

ЭЛЕКТРОПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ ЦИНКА И СПЛАВА ЦИНКА И 0,4% АЛЮМИНИЯ В УСЛОВИЯХ СТРУКТУРНОЙ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ

Одной из фундаментальных задач, стоящих перед физикой прочности и пластичности, является выяснение физических закономерностей реализации пластической деформации. Научные исследования, посвященные повышению пластичности технически важных металлов при прямом действии тока, обобщены в ряде работ [1-5]. Стимулирование пластической деформации металлических кристаллов электромагнитными воздействиями открывает новое направление в исследованиях скачкообразной, сверхпластической деформации, что важно для последующего упрочнения материалов. В то же время исследования структурной сверхпластичности в условиях внешних энергетических воздействий позволяют определять методы и возможности управления процессами зарождения и развития дислокационной структуры.

В настоящей работе установлено наличие сильного действия импульсов тока на активную деформацию растяжением и релаксацию напряжений чистого цинка и сплава Zn +0,4 % Al, находящихся в состоянии структурной сверхпластичности. В момент прохождения импульсов тока в условиях ССП возникают большие (на десятки процентов) сбросы нагрузки, связанные с быстрой дополнительной деформацией образцов (рис.1). Эффект существенно зависит от структуры материала, в частности от размеров исходного зерна.

Известно, что мелкозернистые и легированные кристаллы цинка при малых скоростях деформации ($10^{-5} - 10^{-4} \text{ с}^{-1}$) обнаруживают структурную сверхпластичность (ССП) [6,7]. В настоящее время изучалось действие импульсов тока на деформацию Zn +0,4% Al, находящихся в состоянии ССП, что представляет интерес как с точки зрения выяснения механизмов ССП, так и раскрытия ее новых резервов для технологических целей.

Образцы имели длину 16 мм, диаметр 1 мм. Размер зерна d в исходных образцах изменялся от 2 до 100 мкм. Деформация осуществлялась на машине Т5-К «Instruments» при комнатной температуре растяжением со скоростью $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. Жесткость динамометра составляла $4 \cdot 10^4 \text{ Н/м}$. Непосредственно перед опытом образцы травились в 20% азотной кислоте и промывались в дистиллированной воде. Ток подводился к держателям образцов испытательной машины, которые изолировались от её корпуса. Во время деформации на стадиях активного растяжения и релаксации напряжений через образцы пропускались импульсы тока сериями по 10 имп с частотой 0,8 Гц, амплитудой тока 500 А, длительностью отдельных импульсов 250 мкс. Серии повторялись через каждую минуту.

На рис. 1 приведена характерная диаграмма деформации сплава Zn +0,4 Al с током. В местах пропуска тока возникают значительные сбросы нагрузки, обусловленные быстрой дополнительной деформацией образцов в импульсах тока. На мелкозернистых образцах сплава Zn+0,4% Al различают три стадии деформации. В конце III стадии на образцах на-

блюдается образование шейки. Первые две стадии относятся соответственно к развивающейся и уже развитой структурной сверхпластичности. Видно, что на стадии развитой СПИ эффект действия тока больше (по величине отдельных скачков в области), чем в I и III областях (рис.1).

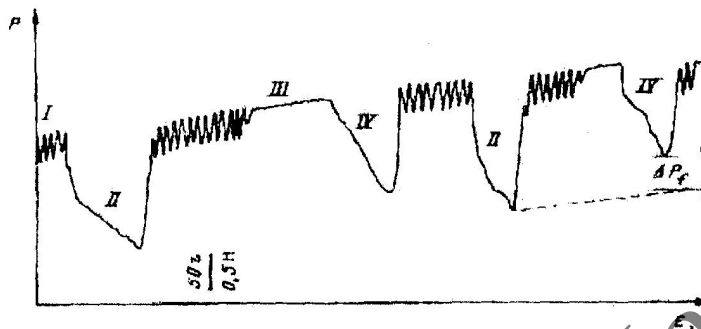


Рис. 1. Изменение деформирующего усилия при растяжении кристалла цинка с $x_0=2\sigma^0$ на участке легкого скольжения при 78 К:

I и III - участки активной деформации со скоростью 0,01 см/мин при действии импульсами тока ($j=0,8 \cdot 10^8$ А/см²; $t_{\text{и}}=10^{-4}$ с; $F=0,2$ Гц) (I) и без тока (III); II и IV - участки релаксации с током (II) и без тока (IV).

Величина скачков деформирующего напряжения $\Delta\sigma_a$ в активной области для сплава Zn+0,4% Al и чистого цинка, имеющих различное исходное зерно, зависит от степени суммарной деформации образцов ϵ , причем эффект $\Delta\sigma_a$ первоначально возрастает тем больше, чем меньше размер зерна, затем падает. Таким образом, с ростом зерна эффект снижается как по $\Delta\sigma_a$, так и по суммарной достигнутой деформации ϵ . Для крупнозернистых образцов ϵ не превышает 25%, что практически не относится к структурной сверхпластичности.

Наблюдаются зависимости скачков деформирующего напряжения $\Delta\sigma_p$ в релаксационной области за вычетом теплового действия тока (скачки вверх на диаграммах после окончания действия тока) от степени деформации ϵ как для сплава Zn+0,4% Al, так и для цинка. Из представленных данных видно, что значение деформационных напряжений, как $\Delta\sigma_p$, так и $\Delta\sigma_{II}$, природа которого пока малопонятна, первоначально возрастает с ростом ϵ , а затем падает (после образования шейки). Оба параметра тем больше, чем мельче зерно в исходных образцах. Следует отметить также, что для крупнозернистых образцов (зерно более 80 мкм) закономерности электропластической деформации для монокристаллов цинка рассмотрены в [8]. Последующие эксперименты позволят уточнить обнаруженные в настоящей работе эффекты действия импульсов тока на металлы, находящиеся в состоянии структурной сверхпластичности.

Литература

1. Савенко В.С., Спицын В.И., Троицкий О.А. Электронно-пластический эффект при двойниковании монокристаллов висмута. - ДАН СССР. -1985. -Т. 283, № 5. - С. 1181-1183.
2. Троицкий О.А., Савенко В.С., Стащенко В.И., Папилов И.И. Электропластическая деформация сверхпластичного металла и сплава // Действие электромагнитных полей на пластичность и прочность металлов и сплавов: Тез.Всесоюз.конф. - Юрмала: ИФ АН Лат. ССР, 1987.
3. Савенко В. С. и др. Электропластическая деформация арматурной стали // Весці АН

Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. - 1993. - №1. - С. 3.

4. Савенко В.С. Новые каналы реализации механического двойникования // Письма в ЖТФ. - 1998. - Т.24, №9. - С.43-49.

5. Савенко В.С. и др. Электропластический эффект при одновременном наложении электрического и магнитных полей в области больших плотностей тока // Вестн. БГУ. Сер. 1. - 1996. - №2. - С.25.

6. Кайбышев О.А. Пластичность и сверхпластичность металлов. - М.: Metallurgizdat, 1975. - 279 с.

7. Новиков И.И., Портной В.К. Сверхпластичность сплавов с ультрамелким зерном. - М.: Metallurgizdat, 1975. - С.166.

8. Троицкий О.А., Сташенко В.И. Исследование электропластической деформации металла методом релаксации напряжений. - ФММ. - 1979. - №47. - С.180-187.

Summary

The deformation of bismuth crystals under mechanical stress and simultaneous superposition of a constant magnetic field and an impulse electric current has been investigated experimentally.

МДПІ ім. І.П.Шамякина