



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013146478/02, 17.10.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.10.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.10.2013

(45) Опубликовано: 10.12.2014 Бюл. № 34

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2478136 C2, 27.03.2013 . SU 1529750 A1, 27.03.1996. CN 103060730 A, 24.04.2013. EP 2554285 A1, 06.02.2013. DE 102008033027 A1, 18.03.2010. RU 2347006 C2, 20.02.2009

Адрес для переписки:

450000, г.Уфа, ул. К. Маркса, 12, УГАТУ, отдел интеллектуальной собственности, Ефремова Вера Павловна

(72) Автор(ы):

Кайбышев Рустам Оскарович (RU),
Жемчужникова Дарья Александровна (RU),
Тагиров Дамир Вагизович (RU),
Газизов Марат Разифович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Уфимский государственный авиационный технический университет" (RU),
Открытое акционерное общество "УФИМСКОЕ МОТОРОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ" (RU)

(54) СПОСОБ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ ОБЪЕМНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ Al-Cu-Mg-Ag СПЛАВОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии, а именно к способу термомеханической обработки полуфабрикатов из Al-Cu-Mg-Ag сплавов для дальнейшей формовки из них объемных деталей сложной формы, применяемых в авиакосмической технике и транспортном машиностроении. Термомеханическая обработка полуфабрикатов включает деформацию гомогенизированных и механически обработанных слитков сплава методом равноканального углового прессования при 380-450°C в 1-2 прохода прессования до истинной степени деформации (ϵ) ~1-2, закалку в

воду после выдержки при 500-530°C в течение 1-5 часов, гетерогенизационный отжиг при 400-450°C в течение 3 часов, последующее контролируемое охлаждение со скоростью не более 50°C/ч до температуры 280-380°C и последующее охлаждение внутри выключенной печи до 25-100°C, продолжительностью не более 12 часов. Техническим результатом изобретения является повышение технологической пластичности полуфабрикатов из алюминиевых сплавов системы Al-Cu-Mg-Ag, позволяющей проводить формовку объемных заготовок из данных сплавов. 4 з.п. ф-лы, 2 пр., 1 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 534 909** (13) **C1**

(51) Int. Cl.

C22F 1/057 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2013146478/02, 17.10.2013**

(24) Effective date for property rights:
17.10.2013

Priority:

(22) Date of filing: **17.10.2013**

(45) Date of publication: **10.12.2014** Bull. № **34**

Mail address:

**450000, g.Ufa, ul. K. Marksa, 12, UGATU, otdel
intelektual'noj sobstvennosti, Efremova Vera
Pavlovna**

(72) Inventor(s):

**Kajbyshev Rustam Oskarovich (RU),
Zhemchuzhnikova Dar'ja Aleksandrovna (RU),
Tagirov Damir Vagizovich (RU),
Gazizov Marat Razifovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Ufimskij
gosudarstvennyj aviatsionnyj tekhnicheskij
universitet" (RU),
Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo
"UFIMSKOE MOTOROSTROITEL'NOE PRO
IZVODSTVENNOE OB"EDINENIE" (RU)**

(54) **THERMOMECHANICAL PROCESSING FOR INCREASE IN DUCTILITY OF 3D SEMIS FROM Al-Cu-Mg-Ag ALLOYS**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention relates to metallurgy, particularly, to processing of semis from Al-Cu-Mg-Ag alloys to form therefore the 3D parts to be used in aerospace and aircraft engineering. Proposed process comprises deformation of homogenised and machined ingots by equal-channel angular extrusion at 380-450°C in one-two passes to true degree of deformation (ϵ) ~1-

2. Quenching in water is performed at 500-530°C for 1-5 hours. Heterogeneous annealing is performed at 400-450°C for 3 hours. Subsequent controlled cooling is performed at the rate of 50°C/t to 280-380°C and further cooling inside switched-off furnace to 25-100°C for not over 12 hours.

EFFECT: higher ductility and mouldability.
5 cl, 2 ex, 1 tbl

RU 2 534 909 C1

RU 2 534 909 C1

Изобретение относится к области металлургии алюминиевых сплавов, а именно к способу термомеханической обработки для повышения технологической пластичности полуфабрикатов из Al-Cu-Mg-Ag сплавов и дальнейшей формовки из них объемных деталей сложной формы, применяемых в авиакосмической технике и транспортном машиностроении.

Современные способы изготовления сложных высокоточных деталей в промышленности основаны на получении предварительных листовых или объемных заготовок и последующем процессе многоступенчатого сложного формообразования методами деформации давлением. Большинство высокопрочных алюминиевых сплавов, применяемых в авиастроении и транспортном машиностроении, являются термоупрочняемыми сплавами, имеющими сложную многофазную структуру, как в литом, так и в гомогенизированном состоянии. Часто технологические операции, включающие термическую и механическую обработку полуфабрикатов для изготовления требуемых деталей из данных сплавов, сопровождаются выделением в объеме заготовки высокой плотности дисперсных частиц различных фаз, что приводит к понижению технологической пластичности и, как следствие, увеличению длительности и числа операций процесса многоступенчатой формовки. Для повышения технологической пластичности данных сплавов необходимо проведение термомеханической обработки, включающей гомогенизационный отжиг для растворения грубых эвтектических включений, образовавшихся в процессе литья заготовок, и последующий гетерогенизационный отжиг для равномерного выделения частиц термодинамически стабильных фаз сферической формы по объему заготовки. Повысить пластичность объемных полуфабрикатов и решить проблему образования трещин можно разработав режим предварительной термомеханической обработки, включающей деформацию методом равноканального углового (РКУ) прессования, закалку и последующий гетерогенизационный отжиг.

Известен способ получения деформированных полуфабрикатов сложной формы из высокопрочных алюминиевых сплавов и изделий из таких полуфабрикатов (Патент РФ №2296811, МПК C22F 1/04, опубл. 10.04.2007), включающий следующие операции:

- отливка слитков,
- отжиг слитка при 400-420°C с выдержкой в течение 3 часов,
- обточка слитка,
- горячее прессование профилированной заготовки с коэффициентом распрессовки литого слитка 1,025-1,6,
- закалка заготовки,
- холодная деформация в три этапа: первый этап - правка растяжением, второй этап - объемная гибка заготовки, третий этап - формовка изделия с локальной пластической деформацией сжатием со степенью деформации 1-15% в зонах сопряжения элементов заготовки;
- старение.

Известен способ получения тонкого листа для сверхпластической формовки из термоупрочняемых сплавов на основе алюминия системы Al-Mg-Li (SU №1529750, МПК C22F 1/04, опубл. 27.03.1996), включающий гомогенизацию слитков при 475-520°C в течение 3-8 ч, горячую прокатку, закалку с 490-520°C, гетерогенизационный отжиг при 385-410°C в течение 1-2 ч и холодную прокатку с промежуточными отжигами при 385-410°C в течение 5-30 минут через каждые 30-55% деформации, причем охлаждение после гетерогенизационного и промежуточных отжигов проводят со скоростью, равной 350-750°C/с.

Основным недостатком этих способов является низкая технологическая пластичность, что не позволяет проводить формовку объемных деталей из термоупрочняемых алюминиевых сплавов с высокой степенью деформации, достигающей ~30-40%.

Известен способ отжига катаных полуфабрикатов или изготавливаемых из них изделий из сплавов на основе алюминия (Патент РФ 2347006, МПК C22F 1/04, опубл. 20.02.2009). В данном изобретении отжиг проводят в две ступени, на первой из которых полуфабрикаты или изделия нагревают со скоростью более 100°C/ч до температуры в интервале с нижним пределом не ниже температуры начала рекристаллизации и верхним пределом не выше температуры равновесного солидуса алюминиевого сплава и выдержкой при этой температуре не более 60 мин. На второй ступени катаные полуфабрикаты или изделия подвергают отжигу при температуре в интервале с верхним пределом не выше температуры минимальной устойчивости твердого раствора алюминиевого сплава и нижним пределом не ниже температуры сольвуса зон Гинье-Престона с выдержкой при этой температуре в течение не более 10 ч. Однако этот способ не позволяет получить листы из термоупрочняемых алюминиевых сплавов с достаточно высокими показателями пластичности из-за малой выдержки на первой ступени отжига и, как следствие, не полной коагуляции интерметаллидных фаз.

Задачей изобретения является разработка способа термомеханической обработки термоупрочняемых алюминиевых сплавов системы Al-Cu-Mg-Ag, который обеспечивает получение технического результата - повышение технологической пластичности полуфабрикатов, позволяющей проводить формовку объемных заготовок из данных сплавов с высокой степенью деформации, достигающей ~30-40%.

Заявляемый технический результат достигается за счет того, что способ включает следующие операции:

- отливка слитков;
- гомогенизационный отжиг слитков при температурах 450-510°C в течение 2-24 часов. Обеспечивает растворение грубых эвтектических включений и распределение легирующих элементов по объему слитков;
- механическая обработка слитка для проведения РКУ прессования (токарная обработка, фрезерная обработка заготовок);
- РКУ прессование при 380-450°C в 1-2 прохода прессования до истинной степени деформации (ϵ) ~1...2 с последующим охлаждением с температуры деформации заготовок на воздухе. РКУ прессование проводится с целью устранения дефектов литья;
- нагрев полуфабрикатов до 500-530°C, выдержка при заданной температуре в течение 1-5 часов и последующая закалка в воду. При данной операции происходят процессы структурных превращений, такие как формирование пересыщенного твердого раствора, рекристаллизация и другие;
- гетерогенизационный отжиг, включающий в себя нагрев заготовок до 400-450°C, выдержку при этой температуре в течение 3-5 часов, контролируемое охлаждение со скоростью не более 50°C/ч до температуры 200-380°C, последующее охлаждение внутри выключенной печи до 25-100°C, продолжительностью не более 12 часов.

Гетерогенизационный отжиг приводит к распаду пересыщенного твердого раствора и выделению наноразмерных частиц интерметаллидных фаз размером около 150-300 нм.

В результате обработки по предложенному способу обеспечивается получение термоупрочняемых Al-Cu-Mg-Ag сплавов со структурой, которая позволяет проводить формовку объемных полуфабрикатов из данных сплавов со степенями деформации, достигающими ~30-40%, не приводящую к образованию дефектов деформации получаемых изделий (трещины, разрывы, задиры и т.д.).

Примеры осуществления.

Пример 1. Из литого и гомогенизированного алюминиевого сплава следующего химического состава: медь 4,35% (здесь и далее химический состав указан в массовых процентах), магний 0,46%, серебро 0,63%, марганец 0,36%, титан 0,12%, алюминий -
 5 остальное, методом механической обработки получили заготовки для последующей термомеханической обработки. Гомогенизационный отжиг осуществляли при $t=505\pm 5^{\circ}\text{C}$ в течение 24 часов с последующим охлаждением отливок внутри выключенной печи до $\sim 100^{\circ}\text{C}$. Дальнейшую термомеханическую обработку проводили по схеме: деформация методом РКУ прессования при $t=400\pm 10^{\circ}\text{C}$ в 2 прохода до получения истинной степени
 10 деформации ~ 2 ; нагрев до $525\pm 5^{\circ}\text{C}$, выдержка при заданной температуре 1 час; закалка в воду; гетерогенизационный отжиг заготовок до $t=430\pm 5^{\circ}\text{C}$, выдержка в течение 3 часов; контролируемое охлаждение со скоростью $\sim 10^{\circ}\text{C/ч}$ до $t=370\pm 5^{\circ}\text{C}$ и окончательное охлаждение заготовок внутри выключенной печи до температуры $t=100^{\circ}\text{C}$.

Пример 2. Отличающийся от примера 1 тем, что после гетерогенизационного отжига
 15 заготовок контролируемое охлаждение со скоростью $\sim 10^{\circ}\text{C/ч}$ проводили до $280\pm 5^{\circ}\text{C}$, далее выдерживали заготовки при заданной температуре 2 часа и охлаждали внутри выключенной печи до $\sim 100^{\circ}\text{C}$.

Из полученных полуфабрикатов были вырезаны образцы для испытания механических свойств при комнатной температуре. В таблице 1 приведены результаты
 20 испытаний.

Таблица 1 Механические свойства на растяжение полуфабрикатов из термоупрочняемого Al-Cu-Mg-Ag сплава (скорость деформирования - $5,6\times 10^{-3} \text{ c}^{-1}$).			
Способ термообработки	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Предел прочности σ_B , МПа	Относительное удлинение до разрушения δ , %
После гомогенизационного отжига	195	335	15
Пример 1	105	200	30
Пример 2	75	190	42

Как видно из полученных данных, предлагаемый способ термомеханической
 30 обработки позволяет повысить технологическую пластичность объемных полуфабрикатов из Al-Cu-Mg-Ag сплавов до $\sim 30-40\%$.

Формула изобретения

1. Способ термомеханической обработки объемных полуфабрикатов из алюминиевых
 35 сплавов системы Al-Cu-Mg-Ag, включающий гомогенизационный отжиг слитков при температуре $450-510^{\circ}\text{C}$ в течение 2-24 часов, механическую обработку, последующую деформацию заготовок методом равноканального углового прессования, нагрев полученных полуфабрикатов до температуры $500-530^{\circ}\text{C}$, выдержку при данной температуре в течение 1-5 часов и закалку в воду, после чего осуществляют
 40 гетерогенизационный отжиг при температуре $400-450^{\circ}\text{C}$ в течение 3-5 часов и последующее контролируемое охлаждение.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что равноканальное угловое прессование осуществляют при температуре $380-450^{\circ}\text{C}$ в 1-2 прохода прессования до истинной степени деформации $\epsilon=1-2$ с последующим охлаждением заготовок с температуры
 45 деформации на воздухе.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что контролируемое охлаждение осуществляют со скоростью не более 50°C/ч до температуры $200-380^{\circ}\text{C}$.

4. Способ по п.3, отличающийся тем, что после контролируемого охлаждения до

температуры 200-380°C проводят выдержку заготовок при данной температуре в течение 1-2 часов.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что последующее охлаждение заготовок осуществляют внутри выключенной печи до температуры 25-100°C продолжительностью не более 12 часов.

10

15

20

25

30

35

40

45