

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Научный совет РАН по физике конденсированных сред
Межгосударственный координационный совет
по физике прочности и пластичности материалов
Тольяттинский государственный университет
НИИ прогрессивных технологий

ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

X Международная школа, посвященная 10-летию лаборатории
«Физика прочности и интеллектуальные диагностические системы»

Тольятти, 13–17 сентября 2021 года

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЧНОСТИ

LXIII Международная конференция, посвященная 70-летию
Тольяттинского государственного университета

Тольятти, 13–17 сентября 2021 года

Сборник материалов

Тольятти
Издательство ТГУ
2021

УДК 539.4:669.017
ББК 30.3
Ф505

Рецензенты:

д-р физ.-мат. наук, профессор А.М. Глезер;
д-р физ.-мат. наук И.С. Ясников

Редакционная коллегия:

д-р физ.-мат. наук, профессор Д.Л. Мерсон – отв. редактор;
канд. техн. наук Е.В. Черняева – отв. за выпуск сборника.

Ф505 Физическое материаловедение : X Международная школа, посвященная 10-летию лаборатории «Физика прочности и интеллектуальные диагностические системы» (Тольятти, 13–17 сентября 2021 года) ; Актуальные проблемы прочности : LXIII Международная конференция, посвященная 70-летию Тольяттинского государственного университета (Тольятти, 13–17 сентября 2021 года) : сборник материалов / ответственный редактор Д.Л. Мерсон. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2021. – 328 с. : обл.

В сборнике опубликованы материалы, представленные на LXIII Международной конференции «Актуальные проблемы прочности» и X Международной школе «Физическое материаловедение» специалистами в области прочности и пластичности из России и ближнего зарубежья, посвященные вопросам физики и механики прочности, пластичности и разрушения материалов и конструкций; связи прочности со структурой нанокристаллов, аморфных, керамических, композиционных, полимерных и других перспективных материалов.

Предназначен для специалистов в области металлофизики, материаловедения, прочности и разрушения материалов, а также для студентов и аспирантов соответствующих специальностей.

УДК 39.4:669.017
ББК 30.3

Рекомендовано к изданию Научно-исследовательским институтом прогрессивных технологий Тольяттинского государственного университета.

ISBN 978-5-8259-1593-7

© Мерсон Д.Л. – научный
руководитель школы, 2021
© ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет», 2021

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛЗУЧЕСТИ ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОГО СВИНЦА

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

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

Проведены механические испытания на ползучесть цилиндрических образцов технически чистого свинца. Получены кривые ползучести, отражающие основные стадии процесса. Произведен расчет скорости ползучести на линейной стадии процесса. Рассчитан процент деформации образцов до разрушения в процессе ползучести. Выявлены случаи ступенчатой ползучести.

Свинец является одним из металлов, известных с глубокой древности, наравне с золотом и серебром. Свинец (лат. plumbum), ранее широко применялся в быту, при производстве труб, как материал, для отделки крыши и т.д. Именно благодаря «течению» свинцовых листов, используемых для покрытия крыш домов и соборов, было впервые обнаружено явление ползучести металла несколько сотен лет назад [1].

Свинец благодаря своим разнообразным свойствам, таким как пластичность, ковкость, непроходимость радиоактивных лучей, устойчивость к кислотам, применяется в различных областях промышленности и сферах жизнедеятельности человека [2]. Многие ученые проводят исследования свойств различных сплавов на основании свинца, но свойства процессов пластической деформации технически чистого свинца остаются актуальными для исследования, в связи недостаточным объемом полученных данных о свойствах свинца.

В качестве исследуемого материала взята свинцовая проволока марки С2, диаметром 2 мм, изготовленная по ТУ 48-21-792-85. Для приведения структуры свинца в более однородное состояние, образцы проходили предварительную пробоподготовку путем отжига при температуре 200°C в течении двух часов, затем охлаждались в печи 24 часа при комнатной температуре. В исследуемых образцах содержание свинца составляло 99,98 %, содержание примесей не превышало 0,12%.

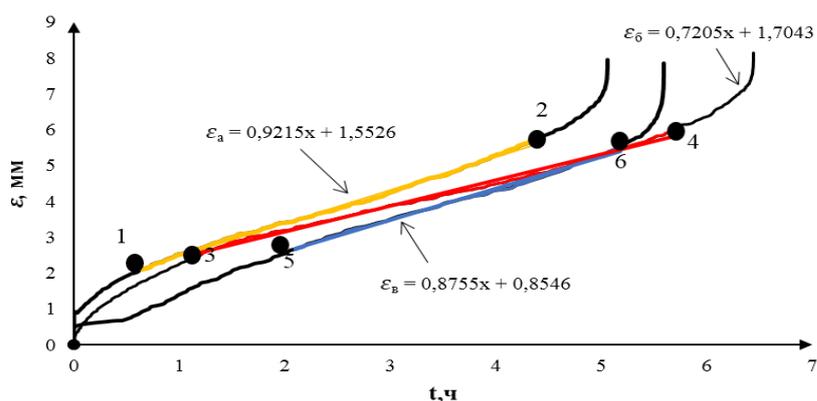


Рис.1. Кривые ползучести поликристаллического свинца

Изучение процесса ползучести проводилось на испытательной установке для растяжения, разработанной и изготовленной в ФГБОУ ВО «СибГИУ». Установка состоит из жесткого металлического каркаса, в котором установлен источник магнитного поля с измерительной аппаратурой и датчиком движения. Датчик движения позволяет зафиксировать удлинения образца во время испытания. Данные времени и

удлинения с установки 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. В процессе испытаний технически чистого поликристаллического свинца, постоянное растягивающее напряжение составляло $\sigma = 5,57$ МПа, испытания проводились при комнатной температуре.

В результате испытаний, набраны статистические данные по процессу ползучести свинца, получены кривые ползучести поликристаллического свинца (а, б, в) в координатах « ε - удлинение(мм) – t время(часы)» (рис.1). Для кривой ползучести (а), линейная стадия ползучести выявлена на отрезке 1-2, для кривой (б) линейная стадия ползучести выявлена на отрезке 3-4, и соответственно для кривой (в) линейная стадия ползучести выявлена на участке 5-6.

На рис 1. обозначены уравнения кривых ($\varepsilon_a, \varepsilon_b, \varepsilon_v$) соответствующие линейной стадии процесса деформирования, с помощью которых был произведен расчет скорости ползучести. Уравнения линейной стадии ползучести позволяют вычислить скорость на этих участках. Получены скорости по трем испытаниям: кривая (а) – 0,9215 мм/час, кривая (б) – 0,7205 мм/час и кривая (в) – 0,8775 мм/час. Среднее значение скорости, рассчитанное по 3 испытаниям, составило 0,8398 мм/час, погрешность измерения составляла 5,6 %.

В процессе выполнения экспериментов производились замеры начальной и конечной длины образцов, для дальнейшего вычисления процента деформации. Процент деформации вычислялся путем нахождения разницы между начальной и конечной длиной, отнесенной к начальной длине и умноженной на 100, что соответствует проценту деформации образца, относительно начальной длины. Получены следующие значения деформации образцов: а, б, в – 6,2 %, 6,6%, 5,7%. Среднее значение процента деформации необходимого для разрушения образца в режиме ползучести составляет 6,18 %.

В процессе испытаний на ползучесть технически чистого свинца, были выявлены случаи ступенчатой ползучести, что в свою очередь коррелирует с исследованиями [3].

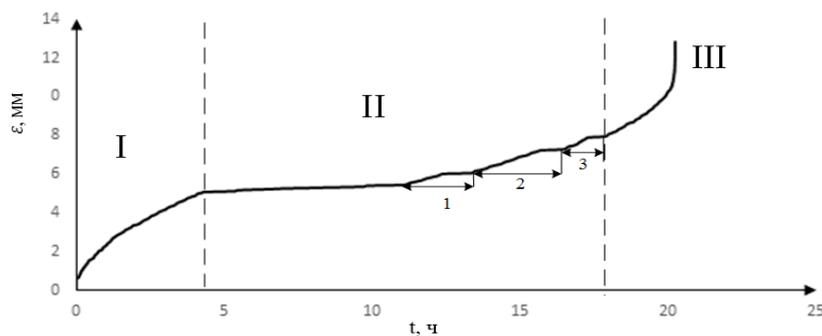


Рис.2. Ступенчатая ползучесть свинца.

На рис.2 приведена кривая ползучести свинца со ступенями 1, 2, 3. Ступенчатая ползучесть выявлена на II (линейной) стадии пластического деформирования. Установлено, что образование ступеней, завершается при переходе к III стадии – стадии ускоренной ползучести, кроме того ступеньки деформирования не выявляются на I (логарифмической) стадии процесса.

Явление ступенчатой ползучести авторами работы [3] объясняется зарождением и размножением дислокаций. В частности, данные процессы связаны с увеличе-

нием длины свободного дислокационного сегмента в процессе пластического деформирования по режиму ползучести. При определенных условиях, в первую очередь зависящих от приложенного напряжения, свободный дислокационный сегмент способен сгенерировать дислокации. В процессе ползучести в материале постоянно нарастают внутренние напряжения, что и способствует образованию новых дислокаций. Вновь образованные дислокации движутся в материале, постоянно встречая на своем пути препятствия различного рода, что приводит к их постепенному торможению и, в итоге, к остановке. Однако, на дислокации по-прежнему действуют силы со стороны внутренних напряжений, увеличивающиеся с увеличением процента деформации. Как только энергия поля напряжений превысит величину энергии закрепления дислокаций, происходит лавинообразный прорыв дислокаций, что и отображается на кривой ползучести в виде резкого увеличения скорости ползучести, а временной период накопления необходимой энергии в виде плато.

Таким образом, выполненные механические испытания позволили получить кривые процесса ползучести технически чистого свинца, выявить линейную стадию процесса, получить скорости ползучести, определить средний процент деформации по трем образцам. Кроме того, в процессе испытаний был выявлен частный случай ползучести – ступенчатая ползучесть.

1. Розенберг, В. М. Ползучесть металлов / В. М. Розенберг. – М.: Металлургия, 1967. – 276с
2. Венецкий, С.И. Рассказы о металлах/С.И. Венецкий. - М.: Металлургия, 1985. - 346 с.
3. Могильникова Т.Т. Ступенчатая ползучесть свинца/ Т.Т. Могильникова // Вопросы атомной науки и техники. - 2010. - №6 - с.42-46.
4. Могильникова Т.Т. Влияние периодических колебаний на немонотонную ползучесть свинца / Т.Т. Могильникова // Вісник ХНУ. - 2010. - В.14. – с.65-69.

БЕЙНИТ В ПОЛЯРИЗОВАННОМ СВЕТЕ

Юрченко А.Н.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, Россия,
aleksmt@gmail.com*

Процесс разграничения бейнита и мартенсита в сталях со смешанной структурой происходит очень сложно. Однако это является неотъемлемой частью структурного анализа. В патентах [1-2] показаны способы выявления бейнита в сталях с использованием поляризованного света. В связи с этим возникает интерес к исследованию в поляризованном свете других сталей, содержащих бейнит, а также непосредственному исследованию самого бейнита в уже изучаемых сталях [3].

Материалами исследования являлись стали 22Х2Г2С2МФ и 44Х2Г2С2МФ [3] после изотермической закалки при температуре 350 и 325 °С соответственно. Время выдержки составило 6 часов. Изотермическую закалку (ИЗ) образца длиной 10 мм и диаметром 3 мм проводили на горизонтальном высокоскоростном индукционном закалочном dilatометре Linseis L78 R.I.T.A. в среде высокочистого гелия (99,9999%). Микроструктуру исследовали в поперечном направлении после травления в реактиве ЛеПера в поляризованном свете на световом инвертированном микроскопе Olympus GX-51.