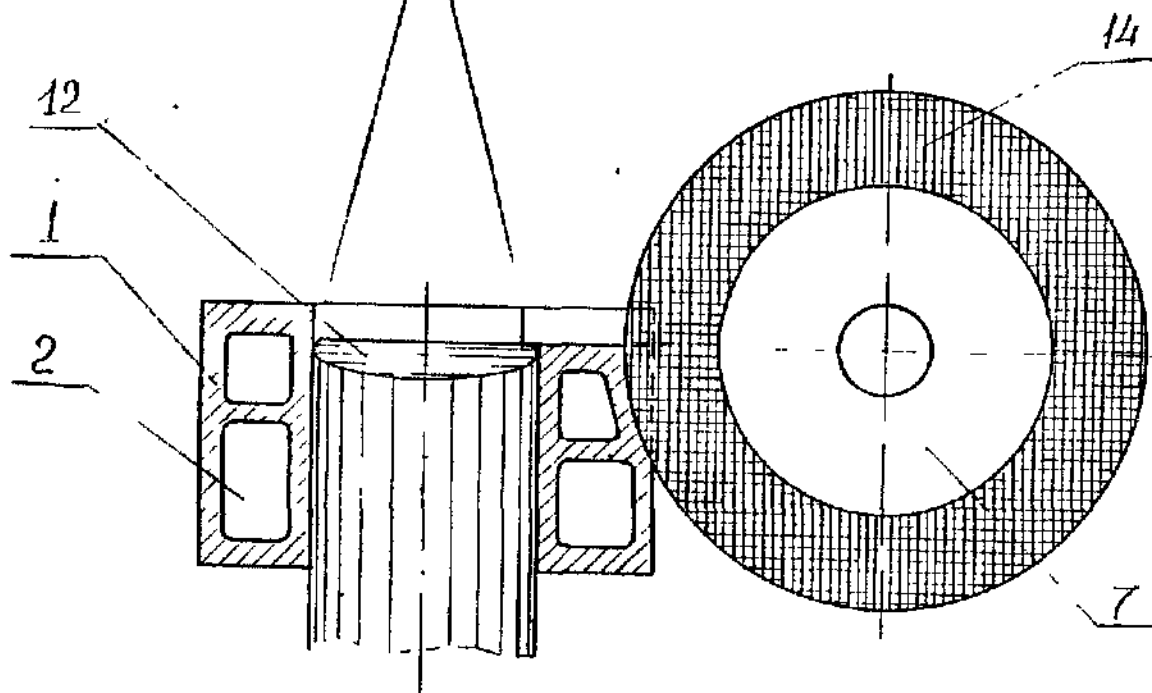
18135



18135



Фиг. 3



Фиг. 4

Упорядник

Техред Н.Румянцева

Коректор Л.Лукач

Замовлення 4268

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101