

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С
ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
Международное бюро



(43) Дата международной публикации:
25 мая 2001 (25.05.2001)

РСТ

(10) Номер международной публикации:
WO 01/36695 A1

(51) Международная патентная классификация⁷: C22C
1/06, C22F 3/02

(21) Номер международной заявки: PCT/RU00/00467

(22) Дата международной подачи:
15 ноября 2000 (15.11.2000)

(25) Язык подачи: русский

(26) Язык публикации: русский

(30) Данные о приоритете:
99123764 16 ноября 1999 (16.11.1999) RU

(71) Заявители и

(72) Изобретатели: ЭСКИН Георгий Иосифович [RU/
RU]; 117333 Москва, ул. Дмитрия Ульянова, д. 4,
корп. 1, кв. 44 (RU) [ESKIN, Georgy Iosifovich,
Moscow (RU)]. ШАПИРО Борис Михельевич
[RU/RU]; 129515 Москва, ул. Академика Королёва,
д. 4, корп. 1, кв. 48 (RU) [SHAPIRO, Boris Mi-
khelievich, Moscow (RU)]. СУХОЛИНСКИЙ-
МЕСТЕЧКИН Сергей Леонидович [RU/RU];
103009 Москва, ул. Тверская, д. 4, кв. 9 (RU) [SU-
KHOLINSKY-MESTECHKIN, Sergei Leonidovich,
Moscow (RU)].

(74) Агент: ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕ-
СТВО АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ И ИН-
ФОРМАЦИИ «ВАША ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬ-
НАЯ СОБСТВЕННОСТЬ» МОСКОВСКОЙ
ТОРГО-ВОПРОМЫШЛЕННОЙ ПАЛАТЫ;
117393 Москва, ул. Академика Пилюгина, д. 22,
кв. 332 (RU) [ZAKRYTOE AKTSIONERNOE
OBSHESTVO AGENTSTVO PO PATENTAM
I INFORMATSIИ «VASHA INTELLEKTUAL-
NAYA SOBSTVENNOST» MOSKOVSKOI
TORGOVO-PROMYSHLENNOI PALATY, Mos-
cow (RU)].

(81) Указанные государства (национально): CA, CZ, JP,
KR, US.

(84) Указанные государства (регионально): европейс-
кий патент (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR,
GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Опубликована

С отчётом о международном поиске.

В отношении двухбуквенных кодов, кодов языков и дру-
гих сокращений см. «Пояснения к кодам и сокращениям»,
публикуемые в начале каждого очередного выпуска Бюл-
летеня РСТ.

(54) Title: METHOD FOR ULTRASONIC TREATMENT OF A MELT OF HYPEREUTECTIC SILUMINS

(54) Название изобретения: СПОСОБ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ РАСПЛАВА

(57) Abstract: The invention relates to a metallurgy of light alloys in particular to methods for ultrasonic treatment of melts in a production of shaped castings from hypereutectic silumins of a piston group. The method consists of a degasification and a following modification of the melt by introducing in it modification additives which contain phosphorus. After the modification, the ultrasonic treatment of a melt stream is being performed and accompanied by a developed cavitation in such a way that a volume of a cavitation field conforms to a total volume of the melt passing through the area of ultrasonic treatment. The ultrasonic treatment of every element of the melt stream is performed during 0.15 s to 1.2 s depending on the concentration of said modification additives which represent 0.01 to 0.06 % of the total mass of the melt. The inventive method is directed at increasing the fatigue strength of castings at high working temperatures.

[Продолжение на след. странице]

WO 01/36695 A1



(57) Реферат:

Изобретение относится к металлургии легких сплавов, в частности, к способам ультразвуковой обработки расплавов при производстве фасонных отливок из заэвтектических силуминов поршневой группы.

Способ заключается в том, что осуществляют дегазацию и последующее модифицирование расплава введением в него модифицирующих добавок, содержащих фосфор, а затем ультразвуковую обработку потока расплава с обеспечением развитой кавитации таким образом, чтобы объем кавитационной области соответствовал всему объему расплава, проходящему через зону ультразвуковой обработки, при этом ультразвуковую обработку каждого элемента потока расплава осуществляют в течение времени от 0,15 с до 1,2 с в зависимости от концентрации в расплаве упомянутых модифицирующих добавок, составляющей от 0,01 до 0,06 % от общей массы расплава. Изобретение направлено на повышение усталостной прочности отливок при высоких рабочих температурах и износостойкости при истирании.

СПОСОБ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ РАСПЛАВА

(i) Область техники.

Изобретение относится к металлургии легких сплавов, в частности,
5 к способам ультразвуковой обработки расплавов при производстве фасонных отливок из заэвтектических силуминов поршневой группы.

(ii) Предшествующий уровень техники.

Известны **способы непрерывного литья слитков из конструкци-**
онных легких сплавов (см. патент США № 4564059 А, В 22 D 27/02,
10 1986, патент Германии № DE 3126590 C2, В 22 D 11/10, 1985) с применением ультразвуковой обработки расплава в жидкой ванне и непрерывного литья в режиме развитой кавитации, с помощью которых удается максимально измельчить зеренную структуру слитков различных сплавов на основе алюминия типа твердых растворов, затвердевающих по
15 принципу последовательной кристаллизации. Однако эти способы не могут быть применены для сплавов типа заэвтектических силуминов, которые кристаллизуются по принципу объемной кристаллизации с формированием первичных кристаллов избыточного кремния. Применение согласно этим патентам ультразвуковой обработки в жидкой ванне (в кристаллизаторе) для воздействия на процесс объемной кристаллизации будет неэффективным.
20

Известен также **способ непрерывного литья слитков с применением ультразвуковой обработки расплава доэвтектических силуминов** (см. заявка Швейцарии № 682402 А5 В 22 F 3/02, 1993). В соответствии со способом, раскрытом в этом патенте, ультразвуковую обработку расплава также ведут в жидкой ванне, помещая источник ультразвука в тепловую насадку кристаллизатора, так как доэвтектические силумины также кристаллизуются последовательно с образованием зерен твердого раствора без образования первичных кристаллов избыточной фазы.
25

Наиболее близким аналогом настоящего изобретения по совокупности признаков (прототипом) является **способ получения расплава заэвтектических силуминов** [см. Научно-технический журнал «Технология легких сплавов», № 3, 1997, стр. 23-28], согласно которому для улучшения структуры заэвтектического силумина за счет измельчения первичных кристаллов кремния и увеличения усталостной прочности фасонных отливок поршней при повышенных температурах, последовательно проводят операции рафинирования (дегазации) и модифицирования расплава путем введения в расплав модифицирующих добавок, содержащих фосфор. Однако, указанный способ не позволяет достичь требуемой степени измельчения первичных кристаллов кремния и интерметаллидов.

(iii) Раскрытие изобретения.

Способ ультразвуковой обработки расплава заэвтектических силуминов, обеспечивающий согласно настоящему изобретению решение **технической задачи**, состоящей в максимальном измельчении первичных кристаллов кремния и интерметаллидов в фасонных отливках из заэвтектических силуминов, заключается в том, что осуществляют дегазацию и последующее модифицирование расплава введением в него модифицирующих добавок, содержащих фосфор. При этом *согласно изобретению* после модифицирования осуществляют ультразвуковую обработку потока расплава с обеспечением развитой кавитации в расплаве. Обработку осуществляют таким образом, чтобы объем кавитационной области соответствовал всему объему расплава, проходящему через зону ультразвуковой обработки, а продолжительность ультразвуковой обработки потока расплава находилась в зависимости от концентрации в расплаве упомянутых модифицирующих добавок и при этом большая продолжительность обработки соответствовала меньшей концентрации модифицирующих добавок. Продолжительность ультразвуковой обработки каждого элемента потока расплава может составлять от 0,15 с до 1,2 с, а

концентрация модифицирующих добавок может находиться в пределах от 0,01 до 0,06 % от общей массы расплава.

При этом для ультразвуковой обработки могут использовать несколько последовательно установленных источников ультразвука.

- 5 При этом в процессе ультразвуковой обработки могут поддерживать температуру обрабатываемого расплава, на 50-80°C выше температуры ликвидус заэвтектического силумина

- Заявленный способ сочетает предварительную подготовку расплава путем эффективного удаления из расплава водорода и введения в него модификатора первичных кристаллов кремния с преимуществами кавитационной обработки жидкого металла, обеспечивающей активизацию процесса модифицирования потока расплава при движении жидкого металла из печи в разливочный ковш или из печи к форме для фасонной отливки. Применение кавитационной обработки потока расплава дает
- 10 возможность значительного увеличения числа образующихся зародышей кристаллизации первичных кристаллов кремния в виде фосфидов алюминия. Это происходит за счет смачивания и вовлечения в процесс кристаллизации большого числа ультрадисперсных неметаллических твердых включений, всегда присутствующих в реальном расплаве и обычно
- 15 не участвующих в процессе затвердевания. Процесс активации (смачивания) ультрадисперсных примесей в поле кавитации связан с быстропротекающими процессами пульсации кавитационных полостей, образующихся и коллапсирующих в течение 1-3 периодов звуковой волны с образованием локальных кумулятивных струй и мощных микрогидрав-
- 20 лических ударов. На частоте ультразвуковой обработки 18-25 кГц продолжительность одного периода колебаний составляет примерно $4 \div 5 \cdot 10^{-5}$ с. Это на несколько порядков меньше, чем реальное время прохождения расплава через область кавитации. То есть требуемая продолжительность воздействия ультразвука на расплав в режиме развитой кави-
- 25

тации существенно ниже, чем реальное время проведения любого другого технологического процесса обработки расплава.

Таким образом, по сравнению с упомянутыми выше способами, известными из предшествующего уровня техники, настоящее изобретение
5 обеспечивает достижение **положительного эффекта**, состоящего в улучшении рабочих характеристик фасонных отливок из заэвтектических силуминов (преимущественно литых поршней для двигателей внутреннего сгорания), а именно повышении усталостной прочности отливок при высоких рабочих температурах, износостойкости при истирании и
10 других характеристик, зависящих от дисперсности кристаллов первичного кремния в структуре сплава.

(iv) Лучший из предполагаемых заявителем вариантов
осуществления изобретения.

Возможность осуществления изобретения, охарактеризованного
15 приведенной в формуле изобретения совокупностью признаков, может быть подтверждена описанием следующих *примеров реализации* лучшего из предполагаемых заявителем вариантов осуществления заявленного способа ультразвуковой обработки расплава заэвтектических силуминов.

Пример №1.

20 Заэвтектический силумин системы Al-Si-Cu-Ni-Mg типа **AK18** (состав: Si-18%, Cu-1,48%, Ni-1,05%, Mg-0,93%, Fe-0,38%, Ti-0,05%, Al-остальное) после дегазации расплава в тигельной печи емкостью 5 кг и модифицировании лигатурой, содержащей до 0,02% фосфора, разлили в металлический кокиль с получением заготовок диаметром 92 мм и высотой до 300 мм. Поток расплава на пути в кокиль из тигельной печи обра-
25 ботали ультразвуком с обеспечением кавитации в расплаве согласно настоящему изобретению. При этом под действием источника ультразвука в потоке расплава находилась область кавитации объемом 21 см³. Изменяя расход потока расплава через область кавитации, изменяли продол-

жительность кавитационной обработки и, тем самым, эффективность измельчения структуры отливки.

Из результатов проведенной опытной обработки, представленных в Таблице 1, видно, что применение ультразвуковой обработки потока расплава в режиме развитой кавитации с продолжительностью воздействия на элемент потока расплава от 0,15 с до 1,2 с обеспечивает измельчение кристаллов кремния в сплаве АК18 ниже 30 - 40 мкм, то есть в 2-3 раза больше, чем без ультразвуковой обработки. При этом, эффективность измельчения повышается по мере увеличения продолжительности пребывания расплава в области кавитации, так обработка продолжительностью около 1,0 - 1,2 с позволяет уменьшить размеры кристаллов кремния до 15-25 мкм.

Пример №2.

Заэвтектический силумин системы Al-Si-Cu-Ni-Mg типа АК18 (состав: Si-18%, Cu-1,48%, Ni-1,05%, Mg-0,93%, Fe-0,38%, Ti-0,05%, Al-остальное), после дегазации расплава в тигельной печи емкостью 5 кг и модифицирования лигатурой разлили в кокиль диаметром 92 мм и высотой до 300 мм с проведением ультразвуковой обработки потока расплава при разливке в режиме развитой кавитации. Продолжительность воздействия на элемент потока расплава составляла 0,6 с (расход расплава через зону ультразвуковой обработки 34,9 см³/с (5 кг/мин)). При этом изменяли концентрацию модификатора от 0,01% до 0,06% Р. Из результатов проведенной опытной обработки, представленных в Таблице 2, видно, что эффективность измельчения кристаллов кремния в существенно меньшей степени зависит от концентрации модификатора, чем от времени ультразвуковой обработки потока расплава.

Пример №3.

Сплав АК18 того же состава, что в примерах №1 и №2, после дегазации расплава и модифицирования лигатурой, содержащей 0,01% фос-

фора, разлили в кокиль диаметром 92 мм и высотой до 300 мм с проведением ультразвуковой обработки потока расплава при разливке в режиме развитой кавитации. При этом применяли два последовательно работающих источника ультразвука (продолжительности кавитационной обработки потока расплава 1,2 с). Из результатов проведенной опытной обработки, представленных в Таблице 3, видно, что эффективность измельчения первичных кристаллов кремния в соответствии с настоящим изобретением может быть заметно повышена простым увеличением числа последовательно работающих источников ультразвука.

10 **Пример №4.**

Сплав **AK18** того же состава, что в примерах №1- №3, после дегазации расплава и модифицирования лигатурой, содержащей 0,02% фосфора, разлили в кокиль диаметром 92 мм и высотой до 300 мм с проведением ультразвуковой обработки потока расплава при разливке в режиме развитой кавитации. Продолжительность воздействия на элемент потока расплава составляла 0,6 с (один источник ультразвука) при различной температуре расплава. Из результатов проведенной опытной обработки, представленных в Таблице 4, видно, что в интервале рабочих температур литья (750 - 800 °C), т. е. на 30-50°C выше температуры ликвидус сплава, обеспечивается эффективное измельчение кристаллов кремния в заэвтек-
15 тических силуминах. Снижение температуры литья до 730°C, т.е. менее чем на 30°C выше температуры ликвидус, нежелательно, т.к. эффективность измельчения под действием ультразвуковой обработки снижается. Повышение температуры ультразвуковой обработки сплава **AK18**
20 (18%Si) выше 800°C также нежелательно из-за более активного взаимодействия с окружающей атмосферой и насыщением водородом из влаги атмосферы.

Из приведенных примеров видно, что для получения максимального эффекта измельчения первичных кристаллов кремния и кристаллов ин-

терметаллидов, образующихся в заэвтектических силуминах при затвердевании по принципу объемной кристаллизации, в соответствии с настоящим изобретением, необходимо оптимизировать параметры ультразвуковой (кавитационной) обработки потока расплава перед процессом его затвердевания, температуру обрабатываемого расплава и концентрацию модификатора.

(v) Обоснование возможности промышленного использования изобретения.

Из приведенных выше примеров реализации лучшего из возможных вариантов осуществления изобретения очевидно, что описанный способ ультразвуковой обработки расплава заэвтектических силуминов может быть использован в промышленности для получения фасонных отливок из заэвтектических силуминов (преимущественно литых поршней для двигателей внутреннего сгорания), отличающихся высокой износостойкостью и усталостной прочностью при высоких рабочих температурах.

20

25

Таблица 1. Влияние изменения продолжительности кавитационной обработки (Т) каждого элемента потока расплава на эффективность измельчения первичных кристаллов кремния в заэвтектическом силумине АК18.

№№	расход, см ³ /с	Т, с	Средние размеры кристаллов кремния (Si), мкм
1	276	0,076	50-60
2	138	0,15	30-40
3	69,1	0,3	25-30
4	34,9	0,6	20-25
5	17,4	1,2	15-20

Таблица 2. Влияние изменения концентрации фосфора на эффективность измельчения первичных кристаллов кремния в сплаве АК18.

№№	Концентрация фосфора, %	Средние размеры кристаллов кремния (Si), мкм
1	0,01	25-30
2	0,02	20-25
3	0,04	15-20
4	0,06	15-20

Таблица 3. Влияние изменения числа работающих источников ультразвука на эффективность измельчения первичных кристаллов кремния.

№№	Число работающих источников ультразвука	Средний размер кристаллов кремния (Si), мкм
1	1	25-30
2	2	15-20

Таблица 4. *Влияние изменения температуры потока расплава на эффективность измельчения первичных кристаллов кремния при ультразвуковой кавитационной обработке.*

№№	Температура расплава, ° С	Средний размер кристаллов кремния (Si), мкм
1	730	30-40
2	750	20-25
3	800	20-25

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ обработки расплава заэвтектических силуминов,
включающий дегазацию и последующее модифицирование расплава
5 введением в него модифицирующих добавок, содержащих фосфор, **от-**
личающийся тем, что после модифицирования осуществляют ультра-
звуковую обработку потока расплава с обеспечением развитой кавита-
ции таким образом, чтобы объем кавитационной области соответствовал
всему объему расплава, проходящему через зону ультразвуковой обра-
10 ботки, при этом ультразвуковую обработку каждого элемента потока
расплава осуществляют в течение времени от 0,15 с до 1,2 с в зависимо-
сти от концентрации в расплаве упомянутых модифицирующих добавок,
составляющей от 0,01 до 0,06 % от общей массы расплава.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что для ультразвуковой об-
15 работки используют несколько последовательно установленных источ-
ников ультразвука.

3. Способ по одному из пунктов 1 или 2, отличающийся тем, что
при ультразвуковой обработке поддерживают температуру обрабаты-
ваемого расплава, на 50-80°C выше температуры ликвидус заэвтектиче-
20 ского силумина.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 00/00467

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER ⁶:

IPC7: C22 1/06; C22F 3/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC7: C22C 1/00,1/06, C22B 21/06, C22F 3/00,3/02, B22D 27/00,27/02,27/20,11/00,11/10,11/11,11/106,21/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, WPI, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SU 618436 A (V.G. SAPYAN et al.) 28 June 1978 (28.06.78)	1-3
A	SU 353790 A (V. I. DOBATKIN et al.) 21 November 1972 (21.11.72)	1-3
A	GB 2100635 A (PAVEL EFIMOVICH KHODAKOV et al.) 6 January 1983 (06.01.83) the abstract	1-3
A	RU 2031171 C1 (VERKHNESALDINSKOE METALLURGICHESKOE PROIZVODSTVENNOE OBIEDINENIE) 20 March 1995 (20.03.95)	1-3
A	GB 1527916 A (BIOMAGNETICS INTERNATIONAL INC.) 11 October 1978 (11.10.78) the abstract	1-3



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
16 February 2001 (16.02.2001)

Date of mailing of the international search report
22 February 2001 (22.02.2001)

Name and mailing address of the ISA/ RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №
PCT/RU 00/00467

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:

C22C 1/06; C22F 3/02

Согласно международной патентной классификации (МПК-7)

В. ОБЛАСТИ ПОИСКА:

Проверенный минимум документации (система классификации и индексы) МПК-7:

C22C 1/00,1/06, C22B 21/00,21/06, C22F 3/00,3/02, B22D 27/00,27/02,27/20,11/00,11/10,11/11,11/106,21/04

Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, поисковые термины):

С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	SU 618436 A (В.Г. САПЬЯН и др.) 28.06.1978	1-3
A	SU 353790 A (В.И. ДОБАТКИН и др.) 21.XI.1972	1-3
A	GB 2100635 A (PAVEL EFIMOVICH KHODAKOV et al.) 6 Jan 1983, реферат	1-3
A	RU 2031171 C1 (ВЕРХНЕСАЛДИНСКОЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ) 20.03.1995	1-3
A	GB 1527916 A (BIOMAGNETICS INTERNATIONAL INC.) 11 Oct. 1978, формула	1-3

☐ Исследующие документы указаны в продолжении графы С. ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении

* Особые категории ссылочных документов:

A документ, определяющий общий уровень техники

E более ранний документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее

O документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

P документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета

T более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

X документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень

Y документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории

& документ, являющийся патентом-аналогом

Дата действительного завершения международного поиска: 16 февраля 2001 (16.02.2001)

Дата отправки настоящего отчета о международном поиске: 22 февраля 2001 (22.02.2001)

Наименование и адрес Международного поискового органа:
Федеральный институт промышленной собственности

Россия, 121858. Москва. Бережковская наб., 30-1

Факс: 243-3337. телетайп: 114818 ПОДАЧА

Уполномоченное лицо:

Т. Лаптева

Телефон № (095)240-58-88

Форма PCT/ISA/210 (второй лист)(июль 1998)