



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
C23C 14/06 (2023.02); C23C 14/24 (2023.02); C23C 14/56 (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2023102323, 02.02.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.02.2023

Дата регистрации:
11.05.2023

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 02.02.2023

(45) Опубликовано: 11.05.2023 Бюл. № 14

Адрес для переписки:
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10, ФГБОУ
ВО "КНИТУ", Лустина Александра
Алексеевна

(72) Автор(ы):
Аввакумов Илья Ильгизарович (RU),
Гавариев Ренат Вильсорович (RU),
Савин Игорь Алексеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Казанский национальный
исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ" (RU)

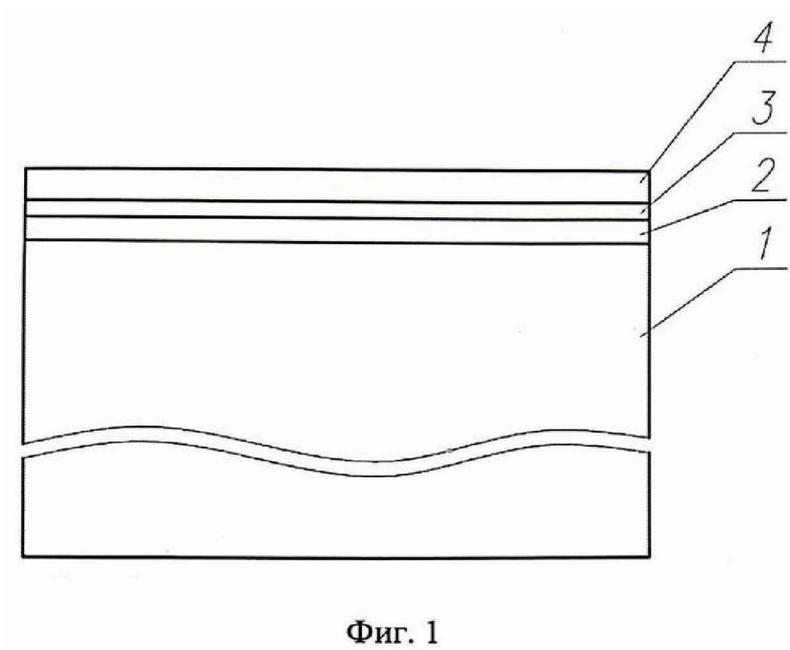
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2569870 C1, 27.11.2015. RU 205710
U1, 29.07.2021. RU 2784152 C1, 23.11.2022. RU
2767970 C1, 22.03.2022. RU 2784931 C1,
01.12.2022. US 20050255329 A1, 17.11.2005. US
20090068450 A1, 12.03.2009.

(54) Способ получения защитного покрытия в вакууме на формообразующей поверхности металлической пресс-формы для литья магниевых сплавов

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу получения защитного покрытия в вакууме на формообразующей поверхности металлической пресс-формы для литья магниевых сплавов. Проводят предварительный нагрев и очистку формообразующей поверхности металлической пресс-формы путем бомбардировки ионами, осуществляемой с помощью ионного излучателя. Затем на указанную поверхность металлической пресс-формы, расположенную на вращающемся основании, методом катодно-ионной

бомбардировки в вакуумной камере наносят нижний адгезионный слой из нитрида титана толщиной 2 мкм и твёрдостью 55-58 HRC. Поверх нижнего адгезионного слоя наносят промежуточный слой из карбонитрида титана и молибдена толщиной 1,5 мкм и твёрдостью 63-65 HRC и верхний слой из нитрида молибдена толщиной 2,5 мкм и твёрдостью 57-61 HRC. Обеспечивается повышение эксплуатационного ресурса пресс-формы для литья под давлением магниевых сплавов. 2 ил.



Фиг. 1

RU 2795775 C1

RU 2795775 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C23C 14/06 (2006.01)
C23C 14/24 (2006.01)
C23C 14/56 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

C23C 14/06 (2023.02); C23C 14/24 (2023.02); C23C 14/56 (2023.02)(21)(22) Application: **2023102323, 02.02.2023**(24) Effective date for property rights:
02.02.2023Registration date:
11.05.2023

Priority:

(22) Date of filing: **02.02.2023**(45) Date of publication: **11.05.2023** Bull. № 14

Mail address:

**420111, g. Kazan, ul. K. Marksa, 10, FGBOU VO
"KNITU", Lustina Aleksandra Alekseevna**

(72) Inventor(s):

**Avvakumov Ilia Ilgizarovich (RU),
Gavariyev Renat Vilsorovich (RU),
Savin Igor Alekseevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia "Kazanskii natsionalnyi
issledovatel'skii tekhnicheskii universitet im. A.N.
Tupoleva - KAI" (RU)**(54) **METHOD FOR PRODUCING A PROTECTIVE COATING IN VACUUM ON THE FORMING SURFACE OF A METAL MOLD FOR CASTING MAGNESIUM ALLOYS.**

(57) Abstract:

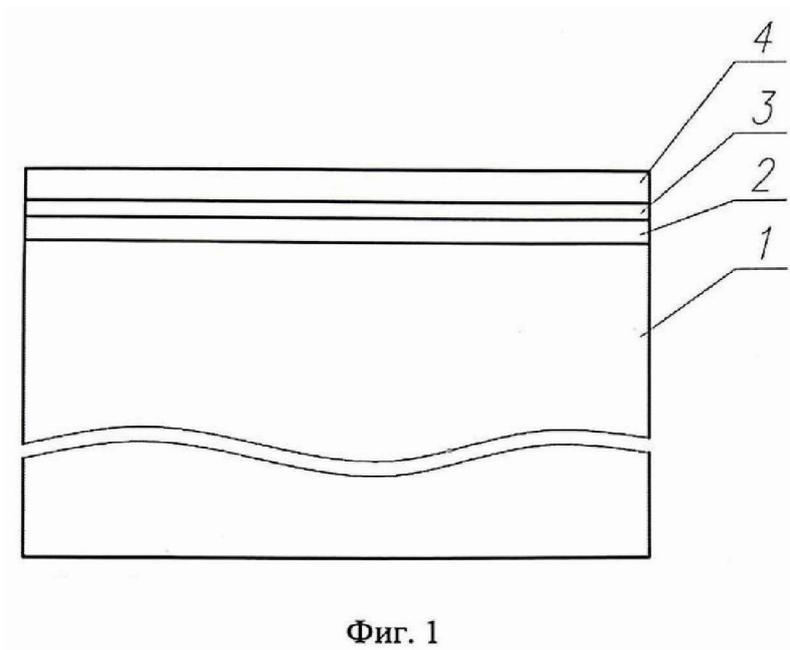
FIELD: foundry operations.

SUBSTANCE: invention can be used to improve the durability of a metal mould for casting magnesium alloys. Preheating and cleaning of the shaping surface of the metal mould is carried out by ion bombardment using an ion emitter. On the specified surface of a metal mould located on a rotating base, a lower adhesive layer of titanium nitride with a thickness of 2 µm and a hardness of 55-58 HRC is applied by cathode-ion

bombardment in a vacuum chamber. An intermediate layer of titanium and molybdenum carbonitride with a thickness of 1.5 µm and a hardness of 63-65 HRC and an upper layer of molybdenum nitride with a thickness of 2.5 µm and a hardness of 57-61 HRC are applied over the lower adhesive layer.

EFFECT: increased service life of a mould for injection moulding of magnesium alloys.

1 cl, 2 dwg



Фиг. 1

RU 2795775 C1

RU 2795775 C1

Изобретение относится к литейному производству и может быть применено для повышения стойкости металлической пресс-формы для литья магниевых сплавов.

Известно «Износостойкое покрытие и способ его получения» (патент РФ №2136777, С23С 4/06, опубл. 10.09.1999). В предлагаемом способе для получения покрытия готовят исходную порошковую шихту, состоящую из самофлюсующегося сплава системы Ni (Co) - Cr - Si - В, дисперсность частиц которого составляет 40 - 100 мкм, и упрочняющей добавки на основе двойного бориды металла с дисперсностью частиц 40 - 90 мкм. При этом содержание частиц размером менее 50 мкм составляет 22 - 36% от общего количества частиц упрочняющей добавки, а содержание частиц размером более 50 мкм составляет 64 - 78% от общего количества частиц упрочняющей добавки. Может быть использован порошок самофлюсующегося сплава следующего состава: ПГ - СР2, ПГ - СР3, ПГ - СР5, стеллит. Смесь тщательно перемешивают и затем подают под срез газовоздушного плазмотрона для напыления на стальные образцы (Ст.3), предварительно подвергнутые дробеструйной обработке и обезжириванию. Напыление проводят при мощности плазмотрона 40 - 60 кВА. После нанесения покрытия его подвергают оплавлению при температуре 1030-1060°С газокислородным пламенем. Износостойкость покрытия определяют по стандартной методике (ГОСТ 17367-71) на машине Х4 - Б.

К недостаткам данного способа можно отнести:

- сложность процесса нанесения покрытий;
- использование во всех слоях в различных соотношениях одних и тех же материалов не исключает вероятности возникновения и распространения трещин в покрытии из-за наличия границ между слоями;
- покрытие не достигает максимальной твердости, определенной структурой кристаллов нитрида.

Наиболее близким техническим решением, принятым за прототип, является «Металлический кокиль для литья магниевых сплавов с многослойным покрытием» (патент РФ №205710, В22D 15/04, D22C 23/02, опубл. 29.07.2021). Устройство представляет собой металлическую форму для литья магниевых сплавов, содержащую формообразующие поверхности с покрытием, при этом покрытие имеет три слоя, первый, нижний слой, выполнен толщиной 1,5 мкм и твердостью 51-56 HRC из нитрида титана для адгезионной связи покрытия с поверхностью металлического кокиля, второй, промежуточный слой, толщиной 2 мкм и твердостью 60-66 HRC из карбонитрида титана и молибдена, обеспечивающий твердость покрытию, третий, верхний слой, толщиной 1,0 мкм и твердостью 52-57 HRC из нитрида молибдена для обеспечения низкого коэффициента трения, причем слои покрытия нанесены катодно-ионной бомбардировкой.

Можно выделить следующие недостатки описанной формы, влияющие на эксплуатационный ресурс:

- понижение температуры конденсации нижнего и первого слоя покрытия приводит к нарушению процесса его структурообразования и формированию неравновесных структур с низкими эксплуатационными свойствами;
- уменьшение температурных параметров осаждения приводит к неконтролируемому изменению элементного и фазового состава и, как следствие, требуемых свойств покрытия, что недопустимо в условиях воздействия значительных эксплуатационных нагрузок и воздействия агрессивной среды;
- промежуточные металлические слои TiCN незначительно снижают физико-механические, трибологические и коррозионные свойства покрытия в целом.

Предлагаемое изобретение направлено на устранение недостатков, присущих аналогам и прототипу.

Решаемой технической проблемой является создание металлической пресс-формы для литья магниевых сплавов с многослойным защитным покрытием, с улучшенными эксплуатационными свойствами.

Техническим результатом заявляемого изобретения является повышение эксплуатационного ресурса пресс-формы для литья под давлением магниевых сплавов.

Технический результат достигается тем, что на предварительно очищенную формообразующую поверхность металлической пресс-формы методом катодно-ионной бомбардировки наносят слой толщиной 2 мкм твердостью 55-58 HRC из нитрида титана для адгезионной связи покрытия с поверхностью металлической пресс-формы, затем поверх нижнего слоя наносят промежуточный слой толщиной 1,5 мкм твердостью 63-65 HRC из карбонитрида металлов титана и молибдена для обеспечения высокой твердости всего покрытия, далее наносят верхний слой толщиной 2,5 мкм твердостью 57-61 HRC из нитрида молибдена при чем, нанесение всех слоев осуществляется методом катодно-ионной бомбардировки в вакуумной камере, при этом покрываемую формообразующую поверхность кокиля располагают на вращающейся основе, рядом с которой в одно горизонтальной плоскости напротив друг друга установлены катоды, испарение которых осуществляют с помощью электрической дуги в испарителе с одновременным действием ионного излучателя в среде реакционного газа.

Новизной данного изобретения являются:

- использование метода катодно-ионной бомбардировки для нанесения всех слоев покрытия на формообразующую поверхность пресс-формы для литья магниевых сплавов;

- повышенная стойкость пресс-формы к ударным нагрузкам, возникающим при литье магниевых сплавов под давлением;

- состав покрытия для формообразующих поверхностей пресс-формы для литья магниевых сплавов.

При литье в пресс-форму формообразующие поверхности металлической пресс-формы 1 (фиг. 1) испытывают значительные воздействия со стороны заливаемого расплава, приходящие к дефектам различного рода на поверхности и в теле пресс-формы. Среди них, наиболее распространенными являются трещины разгара, возникающие в результате действия термических напряжений. Поэтому при литье магниевых сплавов, таких как МЛ1, МА15, ВМЛ1-ВМЛ-2 (сплав цинка, алюминия и магния), вопрос повышения теплостойкости пресс-формы является актуальным. В указанных условиях многослойное защитное покрытие, состоящее из следующих слоев: нитрид титана 2, карбонитрид металлов титана и молибдена 3 и нитрид молибдена 4, должно обладать рядом преимуществ, выделяющих его на фоне других возможных решений. Данное покрытие обладает повышенной износостойкостью и прочностью, как и существующие аналоги. Стоит отметить, что высокая износостойкость и твердость, а также высокая прочность сцепления должна соответствовать всем слоям покрытия, помимо этого каждый слой должен выполнять определенные, соответствующие ему свойства. Согласно теоретических рекомендаций [Гавариев, Р.В. К вопросу литья сплавов цветных металлов в металлические формы // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. - 2018. - Т. 74. - №2. - С. 56-60] положительные свойства слоев суммируются и образуют совокупность положительных свойств для всего покрытия, поэтому для процесса литья в пресс-форму должны быть обеспечены следующие условия: нижний слой должен обеспечивать

максимальную прочность сцепления покрытия с материалом пресс-формы, средний должен обладать максимальной микротвердостью, а верхний минимальным коэффициентом трения. При этом, за счет подбора оптимального состава, а также величины твердости и толщины каждого слоя возможно обеспечение высоких показателей по уровню теплостойкости [Гавариев, Р.В. К вопросу проектирования кокилей / Р.В. Гавариев, Д.Л. Панкратов Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. - 2020. - Т. 76. - №2. - С. 63-67]. Каждый слой покрытия обладает своим, отличным от других, коэффициентом температурного расширения ($K_{Тр}$). Поэтому, при воздействии тепловых факторов, возможно появление растягивающих напряжений, которые приведут к появлению трещин. Однако, если слои расположить, таким образом, что каждый последующий слой, начиная от поверхности пресс-формы, будет обладать меньшим значением $K_{Тр}$, то напряжения будут сжимающими, что обеспечит целостность поверхности покрытия, что и было реализовано в предлагаемом покрытии.

Процесс нанесения покрытий на формообразующую поверхность металлической пресс-формы, расположенного на вращающемся основании 6 (фиг. 2) производится методом катодно-ионной бомбардировки на установке типа «Булат» в вакуумной камере 5 с двумя катодами 7 из титана и молибдена горизонтально расположенными в испарителе 8 горизонтально в одной плоскости напротив друг друга. Перед нанесением слоев, покрываемую деталь пресс-формы бомбардируют ионами при помощи ионного излучателя 9 для очистки формообразующей поверхности от инородных частиц. Весь процесс нанесения покрытия происходит в среде реакционного газа 10.

Физическая сущность процесса заключается в адгезионной связи двух разнородных тел, при этом процесс проходит за две стадии: на первой происходит сближение поверхностей, а затем образование химических связей на уровне атомов. Инертные в обычных условиях тела активируются каким-либо способом: термическим, механическим, радиационным, то есть подводом энергии. При этом разрушаются поверхностные пленки и электронные конфигурации. После чего происходит сближение двух фаз за счет сил Ван дер Вальса, это приводит к перекрытию электронных оболочек поверхностных атомов. Высвобождающиеся при этом атомы участвуют в образовании новых конфигураций с уже различными кристаллами. Так происходит взаимопроникновение различных материалов на атомарном уровне, что обеспечивает повышенный уровень адгезии.

Процесс нанесения покрытия проходит при следующих рабочих параметрах: давление в рабочей камере достигает $4,9 \cdot 10^3$ Па, температура разогрева пресс-формы - 330°C , ток соленоида 3,8А, напряжение на аноде 1200 В, ток анода 0,15А.

Сравнение показателей стойкости различных покрытий осуществлялось при помощи многофакторного эксперимента процесса литья в пресс-форму детали из сплава МЛ1. Суть процесса литья в пресс-форму заключается в том, что в пресс-форме имеется формообразующая поверхность, в которую подается расплав. Застывая, наружная поверхность получаемой отливки принимает форму, соответствующую формообразующей поверхности. Для эксперимента была изготовлена пресс-форма с несколькими формообразующими поверхностями с использованием различных способов повышения стойкости изделий, таких как: азотирование, цианирование, описываемый в прототипе и предлагаемый в данной заявке способ, при котором на предварительно очищенную формообразующую поверхность металлической пресс-формы методом катодно-ионной бомбардировки наносят слой толщиной 2 мкм твердостью 55-58 HRC из нитрида титана для адгезионной связи покрытия с поверхностью металлической

пресс-формы, затем поверх нижнего слоя наносят промежуточный слой толщиной 1,5 мкм твердостью 63-65 HRC из карбонитрида металлов титана и молибдена для обеспечения высокой твердости всего покрытия, далее наносят верхний слой толщиной 2,5 мкм твердостью 57-61 HRC из нитрида молибдена. При этом, были получены следующие показатели стойкости: азотированная и цианированная формообразующие поверхности показали примерно одинаковые значения, равные примерно 5000 циклам запрессовок, формообразующая поверхность, изготовленная по способу, описанному в прототипе показала значение стойкости в 6300 циклов, наибольший результат соответствовал формообразующей поверхности, с покрытием предлагаемом в данной заявке - 7500 циклов, что в 1,4 раза больше, чем у прототипа. Прочность сцепления покрытия с материалом кокиля определялась при помощи механического адгезиметра Константа АЦ, при этом, согласно методике производственных испытаний на основе 5 измерений количественная величина составила 47 МПа, при этом образец с покрытием указанным в прототипе показал значение в 46 МПа. Измерение твердости покрытия осуществлялось с использованием алмазной пирамидки при помощи микротвердомера ИТБРВ-187,5-М, полученное значение твердости покрытия составило 60 HRCэ, что примерно соответствует показателям прототипа. Измерение коэффициента трения на формообразующей поверхности пресс-формы является весьма сложной задачей, как с практической, так и с теоретической точки зрения, поэтому оценку данного показателя производили на основе изучения косвенных признаков, таких как шероховатость формообразующей поверхности, качество поверхности получаемых отливок, наличие пористости в получаемых отливках. На основе измерений были получены следующие результаты: шероховатость формообразующей поверхности кокиля после нанесения покрытия не изменилась и составила $Ra=0,2$ мкм, общий объем газовых пор в получаемых отливках не превышал 0,5% от общего объема, качество поверхности полученных отливок, удовлетворяло требованиям ГОСТ 26645-85, при этом параметры отливок полученных в кокиле, изготовленном по способу, предложенному в прототипе были хуже, так, шероховатость формообразующей поверхности составила $Ra 0,2$ мкм, общий объем газовых пор - 0,6%. Указанные значения косвенных параметров указывают на то, что в потоке расплавленного металла по формообразующей поверхности с многослойным защитным покрытием, предложенном в данной заявке не возникало дополнительных завихрений, вызванных поверхностным слоем, таким образом можно сказать, что предлагаемое покрытие обладает низким коэффициентом трения, в том числе по сравнению с прототипом.

Предлагаемый способ нанесения покрытия на кокиль для литья магниевых сплавов по сравнению с аналогами:

1. Повышает износостойкость формообразующих поверхностей пресс-формы за счет нанесения многослойного покрытия, каждый слой которого выполняет определенную функцию.
2. Повышает теплостойкость формообразующей поверхности пресс-формы.
3. Повышает качество получаемых отливок за счет уменьшения коэффициента трения между формообразующей поверхностью и потоком расплавленного металла.
4. Использование преимуществ дорогостоящих материалов таких как: титан, молибден, при их мизерной массовой доле от массы всей пресс-формы.
5. Нанесение всех слоев покрытий происходит за 1 установку.
6. Толщина наносимого покрытия составляет не более 6 мкм, что позволяет не вносить значительных поправок при проектировании пресс-формы.

Положительными сторонами этого способа являются высокая степень надежности,

эффективности защитного покрытия, контроля исполняемых этапов, простота технологии очистки поверхностей и нанесение покрытия.

(57) Формула изобретения

5 Способ получения защитного покрытия в вакууме на формообразующей поверхности
металлической пресс-формы для литья магниевых сплавов, включающий
предварительный нагрев и очистку формообразующей поверхности металлической
пресс-формы, размещенной в вакуумной камере, путем бомбардировки ионами,
10 осуществляемой с помощью ионного излучателя, отличающийся тем, что на
предварительно очищенную формообразующую поверхность металлической пресс-
формы, расположенную на вращающемся основании, методом катодно-ионной
бомбардировки в вакуумной камере наносят нижний адгезионный слой из нитрида
титана толщиной 2 мкм и твёрдостью 55-58 HRC, затем поверх нижнего адгезионного
15 слоя - промежуточный слой из карбонитрида титана и молибдена толщиной 1,5 мкм и
твёрдостью 63-65 HRC и верхний слой из нитрида молибдена толщиной 2,5 мкм и
твёрдостью 57-61 HRC, при этом в испарителе в одной горизонтальной плоскости
напротив друг друга установлены два катода из титана и молибдена, испарение которых
осуществляют с помощью электрической дуги в среде реакционного газа.

20

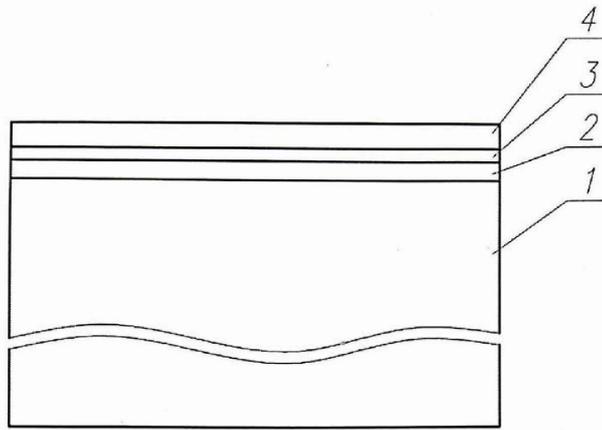
25

30

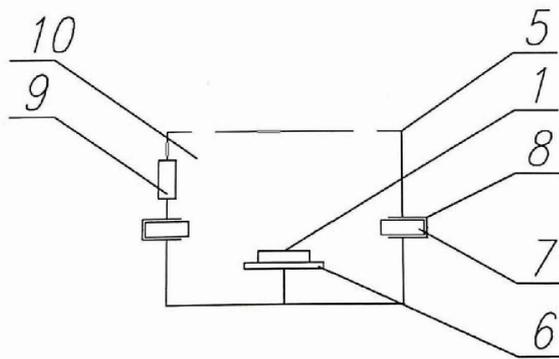
35

40

45



Фиг. 1



Фиг. 2