
УДК 669.714:669.715:620.18:544.537

**СНИЖЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕРМИЧЕСКОГО ЛИНЕЙНОГО
РАСШИРЕНИЯ ВТОРИЧНОГО СПЛАВА АЛ25**

***асп. Лоза К.Н.; **д.т.н., доц. Митяев А.А.**

**ОАО "Мотор Сич";*

***Запорожский национальный технический университет*

Введение и постановка задачи. Развитие современного машиностроения связано с использованием высокопроизводительных ресурсосберегающих технологий, повышением качества продукции и уменьшением отходов производства. В области двигателестроения эти задачи могут быть решены путем совершенствования составов материалов для поршней двигателей внутреннего сгорания и технологии их производства [1].

Поршень является ответственной деталью любого двигателя внутреннего сгорания. Повреждение поршня или выход его из строя приводит к немедленному прекращению эксплуатации двигателя и необходимости проведения трудоемкого и дорогостоящего капитального ремонта.

В работе был проведен анализ дефектов цилиндра-поршневой группы следующих изделий: бензопилы "Мотор Сич - 270", мотоблока "Мотор Сич МБ - 4,05" и подвесного лодочного мотора "Мотор Сич - 40".

Основными причинами выхода из строя деталей цилиндра-поршневой группы являются: задиры на поршне и цилиндре; осыпание зеркала цилиндров; разрушение поршневого кольца; выпадение стопорного кольца; динамическое разрушение поршня; прогар поршня.

Анализ дефектов и причин выхода из строя двигателей внутреннего сгорания показал, что задиры на поршне и цилиндре, а также осыпание зеркала цилиндров обусловлено, в большинстве случаев, высоким коэффициентом теплового линейного расширения материала поршня (рис. 1 а, б). В результате недостаточно высокой жаропрочности и коррозионной стойкости происходит прогар поршня (рис. 1 в, г). Разрушение поршневого кольца или выпадение стопорного кольца приводит к деформации и выходу из строя поршня в зазоре с цилиндром (рис. 1 д). По причине несовершенства структуры или наличия литейных дефектов возможно динамическое разрушение поршня, которое сопровождается образованием трещин и сколом некоторых объемов металла (рис. 1 е).

Накопление значительных количеств возврата (бракованные детали, литники, стружка) поршневого сплава АЛ25 требует разработки эффективных способов его переработки. Технологии, разработанные и ориентированные на первичные сплавы, в данном случае, не всегда достаточно эффективны, в связи с повышенной загрязненностью отходов различными неметаллическими материалами и железом. Железо образует комплексные интерметаллидные фазы неблагоприятной пластинчатой морфологии, что существенно снижает механические свойства вторичных сплавов. В то же время, обладая низким коэффициентом диффузии в алюминии, железо и тугоплавкие фазы на его основе способны значительно повысить



Рис. 1. Основные виды повреждений поршней из сплава АЛ25:
а, б – задиры, следствие высокого коэффициента теплового линейного расширения; в, г – прогар поршня; д – механическое повреждение поршня вследствие разрушения поршневого или выпадения стопорного кольца; е – динамическое разрушение поршня.

жаропрочность данных сплавов и выступить как полезный легирующий элемент. При этом остается до конца не изученным вопрос об изменении коэффициента теплового линейного расширения (КТЛР) вторичных поршневых сплавов. Снижение КТЛР поршневого материала является актуальной задачей, так как обеспечивает существенное уменьшение отказов двигателя и затрат, связанных с его ремонтом.

Материал и методика исследований. В работе были проведены исследования изменения КТЛР в зависимости от технологии рециклинга возврата поршневого сплава АЛ25. Изучение изменений длины образцов поршневого сплава АЛ25, после термической обработки по режиму Т1 (искусственное старение при $T = 190 \pm 5^\circ\text{C}$ и $\tau = 8 \dots 10$ часов), проводили на оптическом кварцевом dilatометре Шевенара [2, 3]. Химический состав исследованных сплавов соответствовал требованиям ДСТУ 2839-94 (ГОСТ 1583-93) и согласно результатам спектрального анализа, выполненного на установке "SPECTROLAB" (Германия), был следующим: 11,60...11,25% Si, 2,57...2,64% Cu, 0,98...1,15% Ni, 0,80...0,97% Mg, 0,65...0,69% Fe, 0,51...0,52% Mn, 0,2% Ti. Исследованию подвергли сплавы, полученные с использованием двух технологических вариантов (табл. 1).

Таблица 1

Технологические варианты рециклинга возврата АЛ25

Технологический вариант рециклинга	Краткая суть технологии рециклинга
I	Плавка возврата в печи сопротивления в графитовом тигле под покровным флюсом (33% KCl, 67% NaCl)
II	I технологический вариант + обработка расплава 0,05...0,25 * масс.% модифицирующим комплексом [4]

Примечание: * – количество модифицирующего комплекса зависит от первоначального качества возврата и содержания в нем железа.

Результаты исследований и их обсуждение. Суть I технологического варианта состоит в получении так называемой "размодифицированной" структуры поршневого материала, которая рекомендуется для данных сплавов фирмой "Mahle" (Германия) – мировым лидером по производству поршней.

Проблема состоит в наличии во вторичных сплавах комплексных интерметаллидных фаз пластинчатой морфологии и больших размеров, которые отрицательно влияют на уровень механических свойств. С целью изменения морфологии интерметаллидных фаз и перевода их в компактную форму с малыми размерами и равномерным распределением в объеме металла был разработан модифицирующий комплекс [4] с дополнительным, рафинирующим сплав от неметаллических включений и растворенных газов, эффектом.

Исходя из этого, возникла необходимость рециклинга возврата сплава АЛ25 по II технологическому варианту. Его суть заключалась в обработке расплава возрастающими добавками модифицирующего комплекса [4] с целью определения его влияния на КТЛР и оптимизации количества.

Обработка вторичного сплава АЛ25 модифицирующим комплексом [4] положительно отразилась на макроструктуре слитков (рис. 2).

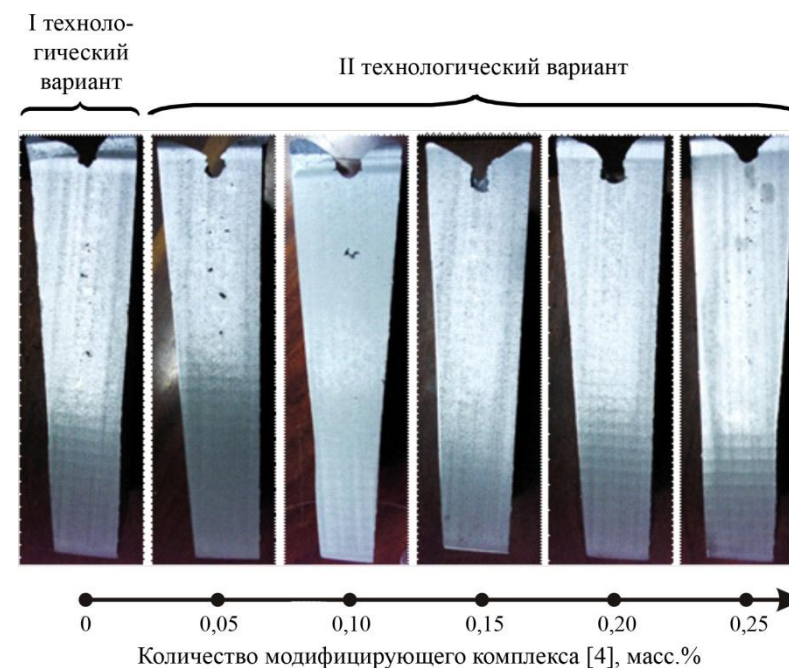


Рис. 2. Макроструктура кокильных слитков вторичного АЛ25.

Количество дефектных мест значительно снизилось, а при обработке 0,15...0,20 масс.% модифицирующего комплекса [4] они практически полностью отсутствовали (см. рис. 2).

Из наиболее плотной нижней части всех полученных слитков были изготовлены образцы для дилатометрических исследований. Результаты определения КТЛР в зависимости от технологического варианта рециклинга возврата и рабочей температуры поршня приведены в таблице 2.

Таблица 2
Зависимость КТЛР вторичного сплава АЛ25 от технологии рециклинга и рабочей температуры

Рабочая температура, °С	КТЛР $\alpha \cdot 10^{-6}$, 1/град					
	I технологический вариант	II технологический вариант				
		Количество модифицирующего комплекса [4], масс. %				
		0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
100	20,96	20,23	17,59	17,59	17,62	19,03
150	21,44	20,58	19,62	19,54	19,39	20,10
200	21,69	20,84	20,08	20,06	19,62	20,45
250	21,73	20,96	20,42	20,42	20,08	20,47
300	21,90	21,14	21,08	20,89	20,64	21,03
350	22,83	22,34	22,24	22,05	21,55	22,21

Выводы. Исследованиями установлено, что с целью улучшения макроструктуры слитков из вторичного сплава АЛ25, снижения в них количества дефектных мест, а также уменьшения значений КТЛР при рециклинге возврата, расплав следует обрабатывать модифицирующим комплексом [4] в количестве 0,15...0,20 масс.%. Достигнутое снижение КТЛР позволит использовать для производства поршней 100% возврата, уменьшить количество отказов двигателей внутреннего сгорания по причине выхода из строя поршней, повысить их надежность и работоспособность, а также снизить расходы, связанные с производством, эксплуатацией и ремонтом двигателей.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Поршневые силумины [Текст]: учебное пособие / В.К. Афанасьев, С.А. Гладышев, Б.С. Ефименко и др. – Кемерово: КузГТУ, 2005. – 161 с.
2. **Черепин, В.Т.** Экспериментальная техника в физическом материаловедении [Текст] / В.Т. Черепин – К.: Техника, 1968. – 184 с.
3. **Лившиц, Б.Г.** Физические свойства металлов и сплавов [Текст] / Б.Г. Лившиц – М.: Металлургия, 1980. – 319 с.
4. **Пат. 46094 Україна, МПК С22С 1/00.** Модифікувальний комплекс для алюмінієвих сплавів [Текст] / К.М. Лоза, О.А. Мігяєв, І.П. Волчок; заявник і патентовласник Запорізький нац. техн. ун-т. – № u200905914; заявл. 09.06.2009; опубл. 10.12.2009, Бюл. № 23.