

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201800454** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.01.31

(51) Int. Cl. **C23C 8/22** (2006.01)
C23C 8/46 (2006.01)
C23C 8/66 (2006.01)
C23C 8/80 (2006.01)
C21D 1/78 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2018.07.06

(54) СПОСОБ ЦЕМЕНТАЦИИ КОНСТРУКЦИОННОЙ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ

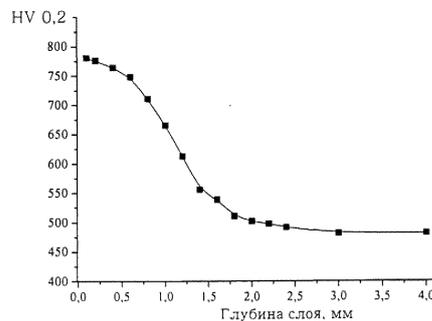
(96) **2018/EA/0053 (BY) 2018.07.06**

(72) Изобретатель:

(71) Заявитель:
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ "ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ
НАУК БЕЛАРУСИ"; ОТКРЫТОЕ
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"МИНСКИЙ ТРАКТОРНЫЙ
ЗАВОД" (BY)**

**Кукареко Владимир Аркадьевич,
Гацура Владимир Михайлович,
Григорчик Александр Николаевич,
Валько Александр Леонидович,
Руденко Сергей Петрович, Чичин
Алексей Николаевич (BY)**

(57) Изобретение относится к области металлообработки и может быть использовано при изготовлении зубчатых колес из конструкционных легированных сталей типа 18ХГТ, 25ХГМ, 20ХНМ, 20ХН2М, 15ХГН2ТА, 20ХН3А и др. для трансмиссий автотракторной техники и эксплуатирующихся при повышенных удельных нагрузках. Изобретение может использоваться при изготовлении элементов подшипников и опор скольжения, сферических и цилиндрических сочленений, а также зубчатых колес, применяемых в сельхозмашиностроении, станкостроении, металлургической промышленности. В заявляемом способе цементации конструкционной легированной стали нагрев стали до температуры цементации осуществляется по режиму, включающему нагрев в интервале 20-680°C со скоростью ≥ 6 град/мин, нагрев в интервале аустенитного превращения (680-800°C) со скоростью от 1 до 3,5 град/мин и окончательный нагрев до температуры цементации 1000-1020°C со скоростью ≥ 6 град/мин.



201800454 A1

201800454 A1

СПОСОБ ЦЕМЕНТАЦИИ КОНСТРУКЦИОННОЙ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ

Изобретение относится к области металлообработки и может быть использовано при изготовлении зубчатых колес из конструкционных легированных сталей типа 18ХГТ, 25ХГМ, 20ХНМ, 20ХН2М, 15ХГН2ТА, 20ХНЗА и др. для трансмиссий автотракторной техники, эксплуатирующихся при повышенных удельных нагрузках. Изобретение может использоваться при изготовлении элементов подшипников и опор скольжения, сферических и цилиндрических сочленений, а также зубчатых колес, применяемых в сельхозмашиностроении, станкостроении, металлургической промышленности. Для обеспечения требуемой износостойкости и циклической долговечности зубчатых колес с использованием методов химико-термической обработки (ХТО), а именно, цементации, проводят насыщение углеродом поверхностных слоев упрочняемых деталей, что обеспечивает формирование требуемого комплекса физико-механических характеристик зубчатых колес.

В настоящее время цементацию подавляющего большинства деталей осуществляют в автоматизированных проходных и камерных агрегатах, обладающих высокой производительностью и обеспечивающих проведение всего цикла ХТО от нагрева до закалки в контролируемых газовых атмосферах без доступа воздуха [1].

Известен способ [2], включающий нагрев цементируемых деталей до температур 930–950 °С, насыщение поверхностных слоев деталей углеродом с использованием контролируемой эндотермической газовой атмосферы (которые готовят путем конверсии природного газа метана или пропана с воздухом в специальных генераторах) в течение заданного времени, а также закалку в масле после подстуживания до температуры 800–860 °С в зависи-

мости от марки стали.

Недостатком указанного способа является большая продолжительность изотермической выдержки в процессе насыщения поверхностных слоев стальных деталей углеродом, что приводит к низкой производительности процесса ХТО и его высокой стоимости. В частности, время выдержки конструкционных цементируемых сталей при температуре насыщения 930 °С, необходимое для достижения толщины цементированного слоя 1,2-1,7 мм, составляет 12-13 часов [3]. В связи с этим проводятся работы по совершенствованию технологии цементации и, в частности, созданию высокопроизводительных и энергосберегающих методов цементации. При этом повышение температуры процесса насыщения является самым действенным методом увеличения производительности при ХТО, повышающим эффективность термического производства и прежде всего, уменьшающим расходы энергетических ресурсов. В частности, увеличение температуры цементации от 950 °С до 1000 и 1050 °С приводит к уменьшению времени насыщения до глубины слоя 1,5 мм соответственно в 1,5 и 3 раза.

Процесс высокотемпературной цементации осуществляют в шахтных печах и проходных агрегатах при 960 – 1050 °С. Вместе с тем высокотемпературная цементация при температуре 1000-1040 °С с непосредственной закалкой после подстуживания до 860 °С приводит к укрупнению зерна в конструкционных сталях и получению в связи с этим более грубой микроструктуры как в слое, так и в сердцевине, а также к повышенному содержанию остаточного аустенита в микроструктуре слоя [4], что сдерживает распространение технологии высокотемпературной цементации. В частности, результаты проведенных исследований показывают [5], что широко применяемые в автотракторостроении стали 25ХГТ, 20ХНЗА, 20ХНР, 15ХГН2ТА (ГОСТ 4543–71) не применимы для высокотемпературной цементации из-за их склонности к росту аустенитного зерна при температурах выше 950 °С. В

связи с этим, после высокотемпературной вакуумной цементации используют фазовую перекристаллизацию или термоциклирование [4].

Известен способ [3] проведения вакуумной цементации с использованием печи типа VSQ-182436 фирмы «Хейсс» (карбюризатор – природный газ, температура процесса – 1050 °С). Процесс вакуумной цементации включает два периода: насыщение при максимальной подаче газа и давлении 21 МПа и диффузия без подачи газа (давление остаточное). При таком режиме за 30 мин насыщения эффективная толщина цементированного слоя достигает 1,2 мм, а за 50 мин — 1,4 мм. После окончания процесса обработки детали охлаждают до 500–600 °С, а затем подвергают повторному нагреву под закалку и охлаждению. Такой режим способствует измельчению зерна аустенита и получению высоких механических свойств изделий.

Недостатком указанного способа является необходимость проведения повторного нагрева и перезакалки, что существенно снижает энергосберегающую эффективность процесса высокотемпературной цементации и увеличивает коробление деталей.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является способ высокотемпературной цементации в вакуумных печах «ModulTherm 7/1» фирмы «ALD Vacuum Technologies GmbH» при 1000 – 1050 °С с циклической подачей ацетилена в процессе насыщения, последующим подстуживанием цементированных деталей до 850 °С и их закалкой в среде инертного газа – гелия при давлении 2,0 МПа [6].

Недостатком указанного способа является рост аустенитного зерна в конструкционных сталях [5], что приводит к необходимости понижения температуры цементации до 950 – 960 °С и увеличивает продолжительность обработки, либо требуется проведение повторного нагрева и перезакалки после высокотемпературной цементации при 1000 - 1050 °С, что вызывает существенное возрастание стоимости ХТО, а также увеличение коробления обрабатываемых деталей, влияющее на качество их изготовления.

Задачей изобретения является:

- повышение качества изготовления деталей,
- увеличение производительности способа ХТО,
- повышение эффективности термического производства и, в частности, уменьшение расхода энергетических ресурсов.

Для решения поставленной задачи, в способе цементации, включающем нагрев стали до температуры цементации, насыщение углеродом при температуре цементации, а также подстуживание до 850 °С и закалку науглероженных деталей, согласно изобретению нагрев стали до температуры цементации осуществляют по режиму, включающему нагрев в интервале 20 – 680 °С со скоростью ≥ 6 град /мин, нагрев в интервале аустенитного превращения (680 – 800 °С) со скоростью от 1 град/мин до 3,5 град/мин и окончательный нагрев до температуры цементации 1000 – 1020 °С со скоростью ≥ 6 град /мин.

При этом нагрев стали в интервале аустенитного превращения со скоростью < 1 град/мин – экономически нецелесообразен, поскольку при этом сильно возрастает время обработки, а нагрев со скоростью $> 3,5$ град/мин — приводит к браку вследствие возникновения островной разнотерности в цементированной стали (фиг.1, фиг. 2).

В заявляемом способе нагрев стали по указанным режимам обеспечивает сохранение в процессе высокотемпературной цементации качественной мелкозернистой аустенитной структуры в цементированном слое и в сердцевине деталей, что исключает необходимость проведения повторной фазовой перекристаллизации (закалки) цементированных деталей и обеспечивает повышение качества обработки деталей и более высокие экономические показатели предлагаемой технологии ХТО.

Изобретение поясняется фигурами.

На фигуре 1 представлена микроструктура стали 20ХН3А после термообработки по режиму, включающему нагрев до 1000°С со скоростью 5 – 6 град/мин, выдержка 1 час и закалка в масло.

На фиг. 2 представлена микроструктура стали 20ХГНР после термообработки по режиму, включающему нагрев до 1000°С со скоростью 5 – 6 град/мин, выдержка 1 час и закалка в масло.

На фиг. 3 представлена микроструктура цементированного слоя стали 20ХН3А после высокотемпературной цементации при 1000 °С по экспериментальному режиму, включающему нагрев в интервале аустенитного превращения (680 – 800 °С) со скоростью от 1,3 град/мин.

На фиг. 4 представлена микроструктура сердцевины образца стали 20ХН3А после высокотемпературной цементации при 1000 °С по экспериментальному режиму, включающему нагрев в интервале аустенитного превращения (680 – 800 °С) со скоростью от 1,3 град/мин.

На фиг. 5 изображено распределение микротвердости по глубине цементированного слоя стали 20ХН3А. Цементация проведена по экспериментальному режиму.

Пример осуществления изобретения.

Экспериментальная высокотемпературная химико-термическая обработка деталей из стали 20ХН3А проводилась на вакуумной линии «ModulTherm 7/1» с применением ступенчатого нагрева до температуры насыщения, включающего ускоренный нагрев до температуры 680°С, медленный нагрев со скоростью 1,3 град/мин в интервале 680 – 800 °С, ускоренный нагрев от 800 °С до температуры цементации 1000 °С с последующей изотермической выдержкой в течение 2,5 ч на стадии насыщения углеродом и дальнейшей закалкой в среде инертного газа (гелия) в закалочной камере

после подстуживания до температуры 850°C. На завершающей стадии цикла химико-термической обработки стали 20ХН3А проводился низкий отпуск при 170°C в течение 2,5 ч.

Насыщение углеродом осуществляется любым известным из уровня техники способом, применимым в данном случае, например, насыщение в среде углеводородсодержащего газа ацетилена с циклическим режимом его подачи.

На фиг. 3 приведена микроструктура цементированного слоя стали 20ХН3А. Можно видеть, что сталь имеет мелкозернистую структуру со средним размером зерна 50 мкм в цементированном слое и 43 мкм в сердцевине (фиг. 4). Распределение микротвердости по глубине цементированного слоя приведено на фиг. 5. Глубина цементированного слоя составляет 1,5–1,6 мм, а микротвердость поверхности — 780 HV_{0,2} (61–62 HRC). Указанные характеристики структурного состояния и микротвердости поверхностного слоя полностью отвечают требованиям СТП 257 – 2188 – 2004 и достигаются за существенно меньшее время цементации, что обеспечивает экономию энергетических ресурсов при высоком качестве цементированных деталей.

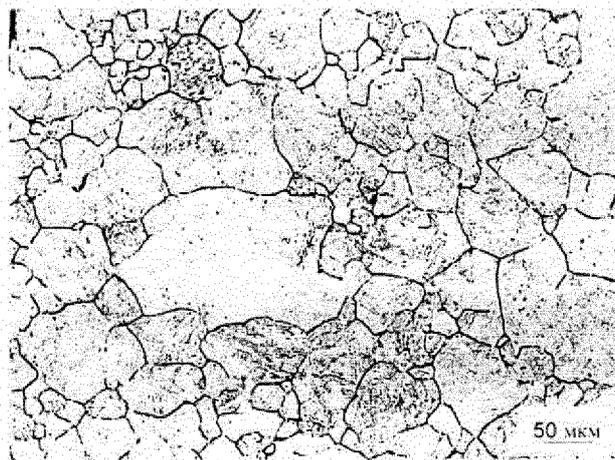
Для сравнения на фиг. 1 и 2 приведены микроструктуры образцов сталей 20ХН3А и 20ХГНР после нагрева до 1000 °С (1 ч) по обычному режиму (без участка медленного нагрева в интервале аустенитного $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения). Можно видеть, что несмотря на значительно более короткий промежуток высокотемпературной выдержки средний размер аустенитного зерна сталей после обычного нагрева в ≥ 2 раза больше (≈ 100 -120 мкм), чем размер зерна после предлагаемого режима обработки с замедленным нагревом в интервале $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения.

Источники информации

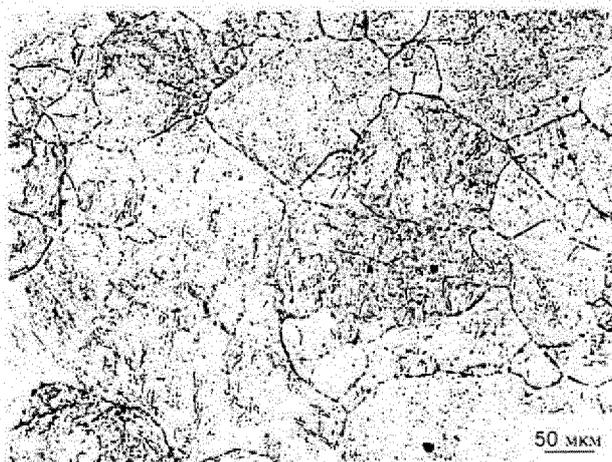
1. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. М.: 1985, 256 с.
2. Сагарадзе В.С. Повышение надежности цементуемых деталей. М.: Машиностроение, 1975. – 216 с.
3. Розенберг С.Э., Сусин А.А. Дефекты структуры диффузионно-упрочненных слоев. Минск, Беларуская наука, 1997. – 224 с.
4. Зинченко В.М. Инженерия поверхности зубчатых колес методами химико-термической обработки. М.: МВТУ им. Н.Э.Баумана, 2001. –304 с.
5. А.А. Валько, С.П. Руденко, А.Н. Чичин Влияние вакуумной высокотемпературной цементации на величину зерна конструкционных сталей // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. 2014. –Вып. 3. – С. 343–346.
6. Высокотемпературная вакуумная цементация – резерв по снижению энергоемкости производства и улучшению качества зубчатых колес трансмиссий энергонасыщенных машин / А.А. Шипко, С.П. Руденко, А.Л. Валько, А.Н. Чичин // Литьё и металлургия. – 2016. – № 2. – С. 104–109.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

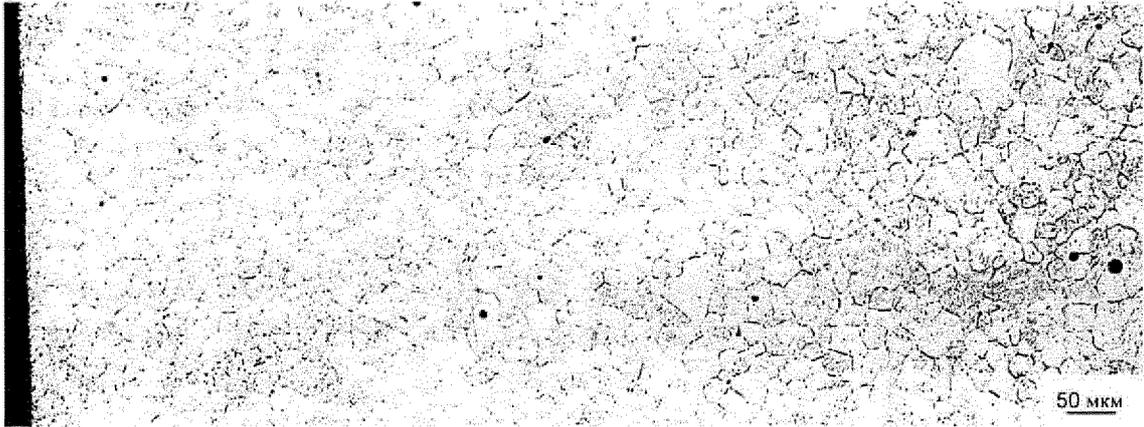
Способ цементации конструкционной легированной стали, включающий нагрев стали до температуры цементации, насыщение углеродом при температуре цементации, а также подстуживание до 850 °С и закалку науглероженных деталей, отличающийся тем, что нагрев стали до температуры цементации осуществляют по режиму, включающему нагрев в интервале 20 – 680 °С со скоростью ≥ 6 град /мин, нагрев в интервале аустенитного превращения (680 – 800 °С) со скоростью от 1 град/мин до 3,5 град/мин и окончательный нагрев до температуры цементации 1000 – 1020 °С со скоростью ≥ 6 град /мин.



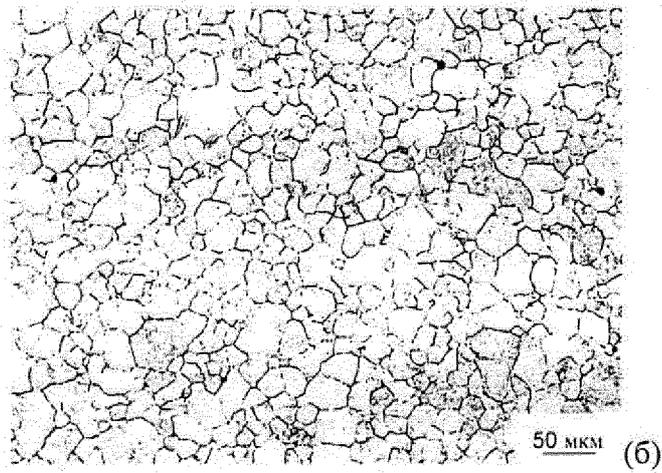
Фиг. 1.



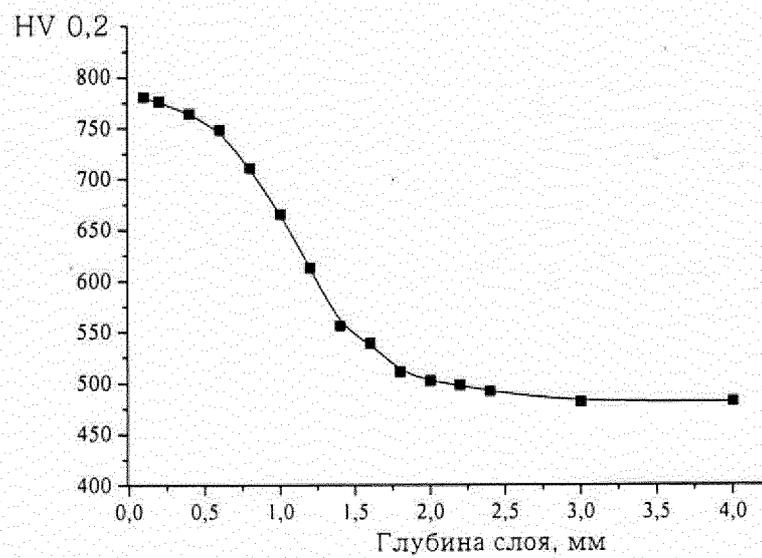
Фиг. 2.



Фиг. 3.



Фиг. 4.



Фиг. 5

ЕВРАЗИЙСКОЕ ПАТЕНТНОЕ ВЕДОМСТВО

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ
ПОИСКЕ(статья 15(3) ЕАПК и правило 42
Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

201800454

Дата подачи: 06 июля 2018 (06.07.2018)		Дата испрашиваемого приоритета:	
Название изобретения: Способ цементации конструкционной легированной стали			
Заявитель: ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ "ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ"			
<input type="checkbox"/> Некоторые пункты формулы не подлежат поиску (см. раздел I дополнительного листа)			
<input type="checkbox"/> Единство изобретения не соблюдено (см. раздел II дополнительного листа)			
А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:			
МПК:	C23C 8/22 (2006.01) C23C 8/46 (2006.01) C23C 8/66 (2006.01) C23C 8/80 (2006.01) C21D 1/78 (2006.01)	СПК: C23C 8/22 (2013-01) C23C 8/46 (2013-01) C23C 8/66 (2013-01) C23C 8/80 (2013-01) C21D 1/78 (2013-01)	
Согласно Международной патентной классификации (МПК) или национальной классификации и МПК			
Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:			
Минимум просмотренной документации (система классификации и индексы МПК) C23C 8/00, 8/06, 8/08, 8/20, 8/22, 8/40-8/46, 8/60-8/66, 8/80, C21D 1/00, 1/78			
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в область поиска:			
В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ			
Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №	
A	SU 863713 A (НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ) 15.09.1981, формула	1	
A	ШИПКО А.А. и др. Высокотемпературная вакуумная цементация - резерв по снижению энергоемкости производства и улучшению качества зубчатых колес трансмиссий энергонасыщенных машин. Литье и металлургия, 2016, №2, с. 105, абзацы 1-2 снизу - с. 109	1	
A	US 2009/0266449 A1 (AISIN AW CO., LTD.) 29.10.2009, формула	1	
A	US 2005/0045247 A1 (NTN CORPORATION) 03.03.2005, формула	1	
A	US 4191599 A (FORD MOTOR COMPANY) 04.03.1980, формула	1	
<input type="checkbox"/> последующие документы указаны в продолжении графы В			
<input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении			
* Особые категории ссылочных документов:			
"А"	документ, определяющий общий уровень техники	"I"	более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения
"Е"	более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее	"Х"	документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности
"О"	документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.	"У"	документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории
"Р"	документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета	"&"	документ, являющийся патентом-аналогом
"D"	документ, приведенный в евразийской заявке	"L"	документ, приведенный в других целях
Дата действительного завершения патентного поиска:		23 января 2019 (23.01.2019)	
Наименование и адрес Международного поискового органа: Федеральный институт промышленной собственности РФ, 125993, Москва, Г-59, ГСП-3, Бережковская наб., д. 30-1. Факс: (499) 243-3337, телетайп: 114818 ПОДАЧА		Уполномоченное лицо:  Е.В. Еськина Телефон № (499) 240-25-91	