

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **23604**

(13) **С1**

(46) **2021.12.30**

(51) МПК

C 22F 1/04 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЛИТЕЙНОГО
АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ**

(21) Номер заявки: а 20200003

(22) 2020.01.04

(43) 2021.08.30

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

(72) Авторы: Бельский Сергей Евграфо-
вич; Блохин Алексей Владимиро-
вич; Адель Рашид (ВУ)

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

(56) ВУ 22400 С1, 2019.

ВУ 12582 С1, 2009.

SU 1689427 А1, 1991.

SU 1244203 А1, 1986.

SU 1527939 А1, 1995.

SU 1154370 А, 1985.

EP 1268869 В1, 2005.

(57)

Способ термической обработки литейного алюминиевого сплава из вторичного сырья, включающий термоциклирование, закалку и старение, **отличающийся** тем, что термоциклирование проводят при температуре 200-650 °С до оплавления поверхностного слоя упомянутого сплава при количестве циклов 3-5.

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 деталей и элементов конструкций, работающих в условиях динамических и вибрационных нагрузок в результате повышения усталостной долговечности материала.

Известен способ термической обработки алюминиевых сплавов преимущественно из вторичного сырья, включающий закалку и старение, осуществляемые путем термоциклирования [1]. Недостатком такого способа является низкий уровень усталостной долговечности, что ограничивает область применения деталей из литейных алюминиевых сплавов, полученных из вторичного сырья для работы в условиях знакопеременных нагрузок.

Известен также способ термической обработки алюминиевых сплавов, включающий закалку и старение, осуществляемое путем термоциклирования [2]. Недостатком такого способа является использование низких температур охлаждения (до -100 °С), что усложняет технологию термообработки, а в некоторых случаях может вызвать коробление (поводку) тонкостенных деталей сложной формы.

Известен способ термической обработки алюминиевых сплавов преимущественно из вторичного сырья, включающий термоциклирование до закалки, закалку и старение, также проводимое путем термоциклирования. 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

ВУ 23604 С1 2021.12.30

ВУ 23604 С1 2021.12.30

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 [3]. Недостатком этого способа является сложность технологии термической обработки, а также недостаточно высокий уровень комплекса механических свойств, особенно для сплавов, полученных из вторичного сырья.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению по технологическому процессу обработки и достигаемому результату является способ термической обработки литейных алюминиевых сплавов из вторичного сырья, включающий термоциклирование до закалки, закалку и старение, также проводимое путем термоциклирования. Причем термоциклирование до закалки проводят в интервале температур 200-525 °С со скоростью нагрева 3-5 °С/с и охлаждения 5-10,0 °С/с при количестве циклов 20-30, а охлаждение в каждом цикле до закалки осуществляется с одновременным наложением ультразвуковых колебаний с частотой 18-24 кГц [4].

Недостатками такого способа являются относительная сложность и трудоемкость технологического процесса.

Задачей предлагаемого изобретения является повышение усталостной долговечности литейных алюминиевых сплавов, полученных из вторичного сырья при сохранении высокой прочности и пластичности материала и одновременном упрощении технологического процесса термической обработки указанных материалов.

Поставленная задача достигается тем, что способ термической обработки литейных алюминиевых сплавов из вторичного сырья, включает термоциклирование до закалки, закалку и старение. Причем термоциклирование до закалки проводят в интервале температур 200-650 °С с оплавлением поверхностных слоев при количестве циклов 3-5.

Известная циклическая обработка при старении способствует образованию большого количества зон Гинье-Престона и выделению мелкодисперсной CuAl_2 -фазы. Кроме того, усталостная долговечность повышается в результате дробления участков железосодержащих фаз, прежде всего Al_3Fe , а также улучшения их формы (ликвидация крупноигольчатых включений), что способствует повышению комплекса механических свойств.

Предложенная циклическая обработка отличается более широким интервалом температур (200-625 °С) при обработке циклированием до закалки. Нагрев до 650 °С приводит к оплавлению поверхности (глубина расплавленного слоя 50-150 мкм), что приводит не только к изменению микроструктуры как поверхностных слоев, так и основного металла (образованию большого количества зон Гинье-Престона, выделение мелкодисперсной CuAl_2 -фазы, дробление участков железосодержащих фаз), но и к существенному снижению газовой пористости поверхностных слоев, что определяет комплекс механических свойств, в том числе повышение усталостной долговечности и снижение сложности термической обработки.

Изобретение иллюстрируется следующим примером.

Пример.

Образцы, представляющие собой балочки с прямоугольным поперечным сечением, изготовленные из литейного алюминиевого сплава АК9М2, полученного из вторичного сырья (содержание Fe 1,0-1,1 %), после отжига подвергают термоциклической обработке по предложенному способу с использованием импульсного источника тепла (промышленного лазера) и последующей закалкой в воду. После закалки произведено искусственное старение. Для сравнения проводят термообработку образцов, изготовленных из данного сплава по известному способу.

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

ВУ 23604 С1 2021.12.30

Полученные результаты показывают, что предложенный способ обеспечивает повышение усталостной долговечности испытываемых образцов из вторичного литейного сплава на 10-15 % при сохранении прочности и пластичности как у прототипа и снижение сложности термической обработки по сравнению с прототипом.

Результаты механических испытаний образцов, изготовленных из вторичного алюминиевого сплава типа АК9М2, подвергнутых термической обработке известным и предложенным способами

Способ обработки	Результаты испытаний		
	σ_b , МПа	δ , %	$N_{ц} (\cdot 10^5)$, цикл.
Известный	248	3,1	12,5
Предложенный	255	3,0	15,5

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. SU 1244203, 1986.
2. SU 1689427, 1991.
3. ВУ 12582, 2009.
4. ВУ 22400, 2019 (прототип).