

## ПОСТРОЕНИЕ РЕГРЕССИОННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛОС АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ПОДВЕРГНУТЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПУЧКОВ УСКОРЕННЫХ ИОНОВ АРГОНА

В.В. Овчинников, Н.В. Гущина, С.М. Можаровский

*Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*

Получены данные о характере изменения механических свойств холоднодеформированных листов толщиной 1–3 мм промышленных сплавов АМг6 (Al–Mg), ВД1 (Al–Cu–Mg–Mn), 1441 (Al–Li–Cu–Mg) в зависимости от режимов их радиационного отжига пучками ускоренных ионов аргона в диапазоне энергий  $E = 20\text{--}40$  кэВ, плотностей ионного тока  $j = 100\text{--}400$  мкА/см<sup>2</sup> и флюенсов  $F = 1 \cdot 10^{15}\text{--}7.5 \cdot 10^{17}$  см<sup>-2</sup>. Установлено многократное (в  $10^2\text{--}10^3$  и более раз) ускорение процесса отжига в условиях радиационного воздействия пучков ионов по сравнению со стандартным промежуточным отжигом указанных сплавов. Разработан алгоритм и построены регрессионные зависимости, описывающие поведение механических свойств изученных сплавов  $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0.2}$  и  $\delta$  в зависимости от параметров облучения  $E$ ,  $j$  и  $F$ . Полученные уравнения регрессии позволяют, не проводя эксперимента, рассчитать указанные свойства при произвольных значениях параметров  $E$ ,  $j$ ,  $F$  с точностью, определяемой погрешностью наблюдений.

**Ключевые слова:** *алюминиевые сплавы, ионное облучение, холодная прокатка, отжиг, механические свойства, регрессионный анализ.*

### Введение

Известно, что в ходе холодной пластической деформации металлических сплавов происходит значительное повышение их прочности и снижение пластичности [1] вследствие явления наклепа (используется также термин «нагартовка»). Это подробно изучено для промышленных алюминиевых сплавов [2–5] и связано с существенным повышением плотности дислокаций и формированием так называемой «ячеистой структуры». Регламентируя степень холодной деформации, получают необходимое сочетание прочности и пластичности листов и профилей алюминиевых сплавов.

Для сплавов каждого конкретного состава существуют предельные степени холодной пластической деформации, превышение которых не позволяет осуществлять их дальнейшую обработку (в силу трещинообразования). По этой причине приходится включать в технологический процесс операции промежуточного отжига.

Температура и продолжительность промежуточных отжигов выбираются в зависимости от природы сплавов и требований, предъявляемых к уровню их механических свойств. Температура отжига должна превышать температуру начала рекристаллизации. Условия операций отжига регламентируются технологическими инструкциями и позволяют получить вполне определенные сочетания прочности и пластичности. Температура таких отжигов для промышленных алюминиевых сплавов колеблется, как правило, в пределах от 300 до 400 °С, выдержка при этих температурах обычно составляет 0.5–2 ч.

Показано [6, 7], что обработка пучками ионов  $Ar^+$  энергией  $E = 20\text{--}40$  кэВ холоднодеформированных сплавов АМг6 (Al–Mg), ВД1 (Al–Cu–Mg–Mn), 1441 (Al–Li–Cu–Mg), 1424 (Al–Mg–Li–Zn) инициирует в них процессы радиационного отжига, многократно ускоренные в сравнении с процессами, имеющими место при печном отжиге. Для радиационного отжига характерны пониженные на 150–200 К температуры. Он протекает во всем объеме полос и профилей толщиной 1–3 мм (при проективных пробегах тяжелых ионов с рассматриваемой энергией в алюминиевых сплавах, не превышающих нескольких сотых долей микрометров [8]).

Природа отмеченных эффектов рассмотрена в работах [6, 7], в которых показано, что существенную роль при этом играет радиационная тряска среды посткаскадными мощными упругими и ударными волнами, переходящими в метастабильных средах в незатухающий режим распространения (эффект дальнего действия).

Представляет интерес изучить, как зависят механические свойства: предел прочности  $\sigma_b$ , предел текучести  $\sigma_{0.2}$  и относительное удлинение  $\delta$  различных марок холоднодеформированных алюминиевых сплавов, подвергнутых радиационному отжигу (в условиях радиационной тряски) от

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>