

УДК 539.3

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АМОРФНОГО И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СПЛАВОВ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА ПОЛЗУЧЕСТЬ В ТЕМПЕРАТУРНОМ ПОЛЕ

© Т.Н. Плужникова, А.Д. Березнер, А.В. Яковлев,
Д.Ю. Федотов, В.А. Федоров

Ключевые слова: ползучесть; разрушение; деформационное поведение.

Проведены исследования деформационного разрушения при испытаниях на ползучесть в температурном интервале от 300 до 1200 К. Показано, что деформационное разрушение аморфного сплава на основе кобальта при испытаниях на ползучесть носит неоднородный характер. Нанокристаллический сплав на основе железа деформируется плавно.

Аморфные металлические сплавы (АМС), или металлические стекла, обладают рядом уникальных физико-механических свойств, таких как высокая прочность, коррозионная и радиационная стойкость и др. Они представляют большой интерес для промышленного использования и работают в экстремальных условиях, например, при воздействиях высоких температур и постоянных механических нагрузок, при электроимпульсном воздействии [1].

Цель работы: исследовать деформационное поведение аморфного и нанокристаллического металлических сплавов при комбинированном воздействии температурного поля и постоянной нагрузки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В экспериментах использовали аморфный металлический сплав АМАГ-180 на основе Со (80 %) и нанокристаллический сплав АМАГ-200 на основе Fe

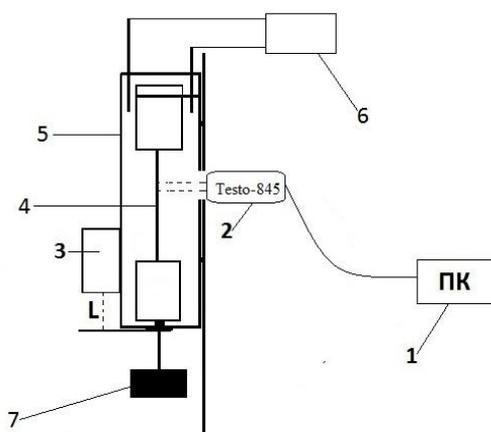


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – ПК; 2 – Testo-845; 3 – триангуляционный датчик; 4 – образец; 5 – печь; 6 – регулятор температуры; 7 – груз

(80 %). Объектами исследования служили образцы размером $55 \times 3,5 \times 0,02$ мм. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Образец вместе с закрепленным грузом ($F = 0,94$ Н) помещался в печь и нагревался в температурном интервале от 300 до 1200 К. Скорость нагрева линейна и составляла ~ 1 К/с. Температура образца фиксировалась лазерным пирометром Testo-845. Удлинение образцов измерялось триангуляционным датчиком. Для определения кристалличности структуры выполняли рентгенографические исследования на дифрактометре Rigaku Ultima IV.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Экспериментально установлено, что при нагревании образцы аморфного сплава деформируются неоднородно. На кривой ползучести наблюдаются участки скачкообразной деформации (рис. 2а). У нанокристаллического сплава АМАГ-200 процесс ползучести в температурном интервале от 300 до 1200 К протекает без скачков деформаций (рис. 2б).

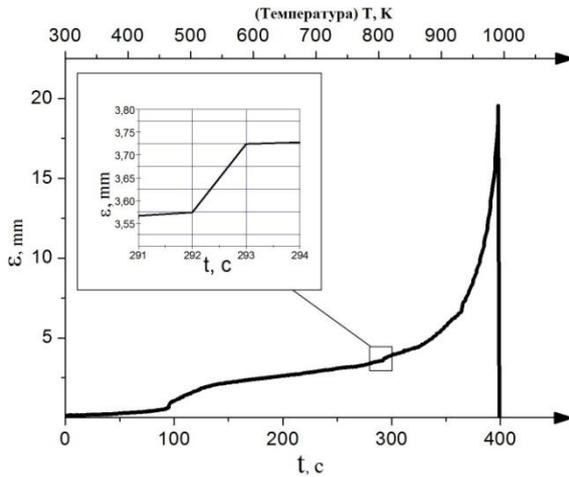
Для образцов сплава АМАГ-180 скачок деформации преимущественно происходит при температуре около 587 К. Величина этого скачка составляет примерно 6 % от величины общей деформации. Температура кристаллизации для лент на основе кобальта составляет ~ 531 – 550 К (рис. 3).

Рентгенографические исследования образцов показали, что при температурах до 573 К наблюдается аморфное гало, выше 600 К наблюдаются пики кристаллизации (рис. 4).

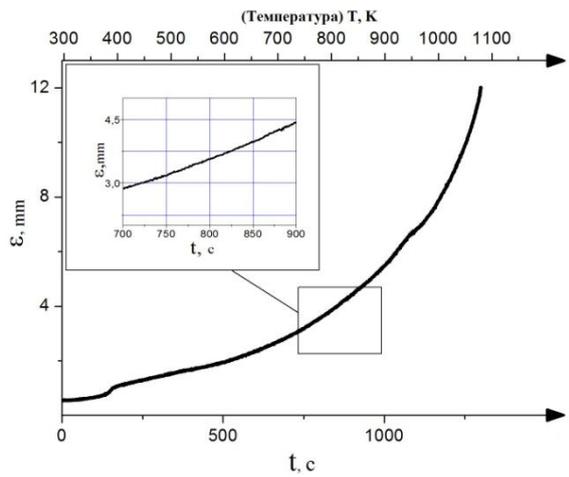
Таким образом, неоднородность пластической деформации, наблюдаемая в экспериментах, по-видимому, связана с кристаллизацией образцов и скачкообразным изменением их свойств.

Отмечено, что образцы АМАГ-180 деформируются вязко [2] и в местах разрыва вытягиваются, образуя волнообразный рельеф (рис. 5а).

Образцы сплава АМАГ-200 разрушаются хрупко (рис. 5б).

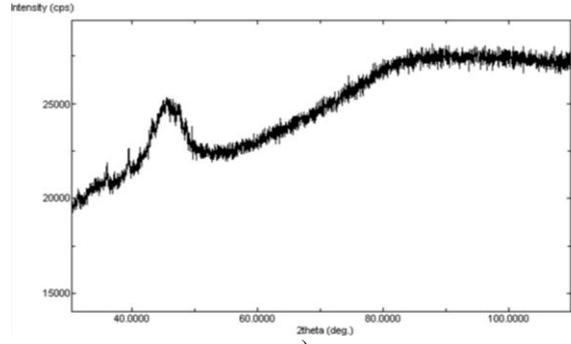


а)

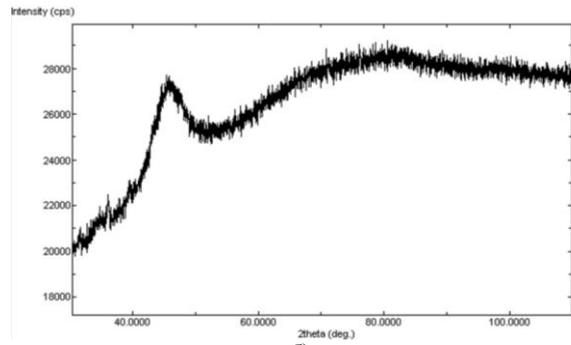


б)

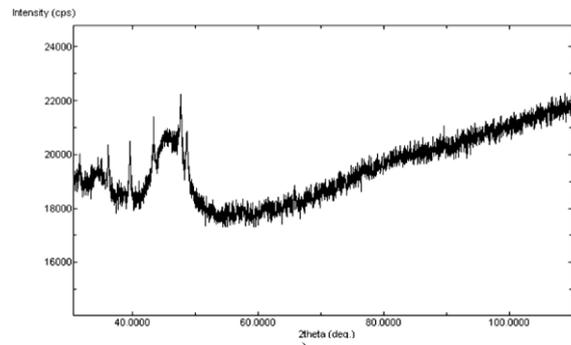
Рис. 2. Зависимости удлинения образцов от времени воздействия (одно измерение соответствует 30 мс) для металлических сплавов на основе: а) 80 % Со; б) 80 % Fe. На вставках представлены увеличенные участки кривых



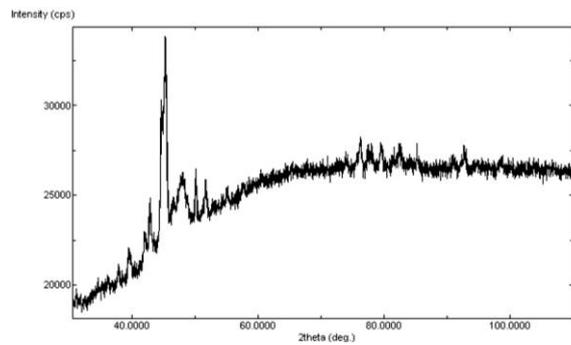
а)



б)



в)



г)

Рис. 4. Дифрактограммы сплава АМАГ-180 при: а) $T = 300$ К; б) $T = 573$ К; в) $T = 673$ К; г) $T = 773$ К

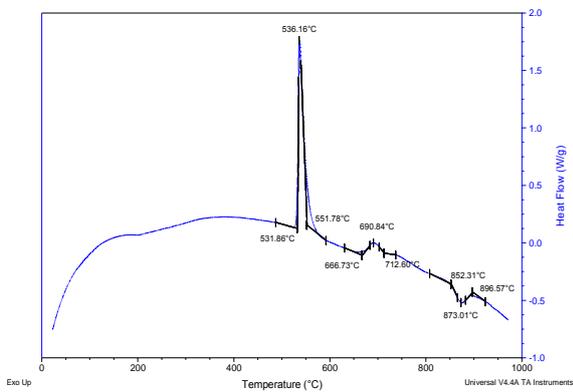
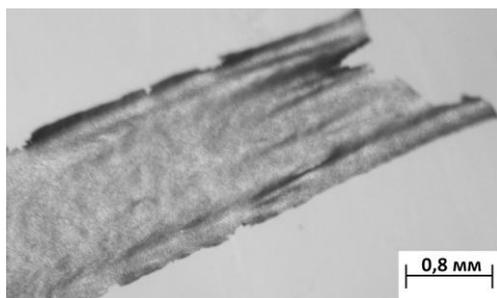
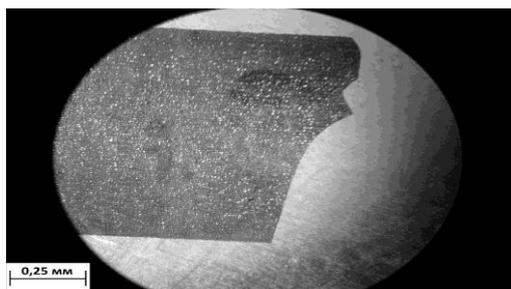


Рис. 3. Термограмма металлического стекла АМАГ-180



а)



б)

Рис. 5. Внешний вид образцов после разрушения: а) АМАГ-180, б) АМАГ-200

ВЫВОД

Таким образом, процесс ползучести аморфного металлического сплава на основе кобальта в температурном поле происходит неравномерно. Наблюдаются

скачки деформации, связанные с кристаллизацией структуры. Нанокристаллический сплав на основе железа деформируется без скачков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плужникова Т.Н., Федоров В.А., Сидоров С.А., Яковлев А.В. Влияние агрессивных сред на деформацию аморфных и нанокристаллических сплавов, обусловленную воздействием импульсного электрического тока // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2013. № 4. С. 59-62.
2. Яковлев А.В., Федоров В.А., Плужникова Т.Н., Кириллов А.М., Зайцев С.А., Федотов Д.Ю., Сидоров С.А., Буланкин А.С. Влияние нагрева и деформации на механические свойства аморфных и нанокристаллических металлических сплавов на основе Co и Fe // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2012. Т. 17. Вып. 1. С. 144-146.

БЛАГОДАРНОСТИ:

1. Часть исследований проведены с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием БелГУ «Диагностика структуры и свойств наноматериалов».
2. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 12-01-00638_а.

Поступила в редакцию 21 ноября 2013 г.

Pluzhnikova T.N., Berezner A.D., Yakovlev A.V., Fedotov D.Y., Feodorov V.A. MECHANICAL PROPERTIES OF AMORPHOUS AND NANOCRYSTALLINE ALLOYS AT CREEP TESTS IN TEMPERATURE FIELD

Researches of strain fracture under creep tests at a temperature ranging from 300 to 1200 K are conducted. It was shown that the destruction of the deformation of an amorphous cobalt-based alloy with a creep test is not uniform. Nanocrystalline iron-based alloy is deformed smoothly.

Key words: creep; destruction; deformation behavior.

Плужникова Татьяна Николаевна, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры общей физики; e-mail: pluzhnik@mail.ru

Pluzhnikova Tatyana Nikolayevna, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, Associate Professor of General Physics Department, e-mail: pluzhnik@mail.ru

Бerezner Арсений Дмитриевич, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, студент по специальности «Физика» института математики, физики и информатики; e-mail: qwert1009@mail.ru

Berezner Arseniy Dmitriyevich, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Student of "Physics" Specialty of Institute of Mathematics, Physics and Informatics, e-mail: qwert1009@mail.ru

Яковлев Алексей Владимирович, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, кандидат физико-математических наук, старший преподаватель кафедры общей физики; e-mail: DAK-83@mail.ru

Yakovlev Aleksey Vladimirovich, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Candidate of Physics and Mathematics, Senior Lecturer of General Physics Department, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Федотов Дмитрий Юрьевич, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, аспирант, кафедра общей физики; e-mail: dmitry_989@mail.ru

Fedotov Dmitriy Yuryevich, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Postgraduate Student, General Physics Department, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Федоров Виктор Александрович, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, зав. кафедрой общей физики; e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru

Feodorov Viktor Aleksandrovich, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Honored Worker of Science of Russian Federation, Head of General Physics Department, e-mail: feodorov@tsu.tmb.ru