

Изменение низкоамплитудного внутреннего трения в зависимости от химического состава и температуры старения сплавов системы цинк–алюминий

А. В. Сергеева¹, А. И. Скворцов², К. М. Елькина³

¹преподаватель кафедры материаловедения и основ конструирования,

Вятский государственный университет. Россия, г. Киров. E-mail: nast28-83@mail.ru

²доктор технических наук, профессор кафедры материаловедения и основ конструирования,

Вятский государственный университет. Россия, г. Киров. E-mail: skvorcov@vyatsu.ru

³магистрант, Вятский государственный университет. Россия, г. Киров. E-mail: kseniamaximovna@yandex.ru

Аннотация. Исследованы предварительно закаленные от температуры, выше температуры монотектоидного превращения и состаренные при различных температурах сплавы системы цинк–алюминий: ЦА15, ЦА22, ЦА49 и ЦА78. Изучено влияние химического состава сплавов Zn–Al и температуры старения на изменение их низкоамплитудного внутреннего трения. Демпфирующую способность определяли на крутильном маятнике ВятГУ. В качестве характеристики внутреннего трения (демпфирующей способности) взят логарифмический декремент. Обработка экспериментальных данных показала, что низкоамплитудное внутреннее трение в сплавах системы цинк–алюминий зависит от химического состава сплава и от температуры старения. Для сплавов, богатых цинком, а также для сплавов с промежуточным значением компонентов характерно уменьшение логарифмического декремента с увеличением температуры старения. Для сплава на основе алюминия ЦА78 при повышении температуры старения характерно увеличение низкоамплитудного внутреннего трения, то есть демпфирующей способности.

Ключевые слова: сплавы системы цинк–алюминий, закалка с последующим старением, демпфирующая способность, внутреннее трение, логарифмический декремент.

Введение

Сплавы на основе цинк–алюминия известны как материалы с высокими демпфирующими свойствами. Эти свойства в сочетании с высокими технологическими свойствами, такими как высокая жидкотекучесть, сверхпластичность, низкая температура обработки давлением, а также невысокая стоимость компонентов, сделали сплавы на основе Zn–Al привлекательными для научных исследований и практического применения [1, с. 101].

В работе [4, с. 12] показано влияние температуры старения на твердость сплавов Zn–Al. Представляет интерес изучение влияния температуры старения на параметры амплитудной зависимости внутреннего трения сплавов Zn–Al, в частности на низкоамплитудное внутреннее трение, характеризующее их виброшумопоглощающую способность.

Целью настоящего исследования является изучение низкоамплитудного внутреннего трения в зависимости от химического состава и температуры старения от низкой до субкритической сплавов цинк–алюминий, предварительно закаленных от 300°C.

Материал и методика исследований

Исследовали двойные сплавы системы цинк–алюминий, разные по химическому составу: богатый цинком сплав ЦА15 (15,3% Al; не более 0,15% примесей, остальное – Zn), сплав, близкий по составу к монотектоидному сплаву – ЦА22 (21,8% Al; не более 0,15% примесей, остальное – Zn), с промежуточным значением компонентов – ЦА49 (48,6% Al; не более 0,15% примесей, остальное – Zn) и сплав, с большим количеством алюминия – ЦА78 (78,2% Al; не более 0,15% примесей, остальное – Zn).

Все сплавы получены в открытой тигельной печи из чистых шихтовых материалов: цинка Ц0 и алюминия А99 (здесь и далее % – массовые). Отливки были получены литьем в металлическую форму.

Все образцы подвергались нагреву до 300°C (выше температуры монотектоидного превращения) и последующей закалке в воду комнатной температуры. Далее образцы последовательно подвергались старению при 90, 150, 200, 250°C.

Амплитудную зависимость внутреннего трения определяли на крутильном маятнике ВятГУ [3, с. 11] на образцах с размерами рабочей части: диаметр – 5 мм, длина – 30 мм. В качестве характеристики демпфирующей способности взят логарифмический декремент $\delta = [\ln(\gamma_i/\gamma_{i+n})]/n$, где γ – амплитуда крутильных колебаний на поверхности рабочей части образца, n – число циклов колебаний, соответствующее уменьшению амплитуды колебаний γ_i/γ_{i+n} в 2 раза.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

На рис. 1–4 представлены экспериментально полученные зависимости изменения значений логарифмического декремента, взятых при низких амплитудах колебаний, от температуры старения в интервале 90–250°С.

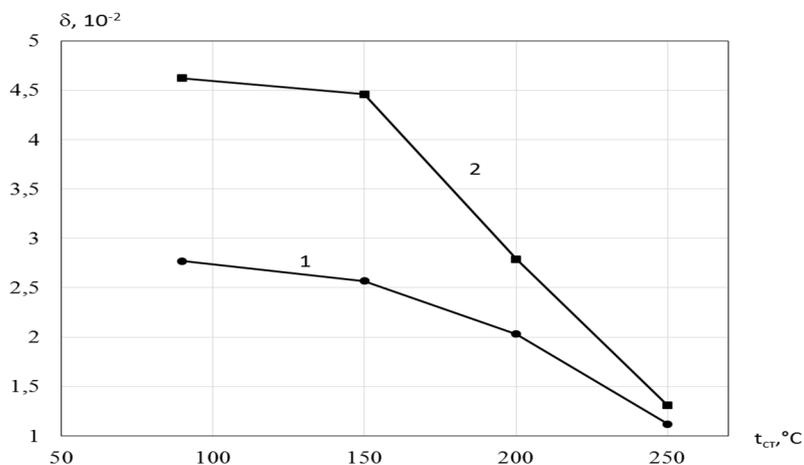


Рис. 1. Зависимость изменения логарифмического декремента от температуры старения для сплава ЦА15 при амплитудах крутильных колебаний γ : 1 – $5 \cdot 10^{-5}$, 2 – $2 \cdot 10^{-4}$

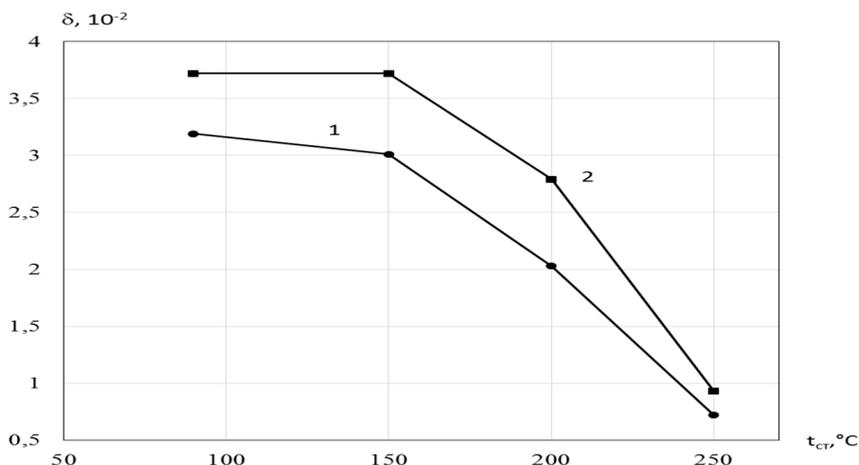


Рис. 2. Зависимость изменения логарифмического декремента от температуры старения для сплава ЦА22 при амплитудах крутильных колебаний γ : 1 – $5 \cdot 10^{-5}$, 2 – $2 \cdot 10^{-4}$

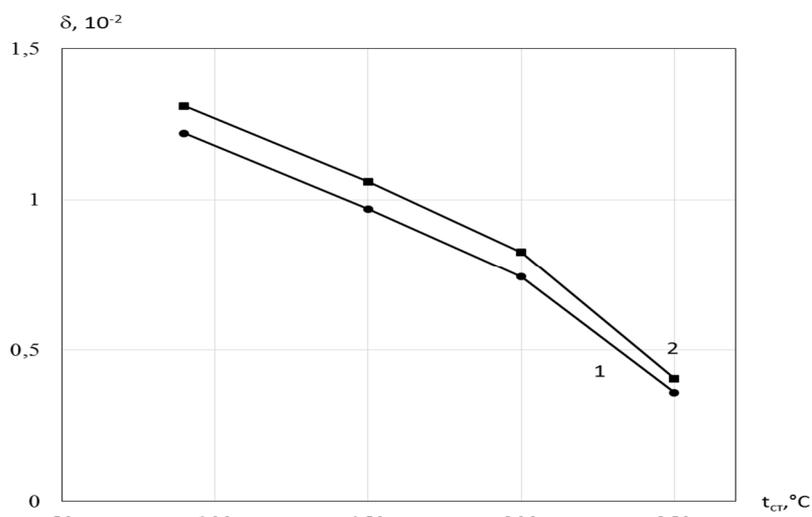


Рис. 3. Зависимость изменения логарифмического декремента от температуры старения для сплава ЦА49 при амплитудах крутильных колебаний γ : 1 – $5 \cdot 10^{-5}$, 2 – $2 \cdot 10^{-4}$

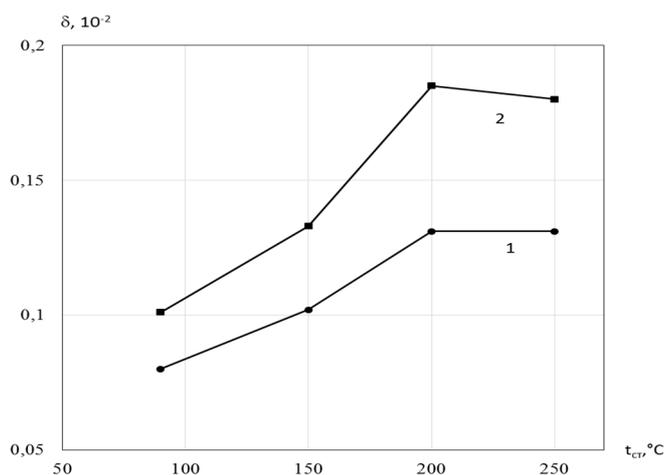


Рис. 4. Зависимость изменения логарифмического декремента от температуры старения для сплава ЦА78 при амплитудах крутильных колебаний γ : 1 – $5 \cdot 10^{-5}$, 2 – $2 \cdot 10^{-4}$

Из рис. 1–3 видно, что для сплавов ЦА15, ЦА22 и ЦА49 значения логарифмического декремента, а следовательно, и демпфирующая способность уменьшаются с увеличением температуры старения. Эти результаты согласуются с закономерностями, описанными в работе [3, с. 1237], по соответствию демпфирующей способности сплавов цинк–алюминия, богатых цинком, с температурой старения.

Из рис. 4 видно, что увеличение логарифмического декремента, то есть повышение демпфирующей способности, при увеличении температуры старения наблюдается в сплаве, богатом алюминием ЦА78.

Выводы

1. Низкоамплитудное внутреннее трение в сплавах системы цинк–алюминий зависит от химического состава сплава и от температуры старения.

2. Для сплавов, богатых цинком, а также для сплавов с промежуточным значением компонентов характерно уменьшение логарифмического декремента с увеличением температуры в интервале температур старения 90–250°C. Для сплава на основе алюминия ЦА78 при увеличении температуры старения характерно увеличение низкоамплитудного внутреннего трения, то есть демпфирующей способности.

Список литературы

1. Пресняков А. А. Сверхпластичность металлов и сплавов. Алма-Ата : Наука, 1969. 210 с.
2. Скворцов А. И. Внутреннее трение в металлических материалах и его характеристики. Киров : ВятГУ, 2014. 68 с.
3. Скворцов А. И. Оптимальный комплекс физико-механических свойств и нанокристаллической структуры демпфирующих сплавов на основе цинк–алюминий и механизмы внутреннего трения // Общество, наука, инновации (НПК – 2014). Всероссийская ежегодная научно-практическая конференция : сборник материалов. Киров : ВятГУ, 2014. С. 1236–1238.
4. Скворцов А. И. Фазовые и структурные превращения в сплавах системы алюминий–цинк. Киров : ВятГУ, 2016. 42 с.

Changes in low-amplitude internal friction depending on the chemical composition and aging temperature of zinc–aluminum alloys

A. V. Sergeeva¹, A. I. Skvortsov², K. M. El'kina³

¹lecturer of the Department of material science and design principles, Vyatka State University. Russia, Kirov. E-mail: nast28-83@mail.ru

²doctor of technical sciences, professor of the Department of materials science and fundamentals of design, Vyatka State University. Russia, Kirov. E-mail: skvortcov@vyatsu.ru

³master student, Vyatka State University. Russia, Kirov. E-mail: kseniamaximovna@yandex.ru

Abstract. Alloys of zinc–aluminum: ЦА15, ЦА22, ЦА49 and ЦА78 pre-hardened from a temperature above the temperature of transformation monotectoid and aged at various temperatures are studied. The influence of the chemical composition of Zn–Al alloys and the aging temperature on the change of their low-amplitude internal friction is studied. The damping capacity was determined on a torsion pendulum in VyatSU. Logarithmic decrement is taken as a

characteristic of internal friction (damping ability). Processing of experimental data showed that low-amplitude internal friction in zinc–aluminum alloys depends on the chemical composition of the alloy and the aging temperature. For alloys rich in zinc, as well as for alloys with intermediate components is characterized by a decrease in logarithmic decrement with increasing aging temperature. For the aluminum-based alloy CA78 with an increase in the aging temperature is characterized by an increase in low-amplitude internal friction, that is, the damping ability.

Keywords: zinc–aluminum alloys, hardening with subsequent aging, damping capacity, internal friction, logarithmic decrement.

References

1. Presnyakov A. A. *Sverhplastichnost` metallov i splyavov* [Superplasticity of metals and alloys]. Alma-Ata. Nauka. 1969. 210 p.
2. Skvortsov A. I. *Vnutrennee trenie v metallicheskih materialah i ego harakteristiki* [Internal friction in metal materials and its characteristics]. Kirov. VyatSU. 2014. 68 p.
3. Skvortsov A. I. *Optimal`nyj kompleks fiziko-mehaničeskikh svojstv i nanokristallicheskoj struktury demp-firuyushchih splyavov na osnove tsink-alyuminij i mehanizmy vnutrennego treniya* [Optimal complex of physical and mechanical properties and nanocrystalline structure of damping alloys based on zinc–aluminum and internal friction mechanisms] // *Obshchestvo, nauka, innovatsii (NPK – 2014). Vserossijskaya ezhegodnaya nauchno-praktičeskaya konferentsiya : sbornik materialov* – Society, science, innovation (NPK – 2014). All-Russian annual scientific-practical conference: collection of materials. Kirov. VyatSU. 2014. Pp. 1236–1238.
4. Skvortsov A. I. *Fazovye i strukturnye prevrashcheniya v splyavah sistemy alyuminij-tsink* [Phase and structural transformations in aluminum–zinc alloys]. Kirov. VyatSU. 2016. 42 p.