

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ ПО ФИЗИКЕ
ПРОЧНОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ АКУСТИКИ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Материалы международного симпозиума
(Минск, 21-25 августа 2023 года)

Минск
«ИВЦ Минфина»
2023

УДК 620.22(082)
ББК 30.3я43
П27

Под редакцией члена-корреспондента НАН Беларуси В.В.Рубаника

П27 **Перспективные материалы и технологии:** материалы международного симпозиума (Минск, 21 - 25 августа 2023 г.) / под. ред. В.В.Рубаника. – Минск: ИВЦ Минфина, 2023. – 376 с.

ISBN 978-985-880-356-8.

В сборнике материалов международного симпозиума опубликованы результаты исследований в области перспективных конструкционных и функциональных материалов и практического применения этих материалов, технологий и устройств в промышленности, медицине и других областях науки и техники.

Сборник предназначен для широкого круга специалистов: научных работников, инженеров, а также преподавателей, аспирантов и студентов, специализирующихся в области материаловедения и физики конденсированного состояния

Тексты набраны с авторских оригиналов.

УДК 620.22(082)
ББК 30.3я43

ISBN 978-985-880-356-8

© Институт технической акустики
НАН Беларуси, 2023
© Оформление.
УП «ИВЦ Минфина», 2023

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТИ СВИНЦА РАЗРУШЕННОГО ВО ВНЕШНЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

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

*Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк,
Россия, aserebrakova87@gmail.com.*

В данной работе уделено внимание исследованию поверхности изломов образцов свинца марки С2, подвергнутого разрушению в процессе ползучести, с применением магнитного поля в процессе деформации и без применения поля. Были отобраны 4 образца, и выполнены исследования изломов при помощи растровой электронной микроскопии. Приведены особенности, выявленные при РЭМ-анализе. Влияние магнитного поля на изменение морфологии поверхности свинца отражается в увеличении зоны среза по мере увеличения значений индукции магнитного поля, применяемого в процессе ползучести.

Ключевые слова: внешнее магнитное поле, свинец С2, ползучесть, поверхность разрушения, растровая электронная микроскопия, морфология.

В последние годы установлено, что как постоянное, так и импульсное магнитное поле существенно изменяет физические и механические свойства материалов [1], магнитная обработка позволяет регулировать пластические свойства материала. Несмотря на подробное изучение поведения деформационного поведения с помощью моделирования процесса ползучести, проведения анализа структуры широким спектром методов, процесс ползучести и поведение дислокаций является не до конца изученным и нуждается в установлении закономерностей механизма ползучести на поликристаллических материалах, в том числе на технически чистом свинце. Можно отметить, что выявлено малое количество исследований технически чистого свинца при воздействии постоянного магнитного поля с вариацией значения индукции и подвергнутого пластической деформации. На основании литературного обзора, выяснено, что исследованиями деформационного поведения сплавов на основе свинца отражены в трудах: Могильниковой Т.Т., Елсуковой Т. Ф., Панина В.Е., Крашенинина В. И., Changjan A., S. Meakniti, P. Udomsamuthirun и т.д., Например, исследования кристаллов азидов свинца, подверженных переменному МП 0,1Тл, выявили замедление процесса пластической деформации. Однако, на технически чистом свинце подобных исследований не проводилось, в связи с этим, исследование, посвящённое изучению и анализу особенностей поверхности свинца, сформировавшейся при разрушении во внешнем магнитном поле с различными значениями магнитной индукции, представленное в данной работе, является актуальным.

В качестве материала для испытаний на ползучесть была взята свинцовая проволока марки С2 диаметром 2 мм, изготовленная по ТУ 48-21-792-85. Образцы свинца предварительно подвергнутые рекристаллизационному отжигу при температуре 200°C (0,7 от $T_{\text{плавл}}$) в течение двух часов, в последующем охлаждались 24 часа до комнатной температуры. Источником магнитного поля являлся постоянный электромагнит, с возможностью изменения индукции магнитного поля, индукция регулировалась с помощью изменения силы тока в катушках. Индукция магнитного поля составляла 0,3, 0,4 и 0,5Тл. Испытания проводились при комнатной температуре. Эффективным методом изучения характеристик поверхности, разрушенной в процессе пластической деформации, является растровая электронная микроскопия (РЭМ) [2-3], в данном исследовании, поверхность изломов образцов была проанализирована с помощью растрового электронного микроскопа Tescan Vega.

Результаты исследований процесса ползучести и полученные характеристики более подробно описано в ранее выполненном исследовании [4]. По результатам исследования были выбраны 4 образца для РЭМ-анализа: 1 - образец, разрушенный без магнитного поля в процессе ползучести; 2 - образец, разрушенный при $B=0,3$ Тл; 3 - образец, разрушенный при $B=0,4$ Тл; 4 - образец, разрушенный при $B=0,5$ Тл. Характер разрушения: вязкий, неоднородный. Цвет поверхности серый, матовый, без блеска. Ширина волокнистой зоны и зоны среза изменяется неравномерно. По всей поверхности излома наблюдается ступенчатый рельеф, при разрушении без МП (1) и

при 0,3 Тл (2) он выражен слабо, при 0,4 Тл (3) и 0,5 Тл (4) ступени выражены более четко. Образование ступенек часто происходит за счет соединения двух микроповерхностей разрушения, расположенных на разных уровнях, или в результате скола по границам двойников

Основные характерные особенности, выявленные при анализе отображены в таблице 1.

Таблица 1 – Особенности поверхности изломов образцов свинца С2, полученных при разрушении в процессе ползучести без применения магнитного поля и с применением магнитного поля с различными значениями магнитной индукции В.

Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
обнаружены 3 ямки отрыва (микроуглубления) внутри излома, диаметром от 10 до 20 мкм.	отсутствуют микроуглубления	выявляются 3 зоны: 1 - волокнистая зона; 2 - радиальная зона; 3 - зона среза (долома).	также, как и на образце, разрушенном при 0,4 Тл, выявляются 3 зоны: 1 - волокнистая зона; 2 - радиальная зона; 3 - зона среза (долома).
видны вязкие усталостные бороздки по плоскостям излома, в виде повторяющихся выступов и впадин, которые не пересекаются между собой	высота гребня около 10 мкм, ширина около 25 мкм	волокнистая зона составляет около 1250 мкм по протяженности	волокнистая зона составляет около 1300 мкм (а) (учитывая скол)
	Излом в виде «звезды»	Длина волокнистой зоны составляет 500 мкм	
Поверхность более однородна			выявлена ямка сдвига шириной около 10 мкм

Таким образом, с помощью РЭМ-анализа выявлено изменение морфологии поверхности при увеличении индукции магнитного поля. Волокнистая зона увеличивается в длину с увеличением индукции магнитного поля, образуя прямую линию поперек образца. С применением магнитного поля в процессе ползучести получена более равномерная поверхность, уменьшилось количество микроуглублений. Рельеф образован небольшими ступенями. Полученные данные показывают влияние магнитного поля на изменение морфологии поверхности свинца, сформированной при разрушении.

Благодарности: Исследование выполнено с использованием оборудования ЦКП «Материаловедение» ФГБОУ ВО «СибГИУ».

ЛИТЕРАТУРА

- Gillon P. Uses of intense d.c. magnetic fields in materials processing / Materials Science and Engineering: A. – 2000. - №287. – pp. 146-152.
- De Marco M. Introduction to modes of fracture and fractographic analysis. Part 1. / E. Ferrari, M. Palombo, M. Zabbia. – 2015. - V. 67. - pp. 95-106.
- Lange G.A. Fractography of Metals / by Ed. K.H.J. Buschow and et al. Oxford: Elsevier, 2001. pp. 3265–3270.
- Серебрякова А.А., Влияние магнитного поля с индукцией до 0,5 Тл на динамику деформационных характеристик свинца / А.А. Серебрякова, Д.В. Загуляев, В.В. Шляров // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. 2023. Т. 20, No 1. С. 52–58. doi: 10.25712/ASTU.1811-1416.2023.01.006.