

**AP19675471 «Разработка технологии синтеза композиционных керамических материалов системы  $Al_xFe_ySi$  с использованием аддитивного метода», н.р. - Андреященко 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 2024 год:*

- выполнен синтез композита Al-Fe-Si методом наплавки с использованием алюминиевых пластин, стального электрода и порошкового кремния. Получен материал с однородной микроструктурой и улучшенными механическими свойствами;
- разработаны режимы термообработки, обеспечивающие трансформацию фаз ( $\beta \leftrightarrow \alpha$ ,  $\theta \leftrightarrow \theta'$ ) и формирование структуры, обогащенной алюминием или кремнием;
- изучена пластическая деформация материала, выявлены параметры деформирования (до 20%), определена высокая пластичность (>5% при сжатии). Разрушение происходит последовательно, характер разрушения сопоставим с силуминами;
- выполнена обработка материалов при повышенных температурах, улучшена пластичность, предотвращено разрушение при деформировании.

*Полученные публикации за 2024 год*

1. Андреященко В.А. Изучение технологии синтеза металлокерамического материала системы  $Al_xFe_ySi$  // Труды университета №1 (94), 2024, 50-56.
2. Толеуова А.Р., Андреященко 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

Принято участие в 3 международных научных конференциях с публикацией 4 докладов, три из которых входят в базу данных Скопус:

1. 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>
2. 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>.
3. Андреященко 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.

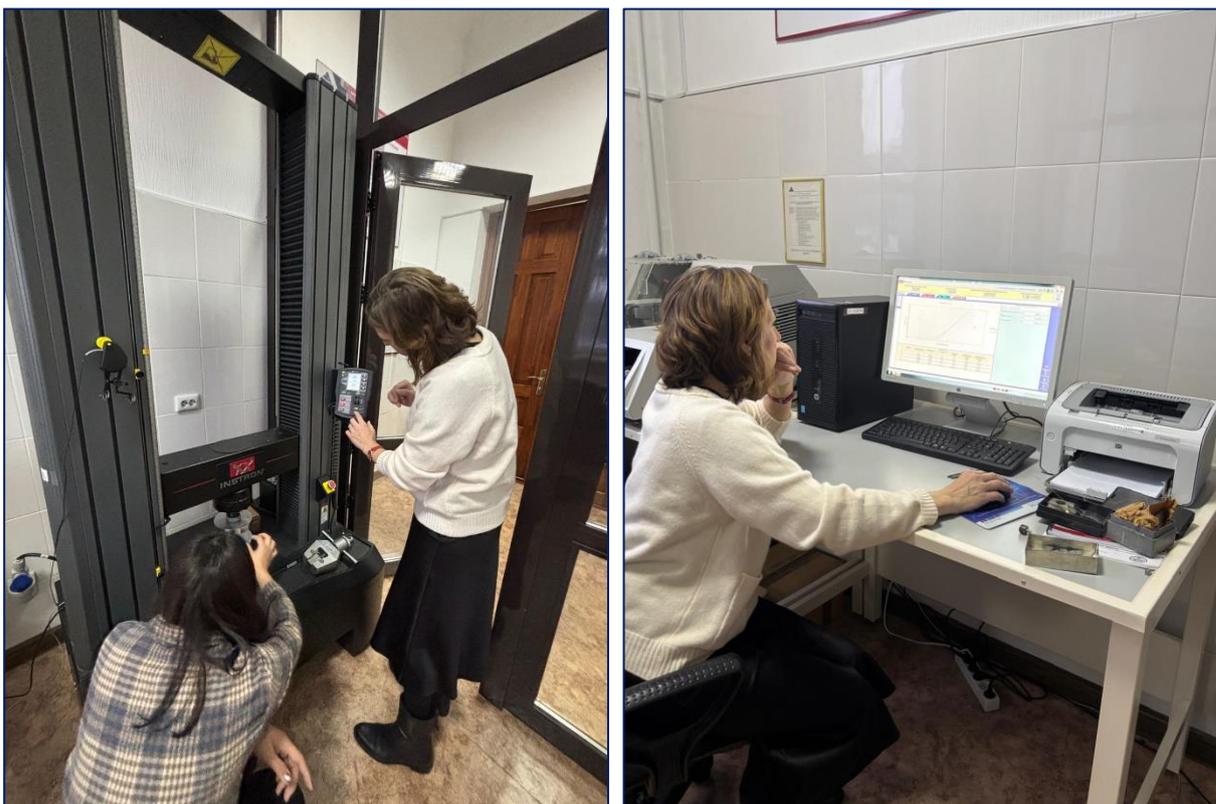
4. V.A. Andreyachshenko Application of ThermoCalc for the design of an alloy based on the Al-Fe-Si system//Proc in LINDI 2024

Опубликована 1 статья в базе Скопус, процентиль 48:

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>

**Ожидаемые результаты:**

- будет выполнен синтез композита, разработаны параметры термообработки, изготовлена опытная партия;
- исследована пластическая деформация материала, включая деформацию при повышенных температурах. Определены показатели предельной пластичности и момента разрушения;
- участие в двух международных конференциях, публикация статьи в изданиях, индексируемых в Scopus (CiteScore  $\geq 35$ ) или Web of Science.



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

**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) - 8 Индекс Хирша (WoS) - 6; ResearchID: H-4328-2013; <a href="https://orcid.org/0000-0001-6933-8163">https://orcid.org/0000-0001-6933-8163</a> ; Scopus Author ID 55308057400
2	Бартенев Игорь Анатольевич, Кандидат технических наук, доцент, доцент каф. ТОМиС	Индекс Хирша (Scopus) - 1, Индекс Хирша (WoS) – 1, Scopus Author ID: 57207457067, ORCID: 0000-0001-8982-7319

3	Ибатов Марат Кенесович, д.т.н, профессор каф. ТТиЛС	<a href="https://orcid.org/0000-0001-5062-7790">https://orcid.org/0000-0001-5062-7790</a> , ResearcherID: N-9320-2017 Scopus Author ID: 57189211438, Индекс Хирша (Scopus) – 4, Индекс Хирша (WoS) - 2
4	Алина Арайлым Алтынбековна, магистр, ст. преподаватель каф. НТМ	<a href="https://orcid.org/0000-0003-3577-4914">https://orcid.org/0000-0003-3577-4914</a> , Scopus Author ID: 57218196165, ResearcherID: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
6	Ержан Айдана, магистр, докторант по специальности «Металлургия»	<a href="https://orcid.org/0000-0002-6942-2020">https://orcid.org/0000-0002-6942-2020</a> Scopus Author ID: 56901129500, Индекс Хирша (Scopus) – 1, Индекс Хирша (WoS) – 1.
7	Тулєпова Мєлдїр Абылсєйткызы	-

### **Список публикаций**

1. Андрєящєнко В.А. Влияние флюсов при получении металлокерамических материалов системы Al-Fe-Si// ВЕСТНИК КГИУ № 2 (41) 2023 г., с. 25-30.

2. Андрєящєнко В.А., Толєуова 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. Толєуова А.Р., Андрєящєнко 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. Андрєящєнко В.А. Изучение технологии синтеза металлокерамического материала системы Al<sub>x</sub>Fe<sub>y</sub>Si //Труды университета №1 (94), 2024, 50-56;

5. Толєуова А.Р., Андрєящєнко 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. Андрєящєнко 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>

### ***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: 08.11.2024 г.*