

**AP19675471 «Разработка технологии синтеза композиционных керамических материалов системы Al_xFe_ySi с использованием аддитивного метода»,
н.р. - Андреещенко В.А.**

Актуальность:

Использование алюминиевых сплавов имеет неоспоримое преимущество перед многими другими сплавами, обусловленное в первую очередь малым весом, хорошими эксплуатационными свойствами, высокой электропроводностью, антикоррозионными свойствами и достаточными механическими характеристиками. Однако для достижения высокого уровня данных характеристик требуется легирование дорогостоящими, как правило, редкоземельными элементами. Такой подход приводит к резкому росту стоимости готовых деталей. Керамики типа $MeSi$ (силициды) обладают высокой твердостью и износостойкостью. Для решения проблемы повышения качества деталей на основе алюминия решено разработать композиционный керамический материал Al_xFe_ySi . Уникальность материала заключается в возможности формирования фазы Al_8Fe_2Si , обладающей высокосимметричной кристаллической решеткой, обеспечивающей способность полученным композиционным керамическим материалам воспринимать пластическую деформацию.

Цель проекта:

Разработать технологию синтеза композиционных керамических материалов системы Al_xFe_ySi с использованием аддитивного метода для повышения качества структуры материалов и деталей на их основе.

Ожидаемые и достигнутые результаты:

Достигнутые результаты за 2025 год:

Исследованы свойства полученных композиционных керамических материалов, получены числовые характеристики механических свойств полученного композиционного материала: твердость, прочность, пластичность; определен фазовый состав, исследована полученная микроструктура. Разрабатываются математические модели влияния технологических условий на конечные свойства композита.

Исследована микроструктура и получены числовые характеристики механических свойств изучаемого композиционного материала после синтеза, термической обработки и пластической деформации: твердость, прочность, характеристики пластичности. Состав сплава оказывает превалирующее влияние на технологичность процесса синтеза, на сплавляемость компонентов шихты и качество получаемых слитков. Подбором флюса для реализации процесса контролируется количество кремния и марганца в сплаве, помимо вводимого в составе шихты. Выявлено влияние состава сплава на температуры фазовых превращений и условия образования α интерметаллидной фазы. Установлено, что ни один из легирующих элементов не увеличил объемное содержание α -фазы в интерметаллидном сплаве состава, близкого к составу α -фазы. Основное влияние примесных/легирующих элементов заключается в изменении температур фазовых переходов и особенности фазообразования, которые в свою очередь определяют тип и морфологию структурных составляющих, и микроструктуру в целом. Выявлено, что пластическая деформация способствует гетерогенизации структуры с сепарацией β и θ фаз. Особое влияние при этом на уровень механических свойств оказывает особенность фазовой трансформации при охлаждении, особенно условия растворимости θ фазы с дальнейшим ее выделением.

Полученные публикации за 2025 год

1. Andreyachshenko, V., Bartenev, I., Malashkevichute-Brillant, Y. Synthesis of an aluminum alloy rich in iron and silicon by surfacing with a consumable electrode, Acta Metallurgica Slovaca, 2024, 30(3), 133–136 (Процентиль 53).
2. Andreyachshenko, V., Toleuova, A.R., Alina A.A. The influence of manganese on phase formation in the Al-Fe-Si system, Труды университета 2025, 1, 3-9, DOI 10.52209/1609-1825_2025_1_3

Ожидаемые результаты:

- Будут исследованы свойства полученных композиционных керамических материалов, получены числовые характеристики механических и эксплуатационных свойств полученного композиционного материала: твердость, износостойкость, прочность, пластичность; определен фазовый состав, исследована полученная микроструктура. Будут разработаны математические модели влияния технологических условий на конечные свойства композита. Форма завершения – анализ механических и эксплуатационных свойств полученного композита.

- Будет принято участие в международной конференции с публикацией доклада.

- Будет опубликована статья и (или) обзор в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в Science Citation Index Expanded базы Web of Science и (или) имеющих проценты по CiteScore в базе Scopus не менее 35 (тридцати пяти).

Исследовательская группа

№ п/п	Ф.И.О. (при его наличии), образование, степень, ученое звание	Индекс Хирша, идентификаторы ResearchID, ORCID, Scopus Author ID (при наличии)
1	Андреященко Виолетта Александровна, PhD, ассоциированный профессор (доцент) по специальности металлургия, Руководитель ИЛИП «КОРМС»	Индекс Хирша (Scopus) - 10 Индекс Хирша (WoS) - 7; ResearchID: H-4328-2013; https://orcid.org/0000-0001-6933-8163 ; Scopus Author ID 55308057400
2	Бартенев Игорь Анатольевич, Кандидат технических наук, доцент, доцент каф. ТОМиС	Индекс Хирша (Scopus) - 2, Индекс Хирша (WoS) – 2, Scopus Author ID: 57207457067, ORCID: 0000-0001-8982-7319
3	Ибатов Марат Кенесович, д.т.н, профессор каф. ТТиЛС	https://orcid.org/0000-0001-5062-7790 , ResearchID: N-9320-2017 Scopus Author ID: 57189211438, Индекс Хирша (Scopus) – 4, Индекс Хирша (WoS) - 3
4	Алина Арайлым Алтынбековна, магистр, ст. преподаватель каф. НТМ	https://orcid.org/0000-0003-3577-4914 , Scopus Author ID: 57218196165, ResearchID:DRQ-4173-2022, Индекс Хирша (Scopus) – 1, Индекс Хирша (WoS) – 1.
5	Малашкевичуте-Брийан Елена Иозасовна, магистр, ст. преподаватель каф. НТМ	Scopus Author ID: 5876248370 Индекс Хирша (Scopus) – 1, Индекс Хирша (WoS) – 1
6	Ержан Айдана, магистр, докторант по специальности «Металлургия»	https://orcid.org/0000-0002-6942-2020 Scopus Author ID: 56901129500, Индекс Хирша (Scopus) – 1, Индекс Хирша (WoS) – 1.
7	Тулєпова Мєлдїр Абылсєйткызы	-

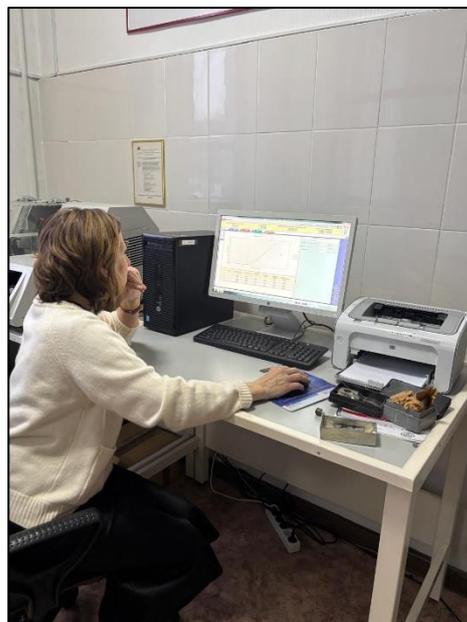


Рисунок 1 – Работа исследовательской группы по изучению композиционных керамических материалов системы $AlxFeySi$

Список публикаций

1. Андриященко В.А. Влияние флюсов при получении металлокерамических материалов системы $Al-Fe-Si$ // ВЕСТНИК КГИУ № 2 (41) 2023 г., с. 25-30.
2. Андриященко В.А., Толеуова А.Р. Современный методы синтеза металлокерамических материалов системы $Al-Fe-Si$ //Материалы Международной научно-практической конференции «Инновации и комплексная переработка минерального сырья - актуальные составляющие диверсификации экономики», посвященной 30-летию Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан, Алматы, 2023г., с. 107-109.

3. Толеуова А.Р., Андрященко В.А. Компьютерное моделирование фазовых процессов в алюминиевой матрице//Материалы Международной научно-практической конференции «Инновации и комплексная переработка минерального сырья - актуальные составляющие диверсификации экономики», посвященной 30-летию Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан, Алматы, 2023г., с. 82-83

4. Андрященко В.А. Изучение технологии синтеза металлокерамического материала системы AlxFeySi //Труды университета №1 (94), 2024, 50-56;

5. Толеуова А.Р., Андрященко В.А. Компьютерное моделирование процесса формирования алюминиевой матрицы с помощью программы Thermo-Calc // Вестник ВКТУ №1, 2024, с. 244-251, DOI 10.51885/1561-4212_2024_1_244

6. V.A. Andreyachshenko; M.K. Ibatov Study of phase transformations in the Al 60 Fe 40-x Si x system//AIP Conf. Proc. 3251, 040001. <https://doi.org/10.1063/5.0234066>

7. A.Zh. Aiken; V.A. Andreyachshenko Evolution of microstructure and properties in Fe, Si-Rich AlFe-Si alloy// AIP Conf. Proc. 3251, 040006. <https://doi.org/10.1063/5.0234067>.

8. Андрященко В.А., Айтжан А.Т. Подавление альфа-бета трансформации в сплавах системы AlFeSi// Труды Международной научно-практической конференции «XVI Сагиновские чтения. Интеграция образования, науки и производства», Т.3, 14-15.

9. V.A. Andreyachshenko Application of ThermoCalc for the design of an alloy based on the Al-Fe-Si system//Proc in LINDI 2024

10. V.A. Andreyachshenko, M.K. Ibatov Optimization of the three-component Al-Fe-Si system composition// METALLURGICAL RESEARCH & TECHNOLOGY, 121, 3, 315. <https://doi.org/10.1051/metal/2024035>

11. Andreyachshenko, V., Bartenev, I., Malashkevichute-Brillant, Y. Synthesis of an aluminum alloy rich in iron and silicon by surfacing with a consumable electrode, Acta Metallurgica Slovaca, 2024, 30(3), 133–136 (Процентиль 53).

12. Andreyachshenko, V., Toleuova, A.R., Alina A.A. The influence of manganese on phase formation in the Al-Fe-Si system, Труды университета 2025, 1, 3-9, DOI 10.52209/1609-1825_2025_1_3

Информация для потенциальных пользователей

Результаты Проекта применимы для изготовления элементов машин, работающих в тяжелых условиях и подвергающиеся интенсивному износу. Использование нового сплава в качестве конструкционного материала позволяет существенно снизить вес готовых изделий (более чем в 2 раза) по сравнению со стальными изделиями, при этом твердость нового композиционного материала выше.

Область применения

Область применения результатов Проекта автомобилестроительная и машиностроительная отрасли. Целевыми потребителями полученных результатов будут машиностроительные и автомобилестроительные предприятия, элементы машин, работающие в тяжелых условиях и подвергающиеся интенсивному износу.

Дата обновления информации: 01.07.2025 г.