



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013148634/02, 04.04.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.04.2012

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:

04.04.2011 US 61/471,323;

13.05.2011 US 61/486,035;

03.04.2012 US 13/438,525

(43) Дата публикации заявки: 10.05.2015 Бюл. № 13

(45) Опубликовано: 20.09.2015 Бюл. № 26

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: JP 2003213354 A, 30.07.2003. RU
2236479 C2, 20.09.2004. JP 09-125181 A,
13.05.1997. JP 2009-024265 A, 05.02.2009(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 05.11.2013(86) Заявка РСТ:
US 2012/032181 (04.04.2012)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2012/138767 (11.10.2012)

Адрес для переписки:

119019, Москва, Гоголевский бульвар, 11, этаж
3, "Гоулингз Интернэшнл Инк.", Т.Н. Лью

(72) Автор(ы):

УИЛЛЬЯМСОН, Уоррен Г. (US)

(73) Патентообладатель(и):

ЭМЕРСОН КЛАЙМИТ ТЕКНОЛОДЖИЗ,
ИНК. (US)

(54) КОМПОЗИЦИИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ И СПОСОБЫ ИХ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к литейному производству. Алюминиевый сплав содержит, вес.%: кремний 8-11,6, марганец 0,8-1,9, железо 0,1-0,5, магний 0,2-0,7, бор 0,002-0,15, стронций

0,006-0,017, медь 0-0,25, цинк 0-0,35, титан 0-0,25, алюминий - остальное. Обеспечиваются высокие характеристики текучести и относительного удлинения. 3 н. и 17 з.п. ф-лы, 6 ил., 2 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 563 385**⁽¹³⁾ **C2**
(51) Int. Cl.
C22C 21/02 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2013148634/02, 04.04.2012**

(24) Effective date for property rights:
04.04.2012

Priority:

(30) Convention priority:
04.04.2011 US 61/471,323;
13.05.2011 US 61/486,035;
03.04.2012 US 13/438,525

(43) Application published: **10.05.2015** Bull. № 13

(45) Date of publication: **20.09.2015** Bull. № 26

(85) Commencement of national phase: **05.11.2013**

(86) PCT application:
US 2012/032181 (04.04.2012)

(87) PCT publication:
WO 2012/138767 (11.10.2012)

Mail address:
119019, Moskva, Gogolevskij bul'var, 11, ehtazh 3,
"Goulingz Internehshnl Ink.", T.N. Lyu

(72) Inventor(s):

WILLIAMSON Warren G. (US)

(73) Proprietor(s):

EMERSON GLIMATE TECHNOLOGIES,
INC. (US)

(54) **COMPOSITIONS OF ALUMINIUM ALLOYS AND METHODS OF THEIR DIE CASTING**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention refers to foundry engineering. Aluminium alloy contains in wt %: silicon 8-11.6, manganese 0.8-1.9, iron 0.1-0.5, magnesium 0.2-0.7, boron 0.002-0.15, strontium 0.006-0.017,

copper 0-0.25, zinc 0-0.35, titanium 0-0.25, aluminium - rest.

EFFECT: high yield strength and relative elongation are provided.

20 cl, 6 dwg, 2 tbl

Перекрестная ссылка на родственные заявки

Приоритет настоящей заявки испрашивается по заявке US 13/343525, поданной 3 апреля 2012 г., предварительной заявке US 61/471323, поданной 4 апреля 2011 г., и предварительной заявке US 61/486035, поданной 13 мая 2011 г. Содержание каждой из

5 указанных заявок во всей полноте в виде ссылки включено в настоящую заявку.

Область техники

Настоящее изобретение относится к композициям алюминиевых сплавов для литья под давлением, более точно, к применению алюминиевых сплавов для изготовления элементов конструкции холодильных систем и/или систем отопления, вентиляции и

10 кондиционирования воздуха (HVAC).

Уровень техники

В данном разделе изложены лишь предпосылки создания настоящего изобретения, что не является описанием известного уровня техники.

Металлические сплавы могут иметь разнообразные применения, включая охлаждение; 15 отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха (HVAC); и другие механические или электромеханические применения. Основной металл сплава и другие легирующие добавки выбирают, исходя из отраслевых нормативов или традиций, желаемой конструктивной целостности готового изделия и желаемого способа изготовления готового изделия.

20 Одним из примеров металлического сплава является алюминиевый сплав.

Алюминиевые сплавы могут изготавливаться методомковки или литья, такого как литье под давлением, литье в песчаные формы, литье в постоянные или полупостоянные формы, литье в гипсовые формы и литье по выплавляемым моделям. Литые изделия обычно изготавливают путем заливки расплавленного металла в литейную форму, в 25 которой расплавленный металл по мере охлаждения и отверждения приобретает определенную форму. После отверждения изделие извлекают из формы. Отраслевыми стандартами на литье сплавов установлено, какие материалы и в каких количествах должны использоваться, несмотря на растущую потребность в улучшении текучести, относительного удлинения и других характеристик существующих сплавов. Кроме 30 того, необходимость извлечения литого изделия из формы предопределяет выбор материалов сплава и часто является сдерживающим фактором, противоречащим долголетним традициям выбора компонентов сплава и их относительных количеств.

Сущность изобретения

Согласно различным особенностям изобретения предложены способы изготовления 35 элемента конструкции. Из литого алюминиевого сплава изготавливают твердый элемент конструкции. Алюминиевый сплав содержит кремний в количестве от около 8% до около 11,6% по весу, марганец в количестве от около 0,8% до около 1,9% по весу, железо в количестве от около 0,1% до около 0,5% по весу, магний в количестве от около 0,2% до около 0,7% по весу, бор в количестве от около 0,002% до около 0,15% по весу, 40 стронций в количестве от около 0,006% до около 0,017% по весу, менее около 0,25% по весу меди, менее около 0,35% по весу цинка, менее около 0,25% по весу титана и остальное -алюминий. Согласно отдельным особенностям содержание кремния составляет 10% или более, а содержание марганца составляет 1% или более по весу алюминиевого сплава.

45 Согласно другим особенностям настоящего изобретения предложен способ изготовления элемента конструкции компрессора, в котором отливают элемент конструкции из алюминиевого сплава, содержащего синергически действующее количество марганца и кремния, и отверждают алюминиевый сплав, в результате чего

его относительное удлинение составляет 7% или более, а прочность на растяжение 38000 фунтов на кв. дюйм или более. Согласно различным особенностям изобретения относительное удлинение составляет 9% или более. Согласно другим особенностям прочность на растяжение 40000 фунтов на кв. дюйм или более. Согласно различным особенностям элемент конструкции может применяться в компрессоре, холодильном оборудовании или оборудовании для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Согласно другим особенностям алюминиевый сплав преимущественно содержит кремний в количестве от 8% до 11,6% по весу, марганец в количестве от 0,8% до 1,9% по весу, железо в количестве от 0,1% до 0,5% по весу, магний в количестве от 0,2% до 0,7% по весу, бор в количестве от 0,002% до 0,15% по весу, стронций в количестве от 0,006% до 0,017% по весу, менее около 0,25% по весу меди, менее около 0,35% по весу цинка, менее около 0,25% по весу титана, и остальное содержание по весу - алюминий.

Дополнительные области применения станут ясны из следующего далее описания.

Содержание данного раздела и приведенные в нем конкретные примеры имеют целью лишь проиллюстрировать настоящее изобретение, а не ограничить его объем.

Краткое описание чертежей

Описанные чертежи имеют целью лишь проиллюстрировать настоящее изобретение, а не ограничить каким-либо образом его объем.

На фиг.1 показан вид в поперечном разрезе спирального компрессора согласно различным особенностям настоящего изобретения,

на фиг.2 показана диаграмма, на которой представлены механические свойства испытанных образцов согласно различным особенностям настоящего изобретения,

на фиг.3 показана диаграмма, на которой представлена сравнительная ковкость

испытанных образцов согласно различным особенностям настоящего изобретения,

на фиг.4 показана диаграмма, на которой представлена относительная прочность на растяжение в зависимости от содержания железа в испытанных образцах согласно различным особенностям настоящего изобретения,

на фиг.5 показана диаграмма, на которой представлены относительная ковкость в зависимости от содержания железа в испытанных образцах согласно различным особенностям настоящего изобретения, и

на фиг.6 показана диаграмма, на которой представлены термическая обработка алюминиевого сплава согласно различным особенностям настоящего изобретения.

Подробное описание изобретения

Следующее далее описание является чисто иллюстративным и не имеет целью ограничить настоящее изобретение, его применение или использование.

Подразумевается, что на чертежах одинаковые или соответствующие детали и признаки обозначены одинаковыми позициями.

В настоящем изобретении предложены алюминиевые сплавы для литья под давлением.

Алюминиевые сплавы могут иметь разнообразные применения, включая литье деталей компрессора или другого элемента холодильного оборудования и/или оборудования для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC). Одним из примеров компрессора является спиральный компрессор 10, проиллюстрированный на фиг.1.

Хотя в качестве основного примера в настоящем изобретении приведен спиральный компрессор 10, подразумевается, что идеи изобретения применимы к компрессорам других типов (например, поршневым компрессорам). Кроме того, принципы настоящего изобретения также применимы к другим механическим или электромеханическим устройствам, включая двигатели, насосы и другие устройства, содержащие уплотнения

и сопутствующие элементы, такие как нижняя уплотнительная крышка, крестовые муфты, подшипники, соединительные детали, крепеж, различные каналы для текучих сред и т.п., относящиеся к системам отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC), холодильным и другим системам. Для ясности сначала будет описан пример спирального компрессора 10, а затем подробности алюминиевого сплава.

Спиральные компрессоры

Как показано на фиг.1, спиральный компрессор 10 имеет герметичную оболочку 12, компрессорное отделение 14 и отделение 16 электропривода. Герметичная оболочка 12 обеспечивает "герметичное уплотнение" устройства с целью придания ему непроницаемости для газов. Как показано, герметичная оболочка 12 имеет в целом цилиндрическую форму. Герметичная оболочка 12 содержит крышку 18, приваренную к ее верхнему концу, и основание 20, приваренное к ее нижнему концу. Крышка 18 содержит патрубок 22 для выпуска хладагента, в котором может быть установлен выпускной клапан (не показанный). Герметичная оболочка 12 также может содержать всасывающий входной патрубок 66 для формирования всасывающей камеры 63. Основание 20 содержит множество лап крепления (не показанных), выполненных за одно целое с ним. Герметичная оболочка 12 может дополнительно содержать поперечную перегородку 24, приваренную по ее окружности в той же точке, в которой крышка 18 приварена к герметичной оболочке 12.

Компрессорное отделение 14 содержит компрессорный механизм 25, непланетарный спиральный элемент 26, уплотнительный узел 27, планетарный спиральный элемент 28 и корпус 30 подшипника. Непланетарный спиральный элемент 26 имеет торцовую крышку 32 с отходящей от нее спиральной намоткой 36. Непланетарный спиральный элемент 26 прикреплен к корпусу 30 подшипника и может иметь множество направляющих втулок 40, которые соединяют непланетарный спиральный элемент 26 с корпусом 30 подшипника множеством болтов 42. Уплотнительный узел 27 содержит нижнюю уплотнительную крышку 29 и может примыкать к непланетарной спиральной торцовой крышке 32.

Планетарный спиральный элемент 28 содержит торцовую крышку 50 со спиральной намоткой 52, которая отходит вертикально вверх от торцовой крышки 50. Спиральная намотка 52 входит в зацепление со спиральной намоткой 36 непланетарного спирального элемента 26 и образует камеры 54 сжатия, которые могут с возможностью движения текучей среды сообщаться с выпускным отверстием 60. Выпускное отверстие 60 сообщается с выпускной камерой 62, которая необязательно образована перегородкой 24 и крышкой 18.

Отделение 16 электропривода содержит элемент привода, такой как коленчатый вал 68, связанный с планетарным спиральным элементом 28 и приводящий в действие компрессорный механизм. Коленчатый вал 68 с возможностью вращения опирается на подшипник 72 в корпусе 30 подшипника и имеет эксцентриковый участок 74. Эксцентриковый участок 74 связан с планетарным спиральным элементом 28 посредством вкладыша и узла 76 подшипника. Коленчатый вал 68 опирается на отделение 16 электропривода своим нижним концом, на котором находится концентрический участок 78.

На нижнем конце коленчатого вала 68 находится концентрический канал 80, который сообщается наклонным каналом 82, проходящим в радиальном направлении вверх от него до верха коленчатого вала 68. Внутри канала находится смазочное кольцо 84 для нагнетания текучей среды, находящейся в резервуаре 85 или на нижнем конце герметичной оболочки (например, в основании 20), по каналам 80, 82 в компрессорное

отделение 14 и другие части спирального компрессора 10, требующие смазки. Смазочное кольцо 84 такого типа описано в находящемся в общей собственности патенте US 7179069, содержание которого в порядке ссылки включено в настоящую заявку.

С коленчатым валом 68 посредством ротора 100 соединены верхний и нижний противовесы 86, 88. Кроме того, также предусмотрен противовесный щит 90 для уменьшения производственных потерь вследствие соприкосновения нижнего противовеса 88 со смазкой внутри герметичной оболочки 12. Противовесный щит 90 такого типа описан в находящихся в общей собственности патентах US 5064356 и 7413423, содержание которых в порядке ссылки включено в настоящую заявку.

Отделение 16 электропривода содержит силовой узел 92 и опорный 94 элемент нижнего вкладыша. Силовой узел 92 прочно смонтирован в герметичной оболочке 12 и может содержать статор 96, обмотки 98 и ротор 100. Статор 96 запрессован в герметичную оболочку 12, а ротор 100 запрессован в коленчатый вал 68. Статор 96, обмотки 98 и ротор 100 во взаимодействии приводят в движение коленчатый вал 68 и тем самым побуждают планетарный спиральный элемент 28 совершать планетарное движение относительно непланетарного спирального элемента 26, когда на силовой узел 92 подается питание.

Подразумевается, что опорный элемент 94 может являться частью узла подшипника, в который входят различные подкомпоненты (не показанные), такие как нижний вкладыш и упорное кольцо в качестве неограничивающих примеров, как подробно описано в находящемся в общей собственности патенте US 4850819, содержание которого в порядке ссылки включено в настоящую заявку. Опорный элемент 94 прикреплен к герметичной оболочке 12, и на него с возможностью вращения опирается коленчатый вал 68, который вращается вокруг вертикальной оси 102, образованной опорным элементом 94 и нижним вкладышем.

Опорный элемент 94 крепится к герметичной оболочке 12 любым применимым способом. Например, опорный элемент 94 может крепиться к оболочке, как описано в находящемся в общей собственности патенте US 5267844, содержание которого в порядке ссылки включено в настоящую заявку. В качестве альтернативы или дополнительно спорны и элемент 94 крепится к герметичной оболочке 12 множеством крепежных элементов (не показанных).

Материалы и способы

Согласно одной из особенностей настоящего изобретения предложена композиция алюминиевого сплава, обладающая отличными характеристиками текучести и относительного удлинения при литье, в частности, литье под давлением. Термин "алюминиевый" означает, что композиция в основном содержит алюминий, обычно более 80% по весу. Используемый термин "композиция" в целом означает вещество, содержащее по меньшей мере предпочтительные металлы или их соединения, но необязательно содержащее дополнительные вещества или соединения, включая добавки и примеси. Термин "материал" в целом означает вещество, содержащее предпочтительные соединения или композицию.

В настоящем изобретении дополнительно предложены способы литья элементов конструкции из различных алюминиевых сплавов. Используемый термин "элемент конструкции" означает конструктивную или рабочую деталь устройства, которая способствует его работе или размещению в системе. Неограничивающими примерами элементов конструкции являются элементы других механических или электромеханических устройств, включая двигатели, насосы и другие устройства, содержащие уплотнения и сопутствующие элементы, такие как нижняя уплотнительная

крышка, крестовые муфты, подшипники, соединительные детали, крепеж, различные каналы для текучих сред и т.п., относящиеся к системам отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC), холодильным и другим системам.

Неограничивающими примерами элементов конструкции являются описанные выше элементы компрессора 10.

Как известно "литье" предусматривает заливку расплавленного металлического сплава в литейную форму преимущественно с целью получения почти готовой отвержденной литой детали. Расплавленный металлический сплав заливают в форму, в которой он отверждается после охлаждения, в результате чего получают литую деталь.

Алюминиевый сплав согласно настоящему изобретению применим для литья, включая литье под давлением, литье в песчаные формы, литье в постоянные или полупостоянные формы, литье в гипсовые формы и литье по выплавляемым моделям. Согласно различным особенностям изобретения алюминиевый сплав особо применим для литья под давлением, когда расплавленный материал алюминиевого сплава, поступающий в полость литейной формы в процессе литья, проходит через форму для литья под давлением с одним или несколькими отверстиями или каналами. Хотя в изобретении описаны методы литья, подразумевается, что в отдельных случаях алюминиевые сплавы также применимы в известных из техники методахковки. В некоторых разновидностях литые твердые детали образуют элементы конструкции, имеющие одну или несколько поверхностей, которые подвергают дополнительной механической обработке после литья и отверждения.

Алюминиевые сплавы согласно настоящему изобретению обеспечивают особо выгодные свойства относительного удлинения и предела текучести в качестве неограничивающих примеров. В таких вариантах осуществления относительное удлинение и предел текучести измеряют, например, согласно стандарту ASTM B 557-10 "Standard Test Methods for Tension Testing Wrought and Cast Aluminum- and Magnesium-Alloy Products", содержание которого во всей полноте в порядке ссылки включено в настоящую заявку.

В настоящем изобретении предложены алюминиевые сплавы, составы которых иногда представлены численными величинами, такими как процентное содержание. Термин "около" используемый в изобретении в сочетании с этими величинами или процентным содержанием, указывает на определенную незначительную неточность значения, полученного при расчете или измерении (включая непосредственную близость или приблизительную или удовлетворительную близость к точному значению). Если по какой-либо причине в технике принято иначе обозначать неточность вводимую термином "около", в этом случае используемый в описании термин "около" означает возможное отличие до 5% от указанного 5-процентного отклонения от результата измерения обычными способами. Например, содержание около 10% по весу может варьировать в пределах $10 \pm 0,5\%$ по весу, то есть от 9,5 до 10,5% по весу.

Подразумевается, что процентное содержание во всех случаях указывается в пересчете на процентное содержание по общему весу соответствующих алюминиевых сплавов согласно настоящему изобретению.

Кроме того, в описанные диапазоны входят все значения и дополнительные поддиапазоны, на который поделен весь диапазон, включая крайние точки диапазонов. Так, например, диапазон "от 1 до 2" или "от около 1 до около 2" включает значение 1 и значение 2. Значения и диапазоны значений конкретных параметров (таких как температура, молекулярная масса, процентное содержание по весу и т.д.) не исключают другие значения и диапазоны значений, применимые в описании. Предусмотрено, что

два или более конкретных проиллюстрированных значения заданного параметра могут ограничивать крайние точки заявленного диапазона значений параметра. Например, если в описании указано, что параметр X имеет значение A, а также значение Z, предусмотрено, что параметр X может иметь диапазон значений от около A до около Z.

В различных вариантах осуществления композиция алюминиевого сплава содержит от около 85% до около 90% по весу алюминия, включая все поддиапазоны. Согласно другим особенностям композиция алюминиевого сплава содержит от около 88% до около 90% по весу алюминия, включая все поддиапазоны. Компоненты и параметры обработки алюминиевого сплава выбирают таким образом, чтобы обеспечить соответствующую прочность на растяжение, плотность, ковкость, формруемость, обрабатываемость, свариваемость и коррозионную стойкость в качестве ограниченных примеров. Следует отметить, что алюминиевые сплавы согласно настоящему изобретению имеют улучшенную общую ковкость, что является редким и/или нехарактерным свойством для алюминиевых сплавов или других сплавов, содержащих алюминий.

В различных вариантах осуществления алюминиевые сплавы содержат кремний в количестве от около 8% до около 11,6% по весу, включая все поддиапазоны, в качестве легирующего компонента. Согласно другим особенностям алюминиевый сплав содержит кремний в количестве от около 9% до около 10% по весу, включая все поддиапазоны. Кремний улучшает текучесть, упорное сопротивление разрыву и характеристики подачи сплава. Кроме того, алюминиевые сплавы, содержащие кремний, обладают устойчивостью к растрескиванию при отверждении или к растрескиванию по границам зерен, которое происходит на последней стадии отверждения детали. Предпочтительно предотвращать растрескивание на последней стадии во избежание потерь энергии и ресурсов, израсходованных при подготовке к литью детали.

Алюминиевые сплавы согласно настоящему изобретению дополнительно содержат марганец в качестве легирующего компонента. Марганец придает улучшенную текучесть и относительное удлинение с сохранением удовлетворительного предела текучести, предельной прочности на растяжение, а также приемлемых литейных качеств.

Количество марганца, включаемое в сплавы согласно изобретению, превышает традиционно известный порог или предел, составляющий 0,8% по весу. Напротив, согласно особенностям настоящего изобретения количество марганца значительно увеличено до уровня от около 0,8% до около 1,5% по весу, включая все поддиапазоны. В различных вариантах осуществления его количество достигает около 1,9% по весу или теоретического максимума содержания марганца, включаемого в сплав целях растворимости. В других вариантах осуществления количество марганца составляет от около 1% до около 1,25% по весу, включая все поддиапазоны. Как указано, этот уровень содержания марганца значительно превышает уровень содержания марганца в традиционных алюминиевых сплавах, например, традиционных алюминиевых сплавах, известных как А360 и А367.

Алюминиевый сплав А360 содержит более 1% по весу железа и неприменим для преодоления спаивания с формой для литья под давлением. Кроме того, А360 имеет малое относительное удлинение, что усложняет изготовление изделий, таких как элементы конструкции согласно настоящему изобретению. Что касается А367, поскольку алюминиевый сплав А367 является сплавом ртути с высоким содержанием стронция, он является чрезмерно дорогостоящим. Кроме того, А367 не позволяет преодолеть спаивание с формой для литья под давлением, что подробно описано далее, а его

относительное удлинение является неприемлемым по сравнению с алюминиевыми сплавами согласно различным особенностям настоящего изобретения. Далее в разделе "Примеры" приведены более подробные сравнительные данные, демонстрирующие поразительные преимущества описанных алюминиевых сплавов по сравнению с этими стандартными сплавами.

Помимо марганца, включаемого в сплав в необычно большом количестве, существуют дополнительные преимущества отказа от более ранних традиционных моделей, ограничивающих количество марганца. В качестве одного из неограничивающих примеров, сочетание в сплаве кремния и марганца в указанных количествах предположительно обладает синергическим действием. Используемый термин "синергически действующие" количества означает количества, которые обеспечивают больший эффект в сочетании, чем суммарный эффект каждого легирующего компонента по отдельности. Как показано в разделе "Примеры", синергическое действующее сочетание и новые количества, противоречащие традиционным идеям, обеспечивают неожиданные выгоды в том, что касается относительного удлинения и текучести, и дополнительно придают отличные литейные качества. Согласно некоторым особенностям синергически действующее количество марганца и кремния составляет от около 0,8% до около 1,9% по весу марганца и от около 8% до около 11,6% по весу кремния, включая все поддиапазоны. Согласно другим особенностям синергически действующее количество марганца и кремния составляет от около 1% до около 1,2% по весу марганца и от около 9% до около 10% по весу кремния, включая все поддиапазоны.

За счет высокого содержания и синергически действующего сочетания кремния и марганца обеспечиваются усовершенствования известных в настоящее время сплавов, таких как А360, который, как известно, с трудом поддается механической обработке и не обладает текучестью, необходимой для оптимального применения в процессах литья. Кроме того, за счет простоты извлечения литой детали из формы для литья под давлением и минимального "прилипания" литой детали к форме для литья под давлением при использовании алюминиевых сплавов согласно настоящему изобретению увеличивается срок службы инструмента по сравнению, например, со сплавом А360. Помимо этого, сплавы и способы согласно настоящему изобретению применимы для литья в песчаные или постоянные формы.

Другие добавки необязательно включают от около 0,1% до около 0,5% по весу железа. Железо предположительно улучшает механические свойства рассматриваемых алюминиевых сплавов. Как указано в Примерах, это весовое процентное содержание железа улучшает литье и в свою очередь увеличивает предел текучести, относительное удлинение и ковкость рассматриваемых алюминиевых сплавов. Следует отметить, что согласно некоторым особенностям при превышении этого верхнего предела содержания железа, комбинированное взаимодействие марганца и железа предположительно может приводить к ухудшению свойств относительного удлинения материалов рассматриваемых алюминиевых сплавов.

В различных вариантах осуществления рассматриваемой композиции алюминиевого сплава в нее необязательно включают магний в количестве от около 0,2% до около 0,7% по весу, включая все поддиапазоны. Магний является недорогой добавкой и придает относительно высокую прочность в определенном диапазоне температур, в частности, при пониженных температурах.

Другие необязательные добавки включают от около 0,002% до около 0,015% по весу бора, включая все поддиапазоны. В различных вариантах осуществления бор может

использоваться в качестве добавки, измельчающей зерно, или для придания сплаву термостойкости. Другой добавкой является стронций, который в различных вариантах осуществления необязательно используется в количестве от около 0,006% до около 0,017% по весу, включая все поддиапазоны. В различных вариантах осуществления стронций придает сплавам улучшенные механические свойства и сопротивление ползучести за счет эвтектического превращения. Используемый термин "эвтектический" относится к смеси химических соединений или элементов, которая соответствует эвтектической точке, в которой единая жидкая фаза изотермически и обратимо переходит в две или более твердых фаз. Эвтектическая химическая композиция обычно отверждается при более низких температурах, чем любой отдельный компонент смеси. В композиции алюминиевого сплава также в ограниченной степени содержатся примеси или микроэлементы. Примеры примесей включают от около 0,0% до около 0,25% по весу меди, от около 0,0% до около 0,35% по весу цинка и менее около 0,05% по весу, предпочтительно около 0,01% по весу или менее, более предпочтительно около 0,001% по весу или менее микроэлементов. Например, в ограниченном количестве содержится цинк для предотвращения микропористости и растрескивания поверхности литого элемента конструкции. Тем не менее, следует учитывать, что, как известно из техники, цинк способствует естественному твердению при старении.

В различных вариантах осуществления необязательно добавляют небольшое титана в качестве добавки, измельчающей зерно. В таких вариантах осуществления титан присутствует в количестве от 0,0% или более до 0,25% или менее, предпочтительно от более 0,1% до 0,15% или менее по общему весу материала алюминиевого сплава.

В некоторых вариантах осуществления добавки полностью отсутствуют, и алюминиевый сплав имеет преимущественно точный состав. Предполагается, что в таких избранных вариантах осуществления составы такого рода обеспечивают конкретные преимущества в том, что касается ковкости и относительного удлинения, с учетом относительных количеств и исключения других компонентов. Например, в избранных вариантах осуществления из композиции исключается даже следовая концентрация никеля.

В одном из примеров таких избранных вариантов осуществления алюминиевые сплавы могут содержать преимущественно кремний в количестве от 8% до 11,6% по весу, марганец в количестве от 0,8% до 1,9% по весу, железо в количестве от 0,1% до 0,5% по весу, магний в количестве от 0,2% до 0,7% по весу, бор в количестве от 0,002% до 0,15% по весу, стронций в количестве от 0,006% до 0,017% по весу, медь в количестве от 0,0% до 0,25% по весу, цинк в количестве от 0,0% до 0,35% по весу, титан в количестве от 0,0% до около 0,25% по весу, каждый другой микроэлемент в количестве менее около 0,1% по весу, остальное - алюминий, включая все соответствующие поддиапазоны каждого из перечисленного компонента. Например, содержание марганца в таком варианте осуществления может составлять от 0,8% до 1,2% по весу.

В различных вариантах осуществления настоящего изобретения применяются способы изготовления литых элементов конструкции из некоторых композиций алюминиевого сплава с оптимизированным содержанием кремния и марганца с целью увеличения текучести, повышения устойчивости к спаиванию с формой для литья под давлением и увеличения относительного удлинения при литье под давлением. Алюминиевый сплав нагревают до соответствующей температуры, чтобы облегчить заливку в форму. После отверждения детали алюминиевый сплав приобретает очертания внутреннего пространства формы для литья. Затем деталь извлекают из формы и готовят к использованию в качестве элемента конструкции, такого как описаны выше.

Таким образом, согласно различным особенностям изобретения предложены способы изготовления элемента конструкции. Материал алюминиевого сплава нагревают до температуры плавления, применимой для литья. Алюминиевый сплав содержит кремний в количестве от около 8% до около 11,6% по весу, марганец в количестве от около 0,8% до около 1,9% по весу, железо в количестве от около 0,1% до около 0,5% по весу, магний в количестве от около 0,2% до около 0,7% по весу, бор в количестве от около 0,002% до около 0,15% по весу, стронций в количестве от около 0,006% до около 0,017% по весу, менее около 0,25% по весу меди, менее около 0,35% по весу цинка, менее около 0,25% по весу титана, остальное - алюминий. Согласно избранным особенностям содержание кремния составляет 10% или более, а содержание марганца составляет 1% или более по весу алюминиевого сплава.

Согласно различным особенностям изобретения алюминиевые сплавы могут применяться для литья, такого как литье под давлением. Во время литья алюминиевый сплав разжижается и переходит в расплавленное состояние. Литые изделия, такие как элементы конструкции, обычно изготавливают путем заливки расплавленного алюминиевого сплава в полость литейной формы (часто состоящую из нескольких частей, которые вместе образуют открытую полость в форме элемента конструкции, которая также может содержать один или несколько сердечников). Расплавленный металл поступает в литейную форму и заполняет ее полость. После охлаждения и отверждения расплавленного металла он приобретает форму полости (необязательно также определяемую наличием сердечников). После отверждения элемент конструкции извлекают из формы, после чего он может быть подвергнут дополнительной обработке (например, механической обработке). Алюминиевые сплавы согласно настоящему изобретению особо применимы для литья под давлением, когда до поступления расплавленного металла в полость литейной формы он проходит через по меньшей мере одну форму для литья под давлением с одним или несколькими отверстиями или каналами. Алюминиевые сплавы согласно настоящему изобретению обладают особо выгодными преимуществами в том, что касается спаивания с формой для литья под давлением. Спаивание с формой для литья под давлением является одним из недостатков литья алюминия под давлением, когда литой металл (алюминиевый сплав) прилипает или сцепляется с формой для литья под давлением любым из нескольких способов. При соприкосновении или прохождении алюминиевого сплава через стенку формы может происходить его нежелательное прилипание к форме после отверждения и извлечения литой детали. Впоследствии происходит накопление литого материала алюминиевого сплава, и производство приходится останавливать с целью очистки. Тем не менее, у композиций алюминиевого сплава согласно настоящему изобретению наблюдалось минимальное спаивание с формой для литья под давлением.

В некоторых разновидностях настоящего изобретения дополнительно предусмотрена необязательная обработка алюминиевого сплава или элемента конструкции, изготовленного из алюминиевого сплава, методом термической обработки, таким как отжиг. Отжиг означает нагрев металла до соответствующей температуры и выдерживание при ней с последующим охлаждением. Например, при отжиге металл может медленно нагреваться до температуры, при которой может происходить изменение микроструктуры металлического сплава, например, перекристаллизация. Отжиг способен при необходимости улучшать последующую обрабатываемость и холодную обработку элемента конструкции, а также улучшает механические свойства элемента конструкции.

В процессе отжига элемент конструкции помещают вблизи источника тепла, такого

как горн или печь (для удобства источник тепла будет именоваться далее печью). Печь имеет начальную температуру, которой может являться любая применимая температура, воздействию которой элемент конструкции может подвергаться без ущерба для целостности элемента конструкции. В качестве неограничивающего примера, начальной температурой является приблизительно комнатная температура (25°C или 72°F) или температура около 100°F (или 37°C) или ниже. Подразумевается, что начальная температура в печи или начальная температура элемента конструкции может являться более высокой или низкой в зависимости от окружающих условий, в которых находится печь, или в зависимости от условий хранения элемента конструкции.

После того, как элемент конструкции помещают в печь, ее нагревают до конечной температуры выдержки, которая зависит от конкретных свойств обрабатываемой композиции сплава и желаемой микроструктуры, получаемой в результате отжига. Например, в некоторых разновидностях конечная температура выдержки составляет от около 500°F (260°C) до около 800°F (427°C), включая все поддиапазоны. Согласно другим особенностям конечная температура выдержки составляет около 700°F (371°C) или менее, включая все поддиапазоны. Согласно дополнительным особенностям конечная температура выдержки составляет от 640°F (338°C) до 660°F (349°C), включая все поддиапазоны. Согласно другим особенностям конечная температура выдержки составляет около 650°F (343°C) или менее, включая все поддиапазоны.

В некоторых разновидностях элемент конструкции и, следовательно, источник тепла или печь нагревают с низкой скоростью для достижения конечной температуры выдержки. Например, скорость нагрева источника тепла может составлять от около 50°F (10°C) в час или более до около 200°F (93°C) в час или менее, необязательно от около 75°F (24°C) в час или более до около 175°F (79°C) в час или менее, необязательно от около 100°F в час или более до около 150°F (66°C) в час или менее. Кроме того, скорость может изменяться с течением времени и необязательно является постоянной на протяжении нагрева с целью достижения конечной температуры выдержки.

На фиг.6 в качестве примера показано, что температура в печи постепенно повышается в течение нескольких часов, пока не будет достигнута конечная температура выдержки. Количество времени, необходимое для достижения конечной температуры выдержки, зависит от вместимости печи, числа элементов конструкции в печи, циркуляции воздуха в печи и любых изменений температуры в печи. Например, печь, в которой находятся всего десять элементов конструкции, будет иметь меньшее время нарастания конечной температуры выдержки, чем печь, в которой находятся всего два элемента конструкции. Это объясняется распределением тепла в печи и относительным нагревом элементов конструкции. Как показано на фиг.6, сначала в течение первого часа нагрева от комнатной температуры скорость нагрева составляет приблизительно 175°F в час. Скорость нагрева постепенно снижается по мере приближения к заданной конечной температуре выдержки, и в течение от шести до восьми часов скорость нагрева составляет приблизительно 50°F в час.

В качестве одного из неограничивающих примеров, общее количество времени, необходимое для нагрева печи от начальной температуры до конечной температуры выдержки составляет от 1 часа или более до 2 суток или менее, включая все поддиапазоны. Согласно избранным особенностям время, необходимое для нагрева печи, составляет от около 3 часов до около 15 часов, включая все поддиапазоны. Согласно другим особенностям время, необходимое для нагрева печи, составляет от около 5 часов до около 10 часов. Специалисты в данной области техники учтут, что количество времени, необходимое для нагрева печи, может быть изменено в зависимости

от вместимости печи, числа элементов конструкции в печи, циркуляции воздуха в печи и любых изменений температуры в печи.

После того, как достигнута конечная температура выдержки в печи, элементы конструкции выдерживают в печи при этой температуре в течение времени обработки.

5 На протяжении того, как элементы конструкции нагреваются в печи, температура элементов конструкции и окружающая температура в печи могут достигнуть равновесия, когда температура в печи является такой же, как температура элементов конструкции. Согласно различным особенностям изобретения температура в печи достигает конечной температуры выдержки. Согласно другим различным особенностям температура
10 элементов конструкции достигает конечной температуры выдержки.

Кроме того, подразумевается, что допустимо незначительное отклонение конечной температуры выдержки вследствие собственного колебания температуры в системах управления относительно заданного значения температуры, а также вследствие
15 неэффективности печи или термометра, измеряющего температуру в печи. Любое колебание температуры оптимально поддерживается максимально в пределах 10% желаемой конечной температуры выдержки; необязательно максимально в пределах 5% желаемой конечной температуры выдержки; необязательно в пределах 1% желаемой конечной температуры выдержки, и согласно некоторым особенностям необязательно в пределах 0,5% желаемой конечной температуры выдержки.

20 Согласно различным особенностям изобретения время обработки, в течение которого элементы конструкции выдерживают в печи при конечной температуре выдержки, составляет от около 1 часа или более до около 24 часов или менее, включая все поддиапазоны. Согласно другим особенностям время обработки, в течение которого
25 элементы конструкции выдерживают в печи при конечной температуре выдержки, составляет около 18 часов или менее. Согласно другим особенностям элементы конструкции выдерживают в печи при конечной температуре выдержки в течение от около 5 часов до около 15 часов, включая все поддиапазоны. Согласно другим особенностям время обработки, в течение которого элементы конструкции выдерживают в печи, составляет от около 8 часов до около 10 часов, включая все поддиапазоны.

30 В результате отжига происходит изменение элементов конструкции. Согласно некоторым особенностям элементы конструкции, изготовленные из рассматриваемого алюминиевого сплава и не подвергнутые описанному отжигу, имеют твердость от около 95 до около 105 HRH (число твердости по Роквеллу). В других разновидностях элементы конструкции, изготовленные из рассматриваемого алюминиевого сплава и
35 подвергнутые отжигу, имеют меньшую твердость, чем элементы конструкции, которые не были подвергнуты отжигу. Например, элементы конструкции, изготовленные из рассматриваемого алюминиевого сплава и подвергнутые отжигу, имеют твердость от около 75 до около 90 HRH, включая все поддиапазоны. В некоторых разновидностях элементы конструкции, изготовленные из рассматриваемого алюминиевого сплава и
40 подвергнутые отжигу, имеют номинальную твердость около 88 HRH, при этом твердость может составлять от около 84,5 или более до около 91,5 HRH или менее, включая все поддиапазоны. В других разновидностях элементы конструкции, изготовленные из рассматриваемого алюминиевого сплава и подвергнутые отжигу, имеют номинальную твердость около 87,25 HRH, при этом твердость может составлять от около 81,5 HRH
45 или более до около 93 HRH или менее, включая все поддиапазоны. Такая термическая обработка или отжиг, в результате которого снижается твердость, может иметь особые преимущества для элемента конструкции. Согласно другим особенностям элементы конструкции, изготовленные из рассматриваемого алюминиевого сплава и подвергнутые

отжигу, имеют твердость от около 81 до около 88 HRH, включая все поддиапазоны. Согласно другим особенностям элементы конструкции, изготовленные из рассматриваемого алюминиевого сплава и подвергнутые описанному отжигу, имеют среднюю номинальную твердость около 85 HRH.

5 После того, как элементы конструкции нагревают с целью отжига, их охлаждают. Затем охлажденные элементы конструкции включают в состав более крупной системы, такой как компрессор 10 в качестве одного из неограничивающих примеров.

Согласно различным особенностям изобретения материал алюминиевого сплава отливают по форме элемента конструкции. Согласно некоторым особенностям в
10 различных вариантах осуществления литье осуществляют методом литья под давлением с использованием одной или нескольких форм для литья под давлением и одной или нескольких пресс-форм. Алюминиевые сплавы отверждают по форме твердого элемента конструкции компрессора.

Согласно различным особенностям изобретения твердый элемент, изготовленный
15 методом литья, имеет относительное удлинение 7% или более. Согласно некоторым особенностям твердый элемент, изготовленный методом литья, имеет относительное удлинение 8% или более. Согласно другим особенностям элемент имеет относительное удлинение около 9% или более. В избранных вариантах осуществления элемент, изготовленный таким способом, имеет прочность на растяжение около 38000 фунтов
20 на кв. дюйм или более, в некоторых разновидностях около 40000 фунтов на кв. дюйм или более.

Содержание никеля в сплаве необязательно может быть ограничено количеством, не превышающим содержание микропримесей (например, не более около 0,5% по весу композиции сплава). В других вариантах осуществления содержание никеля составляет
25 менее около 3% по весу, предпочтительно от более 0,5% до менее 1,5% по весу. Такие варианты осуществления предположительно применимы в условиях высоких температур, например, в поршне или подшипнике в качестве неограничивающих примеров.

Согласно другим признакам настоящего изобретения предложен способ изготовления элемента конструкции, в котором получают алюминиевый сплав, содержащий
30 синергически действующее количество марганца и кремния, отливают алюминиевый сплав по форме элемента конструкции и отверждают алюминий, в результате чего его относительное удлинение составляет 7% или более, а прочность на растяжение 38000 фунтов на кв. дюйм или более. Согласно некоторым особенностям составляет относительное удлинение 8% или более. Согласно различным особенностям изобретения
35 относительное удлинение составляет 9% или более. Согласно другим особенностям прочность на растяжение составляет 40000 фунтов на кв. дюйм или более. Согласно различным особенностям изобретения элемент конструкции предназначен для компрессора, холодильного оборудования или оборудования для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

40 Согласно таким другим признакам алюминиевый сплав содержит кремний в количестве от около 8% до около 11,6% по весу, марганец в количестве от около 0,8% до около 1,9% по весу, железо в количестве от около 0,1% до около 0,5% по весу, магний в количестве от около 0,2% до около 0,7% по весу, бор в количестве от около 0,002% до около 0,15% по весу, стронций в количестве от около 0,006% до около 0,017% по
45 весу, менее около 0,25% по весу меди, менее около 0,35% по весу цинка, менее около 0,25% по весу титана, остальное - алюминий. Согласно другим особенностям синергически действующее количество марганца и кремния составляет от около 1% до около 1,2% по весу марганца и от около 9% до около 10% по весу кремния. В таких

вариантах осуществления алюминиевые сплавы преимущественно не содержат других компонентов в количествах, превышающих содержание микропримесей, таких как никель или медь.

Согласно другим особенностям изобретения алюминиевый сплав содержит преимущественно кремний в количестве от 8% до 11,6% по весу; марганец в количестве от 0,8% до 1,9% по весу; железо в количестве от 0,1% до 0,5% по весу; магний в количестве от 0,2% до 0,7% по весу; бор в количестве от 0,002% до 0,15% по весу; стронций в количестве от 0,006% до 0,017% по весу; менее около 0,25% по весу меди; менее около 0,35% по весу цинка; менее около 0,25% по весу титана; остальное - алюминий. Согласно другим родственным признакам кремний присутствует в количестве от 9% до 10% по весу. Согласно дополнительным родственным признакам, марганец присутствует в количестве от 0,8% до 1,2% по весу.

Согласно дополнительным признакам настоящего изобретения предложен способ изготовления элемента конструкции, в котором получают алюминиевый сплав, отливают алюминиевый сплав по форме элемента конструкции, отжигают алюминий, имеющий форму элемента конструкции при температуре от около 600°F (316°C) до около 700°F. Согласно другим особенностям алюминий отверждают, в результате чего его относительное удлинение составляет 7% или более, а прочность на растяжение 38000 фунтов на кв. дюйм или более.

Согласно дополнительным особенностям отжиг осуществляют в течение от около 1 часа до около 24 часов. Согласно другим особенностям отжиг осуществляют в течение 18 часов или менее. Согласно другим особенностям отжиг осуществляют в течение от около 8 часов до около 10 часов. Согласно другим особенностям температура отжига составляет от около 640°F до около 650°F.

Согласно другим особенностям элемент конструкции охлаждают после отжига. Полученный элемент конструкции имеет меньшую твердость, чем элемент конструкции, не подвергнутый отжигу. Полученный элемент конструкции имеет на 5-30 HRH меньшую твердость, чем сравнимый элемент конструкции, не подвергнутый отжигу. Согласно избранным особенностям элемент конструкции, подвергнутый отжигу имеет твердость от около 81 до около 88 HRH. Согласно другим особенностям элементов конструкции имеют твердость около 85 HRH.

Согласно другим признакам алюминиевый сплав содержит кремний в количестве от около 8% до около 11,6% по весу, марганец в количестве от около 0,8% до около 1,9% по весу, железо в количестве от около 0,1% до около 0,5% по весу, магний в количестве от около 0,2% до около 0,7% по весу, бор в количестве от около 0,002% до около 0,15% по весу, стронций в количестве от около 0,006% до около 0,017% по весу, менее около 0,25% по весу меди, менее около 0,35% по весу цинка, менее около 0,25% по весу титана, остальное - алюминий. В таких вариантах осуществления согласно избранным особенностям алюминиевые сплавы преимущественно не содержат других компонентов в количествах, превышающих содержание микропримесей, таких как никель или медь.

Кроме того, согласно различным особенностям изобретения относительное удлинение составляет 7% или более. Согласно другим особенностям относительное удлинение составляет 9% или более. Согласно другим особенностям прочность на растяжение составляет 38000 фунтов на кв. дюйм или более. Кроме того, согласно другим особенностям прочность на растяжение составляет 40000 фунтов на кв. дюйм или более. Согласно различным особенностям изобретения элемент конструкции предназначен для компрессора, холодильного оборудования или оборудования для отопления,

вентиляции и кондиционирования воздуха.

Согласно другим дополнительным признакам предложен способ, в котором материал алюминиевого сплава, содержащий синергически действующее количество марганца и кремния, отливают по форме элемента конструкции. Согласно некоторым особенностям в различных вариантах осуществления литье осуществляют методом литья под давлением с использованием одной или нескольких форм для литья под давлением и одной или нескольких пресс-форм. Алюминиевые сплавы отверждают по форме твердого элемента конструкции компрессора. Отвержденный сплав нагревают с помощью источника нагрева с целью отжига при температуре от около 600°F до около 700°F. Согласно различным особенностям изобретения твердый сплав затем подвергают механической обработке.

Согласно другим особенностям нагрев в целях отжига осуществляют в течение от около 1 часа или более до около 72 часов или менее. Согласно другим особенностям отжиг осуществляют в течение 18 часов или менее. Согласно другим особенностям отжиг осуществляют в течение от около 8 часов до около 10 часов. Согласно различным особенностям температура составляет менее около 700°F. Согласно другим особенностям температура составляет от около 640°F до около 650°F.

Согласно другим особенностям элемент конструкции элемент конструкции охлаждают после отжига. Полученный элемент конструкции имеет меньшую твердость, чем элемент конструкции, не подвергнутый нагреву/отжигу. Полученный элемент конструкции имеет на 5-30 HRH меньшую твердость, чем сравнимый элемент конструкции, не подвергнутый отжигу. Согласно избранным особенностям элемент конструкции, подвергнутый отжигу имеет твердость от около 81 до около 88 HRH. Согласно другим особенностям элементов конструкции имеют твердость около 85 HRH.

Согласно другим признакам алюминиевый сплав содержит кремний в количестве от около 8% до около 11,6% по весу, марганец в количестве от около 0,8% до около 1,9% по весу, железо в количестве от около 0,1% до около 0,5% по весу, магний в количестве от около 0,2% до около 0,7% по весу, бор в количестве от около 0,002% до около 0,15% по весу, стронций в количестве от около 0,006% до около 0,017% по весу, менее около 0,25% по весу меди, менее около 0,35% по весу цинка, менее около 0,25% по весу титана, остальное - алюминий. Согласно другим особенностям синергически действующее количество марганца и кремния составляет от около 1% до около 1,2% по весу марганца и от около 9% до около 10% по весу кремния. В таких вариантах осуществления алюминиевые сплавы преимущественно не содержат других компонентов в количествах, превышающих содержание микропримесей, таких как никель или медь.

Согласно различным особенностям изобретения относительное удлинение отвержденного сплава составляет 7% или более. Согласно некоторым особенностям относительное удлинение отвержденного сплава составляет 8% или более. Согласно другим особенностям относительное удлинение отвержденного сплава составляет 9% или более. Согласно другим особенностям прочность на растяжение составляет 38000 фунтов на кв. дюйм или более. Согласно другим особенностям прочность на растяжение составляет 40000 фунтов на кв. дюйм или более. Согласно различным особенностям изобретения элемент конструкции предназначен для компрессора, холодильного оборудования или оборудования для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Примеры

Были проведены эксперименты с различными алюминиевыми сплавами и сравнительными стандартными сплавами A360 и A367. Как показано далее в Таблице

1 (в которой все значения приведены в процентах по весу), термообработанные составы Mod 1 и Mod 1 содержат 92,333% по весу алюминия, 0,17% по весу марганца и 6,70% по весу кремния. Состав Mod 2 содержит 91,768% по весу алюминия, 0,51% по весу марганца и 6,88% по весу кремния. Состав Mod 3 содержит 90,003% по весу алюминия, 1,04% по весу марганца и 8,02% по весу кремния. Состав Mod 4 содержит 88,567% по весу алюминия, 1,11% по весу марганца и 8,02% по весу кремния. Остальные легирующие компоненты указаны в Таблице 1.

Таблица 1

Составы сплавов с указанием содержания компонентов (в процентах по весу)

Компонент	A360	A367	Термообработанный состав Mod 1	Состав Mod 1	Состав Mod 2	Состав Mod3	Состав Mod 4
Al	88,051	89,171	92,333	92,333	91,768	90,003	88,567
Mn	0,16	0,48	0,17	0,17	0,51	1,04	1,11
Si	9,43	9,16	6,70	6,70	6,88	8,02	9,34
Cr	0,061	0,006	0,031	0,031	0,037	0,051	0,068
Cu	0,169	0,039	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005
Fe	1,30	0,24	0,28	0,28	0,31	0,39	0,41
Mg	0,45	0,58	0,33	0,33	0,33	0,34	0,33
Ni	0,023	0,008	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Sn	0,001	0,004	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Zn	0,243	0,039	0,003	0,003	0,002	0,002	0,003
Sr	0,001	0,164	0,009	0,009	0,012	0,011	0,012
Pb	0,010	0,006	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001
B	0,004	0,015	0,004	0,004	0,006	0,010	0,013
Zr	0,0030	0,0060	0,0010	0,0010	0,0013	0,0020	0,0023
Ti	0,096	0,079	0,135	0,135	0,138	0,141	0,143
Общее процентное содержание по весу	100	100	100	100	100	100	100

Композиции алюминиевого сплава Mod 3 и Mod 4 имеют наибольшее среди всех образцов процентное содержание по весу марганца и кремния. В соответствии с настоящим изобретением количества марганца значительно превышает традиционный максимум 0,8% по весу. Mod 3 имеет содержание марганца 1,04% по весу, а Mod 4 имеет содержание марганца 1,11% по весу. Что интересно, при увеличении содержания марганца в сочетании с более высокими уровнями содержания кремния наблюдался синергический эффект. Далее в Таблице 2 приведены сводные данные средней прочности на растяжение (в фунтах на кв. дюйм), предела текучести (в фунтах на кв. дюйм) и относительного удлинения различных образцов. Средняя прочность на растяжение, предел текучести и относительное удлинение были вычислены путем соответствующих измерений в местах разрывов посередине и на внешней периферии литых образцов, изготовленных с использованием сплавов с соответствующими составами.

Таблица 2

Сравнительная прочность на растяжение, предел текучести и среднее относительное удлинение

	A360	A367	Термообработанный состав Mod 1	Состав Mod 1	Состав Mod 2	Состав Mod3	Состав Mod 4
Средняя прочность на растяжение (фунты на кв. дюйм)	37114	35667	25881	35406	37437	38023	41353
Средний предел текучести (фунты на кв. дюйм)	23734	21059	15667	19746	20972	22414	22234
Среднее относительное удлинение	4	5	6	7	7	7	9

Следует отметить, что стандартные сплавы A360 и A367 имеют среднее относительное

удлинение 4% и 5%, соответственно. Как указано выше, в этих стандартных сплавах не используются высокие уровни содержания марганца (более 0,8% по весу), и они имеют содержание марганца 0,16% по весу и 0,48% по весу, соответственно. Сплав Mod 4 имеет наибольшее относительное удлинение приблизительно 9%. Оно почти вдвое превышает относительное удлинение у стандартных сплавов A360 и A367. Кроме того, Mod 4 имеет среднюю прочность на растяжение приблизительно на 10% выше, чем A360 и A367.

Помимо этого, на фиг.1 проиллюстрирован относительный предел текучести и относительное удлинение различных составов. Сплав Mod 4 имеет наибольшее относительное удлинение приблизительно 8,75%, тогда как стандартный сплав A360 имеет относительное удлинение менее 4%. Увеличение содержания марганца с 0,16% по весу в A360 1,11% в Mod 4 указывает на то, что высокое содержание марганца приводит почти к двукратному увеличению относительного удлинения.

На фиг.1 также показано, что общая тенденция состоит том, что с увеличением содержания марганца также увеличивается относительное удлинение. Это противоречит традиционным представлениям, согласно которым композиции не должны содержать более 0,8% по весу марганца.

Рассмотрим фиг.2, на которой проиллюстрирована относительная прочность на растяжение составов сплавов. Следует отметить, что состав Mod 4 имеет прочность на растяжение приблизительно от 37000 до 42000 фунтов на кв. дюйм, тогда как стандартный сплав A360 - от около 33000 до менее 40000 фунтов на кв. дюйм. Состав Mod 3 с содержанием марганца 1,04% по весу имеет второй показатель прочности на растяжение из всех образцов и максимальную прочность на растяжение приблизительно 42500 фунтов на кв. дюйм.

Рассмотрим на фиг.3, на которой проиллюстрировано относительное удлинение различных образцов. Сплав с составом Mod 4 имеет наибольшее относительное удлинение в среднем 9%. Различные частные значения относительного удлинения Mod 4 находятся в интервале от 7,2% до 9,6%. Сплав с составом Mod 3 имеет второй показатель относительного удлинения в среднем 7%. Различные частные значения относительного удлинения Mod 3 находятся в интервале от 5,5% до 9%. Стандартный сплав A360 имеет относительное удлинение в среднем всего 4%. Наименьшее частное значение относительного удлинения сплава A360 составляет всего 3%. Соответственно, при использовании алюминиевых сплавов согласно настоящему изобретению увеличение относительного удлинения составляет до 300%. Аналогичным образом, как показано на фиг.5, относительное удлинение в зависимости от уровня содержания железа в различных сплавах также доказывает, что синергически действующие высокие уровни содержания марганца и кремния способствуют заметному увеличению относительного удлинения у алюминиевых сплавов согласно настоящему изобретению.

Рассмотрим фиг.4, на которой проиллюстрирована прочность различных образцов в зависимости от процентного содержания железа. Все образцы (за исключением A360) имели содержание железа от около 0,1% до около 0,4% по весу. Образцы Mod 3 и Mod 4 с синергически действующими высокими уровнями содержания марганца и кремния имели наибольшую прочность на растяжение. Сплавы A360 и A367 имели аналогичную прочность на растяжение, несмотря на то, что A360 имел содержание железа 1,3% по весу, а A367 имел содержание железа 0,24% по весу.

Далее описан один из примеров отжига. Было изготовлено двадцать четыре (24) элемента конструкции из алюминиевого сплава согласно некоторым особенностям настоящего изобретения. Процесс отжига осуществляли в печи с внутренними размерами

8 футов на 7 футов на 6 футов и тремя вентиляторами для облегчения распределения тепла. Затем поместили в печь 24 элемента конструкции. Печь в течение 9 часов постепенно нагрели до конечной температуры выдержки 650°F. Элементы конструкции в течение 7,5 часов выдержали в печи, нагретой до 650°F. Средняя твердость элементов конструкции составляла 85 HRH.

Из приведенного выше описания специалисты в данной области техники смогут понять, что идеи настоящего изобретения могут быть реализованы в разнообразных формах. Следует учесть, приведенное выше описание настоящего изобретения является по сути лишь примером, и, соответственно, разновидности, не выходящие за пределы существа изобретения, считаются входящими в его объем. Такие разновидности не должны считаться выходящими за пределы существа и объема изобретения.

Формула изобретения

1. Способ изготовления элемента компрессора холодильного оборудования или оборудования для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха литьем, включающий заливку расплавленного алюминиевого сплава в полость литейной формы, охлаждение расплавленного алюминиевого сплава с отверждением алюминиевого сплава и извлечение элемента из литейной формы, при этом материал алюминиевого сплава содержит, вес. %: кремний 8-11,6, марганец 0,8-1,9, железо 0,1-0,5, магний 0,2-0,7, бор 0,002-0,15, стронций 0,006-0,017, медь 0-0,25, цинк 0-0,35, титан 0-0,25, алюминий - остальное.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что элемент имеет относительное удлинение по меньшей мере 7%.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что элемент имеет относительное удлинение по меньшей мере 9%.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что элемент имеет прочность на растяжение по меньшей мере 38000 фунтов на кв. дюйм.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что элемент имеет прочность на растяжение по меньшей мере 40000 фунтов на кв. дюйм.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что материал алюминиевого сплава содержит никель в количестве микропримесей, составляющем от 0% до 0,05% по весу материала алюминиевого сплава.

7. Способ по п. 1, отличающийся тем, что заливку расплава в форму осуществляют в форму литья под давлением.

8. Способ по п. 1, отличающийся тем, что осуществляют механическую обработку твердого элемента конструкции после литья.

9. Способ по п. 1, отличающийся тем, что кремний содержится в количестве по меньшей мере 10% по весу материала алюминиевого сплава, а марганец содержится в количестве по меньшей мере 1% по весу материала алюминиевого сплава.

10. Способ изготовления элемента компрессора холодильного оборудования или оборудования для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха литьем, включающий заливку расплавленного алюминиевого сплава, содержащего синергически действующее количество марганца и кремния, включающее от 0,8% до 1,9% по весу марганца и от 8% до 11,6% по весу кремния в полость литейной формы для литья под давлением, охлаждение расплавленного алюминиевого сплава с отверждением алюминиевого сплава и извлечение элемента из литейной формы, при этом отвержденный алюминиевый сплав имеет относительное удлинение по меньшей мере 7% и прочность на растяжение по меньшей мере 38000 фунтов на кв. дюйм.

11. Способ по п. 10, отличающийся тем, что алюминиевый сплав содержит, вес.%: кремний 8-11, марганец 0,8-1,9, железо 0,1-0,5, магний 0,2-0,7, бор 0,002-0,15, стронций 0,006-0,017, медь 0-0,25, цинк 0-0,35, титан 0-0,25, алюминий - остальное.

5 12. Способ по п. 11, отличающийся тем, что синергически действующее количество марганца и кремния составляет от 1% до 1,2% марганца по весу алюминиевого сплава и от 9% до 10% кремния по весу алюминиевого сплава.

13. Способ по п. 12, отличающийся тем, что алюминиевый сплав содержит никель в количестве микропримесей, составляющем от 0% до 0,05% по весу алюминиевого сплава.

10 14. Способ по п. 12, отличающийся тем, что алюминиевый сплав содержит медь в количестве микропримесей, составляющем от 0% до 0,05% по весу алюминиевого сплава.

15. Способ по п. 10, отличающийся тем, что относительное удлинение отвержденного алюминиевого сплава составляет по меньшей мере 9%.

15 16. Способ по п. 10, отличающийся тем, что прочность на растяжение отвержденного алюминиевого сплава составляет по меньшей мере 40000 фунтов на кв. дюйм.

17. Способ по п. 10, отличающийся тем, что осуществляют отжиг элемента после отверждения.

18. Алюминиевый сплав для изготовления компрессора холодильного оборудования
20 или оборудования для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха литьем, содержащий, вес.%: кремний 8-11,6, марганец 0,8-1,9, железо 0,1-0,5, магний 0,2-0,7, бор 0,002-0,15, стронций 0,006-0,017, медь 0-0,25, цинк 0-0,35, титан 0-0,25, алюминий - остальное.

19. Алюминиевый сплав по п. 18, отличающийся тем, что кремний присутствует в
25 количестве от 9% до 10% по весу алюминиевого сплава.

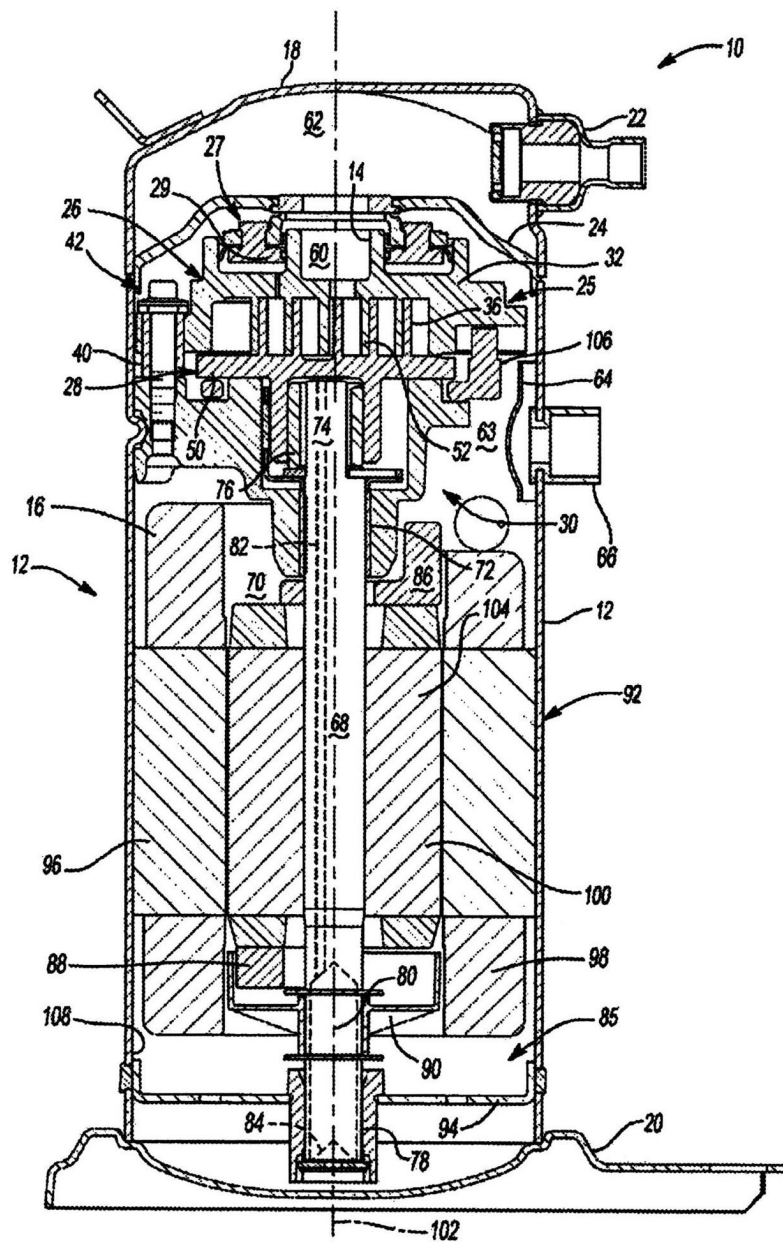
20. Алюминиевый сплав по п. 18, отличающийся тем, что марганец присутствует в количестве от 0,8% до 1,2% по весу алюминиевого сплава.

30

35

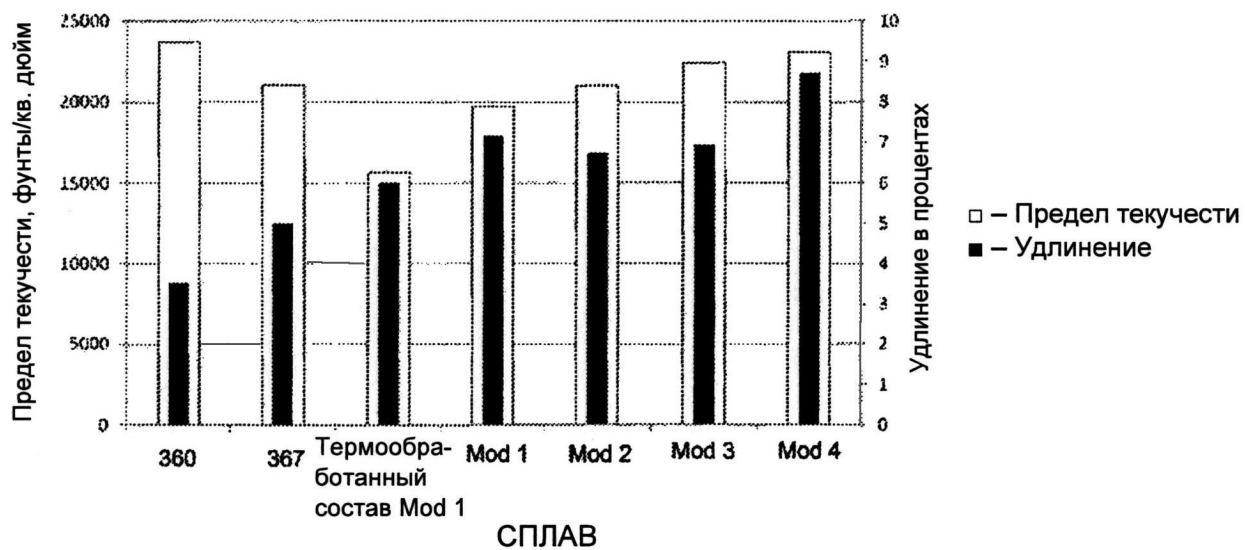
40

45

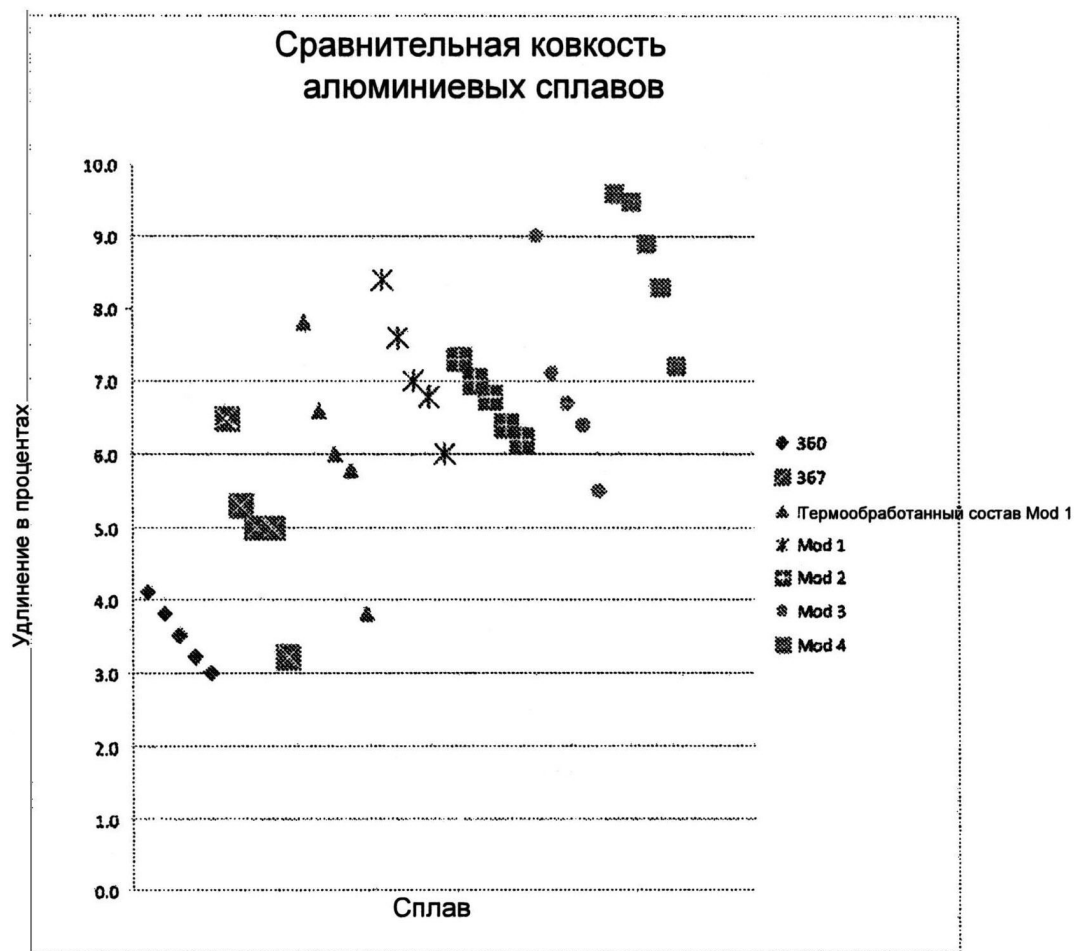


ФИГ. 1

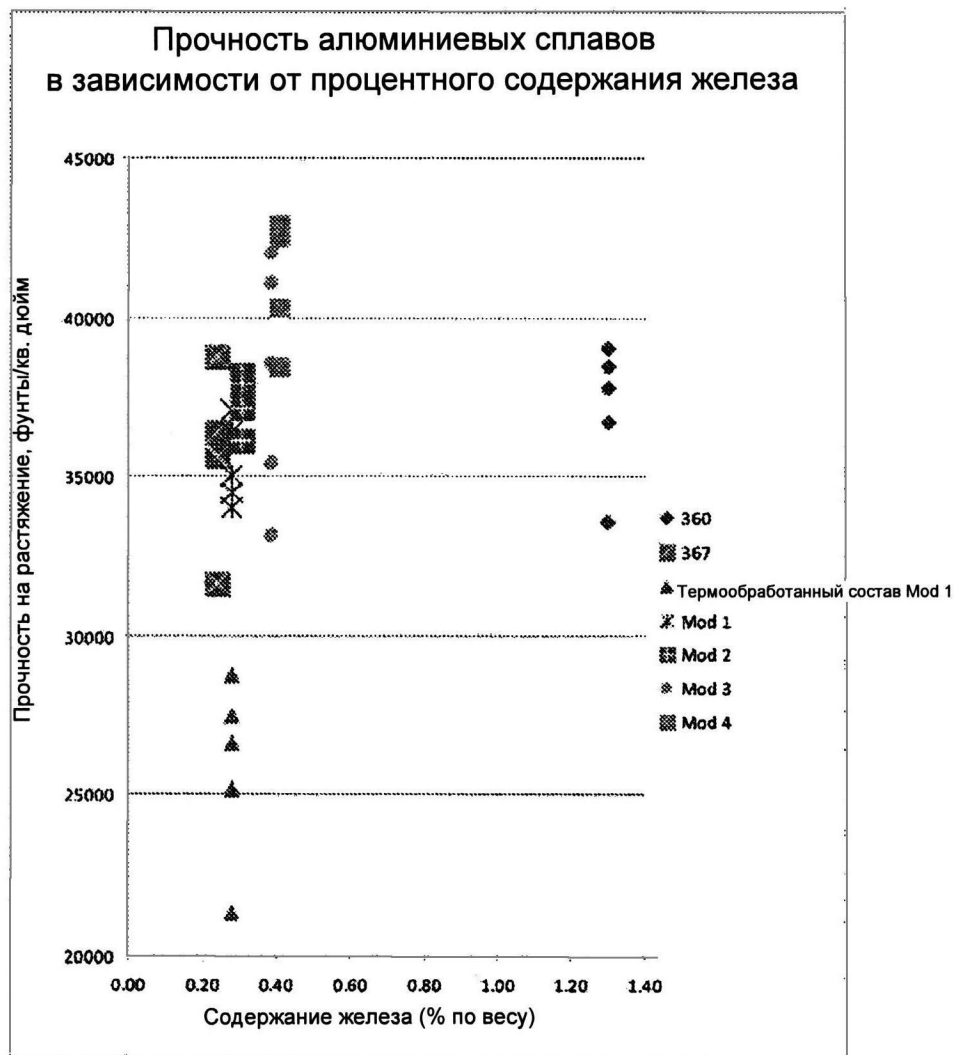
Механические свойства



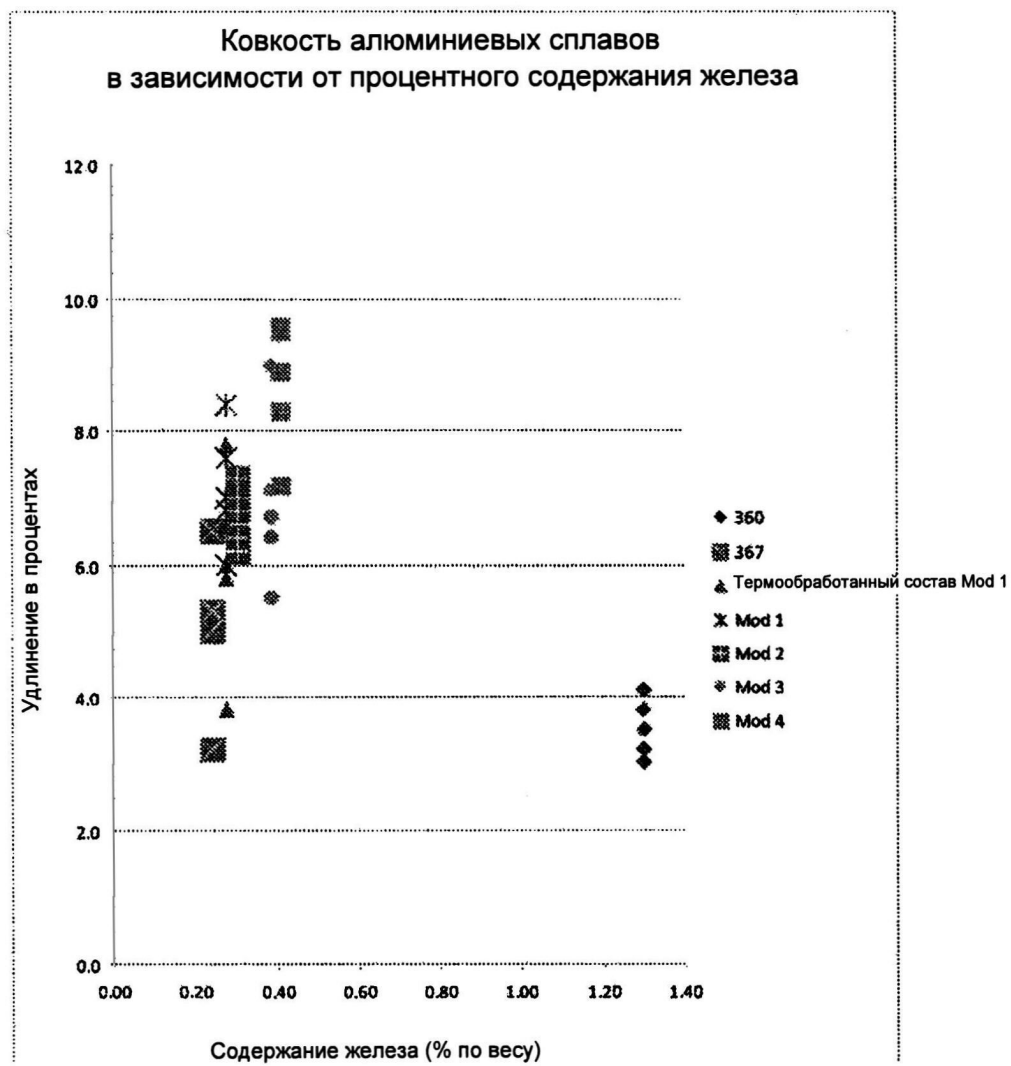
ФИГ. 2



ФИГ. 3

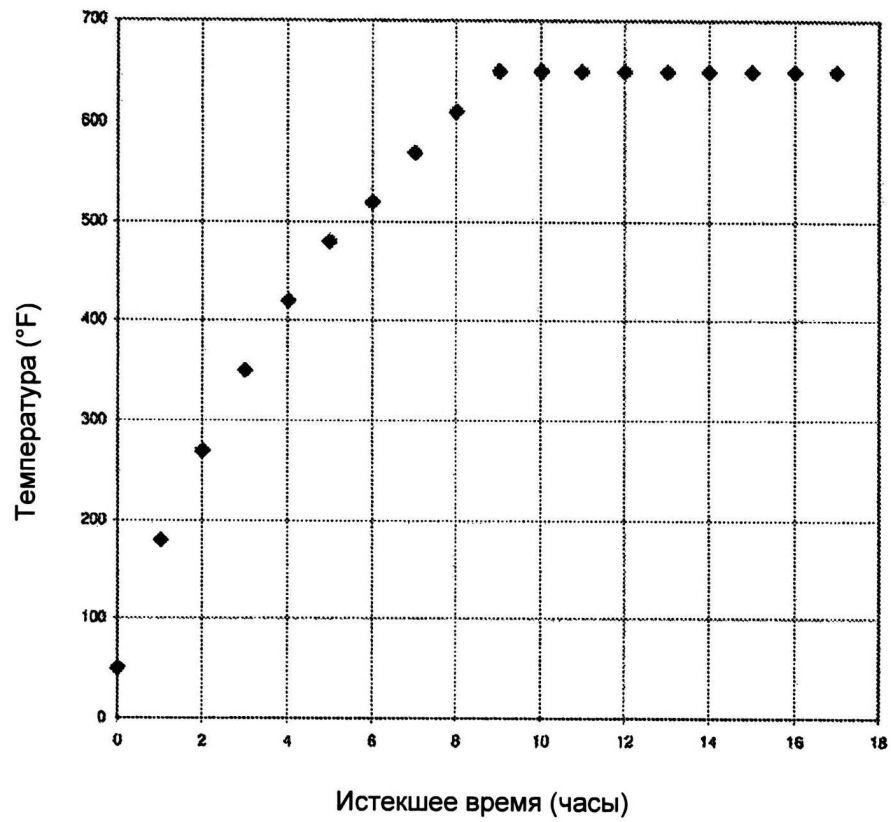


ФИГ. 4



ФИГ. 5

Термообработка алюминиевого сплава



ФИГ. 6