

УДК 62-144:669.715.004.15

К. Н. Лоза, д-р техн. наук А. А. Митяев, д-р техн. наук И. П. Волчок

Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ СПЛАВ ДЛЯ ПОРШНЕЙ

В статье рассмотрен вопрос рециклинга возврата поршневого силумина АЛ25 (АК12М2МгН) и получение высококачественного вторичного поршневого сплава.

Ключевые слова: сплав, возврат, модифицирование, поршень, свойства.

Введение и проблематика вопроса

В настоящее время наиболее широкое применение для изготовления поршней автотракторной техники получили литейные сложнолегированные силумины, характеризующиеся благоприятным сочетанием физико-механических и служебных свойств, а также литейные технологии их производства, являющиеся наиболее оптимальными по сочетанию «затраты-качество».

Среди литейных поршневых сплавов наиболее востребованными для изготовления поршней мало- и средненагруженных двигателей внутреннего сгорания являются эвтектические силумины.

Широкое использование данных сплавов сопровождается накоплением значительных количеств промышленных отходов, требующих переработки. Особенностью переработки данных отходов является нейтрализация или устранение негативного влияния на конечные свойства и структуру сплавов вредных примесей (масла, пластики, смазочно-охлаждающие жидкости, железо и др.).

Из анализа литературы следует, что сплавы, полученные из вторичного сырья с повышенным содержанием железа и неблагоприятной структурой, после определенной металлургической обработки, обеспечивающей изменение морфологии, размеров и распределения комплексных железосодержащих интерметаллидных фаз, могут с успехом использоваться при производстве поршней.

Многообразие требований, которые предъявляются как к поршневым сплавам, так и самим поршням конкретного двигателя, делает процесс выбора материала и технологии его металлургической обработки актуальным для каждого номенклатурного изделия.

АО «Мотор Сич» производит группу товаров народного потребления, в которых используется двигатель внутреннего сгорания: бензопилы «Мотор Сич-270», мотоблоки «Мотор Сич МБ-4,05», подвесные лодочные моторы «Мотор Сич-40» и другие. Поршни для этих изделий

изготавливают из сплава АЛ25 (АК12М2МгН).

Заводская технология приготовления сплава АЛ25 заключалась в плавлении шихтовых материалов в графитовом тигле в газовой печи с последующим модифицированием расплава фторцирконатом калия K_2ZrF_6 при температуре 720 °С. Модификатор в количестве 0,5...1,0 % от массы шихты засыпался на зеркало расплава с последующим замешиванием в него в течение 2...3 минут. Затем проводили отстаивание расплава, удаление шлака и фильтрацию сплава через стеклосетку ССФ2-ССФ3 при переливе в раздаточную печь. Поршни, полученные литьем в кокиль из подготовленного таким образом сплава АЛ25, имели заданный уровень механических свойств и достаточно равномерно модифицированную структуру по всему сечению отливки (рис. 1, а). В процессе работы поршня, под воздействием циклического действия температуры и давления, структура сплава претерпевает изменения (рис. 1, б). Наблюдается снижение степени модифицирования по всему сечению поршня, что свидетельствует о недостаточной термической стабильности структуры сплава в его первоначальном состоянии (рис. 1 а, б).

Постановка задачи

В связи с этим возникла необходимость стабилизации структуры поршня и исключения ее изменений под воздействием рабочих температур. С учетом наследственности алюминиевых сплавов была предпринята попытка получения оптимальной структуры при переплаве 100 % возврата поршневых материалов из сплава АЛ25 с использованием рафинирующе-модифицирующей обработки. Данная обработка не усложняет применяемую на заводе технологию приготовления расплава и не требует дополнительных капиталовложений.

Результаты и их обсуждение

Основным зарубежным поставщиком поршней на мировой рынок является фирма «Mahle» (Германия), которая разработала шкалу допустимых

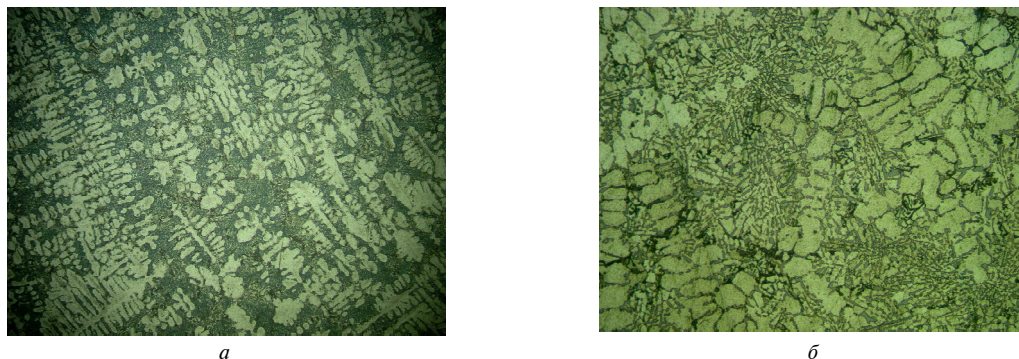


Рис. 1. Микроструктура поршня из сплава АЛ25, полученного по заводской технологии ($\times 100$):
а – до эксплуатации; *б* – после эксплуатации в течение 100 ч

микроструктур для сплавов, являющихся аналогами АЛ25 (АК12М2МгН) и АЛ30 (АК12ММгН) по ДСТУ 2839-94 (ГОСТ 1583-93). Идеальной, с точки зрения данной шкалы, является структура, представляющая собой ячеистый, в виде небольших дендритов α -твердый раствор кремния в алюминии и эвтектику, содержащую пластинчатый кремний, которая располагается по границам α -твердого раствора, тем самым надежно блокируя их. При наличии в структуре сплавов кристаллов первичного кремния или комплексных интерметаллидных фаз рекомендуется их получать в компактной форме, с размерами, не превышающими 100 мкм.

В связи с этим, для обеспечения получения заданной структуры, при разработке состава модифицирующего комплекса подбирались компоненты, оказывающие активное модифицирующее воздействие на кристаллы первичного кремния и комплексные интерметаллидные фазы, уменьшая их размеры и изменяя форму с грубой пластинчатой на компактную, а также рафинирующие расплав от неметаллических включений и растворенных газов. Состав оптимизированного модифицирующего комплекса защищен патентом Украины № 46094 «Модифікувальний комплекс для алюмінієвих сплавів» [1].

Была разработана технология рециклинга 100 % возврата сплава АЛ25 и проведены экспериментальные плавки с возрастающей присадкой модифицирующего комплекса [1], что в дальнейшем позволило оптимизировать его количество в пределах 0,15...0,20 масс. %.

Результаты испытаний вторичных экспериментальных сплавов были сравнены с результатами сплавов, полученных на АО «Мотор Сич» по заводской технологии. Сравнение результатов показало, что экспериментальная технология и разработанный модифицирующий комплекс обеспечивают после рециклинга возврата получение уровня механических свойств, соответствующего требованиям ДСТУ 2839-94 (ГОСТ 1583-93). В то же время, по значениям длительной прочности, данные сплавы более чем в 2 раза превышают сплавы, полученные по заводской технологии, при этом достигнуто снижение температурного коэффициента линейного расширения в диапазоне рабочих температур на 5,60...5,75 %.

Металлографический анализ экспериментальных сплавов засвидетельствовал получение ячеистой структуры каркасного типа по всему объему металла, оптимальной по требованиям фирмы «Mahle», и сохранение ее в процессе длительной эксплуатации (рис. 2).

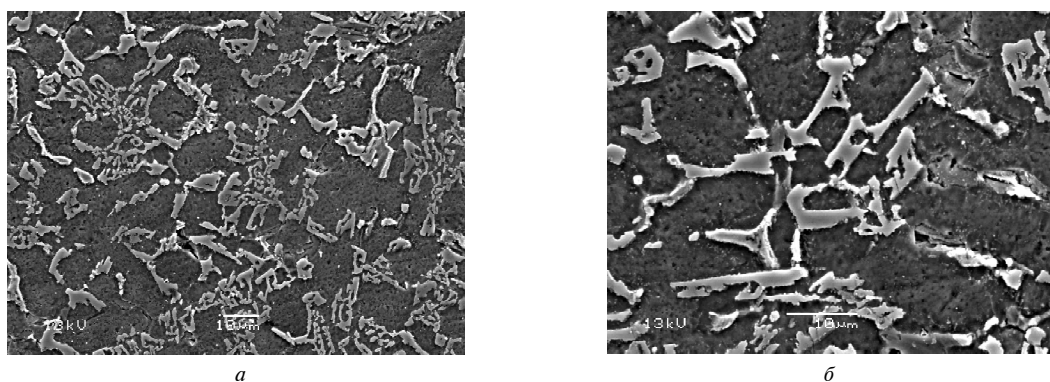


Рис. 2. Структура экспериментального сплава АЛ25, обработанного 0,15 масс. % МК: *а* – $\times 1000$; *б* – $\times 2000$

Из экспериментального сплава АЛ25 была изготовлена промышленная партия поршней для бензопилы «Мотор Сич-270». Экспериментальные поршни прошли термическую обработку по режимам Т1 (искусственное старение) и Т5 (закалка + искусственное старение). Далее были проведены стендовые, в условиях АО «Мотор Сич», и промышленные испытания в лесных хозяйствах Запорожской и Винницкой областей.

Результаты стендовых и промышленных испытаний засвидетельствовали стабильность структуры и высокую надежность поршней, полученных по экспериментальной технологии. Отмечены высокие эксплуатационные характеристики экспериментальных поршней после термообработки по режимам Т5 и Т1. Учитывая полученные результаты, с целью снижения энерго- и трудозатрат, для промышленного внедрения рекомендована термообработка по режиму Т1.

Внедрение результатов работы позволило снизить затраты на изготовление отливки «поршень» на 15,82 грн./шт.

Выводы

1. Разработана технология модифицирования сплава АЛ25, обеспечившая получение стабильной при высоких температурах (300 °С) структуры (равноосные участки α -Al твердого раствора, окруженные пластинчатыми включениями β -Si твердого раствора и компактными включениями интерметаллидов), снижения температурного коэффициента линейного расширения на 5,60...5,75 % и газонасыщенности сплава с 2...3 баллов до 1 и повышение длительной прочно-

сти σ_{50}^{300} в 2,4 раза по сравнению с заводской технологией.

2. Установлено, что с точки зрения стабильности структуры старение (режим Т1) имеет преимущество перед закалкой с последующим старением (режимы Т5 и Т6).

3. Высокая эффективность предложенных технологических решений позволила АО «Мотор Сич» освоить производство поршней для маломощных двигателей внутреннего сгорания из низкосортной вторичной шихты (стружка, лом, литники) взамен первичной при одновременном повышении качества сплава АЛ25 и устранении брака.

4. Результаты стендовых испытаний на АО «Мотор Сич» и промышленных испытаний в лесных хозяйствах Украины показали отсутствие преждевременного выхода из строя, высокую надежность и долговечность изготовленных по новой технологии поршней.

5. Экономический эффект от внедрения результатов работы в производство составляет 56982 грн./год.

Список литературы

1. Пат. 46094 Україна, МПК (2009) С22С1/00. Модифікувальний комплекс для алюмінієвих сплавів / Лоза К. М., Мітяєв О. А., Волчок І. П. ; заявник і патентоутримувач Запорізький нац. техн. ун-т. — № u200905914; заявл. 09.06.2009 ; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 23.

Поступила в редакцію 02.08.2011

Лоза К.М., Мітяєв О.А., Волчок І.П. Високоякісний сплав для поршнів

В статті розглянуто питання рециклінгу возврату поршневого силуміну АЛ25 (АК12М2МгН) та отримання високоякісного вторинного поршневого сплаву.

Ключові слова: сплав, возврат, модифікування, поршень, властивості.

Loza K., Mityayev A., Volchok I. High-quality alloy for pistons

The article considers the issue of the return of piston silumin AL25 (AK12M2MgH) recycling and obtaining of high-quality secondary piston alloy.

Key words: alloy, return, modification, piston, properties.