

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **12582**

(13) **С1**

(46) **2009.10.30**

(51) МПК (2006)

С 22F 1/04

(54) **СПОСОБ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЛИТЕЙНЫХ
АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ**

(21) Номер заявки: а 20081099

(22) 2008.08.21

(71) Заявитель: Учреждение образования
"Белорусский государственный техно-
логический университет" (ВУ)

(72) Авторы: Блохин Алексей Владими-
рович; Бельский Сергей Евграфо-
вич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение обра-
зования "Белорусский государственный
технологический университет" (ВУ)

(56) SU 1689427 A1, 1991.

SU 1154370 A, 1985.

SU 1424974 A1, 1988.

SU 960310, 1982.

RU 2238997 C1, 2004.

(57)

Способ термической обработки литейного алюминиевого сплава из вторичного сырья, включающий термоциклирование перед закалкой, закалку и старение путем термоциклирования, причем нагрев в каждом цикле старения осуществляют с одновременным наложением ультразвуковых колебаний, **отличающийся** тем, что термоциклирование перед закалкой проводят при 350-525°C со скоростью нагрева 0,5-3,0°C/с, скоростью охлаждения 1,5-5,0°C/с, при количестве циклов 7-20, а старение путем термоциклирования проводят при 20-250°C со скоростью нагрева 0,5-3,0°C/с, скоростью охлаждения 2,0-10,0°C/с, при количестве циклов 12-20.

Изобретение относится к цветной металлургии, в частности к технологии термической обработки литейных алюминиевых сплавов, полученных из вторичного сырья, и может быть использовано для повышения надежности и долговечности деталей и элементов конструкций, работающих в условиях динамических и вибрационных нагрузок в результате повышения усталостной долговечности материала при сохранении высоких показателей пластичности.

Известен способ термической обработки алюминиевых сплавов преимущественно из вторичного сырья, включающий закалку и старение, осуществляемые путем термоциклирования, что приводит к существенному повышению пластичности [1].

Недостатком такого способа является недостаточно высокий уровень усталостной долговечности, что ограничивает область применения деталей из литейных алюминиевых сплавов, полученных из вторичного сырья, для работы в условиях знакопеременных нагрузок.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению по технической сущности и достигаемому результату является способ термической обработки алюминиевых сплавов, включающий закалку и старение, осуществляемые путем термоциклирования, причем нагрев при старении в каждом цикле проводят с одновременным наложением ультразвуковых колебаний, что приводит к повышению пластичности, увеличению предела прочности и повышению усталостной долговечности [2].

Недостатком такого способа является недостаточно высокий уровень увеличения усталостной долговечности для литейных алюминиевых сплавов, полученных из вторичного

сырья, что ограничивает область применения деталей, изготовленных из таких материалов для работы в условиях знакопеременных нагрузок.

Задачей предлагаемого изобретения является повышение усталостной долговечности литейных алюминиевых сплавов, полученных из вторичного сырья, при сохранении высокой прочности и пластичности материала.

Поставленная задача достигается тем, что способ термической обработки литейных алюминиевых сплавов из вторичного сырья включает термоциклирование до закалки, закалку и старение, проводимое путем термоциклирования, причем нагрев в каждом цикле старения осуществляют с одновременным наложением ультразвуковых колебаний, причем термоциклирование до закалки проводят в интервале температур 350-525 °С со скоростью нагрева 0,5-3,0 °С/с и охлаждения 1,5-5,0 °С/с при количестве циклов 7-20, а старение путем термоциклирования проводят в интервале температур 20-250 °С со скоростью нагрева 0,5-3,0 °С/с и охлаждения 2,0-10,0 °С/с при количестве циклов 12-20.

Известная циклическая обработка при старении способствует образованию большого количества зон Гинье-Престона и выделению мелкодисперсной CuAl_2 -фазы. Количество грубых выделений при этом уменьшается. Проведение нагрева с использованием высокочастотных знакопеременных колебаний способствует как измельчению выделений, равномерному распределению термических напряжений по сечению, так и фазовому наклепу, что благоприятно влияет на прочность, усталостную долговечность и твердость материала. Кроме того, усталостная долговечность повышается в результате дробления участков железосодержащих фаз, прежде всего Al_3Fe .

Предложенная циклическая обработка служит для активации этих процессов и их более глубокого прохождения в материале литейных алюминиевых сплавов, полученных из вторичного сырья, и отличается более широким диапазоном температур термоциклирования (350-525 °С) и более высокими температурами старения путем термоциклирования (20-250 °С), а также увеличенным числом циклов - 7-20 и 12-20 соответственно.

Меньшее число циклов нагрева-охлаждения (менее 10) при старении не приводит к существенному увеличению усталостной долговечности литейных алюминиевых сплавов, полученных из вторичного сырья (сказывается большое число примесей), повышение числа таких циклов свыше 20 приводит к снижению усталостной долговечности вследствие повышения внутренних напряжений в материале.

Снижение температуры нагрева менее 240 °С замедляет процесс старения также, а повышение температуры выше 260 °С приводит к уменьшению усталостной долговечности по причине повышенной коагуляции выделенных фаз. Температура охлаждения 20 °С выбрана как температура окружающей среды по экономическим причинам. Режимы термической обработки и физико-механические характеристики образцов приведены в таблице.

Изобретение иллюстрируется следующим примером.

Пример.

Образцы, представляющие собой балочки прямоугольного поперечного сечения, изготовленные из литейного алюминиевого сплава типа Ал4, полученного из вторичных материалов после отжига подвергают термоциклированию (12 циклов) по предложенному способу в муфельной электропечи в интервале температур 350-525 °С при скорости нагрева 0,5 °С/с и скорости охлаждения 1,5 °С/с с последующей закалкой в воду.

После закалки производят старение по предложенному способу с одновременным наложением высокочастотных колебаний при нагреве. Частота колебаний - 20 кГц. Напряжения изгиба - $\sigma_{\text{и}} = 0,5\sigma_{\text{т}}$. Образец нагревают в подвесной электропечи до температуры 250 °С с последующим охлаждением до 20 °С на воздухе. Скорость нагрева 0,5 °С/с, скорость охлаждения 5 °С/с. Число циклов нагрева-охлаждения - 15.

Для сравнения свойств проводят термообработку аналогичного сплава по известному способу.

**Режимы термообработки образцов, изготовленных из вторичного алюминиевого сплава типа Ал4,
обработанных известным и предложенным способами**

Способ обработки	Режимы обработки										Результаты испытаний		
	Термоциклирование до закалки					Старение							
	Число циклов	Температура, °С		Скорость, °С/с		Число циклов	Температура, °С		Скорость, °С/с		σ_b , МПа	δ , %	$N_{ц}$, ($\cdot 10^5$)
		Нагрев	Охлаж- дение	Нагрев	Охлаж- дение		Нагрев	Охлаж- дение	Нагрев	Охлаж- дение			
Извест- ный	10	525	440	0,3	0,55	4	180	-100	3,0	10,0	240	1,6	5,5
Предло- женный	15	525	350	2,0	3,0	15	250	20	1,5	5,0	270	4,2	10,2
	20	525	350	1,0	4,0	15	250	20	2,0	7,0	272	4,0	10,0
	17	525	350	2,5	3,5	16	250	20	1,0	3,0	268	4,1	9,4
	12	525	350	2,5	3,5	18	250	20	1,2	2,0	260	4,0	9,0
	14	525	350	3,0	1,5	10	250	20	3,0	10,0	255	3,8	8,7
	10	525	350	0,5	5,0	8	250	20	2,5	12,0	252	3,8	7,7
	7	525	350	0,2	1,2	5	250	20	0,8	5,0	245	3,8	6,5
	5	525	350	3,5	5,5	22	250	20	4,0	15,0	252	4,0	6,8
	25	525	350	3,5	6,0	24	250	20	0,3	1,0	240	3,7	6,2

BY 12582 C1 2009.10.30

Образцы отжигают, подвергают термоциклической обработке перед закалкой в интервале 440-525 °С. Нагрев со скоростью 0,30 °С/с проводят в камерной электропечи, а охлаждение со скоростью 0,55 °С/с - на воздухе. Проводят десять таких циклов. Последний цикл совмещают с нагревом под закалку. Закалку проводят с температуры 525 °С в воду.

После закалки осуществляют процесс старения в соответствии с известным способом. Образец нагревают в подвесной электропечи до 180 °С. Причем в период нагрева образец обрабатывают ультразвуком путем крепления образца к концентратору специальной формы. Частота колебаний 17,6 кГц, величина нагрузки $\sigma = 0,3 \sigma_T$. При достижении температуры 180 °С ультразвуковое воздействие снимают, образец выдерживают в печи 5 мин, затем охлаждают с помощью жидкого азота до - 100 °С.

После обработки по предложенному и известному способам определяют ряд физико-механических характеристик (предел прочности σ_b , относительное удлинение δ , усталостная долговечность $N_{ц}$ при частоте испытаний 18 кГц и нагрузке $\sigma = 0,7 \sigma_T$).

Режимы термической обработки и физико-механические характеристики образцов приведены в таблице.

Как видно из таблицы, предложенный способ обеспечивает повышение усталостной долговечности образцов, изготовленных из вторичных литейных сплавов, на 40 % и более, а также увеличение прочности и пластичности.

Предложенный способ термической обработки может быть использован на предприятиях машиностроительного, станкостроительного и приборостроительного профиля для отливки деталей, работающих в условиях динамических нагрузок (блоки двигателей, кронштейны, поршни, радиаторы и т.п.).

Источники информации:

1. А.с. 1244203, МПК С 22F 1/04, 1986.
2. А.с. 1689427, МПК С 22F 1/04, 1991 (прототип).