

УДК 669.713.017:538.9

ПРОЦЕСС СТАЦИОНАРНОЙ ПОЛЗУЧЕСТИ АЛЮМИНИЯ А85, ТИТАНА ВТ1-0, СВИНЦА С2

А. А. Серебрякова, Д. В. Загуляев, В. В. Шляров

Сибирский государственный индустриальный университет (Россия, 654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. Рассмотрены цветные металлы: алюминий марки А85, титан марки ВТ1-0, свинец марки С2. Проведены механические испытания, исследованы процессы ползучести, получены характерные кривые процесса для каждого из этих цветных металлов. Проведен анализ скоростей ползучести алюминия, титана, свинца.

Ключевые слова: свинец С2, титан ВТ1-0, алюминий А85, стационарная ползучесть, пластическая деформация, скорость ползучести, механические свойства цветных металлов

Для цитирования. Серебрякова А.А., Загуляев Д.В., Шляров В.В. Процесс стационарной ползучести алюминия А85, титана ВТ1-0, свинца С2. // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2021. № 3 (37). С. 27 – 30.

THE PROCESS OF STATIONARY CREEP FLOW OF А85 ALUMINUM, VT1-0 TITANIUM, С2 LEAD

A. A. Serebryakova, D.V. Zagulyaev, V. V. Shlyarov

Siberian State Industrial University (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass 654007, Russian Federation)

Abstract. Mechanical tests of non-ferrous metals were carried out: aluminum (Al) of the А85 grade, titanium (Ti) of the VT1-0 grade, lead (Pb) of the С2 grade. The creep flow processes of these metals are investigated. The characteristic curves of the process for each non-ferrous metal are obtained. The creep rates of aluminum, titanium, and lead were analyzed.

Keywords: lead С2, titanium VT1-0, aluminum А85, stationary creep, plastic deformation, mechanical properties of non-ferrous metals

For citation: Serebryakova A.A., Zagulyaev D.V., Shlyarov V.V. The process of stationary creep flow of А85 aluminum, VT1-0 titanium, С2 lead. *Bulletin of SibSIU*. 2021, no. 3 (37), p. 27–30. (In Russ.).

Введение

Цветные металлы широко распространены во многих сферах промышленности [1]. В настоящей работе рассмотрены такие цветные металлы, как алюминий марки А85, титан марки ВТ1-0, свинец марки С2.

Использование алюминия весьма разнообразно и по своим масштабам занимает второе место после железа и его сплавов. Алюминий широко применяется в бытовой, ракето- и автомобилестроительной промышленности, что обусловлено его небольшой плотностью, коррозионной стойкостью и пластичностью в сравнении с другими металлическими материалами [2]. Ти-

тан является металлом «будущего» и находит применение в космической, авиационной, судостроительной, машиностроительной и нефтегазовой отраслях благодаря своим прочностным характеристикам [3]. Свинец из-за своих радиационных свойств, высокой плотности и пластичности используется в атомной, военной, строительной отраслях [4]. Таким образом, рассматриваемые металлы являются широко применяемыми во многих отраслях промышленности и нуждаются в подробном изучении пластических и механических свойств для их дальнейшей модификации. Цель исследования процесса ползучести свинца, титана и алюминия, прове-

денного в настоящей работе, состоит в наборе данных по процессу ползучести, необходимых для дальнейшего изучения поведения этих материалов при воздействии на них внешнего магнитного поля [5].

Методы и принципы исследования

В качестве исследуемых материалов использовали поликристаллические технически чистые свинец С2, титан ВТ1-0 и алюминий А85. Образцы свинца изготовлены из свинцовой проволоки марки С2 diam. 2 мм по ТУ 48-21-792 – 85. В исследуемых образцах содержание свинца составляло 99,88 %, содержание примесей не превышало 0,12 %. Материал для исследования алюминия А85 и титана ВТ1-0 представлял собой образцы цилиндрической формы, диаметром 1,8 мм. В исследуемых образцах содержание алюминия составляло 99,85 %, содержание титана – 99,70 %. Содержание примесей в образцах алюминия и титана находилось в пределах 0,15 и 0,30 % соответственно. Для приведения структуры свинца, алюминия и титана в равновесное состояние образцы подвергали предварительной пробоподготовке методом рекристаллизационного отжига при температуре $0,7T_{пл}$ в течение 2 ч, затем их охлаждали в течение 24 ч до комнатной температуры.

Изучение процесса ползучести проводили на испытательной установке для растяжения, разработанной и изготовленной в ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» [6]. Установка состоит из жесткого металлического каркаса, измерительной аппаратуры, датчика движения. Датчик движения позволяет зафиксировать удлинение образца во время испытания. Значения времени и удлинения передаются на ПК в виде текстового документа, далее по полученным данным с использованием средств программы Microsoft Excel строятся кривые ползучести и выполняется анализ линейной стадии процесса, в частности, определяется скорость ползучести. Растягивающее напряжение в процессе испытаний на ползучесть было подобрано экспериментальным путем, исходя из индивидуальных свойств металлов.

Процесс ползучести в структуре свинца при прочих равных условиях наступает при меньших значениях приложенного растягивающего напряжения, чем в алюминии и титане, в связи с большей пластичностью этого металла. В процессе испытаний технически чистого поликристаллического свинца постоянное растягивающее напряжение $\sigma_{рб}$ составляло 5,57 МПа (предел прочности на растяжение $\sigma_{в}$ составляет 12 МПа). Титан имеет наиболее прочную струк-

туру, поэтому процесс ползучести наступает при самом большом растягивающем напряжении: $\sigma_{Тi} = 217$ МПа ($\sigma_{в} = 420$ МПа). Для технически чистого поликристаллического алюминия $\sigma_{Al} = 65$ МПа ($\sigma_{в} = 70$ МПа). Дифференцированные кривые скорости процесса получены в программе OriginPro 8. Испытания всех материалов проводили при комнатной температуре.

Основные результаты

В ходе исследований стационарной ползучести получены характерные кривые процесса для титана ВТ0-1, алюминия А85 и свинца С2 (рис. 1).

Полученные кривые отражают процесс пластической деформации в трех стадиях: логарифмической, установившейся, ускоренной. Выявление установившейся стадии ползучести позволило вычислить скорость ползучести поликристаллических технически чистых цветных металлов. Расчет скорости ползучести осуществляли на линейном участке установившейся стадии путем отнесения значения деформации к времени на участке. Выявлены скорости ползучести для титана, алюминия и свинца, которые составляют порядка 2,4, 3,8 и 0,8 %/ч соответственно. Дифференцирование кривых ползучести показывает зависимость скорости ползучести от времени эксперимента. Кривые процесса ползучести цветных металлов представлены на рис. 2.

По представленным графикам дифференцированных кривых можно сделать вывод о том, что наибольшая длительность линейной (установившейся) стадии ползучести наблюдается при исследовании на ползучесть титана (1) и составляет 10 ч. Наименьшее время пребывания образца в стадии установившейся ползучести обнаружено при исследовании алюминия (2) и составляет 3 ч. Согласно кривым (рис. 2) свинец (3) пребывает в линейной стадии 3,3 ч. Данные особенности процесса связаны с разностью структурных характеристик материалов и различной способностью материалов к пластической деформации.

Выводы

Исследованы процессы пластической деформации поликристаллических технически чистых цветных металлов: алюминия марки А85, титана марки ВТ1-0, свинца марки С2. Получены характерные кривые процесса ползучести, отражающие все стадии процесса: логарифмическую, установившуюся и ускоренную. Проведено дифференцирование кривых ползучести, что позволило получить зависимости скорости ползучести от времени эксперимента. Скорости пол-

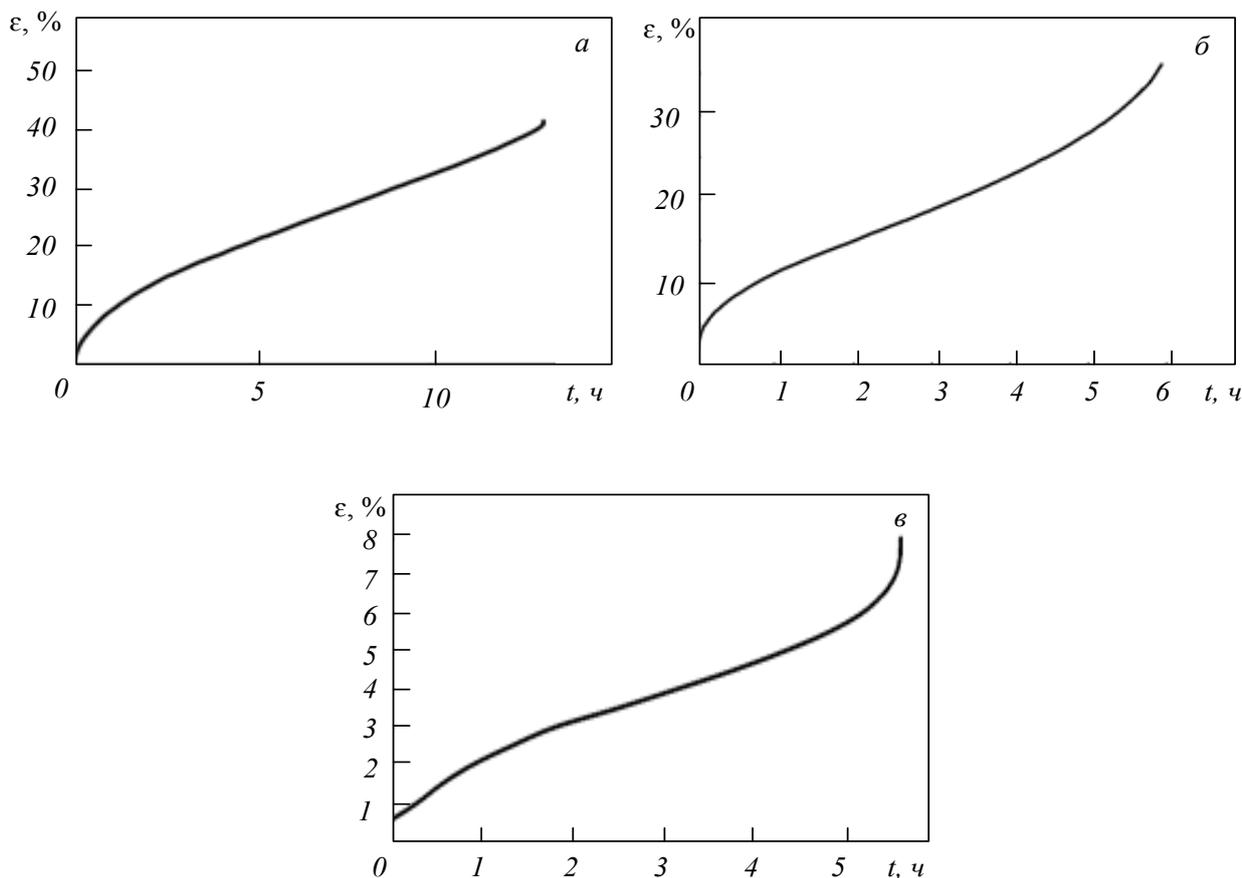


Рис. 1. Кривые ползучести поликристаллических технически чистых титана (а), алюминия (б), и свинца (в)
 Fig. 1. Creep curves of polycrystalline technically pure titanium (a), aluminum (b), and lead (c)

зучести титана, алюминия и свинца составили порядка 2,4, 3,8 и 0,8 %/ч соответственно. Выполненные исследования позволили набрать данные о характере пластической деформации цветных металлов (титан, алюминий, свинец) в исходном состоянии, что составит фундамент для исследований металлов в дальнейшем при воздействии на них внешнего магнитного поля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галевский Г.В., Руднева В.В. Производство цветных металлов. М.: Флинта, 2017. 258 с.
2. Белецкий В.М., Кривов Г.А. Алюминиевые сплавы (состав, свойства, технология, применение). Справочник. КОМИНТЕХ, 2005.
3. Тарасов А.В. Металлургия титана. М.: Академкнига, 2003. 328 с.
4. Романтеев Ю.П., Быстров В.П. Металлургия тяжелых цветных металлов. Свинец. Цинк. Кадмий. М.: изд. МИСИС, 2010. 374 с.
5. Ковешников С.С., Балахнина Е.Е. Явление ползучести и релаксации. В кн.: Сборник

научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции. Смоленск: Изд-во МНИЦ «Наукосфера», 2019. С. 54–57.

6. Коновалов С.В., Данилов В.И., Зуев Л.Б. и др. Автоматизированная установка для регистрации и анализа ползучести металлов и сплавов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2007. Т. 73. С. 64–66.

REFERENCES

1. Galevskii G.V., Rudneva V.V. *Production of non-ferrous metals*. Moscow: Flinta, 2017, 258 p. (In Russ.).
2. Beletskii V.M., Krivov G.A. *Aluminum alloys (composition, properties, technology, application). Guide*. KOMINTEKh, 2005. (In Russ.).
3. Tarasov A.V. *Titanium metallurgy*. Moscow: 2003, 328 p. (In Russ.).
4. Romanteev Yu.P., Bystrov V.P. *Metallurgy of heavy non-ferrous metals. Lead. Zinc. Cadmium*. Moscow: izd. MISIS, 2010, 374 p. (In Russ.).

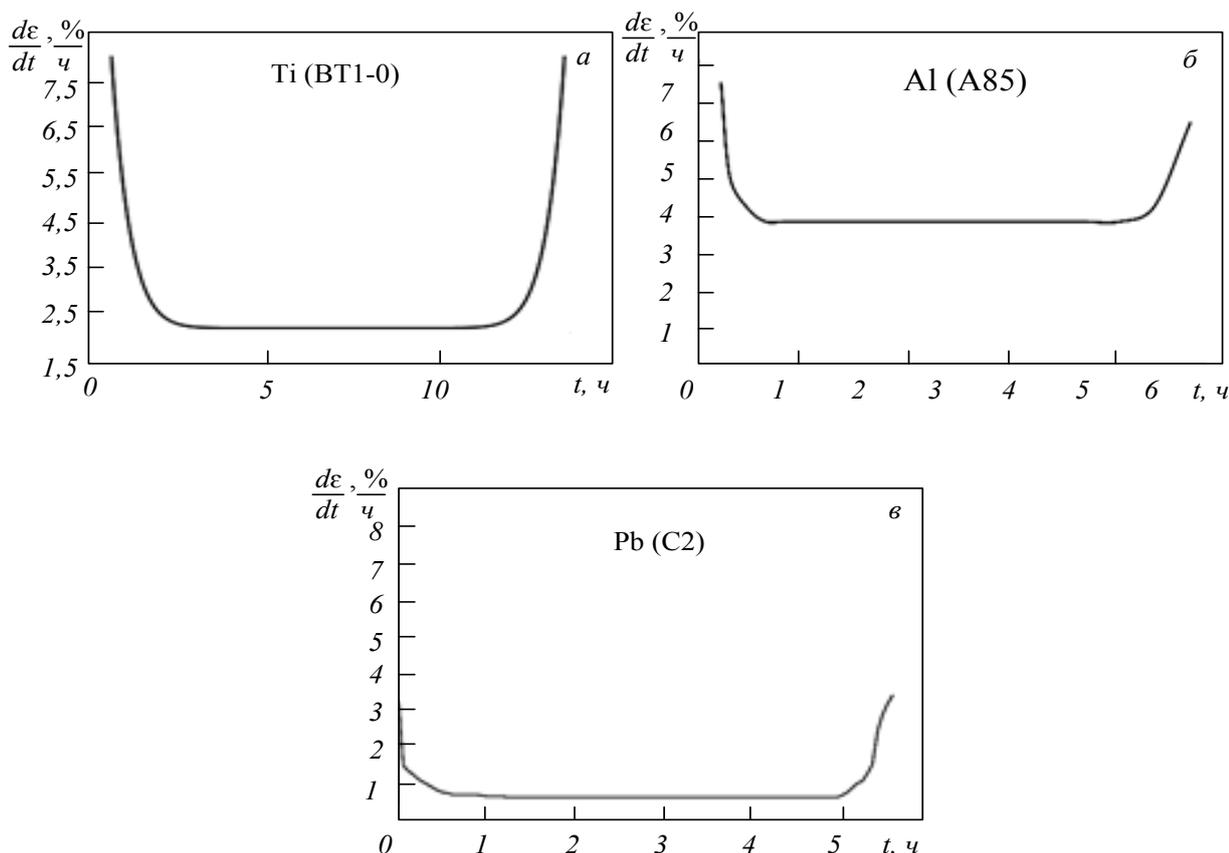


Рис. 2. Зависимости скорости ползучести от времени испытания для металлов:

1 – титан BT1-0; 2 – алюминий A85; 3 – свинец C2

Fig. 2. Dependences of the creep rate on the test time for metals:

1 – titanium BT1-0; 2 – aluminum A85; 3 – lead C2

5. Koveshnikov S.S., Balakhnina E.E. *The phenomenon of creep and relaxation*. In: *Collection of scientific papers based on the materials of the II International Scientific and Practical Conference*. Smolensk: Izd-vo MNITs «Naukosfera», 2019, pp. 54–57. (In Russ.).
6. Kononov S.V., Danilov V.I., Zuev L.B. etc. Automated installation for recording and analyzing the creep of metals and alloys. *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov*. 2007, vol. 73, pp. 64–66. (In Russ.).

Сведения об авторах

Серебрякова Анна Александровна, аспирант кафедры естественнонаучных дисциплин имени профессора В.М. Финкеля, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: aserebrakova87@gmail.com

Загуляев Дмитрий Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин имени профессора В.М. Финкеля, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: zagulyaev_dv@physics.sibsiu.ru

Шляров Виталий Владиславович, аспирант кафедры естественнонаучных дисциплин имени профессора В.М. Финкеля, Сибирский государственный индустриальный университет
E-mail: ShlyarovVitaly@yandex.ru

Information about the authors

Anna A. Serebryakova, Postgraduate of the Chair of Science named after V.M. Finkel', Siberian State Industrial University
E-mail: aserebrakova87@gmail.com

Dmitry V. Zagulyaev, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Prof. of the Chair of Science named after V.M. Finkel', Siberian State Industrial University
E-mail: zagulyaev_dv@physics.sibsiu.ru

Vitaly V. Shlyarov, Postgraduate of the Chair of Science named after V.M. Finkel', Siberian State Industrial University
E-mail: ShlyarovVitaly@yandex.ru

© 2021 г. А.А. Серебрякова, Д.В. Загуляев, В.В. Шляров
 Поступила в редакцию 30.06.2021 г.