



The given investigations proved the increase of heat resistance of piston alloy AK12M2MgN at increasing in its contents of iron till 1% at additional processing of alloy by fluozirconate potassium and sulfur.

Б. М. НЕМЕНЕНОК, А. А. КОРОТЧЕНЯ, БНТУ,
В. И. ГУТКОВ, М. А. САДОХА, НП РУП «Институт БелНИИлит»

УДК 669.715

ПОВЫШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРШНЕВОГО СПЛАВА АК12М2МгН, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

Развитие народного хозяйства стран СНГ требует повышения надежности и увеличения ресурса работы двигателей большегрузных грузовых автомобилей типа МАЗ, КраЗ, УралАЗ, БелАЗ, КамАЗ; тракторов «Кировец», «Беларус», комбайнов «Дон», «Нива», «Полесье» и др. За последние 85 лет удельная мощность двигателей возросла в 7 раз, а для двигателей с турбонаддувом — в 10 раз и достигла более 80 кВт/л и это наращивание мощности продолжается. Форсирование режимов работы двигателей существенно повышает тепловые и динамические нагрузки, воздействующие на большинство деталей и агрегатов двигателя и в первую очередь на поршень.

Поршень представляет собой достаточно сложную в отношении конструкции, технологии и материалов деталь двигателя, фактически определяющую его технический уровень.

Сравнительный анализ материалов, используемых в отечественном и зарубежном двигателестроении для изготовления поршней, показывает, что наиболее полно предъявляемым требованиям удовлетворяют сложнлегированные силумины. Вследствие патентных и конъюнктурных соображений разные страны, фирмы и предприятия используют сплавы, незначительно различающиеся по концентрации отдельных легирующих компонентов (Si, Ni, Cu, Mg) и примеси железа.

Авторы работы [1] на основании анализа ряда четырех- и пятикомпонентных диаграмм состояния в области составов поршневых сплавов установили температуры выделения основных фаз, их составов и плотность. В структуре сплава АК12М2МгН, кроме α -твердого раствора кремния и меди в алюминии и эвтектического кремния, присутствуют следующие фазы: ε - Al_3Ni ; θ - CuAl_2 ; δ - Al_3CuNi ; γ - $\text{Al}_3\text{Cu}_4\text{Ni}$; T - Al_3FeNi ; β - Al_3FeSi ; π - $\text{Al}_3\text{FeMg}_3\text{Si}_6$; Q - $\text{Al}_3\text{Cu}_2\text{Mg}_3\text{Si}_6$; M - Mg_2Si .

Наличие включений силицида магния объясняется незавершением протекания перитектической реакции в неравновесных условиях литья. При малой концентрации примеси железа этот элемент находится преимущественно в четвертом соединении $\text{Al}_3\text{FeMg}_3\text{Si}_6$, а при большем его содержании — в составе фаз Al_3FeNi и Al_3FeSi . Согласно ГОСТ 1583-93, содержание железа в сплаве АК12М2МгН ограничено 0,8%, однако отсутствие чистых по железу шихтовых материалов затрудняет получение сплава с более низким содержанием данной примеси. Поэтому были проведены исследования по влиянию повышенного содержания железа на свойства данного поршневого сплава, учитывая его положительное влияние на жаропрочность [2].

Учитывая, что увеличение концентрации железа в сплаве приведет к снижению его механических свойств, расплав подвергали модифицирующей обработке серой, которая обеспечивает кристаллизацию железосодержащей фазы в более компактной форме [3]. Для дополнительного упрочнения сплава и повышения его жаропрочности расплав обрабатывали 0,8% фторцирконата калия (K_2ZrF_6). В результате протекания реакции обменного разложения между K_2ZrF_6 и расплавом выделяется свободный цирконий. Поступление его в расплав при температуре 730–750 °С создает локальное пересыщение и значительное переохлаждение расплава, в результате чего образуется избыточная фаза ZrAl_3 . Рост кристаллов избыточной фазы оказывается возможным только по мере обогащения расплава цирконием. Поскольку поступление свободного элемента в расплав сопровождается одновременным образованием химического соединения, то невозможно достичь больших пересыщений расплава перед фронтом растущего зерна, что оказывает существенное

влияние на форму кристаллов $ZrAl_3$. В этих условиях кристаллы формируются равновесными, так как на начальном этапе роста кристаллами наследуются контуры дисперсных подложек (центров кристаллизации), имеющих компактную форму. В результате даже некоторое избыточное количество циркония не вызовет снижения пластических свойств сплава, но обеспечит получение мелкозернистой структуры. Кроме того, при повышенных температурах (более 350 °С) все переходные металлы, в том числе железо и цирконий, значительно снижают скорость диффузии меди и кремния в алюминии [4], что положительно

может сказаться на жаропрочности поршневого сплава.

Для оценки влияния железа на механические свойства сплава АК12М2МгН использовали два базовых состава с содержанием железа 0,8 и 1,0%, концентрация остальных компонентов соответствовала требованиям ГОСТ 1583-93. Жаропрочность исследуемых сплавов оценивали по времени выдержки образца до разрушения при температуре 300 °С и нагрузке 60 МПа. Испытания проводили на образцах с диаметром рабочей части 5 мм и общей длиной 50 мм. Результаты исследований приведены в таблице.

Влияние модифицирования на свойства сплава АК12М2МгН с повышенным содержанием железа

Содержание железа, %	Способ обработки расплава	σ_b , МПа	δ , %	НВ	Длительность испытания до разрушения при 300 °С и нагрузке 60 МПа, ч
0,8	Без обработки	210	0,3	910	65
0,8	0,8%K ₂ ZrF ₆	220	0,5	950	75
0,8	0,8%K ₂ ZrF ₆ +0,05%S	230	0,5	950	90
1,0	Без обработки	190	0,3	950	60
1,0	0,8%K ₂ ZrF ₆	200	0,3	960	72
1,0	0,8%K ₂ ZrF ₆ +0,05%S	220	0,5	960	95

Из таблицы видно, что увеличение в сплаве АК12М2МгН содержания железа от 0,8 до 1,0% приводит к незначительному снижению механических свойств, но несколько повышает твердость при комнатной температуре. Испытания образцов под нагрузкой 60 МПа при температуре 300 °С показали снижение их жаропрочности, что подтверждается уменьшением времени до разрушения с 65 до 60 ч. Модифицирование поршневого сплава, содержащего 1,0% Fe, цирконием и серой обеспечило его высокую жаропрочность и твердость при хороших показателях механических свойств при комнатной температуре. После такой обработки образцы имели чистый мелкокристаллический излом, а железосодержащая фаза в виде мелких компактных включений была равномерно распределена по сечению образца.

Проведенные исследования подтвердили повышение жаропрочности поршневого сплава АК12М2МгН при увеличении в нем содержания железа до 1,0% при дополнительной обработке расплава фторцирконатом калия и серой.

Литература

1. Белов Н.А., Авксентьева Н.Н. Анализ пятикомпонентных диаграмм состояния в области составов поршневых силуминов // Изв. вузов. Цветная металлургия. 2005. №4. С. 47–56.
2. Колобнев И.Ф. Жаропрочность литейных алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1973.
3. Немененок Б.М. Теория и практика комплексного модифицирования силуминов. Мн.: Технопринт, 1999.
4. Постников Н.С. Упрочнение алюминиевых сплавов и отливок. М.: Металлургия, 1983.