

## RESEARCH OF RESTRUCTURED ALUMINUM BY THE METHOD OF THERMAL ANALYSIS

Soloviev E.M.<sup>1</sup>, Kiselev M.R.<sup>2</sup>, Korolev Ya.S.<sup>3\*</sup>, Kvachakidze A.V.<sup>4</sup>, Sorokin B.A.<sup>5</sup>,  
Peskov D.A.<sup>6</sup> (Russian Federation) Email: Soloviev447@scientifictext.ru

<sup>1</sup>Soloviev Evgeny Mikhailovich - Independent Researcher,  
ORCID: 0000-0002-7307-513X;

<sup>2</sup>Kiselev Mikhail Romanovich – PhD in Chemistry, Senior Researcher,  
INSTITUTE OF PHYSICAL CHEMISTRY AND ELECTROCHEMISTRY A.N. FRUMKIN,  
RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES;

<sup>3</sup>Korolev Yaroslav Sergeevich - Independent Researcher,  
ORCID: 0000-0002-8182-0515,

\*CORRESPONDING AUTHOR (KOROLEVIAROSLAVSERGEEVICH@GMAIL.COM);

<sup>4</sup>Kvachakidze Anatoly Valikovich - Independent Researcher,  
ORCID: 0000-0002-8644-4512;

<sup>5</sup>Sorokin Boris Albertovich - Independent Researcher,  
ORCID: 0000-0002-8114-8749;

<sup>6</sup>Peskov Dmitry Aleksandrovich - Independent Researcher,  
ORCID: 0000-0001-5548-7715,  
MOSCOW

**Abstract:** the article presents the results of studies of an aluminum sample with a purity of more than 99.99%, restructured by the authors by mechanical and thermal effects of various intensity levels. The data on the properties of the metal before and after its corresponding processing are compared. Thermal analysis conducted in order to determine the corrosion properties of the restructured sample indicates an increase in its resistance to oxidation up to 2.5 times. The mechanical tests showed an increase in stiffness of the restructured sample up to 1.5 times. The comparison of the results of the research with data on changes in the properties of zinc and lead, exposed to similar effects by the authors suggests the possibility of similar changes in relation to other metals.

**Keywords:** aluminum, corrosion properties, mechanical properties, restructured metals, vacancy clusters.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСТРУКТУРИРОВАННОГО АЛЮМИНИЯ МЕТОДОМ ТЕРМОАНАЛИЗА

Соловьев Е.М.<sup>1</sup>, Киселев М.Р.<sup>2</sup>, Королев Я.С.<sup>3\*</sup>, Квачакидзе А.В.<sup>4</sup>, Сорокин Б.А.<sup>5</sup>,  
Песков Д.А.<sup>6</sup> (Российская Федерация)

<sup>1</sup>Соловьев Евгений Михайлович – независимый исследователь,  
ORCID: 0000-0002-7307-513X;

<sup>2</sup>Киселев Михаил Романович – кандидат химических наук, старший научный сотрудник,  
Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина  
Российская Академия наук;

<sup>3</sup>Королев Ярослав Сергеевич – независимый исследователь,  
ORCID: 0000-0002-8182-0515,

\*Корреспондирующий автор (koroleviaroslavsergeevich@gmail.com);

<sup>4</sup>Квачакидзе Анатолий Валикович – независимый исследователь,  
ORCID: 0000-0002-8644-4512;

<sup>5</sup>Сорокин Борис Альбертович – независимый исследователь,  
ORCID: 0000-0002-8114-8749;

<sup>6</sup>Песков Дмитрий Александрович – независимый исследователь,  
ORCID: 0000-0001-5548-7715,  
г. Москва

**Аннотация:** в статье приводятся результаты исследований образца алюминия чистотой более 99,99%, реструктурированного авторами путем механо-термического воздействия различного уровня интенсивности. Сравниваются данные о свойствах металла до и после его соответствующей обработки. Проведенный в целях определения коррозионных свойств реструктурированного образца термоанализ свидетельствует о возрастании его устойчивости к окислению до 2,5 раза. Механические испытания показали увеличение жесткости реструктурированного образца до 1,5 раза. Сопоставление результатов проведенного исследования с данными об изменении свойств цинка и свинца, подвергавшихся авторами аналогичному воздействию, позволяет предположить возможность подобных изменений также в отношении других металлов.

**Ключевые слова:** алюминий, коррозионные свойства, механические свойства, реструктурированные металлы, вакансионные кластеры.

В работе о физической модели образования вакансионных кластерных трубок [1] сообщалось, что механо-термические воздействия различного уровня интенсивности позволяют создавать свинец с измененными свойствами. При этом реструктурированный металл сохранял приобретенные свойства после неоднократных циклов плавление-затвердевание.

Дальнейшие исследования [2] показали, что в реструктурированных образцах цинка возникают объемные дефекты вакансионного типа (вакансии и вакансионные кластеры), а также области с расширенной кристаллической решеткой. В качестве причины названных эффектов рассматривалось появление внутренних микронапряжений в материале, которые обуславливают изменение его свойств.

В продолжение изучения обнаруженных явлений в настоящей статье приводятся результаты исследований образцов алюминия, реструктурированного по аналогичной технологии.

Материалы и методы.

Образцы алюминия чистотой более 99,99% до реструктурирования (Al-1) и после него (Al-6), подвергались окислению на термогравиметрическом анализаторе TGA Q500 Intertech Corporation в среде осушенного воздуха в динамическом режиме. Температурный диапазон измерений составлял 25-650°C при скорости нагрева 10°C/мин. Результаты представлены на рисунке 1.

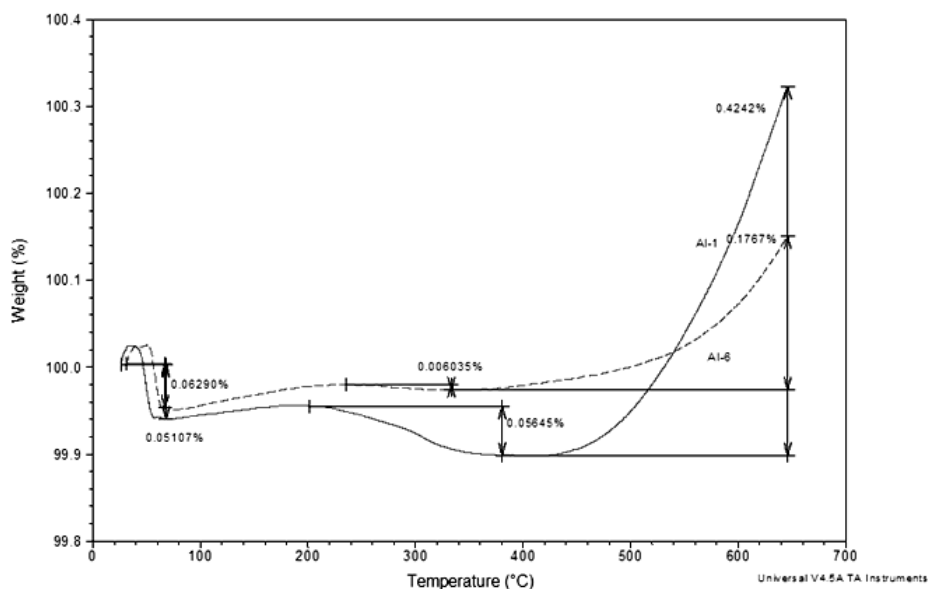


Рис. 1. Сопоставление процессов окисления Al-1 и Al-6

Механические испытания были проведены на динамомеханическом анализаторе DMA Q800 Intertech Corporation в режиме изгиба при частоте 1 Гц с использованием двойного зажима (dual cantilever) при скорости нагрева 5°C/мин. в области температур 25-550°C. Геометрические размеры образцов (длина, ширина, толщина) были примерно одинаковыми и равны соответственно 35, 2,9, 1,79 мм. Результаты представлены на рисунке 2.

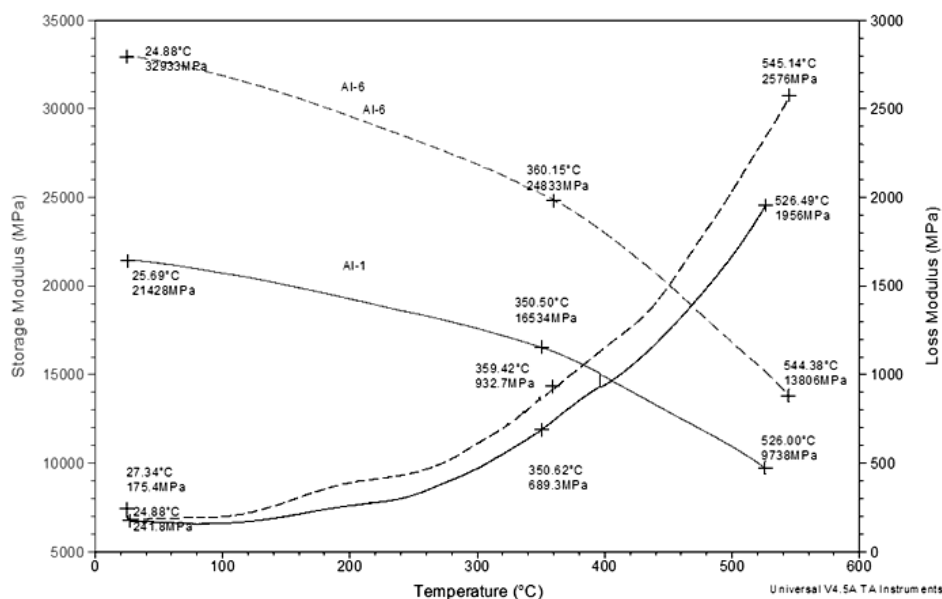


Рис. 2. Сопоставление механических свойств Al-1 и Al-6

#### Результаты и обсуждение.

На рисунке 1 видны практически одинаковые профили кривых термографического анализа, на которых обнаружены два участка потери веса - первый (испарение поверхностной воды до 70-75°C) и второй (испарение капиллярной воды от 200 до 400°C). Далее следует участок увеличения веса или процесс окисления, где устойчивость к окислению несравненно выше у Al-6, достигающая увеличения до 2,5 раз по сравнению с исходным образцом Al-1.

Реструктурированный образец Al-6 оказался также более жестким на всей области прогрева в ходе проведения механических испытаний, превышая показатели Al-1 до 1,5 раза (рис. 2).

#### Выводы.

Результаты исследований исходного образца алюминия Al-1, показали значительное увеличение его устойчивости к окислению и повышение прочностных свойств после реструктурирования (Al-6).

Полученные данные позволяют предположить возникновение в образце Al-6 объемных дефектов вакансионного типа, а также областей с расширенной кристаллической решеткой, аналогичных описанному в работах [1, 2]. Наблюдаемые явления для реструктурированных авторами алюминия, свинца и цинка, могут свидетельствовать о возможности подобных изменений также в отношении других металлов.

#### Список литературы / References

1. Соловьев Е.М., Новиков В.И., Спицын Б.В., Киселев М.Р., Сорокин Б.А., Квачакидзе А.В. К физической модели образования вакансионных кластерных трубок и изменений свойств металлов при центробежном динамическом литье // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология, 2016. № 15-18. С. 96-103.
2. Соловьев Е.М., Спицын Б.В., Лаптев Р.С., Лидер А.М., Бордулев Ю.С., Михайлов А.А. Исследование вакансионной системы реструктурированного цинка методом аннигиляции позитронов // Журнал технической физики, 2018. Т. 88. № 6. С. 860-863.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Solov'ev E.M., Novikov V.I., Spitsyn B.V., Kiselev M.R., Sorokin B.A., Kvachakidze A.V. K fizicheskoj modeli obrazovaniya vakansionnyh klasternyh trubok i izmenenij svojstv metallov pri centrobezhnom dinamicheskom lit'e [On the physical model of the formation of vacancy cluster tubes and changes in the properties of metals during centrifugal dynamic casting] // Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal Al'ternativnaya energetika i ekologiya [International Scientific Journal Life and Ecology], 2016. № 15-18. P. 96-103 [in Russian];
2. Solov'ev E.M., Spitsyn B.V., Laptev R.S., Lider A.M., Bordulev Y.S., Mikhailov A.A. Issledovanie vakansionnoj sistemy restruktirovannogo cinka metodom annigilyacii pozitronov [Analysis of the Vacancy System of Restructured Zinc by the Positron Annihilation Method] // Zhurnal tekhnicheskoy fiziki. [Technical Physics. The Russian Journal of Applied Physics], 2018. Vol. 88. № 6. P. 860-863 [in Russian].