

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

УДК 669.715: 539.374

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВЕРХПЛАСТИЧНЫХ СВОЙСТВ ПЛАСТИН АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНОГО ПУЧКА РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЭЛЕКТРОНОВ

В.Ф. Клепиков, В.В. Брюховецкий, А.В. Пойда, В.В. Литвиненко, В.П. Пойда,
В.Ф. Кившик, В.Т. Уваров***

*Научно-технический центр электрофизической обработки НАН Украины,
г. Харьков; *Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина;
**Национальный научный центр "Харьковский физико-технический институт",
г. Харьков, Украина*

Изучено воздействие релятивистского импульсного пучка электронов на структуру и сверхпластичные свойства пластин промышленных алюминиевых сплавов 1201 и АМг-6.

Скорость сверхпластического течения облученных образцов в оптимальных условиях деформации превышает таковую для необлученных более чем в два раза, что связано с уменьшением размера зерна облученных образцов.

1. ВВЕДЕНИЕ

Для снижения массы конструкции и увеличения возможной полезной нагрузки необходимы материалы с высокой удельной прочностью. При любом уровне прочности отношение ее к массе у алюминиевых сплавов в 2,8 раза больше, чем у стали, и в 1,6 раза больше, чем у титановых сплавов [1]. Поэтому большое внимание уделяется вопросам дальнейшего улучшения комплекса физико-механических свойств, в том числе характеристик прочности и пластичности алюминиевых сплавов.

В прогрессивных промышленных технологиях для обработки различных материалов широко используется воздействие направленных потоков энергии. Одним из вариантов такой обработки является воздействие на материал интенсивных импульсных пучков электронов. Такое воздействие приводит к быстрому нагреву материала и последующему охлаждению. Это же влечет за собой образование в материале значительных концентраций точечных дефектов, а также может вызвать в нем структурно-фазовые изменения.

Структурно-фазовые изменения в твердых телах под действием облучения могут проявляться, в частности, в возникновении квазикристаллических структур с необычными поворотными симметриями порядка N ($N = 5, 8, 10, 12, \dots$) [2,3]. Такое воздействие на материал также весьма перспективно для создания структурного состояния, пригодного для последующего применения технологий обработки, основанных на использовании эффекта сверхпластичности.

В данной работе изучалось воздействие релятивистских импульсных пучков электронов на структуру и сверхпластичные свойства пластин промышленных алюминиевых сплавов 1201 и АМг-6.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Исходные пластины промышленных полуфабрикатов сплавов 1201 (Al-6,2 мас.% Cu-0,27 мас.% Mn) и АМг-6 (Al-6,2 мас.% Mg-0,6 мас.% Mn) толщиной 3 мм облучались с обеих сторон высокоточным импульсным пучком релятивистских электронов с плотностью потока энергии 10^9 Вт/см² (энергия пучка $E_n \approx 0,5$ МэВ, ток $I_n \approx 4$ кА, длительность импульса $\tau_n \approx 5 \cdot 10^{-6}$ с). Пластина подвергалась воздействию одного импульса с каждой стороны.

Механические испытания образцов с длиной рабочей части 10 и шириной 4 мм были проведены растяжением на воздухе при постоянном действующем напряжении течения. Время подогрева образцов до температуры испытания не превышало 25 мин. Температуру поддерживали постоянной с точностью $\pm 2^\circ$. Испытывали как облученные образцы, так и не подвергнутые облучению. Проводили сравнение результатов.

Развитие микроструктуры в ходе деформации изучали при помощи световой микроскопии, применяя стандартные методы количественной металлографии. Зеренную структуру выявляли химическим травлением и путём создания деформационного рельефа.

Микротвердость измеряли при помощи микротвердомера ПМТ-3М.

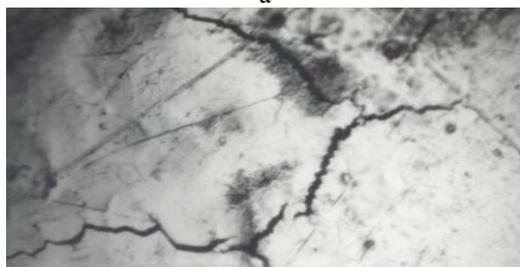
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис.1 приведен вид поверхности пластин после облучения. Видно, что интенсивный тепловой нагрев, создаваемый воздействием пучка электронов, приводит к плавлению поверхностного слоя пластин. Микротвердость поверхности облученных

образцов обоих сплавов после облучения в среднем увеличивается на ~20%.



а



б

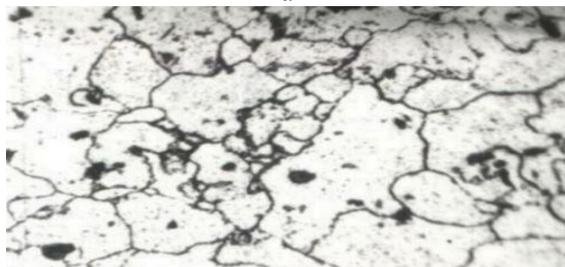
————— 40 мкм

Рис.1. Вид поверхности облученных пластин сплавов АМг-6 (а) и 1201 (б)

На рис.2 изображена структура пластин сплава АМг-6, а на рис.3 – пластин сплава 1201. При этом на рис.2,а и 3,а приведены исходные структуры указанных сплавов, а на рис.2,б и 3,б – структуры пластин этих сплавов после облучения.



а



б

————— 20 мкм

Рис.2. Микроструктура сплава АМг-6: а) исходная; б) после облучения

Видно, что структура исходных пластин сплавов довольно крупнозерниста. Для сплава 1201 исходный средний размер зерна \bar{d} составляет ~25 мкм, а

для структуры сплава АМг-6 характерна разнородность и $\bar{d} \approx 45$ мкм. Видно, что воздействие пучка релятивистских электронов приводит к формированию в пластинах более мелкозернистой и равноосной структуры.

Оптимальные условия сверхпластической деформации сплава 1201 были определены ранее в [1], а для сплава АМг-6 изучены в данной работе.

Для сплава 1201 с исходной микроструктурой (см. рис 3,а) максимальное удлинение до разрушения $\delta = 210\%$ реализуется при $\sigma = 4,5$ МПа [4]. Сплав АМг-6 максимальное удлинение до разрушения $\delta = 180\%$ проявляет при $\sigma = 4,0$ МПа. Таким образом, оба сплава в исходном состоянии проявляют структурную сверхпластичность, хотя и при довольно высоких гомологических температурах.

Образцы, вырезанные из облученных пластин, также проявляют сверхпластичные свойства. И хотя удлинения до разрушения образцов обоих сплавов до и после облучения остаются практически одинаковыми, скорость течения облученных образцов в оптимальных условиях деформации превышает таковую для необлученных более чем в два раза.



а



б

————— 20 мкм

Рис.3. Микроструктура сплава 1201: а) исходная; б) после облучения

Указанный выше эффект увеличения скорости сверхпластической деформации предварительно облученных образцов, по-видимому, связан с уменьшением размера их зерна. Удлинение же до разрушения лимитируется процессами зарождения и накопления пористости в ходе деформации. Известно [5], что зарождение пористости в ходе сверхпластической деформации происходит из-за декогезии на межфазных границах между матрицей и зернограничными выделениями. Так как значительно повысить удлинение до разрушения облученных образ-

цов не удалось, то это может свидетельствовать о том, что предварительное облучение не приводит к значительному дроблению и распылению вторичных грубых включений в исследуемых сплавах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ч.Ф. Хикей. Механические свойства титановых и алюминиевых сплавов при криогенных температурах /Алюминиевые сплавы при низких температурах /Пер. с англ. /Под. ред. И.Н. Фридляндера. М.: «Металлургия», 1967, 296 с.

2. В.С. Хмелевская, В.С. Крапошин, В.Г. Малышкин. Локальная перестройка кристаллической решетки в области неравновесных состояний, индуци-

рованных облучением //Вопросы атомной науки и техники. Серия: «Физика радиационных поврежденных и радиационное материаловедение». 1997, вып.1(65),2(66), с.47–52.

3. A.I. Olemskoi, V.F. Klepikov. The theory of spatiotemporal pattern in nonequilibrium systems //Phys. Rep. 2000, v.338, N6, p.571–677.

4. В.П. Пойда, Р.И. Кузнецова, Г.О. Братенькова, Т.Ф. Сухова. Сверхпластичность промышленного алюминиевого сплава 1201 в условиях ползучести //ФММ. 1989, т.67, вып.4, с.828.

5. О.А. Кайбышев. Сверхпластичность промышленных сплавов. М.: «Металлургия», 1984, 264 с.

ЗМІНЕННЯ СТРУКТУРИ ТА ЗВЕРХПЛАСТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЛАСТИН АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ ВПЛИВОМ ІМПУЛЬСНОГО ПУЧКА РЕЛЯТИВІСТСЬКИХ ЕЛЕКТРОНІВ

*В.Ф. Клепиков, В.В. Брюховецький, А.В. Пойда,
В.В. Литвиненко, В.П. Пойда, В.Ф. Ківшик, В.Т. Уваров*

Вивчено вплив релятивістського імпульсного пучка електронів на структуру та надпластичні властивості пластин промислових алюмінієвих сплавів 1201 та АМг-6. Швидкість надпластичної течії опромінених зразків в оптимальних умовах деформації є вищою більше ніж у два рази порівняно з неопроміненими зразками, що пов'язано зі зменшенням розміру зерна опромінених зразків.

CHANGE OF STRUCTURE AND SUPERPLASTIC PROPERTIES OF ALUMINIUM ALLOYS PLATES UNDER PULSED BEAM OF RELATIVISTIC ELECTRONS

*V.F. Klepikov, V.V. Brukhovetskiy, A.V. Poyida, V.V. Litvinenko, V.P. Poyida,
V.F. Kivshik, V.T. Uvarov*

Influence of relativistic pulse electron beam on structure and superplasticity properties of plates from industrial aluminium is studied. The rate of superplasticity flow of irradiated samples exceeds more than twice the corresponding rate for unirradiated samples due to decreasing the grain size during the irradiation.