

СООТНОШЕНИЕ УПРОЧНЕНИЯ И РАЗУПРОЧНЕНИЯ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ ЦИНК–АЛЮМИНИЙ, БОГАТЫХ ЦИНКОМ

Скворцов А.И., Толстобров А.К. (ВятГУ, г. Киров, Россия)
Тел. +7 (8332) 74-24-91; E-mail: scvortsovai@mail.ru

Abstract: Influence of thermal treatment (annealing, tempering, aging) the dependence of the hardness of the alloys ЦА23, ЦА39 degree of plastic deformation at room temperature according to the relation of the analyzed. With the source structure.

Keywords: Alloys ЦА23, ЦА39; annealing, hardening, plastic deformation, hardness, structure.

Введение. Известно явление упрочнения металлических материалов с увеличением степени холодной пластической деформации. В работах [1–4] было установлено, что с увеличением степени пластической деформации при комнатной температуре предварительно закаленного сплава Zn–23%Al повышается его демпфирующая способность, уменьшается твердость, ширина рентгеновских линий α - и β -фаз, а после старения [5] твердость может изменяться с максимумом.

Целью настоящей работы является определение соотношения процессов упрочнения и разупрочнения в сплавах системы цинк–алюминий, богатых цинком: ЦА23, ЦА39, – при увеличении степени пластической деформации при комнатной температуре.

Материал и методика исследований. Исследовали сплавы ЦА23 (22,7 % Al; не более 0,15 % примесей, остальное – Zn) и ЦА39 (38,5 % Al; не более 0,15 % примесей, остальное – Zn), а также для сравнения цинк и алюминий, выплавленные в открытой тигельной печи из чистых шихтовых материалов. Отливки сечением 14×16 и длиной 210 мм получали литьем в металлическую форму. Выбор монотектоидного сплава ЦА23 в качестве материала исследования обусловлен его базовым статусом по критериям сверхпластичности и высокой демпфирующей способности, а также тем, что этому сплаву в закаленном состоянии характерно разупрочнение при последующей пластической деформации при комнатной температуре. Выбор сплава ЦА39 в качестве материала исследования обусловлен тем, что он соответствует средней части области расслоения высокотемпературной α -фазы.

Исзуемое свойство – твердость. Для определения твердости изготавливали образцы диаметром 13 мм и высотой 17 мм. Перед пластической деформацией при комнатной температуре образцы подвергали различным видам термической обработки: закалке в воде, старению при 250 °С (высокотемпературное старение). Температура старения 250 °С является по сути субкритической, так как находится чуть ниже температуры монотектоидного превращения (275 °С). Образцы из цинка и алюминия отжигали при 300 °С.

Отожженные, закаленные, состаренные образцы пластически деформировали осадкой на гидравлическом прессе усилием 1000 тс при комнатной температуре.

Твердость HV измеряли на приборе Викерса ТВМ 1000 по стандартной методике. За степень упрочнения и разупрочнения взято отношение изменения твердости ΔHV в интервале степени деформации $\Delta \epsilon$ к этому интервалу: $\Delta HV / \Delta \epsilon$.

Экспериментальные результаты и их обсуждение. Для закаленных в воде сплавов ЦА23 и ЦА39 во всем интервале увеличения степени деформации наблюдается разупрочнение. Наиболее интенсивное разупрочнение наблюдается у предварительно закаленного сплава ЦА39.

Все графики зависимости твердости от степени пластической деформации условно разделены на две части. Для состаренного состояния сплава ЦА39 при степени пластической деформации менее 10...25 % (условно – I стадия деформирования) наблюдается повышение твердости (упрочнение) с увеличением степени деформации. При степени пластической деформации более 10...25 % (условно – II стадия деформирования) всем графикам характерно снижение твердости. Для сплава ЦА23 эта граница между стадиями смещена в сторону больших (35...45 %) степеней пластической деформации.

Состаренное состояние от закаленного отличается значительно более крупным зерном (в сплаве ЦА23 средний диаметр зерен α - и β -фаз после высокотемпературного старения – порядка 1 мкм [4, 6, 7]), отсутствием внутризеренной концентрационной неоднородности [1, 3]. Это позволяет предположить, что такой структуре свойственен, в

качестве основного, дислокационный механизм формирования твердости на I стадии деформирования, действие которого, как известно, характеризуется прямой зависимостью прочности от плотности дислокаций.

Для оценки вклада α - и β -фаз в формирование твердости сплавов были получены зависимости $HV - \epsilon$ для чистых отожженных Al и Zn. На I стадии деформирования (при степени деформации до примерно 25 %) происходит упрочнение и Al, и Zn. В данном случае дислокационный механизм формирования твердости является основным. При степени деформации более примерно 25 % (на II стадии деформирования) цинк разупрочняется, а твердость алюминия незначительно увеличивается. Эти данные свидетельствуют, во-первых, о том, что на I стадии деформирования в случае, когда структура позволяет проявить достаточно высокую эффективность дислокационного механизма влияния на твердость, следствием упрочнения сплава является упрочнение α - и β -фаз. Этот случай наиболее характерен для сплавов ЦА23 и ЦА39 после высокотемпературного старения. Во-вторых, на II стадии деформирования сплавов во всех исследованных состояниях одним из основных факторов, способствующих разупрочнению сплава, является разупрочнение β -фазы.

Выводы. Зависимости $HV - \epsilon$ для всех исследованных состояний сплавов ЦА23 и ЦА39 можно рассматривать как состоящие из двух стадий деформирования. Первой стадии деформирования может соответствовать упрочнение, разупрочнение или отсутствие в изменении твердости. Второй стадии деформирования соответствует лишь разупрочнение.

Предположено, что для предварительных перед пластической деформацией закаленного состояния, состояния после высокотемпературного старения характер изменения твердости сплавов на I стадии деформирования зависит от соотношения эффективности вклада в формирование твердости дислокационного механизма, с одной стороны, и механизмов, обусловленных зернограницным проскальзыванием и внутризеренной концентрационной неоднородностью, с другой стороны. Разупрочнение сплавов ЦА23 и ЦА39 на II стадии деформирования связано с разупрочнением β -фазы.

Практическое использование результатов настоящей работы видится в том, что она позволит получать заданную прочность сплавов ЦА23 и ЦА39 за счет выбора режимов термической и деформационной обработки, а также в возможности более целенаправленно проводить исследования по влиянию подобных обработок на свойства других сплавов системы Zn–Al и сплавов на их основе.

Список литературы: 1. Скворцов А.И., Веселов Н.Н., Скворцов А.А., Обухова Ю.Б. Зависимость свойств и кристаллической структуры сплава Zn–23%Al от степени пластической деформации // Деформация и разрушение материалов. 2013. № 7. С. 22–25. 2. Толстобров А.К., Скворцов А.И. Влияние пластической деформации на твердость монотектоидного и легированного сплава на основе цинк–алюминий // Всероссийская научно-практическая конференция «Общество, наука, инновации» 15 – 26 апреля 2013 г. / Сб. материалов (Электронный ресурс). Киров: Изд. ВятГУ, 2013. Секция «Материаловедение и технологии сварки. Наноматериалы и нанотехнология». Статья 16. 3 с. 3. Скворцов А.И. Явление разупрочнения сплавов на основе цинк–алюминий с увеличением степени пластической деформации при комнатной температуре // Актуальные проблемы физического металловедения сталей и сплавов / Материалы XXII Уральской школы металловедов-термистов. Орск: Издательство ОГТИ (филиала) ОГУ, 2014. С. 43. 4. Скворцов А.И. Создание высокодемпфирующих сплавов железа, цинк–алюминий и основ технологии их термической обработки: Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук. Екатеринбург: УГТУ, 1995. 38 с. 5. Скворцов А.И., Толстобров А.К. Закономерности влияния различных режимов термической обработки на характер зависимости твердость – степень пластической деформации сплава ЦА23 // Технология металлов. 2015. № 1. С. 18–21. 6. Tagamai M., Ohtani T., Usami T. Effects of heat treatment, contents of Cu and Mg, and rolling reduction on the damping capacity and mechanical properties of Zn–Al alloy // J. Japan Institute Light Metals. 1988. V. 38. P. 107–113. 7. Скворцов А.И. Электронно-микроскопический анализ структуры демпфирующих мелкокристаллических сплавов на основе цинк–алюминий // Нанотехнологии функциональных материалов: Труды международной НТК. С-Петербург: Изд-во Политехнического университета, 2010. С. 269–271.