

RECEPTION HIGH-STRENGTH DEFORMABLE PISTON ALLOY Al – (15÷20) %Si – H*

Afanasjev V.K.* , Prudnikov A.N., Popova M.V., Efimenko B.S.⁽¹⁾, Ruzhilo A.A.⁽¹⁾

Siberian state industrial university,
street. Kirov, 42, Novokuznetsk, 654007, Russia

(1) Municipality of Novokuznetsk, street. Kirov, 85, 654080, Russia

Introduction

Ground data about the leading part of hydrogen in origin and propagation of stressings of a silica phase at a crystallization of alloys Al-Si [1] and use of hydrogen as alloying element for other metals and alloys [2] the capability of his application for inoculation of structure of piston hypereutectic silumins has been fixed. Hydrogen at introduction in an alloy is the important alloying element promoting increase of crystallization centres and emersion in structure of alloys of shallow equipartition chips of primary silicium. Besides increase of a fraction of total mass of hydrogen in an alloy changes stability of intermediate phases and consequently allows to conduct a flowage without a cupping and cracks.

Results and discussion

Presence in structure of hypereutectic silumins with the contents of silicium 15÷20 % (weights). After inoculation of the small equipartition handheld computers ensures a tall wearing quality and antifriction properties, value of coefficient of linear expansion (CLE) $\alpha \sim 18 \cdot 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$ at temperatures 20-300°C, that will match to demands to pistons DVS. Therefore the given makeup of an alloy is a base of the majority of state-of-the-art foundry piston alloys, and picked for mining deformable piston silumin.

With the purpose of raise of mechanical characteristics of alloys for reaching a required level at routine and heightened temperatures chemical composition, designed and checked in laboratory conditions utilised. Alloys on base Al-20%Si, contained following alloying elements, % (weights): Cu – 1,0; Mg – 0,8; Mn – 0,6; Ti – 0,1; and it is padding Be (0,08 %) and antimony (0,4 %). For inoculation of structure conducted machining a melt by hydrogenous substances, including water vapour, and also together with phosphorus compounds (the wet P₂O₅). And, the contents of hydrogen in alloys made 0,00008-0,0006 %, and phosphorus of 0,01-0,03 %.

Alloy on base Al-15%Si except for the base alloying elements: Cu, Mg, Mn, Ti with the purpose of inoculation of structure of bullions

follow-up plugged 0,1%Zr and it was handled by a mix of cupric phosphide and a cupric oxide in quantity of 0,5 % from weight of a melt.

Alloys plotted in the folded oven of a resistance with carbidosilicium radiators in graphite a crucible in container of 60 kg. In the capacity of a blends materials used silumin of Forces 0, commercial-grade metals and rich alloys. Moulding of bullions was conducted by the machine of a semicontinuous casting of Payload - 2 with a duraluminium crystallizer pan of slipping by a diameter of 165 mm. Speed of casting the casting temperature – 730-740 made 121 mm / min and °C.

Metallographic analysis cross-sectional of bar from bullions of alloy in experimental productions has shown, that coprocessing of a melt by hydrogen and phosphorus compounds has allowed to reduce a size of a handheld computer and to increase a fraction of modified eutecticum Al-Si in structure that speaks strengthening of modifying operation of phosphorus at the presence of hydrogen. So, if in an alloy on a base on base Al-20%Si at выстаивании a melt in an atmosphere of water vapour has a center size – 200 microns the microscopic structure of the alloy subjected to coprocessing by hydrogen and phosphorus, is characterized by presence of the handheld computers having a center size about 100 microns. Fine crushing touches also other intermetallic bonds present in an alloy structure. Some semimanufactured materials have been fabricated of experimental bullions for press forming piston stock materials. For a prestrain used a hot upsetting and pressing of stock materials on a bar \varnothing 100 mm. Process of pressing of bars conducted on the hydraulic press force 70 MH a direct expedient at temperature 400-440 °C. Further piston stock materials on the hydraulic press on technology to the corresponding press forming of pistons from alloy AK12D, used on SMK (have been stamped Stupino) and after a hardening heat treatment physical-mechanical characteristics of piston stock materials are determined. Effects of definition of speed-torque characteristics are listed in table.

* Fax: (8-3843)46-57-92, E-mail: rector@sibgiu.ru

The table – Speed-torque characteristics of piston stock materials from alloy in experimental productions

Makeup of an alloy, %	Place of a cutting-out it is model	Speed-torque characteristics			
		σ_B , MPa	$\sigma_{0,2}$, MPa	δ , %	Hardness HB, MPa
Al-15Si-1Cu-0,6Mg-0,8Mn-0,1Ti-0,1Zr	The skirt	367-370	345-370	2,2-2,6	1300
	The bottom door	333	330	2,0	1300
Al-20Si-1Cu-0,6Mg-0,8Mn-0,1Ti-0,4Sb-0,08Be	The skirt	359-366	343-359	1,2-2,0	1350
	The bottom door	270-304	260-301	0,5-1,5	1350
Al-20Si-1Cu-0,6Mg-0,8Mn-0,1Ti	The skirt	295-303	277-279	2,4-3,6	1070
	The bottom door	277-280	256-270	2,0-2,2	1070

Center coefficient of linear expansion of an alloy in experimental production on base Al-20%Si составляет $\bar{\alpha}_{20-200^{\circ}\text{C}} = 17,6 \cdot 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$, $\bar{\alpha}_{20-300^{\circ}\text{C}} = 18,2 \cdot 10^{-6} \text{ grad}^{-1}$. Density of experimental pistons of 2650 kg / m³.

Resume

Application of technology of preparation of the piston hypereutectic silumin, providing introduction of hydrogen and phosphorus, allows to receive essential fine crushing of a handheld computer that ensures a capability of holding of a quality flowage and reception of pistons by pressure treatment. And, the alloy in experimental production on base Al-20%Si has speed-torque characteristics analogous to characteristics of alloy AK12D and exceeds it on a wearing quality, and also has lower CLE and smaller density at the expense of the heightened contents of silicium.

References

1. Hydrogen and properties of alloys of aluminium with silicium / V.K. Afanasjev, I.N. Afanasjeva, etc. – Abakan: Khakass Publishing house, 1998. – 192 p.
2. Shapovalov V.I. Hydrogen as a new alloying element // the Hydrogenous materials technology and chemistry of hydrides of metals: Theses of VI International conference, Ukraine, Yalta. – 1999. – 213 p.

It is executed made at support GRANT T02-05.8-2667

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНОГО ДЕФОРМИРУЕМОГО ПОРШНЕВОГО СПЛАВА Al – (15÷20)%Si – H^{*}

Афанасьев В.К.^{*}, Прудников А.Н., Попова М.В., Ефименко Б.С.⁽¹⁾, Ружило А.А.⁽¹⁾

Сибирский государственный индустриальный университет,
ул. Кирова, 42, Новокузнецк, 654007, Россия

(1) Муниципалитет г. Новокузнецка, ул. Кирова, 85, 654080, Россия

Введение

На основании данных о ведущей роли водорода в зарождении и росте выделений кремнистой фазы при кристаллизации сплавов Al-Si [1] и использовании водорода как легирующего элемента для других металлов и сплавов [2] была установлена возможность его применения для модифицирования структуры поршневых заэвтектических силуминов. Водород при введении в сплав является важным легирующим элементом, способствующим увеличению центров кристаллизации и появлению в структуре сплавов мелких равномерно распределенных кристаллов первичного кремния (КПК). Кроме того, увеличение массовой доли водорода в сплаве изменяет устойчивость промежуточных фаз и поэтому позволяет проводить пластическую деформацию без образования надрывов и трещин.

Результаты и обсуждение

Наличие в структуре заэвтектических силуминов с содержанием кремния 15÷20% (вес.) после модифицирования небольших равномерно распределенных КПК обеспечивает высокую износостойкость и антифрикционные свойства, значение коэффициента линейного расширения (КЛР) $\alpha \sim 18 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹ при температурах 20-300°C, что соответствует требованиям к поршням ДВС. Поэтому данный состав сплава является основой большинства современных литейных поршневых сплавов, и был выбран для разработки деформируемого поршневого силумина.

С целью повышения механических свойств сплавов для достижения требуемого уровня при обычной и повышенной температурах был использован химический состав, разработанный и опробованный в лабораторных условиях. Сплавы на основе Al-20%Si, содержали следующие легирующие элементы, % (вес.): Cu – 1,0; Mg – 0,8; Mn – 0,6; Ti – 0,1; и дополнительно Be (0,08%) и сурьму (0,4%). Для модифицирования структуры

проводили обработку расплава водородсодержащими веществами, в том числе водяным паром, а также совместно с фосфорсодержащими соединениями (влажная P₂O₅). Причем, содержание водорода в сплавах составляло 0,00008-0,0006%, а фосфора 0,01-0,03%.

Сплав на основе Al-15%Si кроме основных легирующих элементов: Cu, Mg, Mn, Ti с целью модифицирования структуры слитков дополнительно включал 0,1%Zr и обрабатывался смесью фосфористой меди и оксида меди в количестве 0,5% от веса расплава.

Сплавы готовили в закрытой печи электросопротивления с карбидокремневыми нагревателями в графитошамотном тигле емкостью 60 кг. В качестве шихтовых материалов использовали силумин Сил 0, технически чистые металлы и лигатуры. Отливку слитков проводили на машине полунепрерывного литья ПН-2 с дюралюминиевым кристаллизатором скольжения диаметром 165 мм. Скорость литья составляла 121 мм/мин, а температура литья – 730-740°C.

Металлографический анализ поперечных темплетов из слитков опытных сплавов показал, что совместная обработка расплава водородом и фосфорсодержащими соединениями позволила уменьшить размер КПК и повысить долю модифицированной эвтектики Al-Si в структуре, что объясняется усилением модифицирующего действия фосфора в присутствии водорода. Так, если в сплаве на основе Al-20%Si при выстаивании расплава в атмосфере водяного пара имеет средний размер – 200мкм, то микроструктура сплава, подвергнутого совместной обработке водородом и фосфором, характеризуется наличием КПК, имеющих средний размер около 100 мкм. Измельчение касается и других интерметаллических соединений, присутствующих в структуре сплава.

* Факс: (8-3843) 46-57-92, E-mail: rector@sibgiu.ru

Таблица – Механические характеристики поршневых заготовок из опытных сплавов

Состав сплава, %	Место вырезки образцов	Механические характеристики			
		σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Твердость НВ, МПа
Al-15Si-1Cu-0,6Mg-0,8Mn-0,1Ti-0,1Zr	Юбка	367-370	345-370	2,2-2,6	1300
	Днище	333	330	2,0	1300
Al-20Si-1Cu-0,6Mg-0,8Mn-0,1Ti-0,4Sb-0,08Be	Юбка	359-366	343-359	1,2-2,0	1350
	Днище	270-304	260-301	0,5-1,5	1350
Al-20Si-1Cu-0,6Mg-0,8Mn-0,1Ti	Юбка	295-303	277-279	2,4-3,6	1070
	Днище	277-280	256-270	2,0-2,2	1070

Из опытных слитков были изготовлены несколько полуфабрикатов для штамповки поршневых заготовок. Для предварительной деформации использовали горячую осадку и прессование заготовок на пруток \varnothing 100 мм. процесс прессования прутков проводили на гидравлическом прессе усилием 70 МН прямым способом при температуре 400-440 °С. В дальнейшем были отштампованы поршневые заготовки на гидравлическом прессе по технологии соответствующей штамповке поршней из сплава АК12Д, используемой на СМК (г. Ступино) и после упрочняющей термической обработки определены физико-механические характеристики поршневых заготовок. Результаты определения механических характеристик приведены в таблице.

Средний коэффициент линейного расширения опытного сплава на основе Al-20%Si составляет $\bar{\alpha}_{20-200^\circ\text{C}} = 17,6 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹, $\bar{\alpha}_{20-300^\circ\text{C}} = 18,2 \cdot 10^{-6}$ град⁻¹. Плотность опытных поршней 2650 кг/м³.

Выводы

Применение технологии приготовления поршневого заэвтектического силумина, предусматривающей введение водорода и

фосфора, позволяет получить существенное измельчение КПК, что обеспечивает возможность проведения качественной пластической деформации и получение поршней обработкой давлением. Причем, опытный сплав на основе Al-20%Si имеет механические характеристики аналогичные характеристикам сплава АК12Д (ТУ1–809–674-83) и превосходит его по износостойкости, а также имеет более низкий КЛР и меньшую плотность за счет повышенного содержания кремния.

Литература

1. Водород и свойства сплавов алюминия с кремнием / В.К. Афанасьев, И.Н. Афанасьева и др. – Абакан: Хакасское кн. изд-во, 1998. – 192 с.
2. Шаповалов В.И. Водород как новый легирующий элемент // Водородное материаловедение и химия гидридов металлов: Сб. тезисов VI Международной конференции, Украина, Ялта. – 1999. – 213 с.

Работа выполнена при поддержке ГРАНТом Т02-05.8-2667