

Разработка новых жаропрочных поршневых материалов на основе алюминиевых промышленных сплавов, армированных фазой карбида титана в комплексе с термической обработкой

Ю.В. Шерина

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Обоснование. Областью проводимых исследований является возможность применения алюминиевых сплавов в условиях повышенных нагрузок при температурах порядка 150–250 °С. При высокой температуре жаропрочный сплав должен выдерживать определенные пределы прочности или пределы текучести. Большой интерес представляют сплавы системы Al-Cu и Al-Si. Также в условиях работы повышенных нагрузок при трении возникает нагрев деталей, тогда важно оценить свойства материала именно при температуре не ниже саморазогрева. Обширную область среди исследований в области пар трения занимают алюмоматричные композиционные материалы (АМКМ), дисперсно-армированные керамической фазой. Так как сплавы системы Al-Cu, например АМ4,5Кд, и некоторые специальные силумины, например АК10М2Н, относят к группе термически упрочняемых, то актуальным вопросом является не только возможность улучшения свойств матричных сплавов путем армирования, но и улучшение полученных на основе этих сплавов композитов путем проведения термической обработки. Именно поэтому в данной работе произведена оценка эксплуатационных свойств АМКМ АМ4,5Кд-10 %TiC и АК10М2Н-10 %TiC.

Цель — исследовать влияние армирования высокодисперсной фазой карбида титана, синтезированной методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в расплаве, и последующей термической обработки на эксплуатационные свойства промышленных жаропрочных алюминиевых сплавов.

Методы. Экспериментальные образцы АМКМ составов АМ4,5Кд-10%TiC и АК10М2Н-10%TiC получены методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в расплаве. Для определения температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) использовался метод, основанный на измерении удлинения цилиндрических стержней с длиной $l = 60$ мм и диаметром $d = 7$ мм при нагревании. Измерение ТКЛР осуществлялось на механическом dilatометре с нагревом до 300 °С. Оценка твердости производилась в соответствии с ГОСТ 9012-59 по методу Бринелля на твердомере марки ЗИП ТК-2М: установленная нагрузка 100 кгс, диаметр шарика 2,5 мм, время нагружения 20 с. Испытания на определение жаропрочности проводились на термообработанных образцах в условиях одноосного сжатия при температурах 150 и 250 °С на универсальной машине Instron 8802 с термокамерой 3119–405, при этом термопара устанавливалась непосредственно на образец. Триботехнические испытания производились на трибометре «Универсал-1Б» при реализации трения скольжения по схеме: «кольцо (контртело) — плоскость (образец). Материал контртела — сталь 40Х (закалка, отпуск, НВ = 420). Частота вращения — 600 мин⁻¹. Нагрузка на образец составляла 400 Н. В качестве смазочной среды использовали трансмиссионное масло с группой эксплуатационных свойств GL-5, имеющее в составе качественные антизадирные присадки. После проведения испытания при помощи микрометра оценивалась величина износа.

Результаты. Основные результаты испытаний приведены в табл. 1.

Выводы. Исследования влияния армирования высокодисперсной фазой карбида титана, синтезированной методом СВС в расплаве, и термической обработки на эксплуатационные свойства промышленных алюминиевых сплавов АМ4,5Кд и АК10М2Н показало увеличение твердости (до 27 %) и жаропрочности при $T = 150$ °С (до 7 %), при сохранении уровня жаропрочности при $T = 250$ °С и ТКЛР (вплоть до 300 °С),

а также значительное снижение скорости износа (до 29 раз) и коэффициента трения (до 4 раз). Следует отметить, что температура саморазогрева не превышает температур проведения испытаний в условиях сжимающих нагрузок. Таким образом, можно сделать вывод, что удалось получить новые АМКМ, соответствующие современным требованиям к жаропрочным алюминиевым поршневым сплавам, что позволяет применять данные материалы в условиях повышенных нагрузок и/или повышенных температур.

Таблица 1. Механические и трибологические свойства синтезированных образцов

Образец	ТКЛР, α_{300} , $K^{-1} \cdot 10^{-6}$	Твердость, НВ	Напряжение течения, σ_s , МПа		Скорость износа, мкм/ч	Кэф- фициент трения	Темпе- ратура саморазо- грева, °С
			150	250			
АМ4,5Кд, без термообработки	31	61,3	324	–	11,5	0,12	67
АМ4,5Кд, с термообработкой	33,4	136	532	205	3	0,08	70
АМ4,5Кд-10%TiC, без термообработки	29,3	76,1	355	–	5,25	0,08	67
АМ4,5Кд-10%TiC, с термообработкой	31,3	142	568	205	1,25	0,03	65
АК10М2Н, без термообработки	29,6	110	464	–	22,25	0,57	75
АК10М2Н, с термообработкой	25,4	136	558	240	4,25	0,12	70
АК10М2Н-10%TiC, без термообработки	27,8	152	447	–	0,5	0,09	60
АК10М2Н-10%TiC, с термообработкой	26,1	172	587	240	0,25	0,03	66

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках государственного задания (тема № АААА-А12-2110800012-0).

Ключевые слова: алюмоматричный композиционный материал; карбид титана; самораспространяющийся высокотемпературный синтез; износостойкость; коэффициент трения; жаропрочность.

Список литературы

- Шерина Ю.В. Исследование влияния добавки высокодисперсной фазы карбида титана, синтезированной в расплаве, и термообработки на структуру и свойства сплава АМ4,5Кд // Транспортное машиностроение. 2024. № 3. С. 59–69. EDN: KIGFDK doi: 10.30987/2782-5957-2024-3-59-69
- Шерина Ю.В., Луц А.Р., Ибатуллин И.Д. Разработка композиционного материала на основе сплава АК20М2Н и исследование его триботехнических свойств // Научно-технические технологии в машиностроении. 2022. № 2. С. 11–16. EDN: RDILXC doi: 10.30987/2223-4608-2022-2-11-16

Сведения об авторе:

Юлия Владимировна Шерина — аспирант, кафедра «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы»; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: yulya.makhonina.97@inbox.ru

Сведения о научном руководителе:

Альфия Расимовна Луц — кандидат технических наук, доцент кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы»; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: alyu_luts@mail.ru