

Волошко С.М., Бурмак А.П.

(НТУУ «КПИ», г. Киев)

## УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Д16 УЛЬТРАЗВУКОВОЙ УДАРНОЙ ОБРАБОТКОЙ В СРЕДЕ ЖИДКОГО АЗОТА

E-mail: abyrmak@gmail.com

Разработка технологий, которые позволяют обеспечить одновременное повышение прочности и пластичности стареющих алюминиевых сплавов, представляет значительный практический интерес. С целью измельчения зерна для повышения прочности активно применяется интенсивная пластическая деформация в условиях криогенных температур, которая, как допускается, подавляет процессы возвращения. При низких температурах, во-первых, необходим меньший уровень напряжений для формирования измельченной субзеренной структуры; во-вторых – тормозятся диффузионные процессы миграции атомов, а соответственно и термически активированные механизмы возобновления деформированной структуры. Торможение процесса динамической рекристаллизации приводит к существенному повышению плотности дислокаций. Такое микроструктурное состояние при последующем отжиге обеспечивает формирование сверхтонкой зеренной микроструктуры, которая обеспечивает более высокую прочность и пластичность как чистых металлов, так и сплавов. Следует отметить, что после высокотемпературного деформирования для металла при комнатной температуре характерна стабильная структура, стойкое распределение дефектов и границ. В случае криодеформации металл, перенесенный в условия комнатной температуры, фактически подвергается низкотемпературному отжигу, в результате которого и формируется конечная структура, которая определяет характеристики материала.

**В данной работе предлагается методика проведения ультразвуковой ударной обработки (УЗУО) алюминиевого сплава Д16 в жидком азоте при условиях всестороннего сжатия образца.** Целью работы является установление закономерностей влияния ультразвуковой ударной обработки в среде жидкого азота на микроструктуру и микротвердость приповерхностных слоев алюминиевого сплава Д16.

На начальных этапах микротвердость сплава Д16 растет не так интенсивно, как при обработке в инертной среде, что связано с низкой температурой деформации. Но в дальнейшем эффект упрочнения в среде жидкого азота растет и достигает ~ 500 % при длительности обработки  $\tau = 240$  с, в сравнении с исходным состоянием.

По данным растровой электронной микроскопии, максимальная глубина модифицированного поверхностного слоя сплава Д16 после УЗУО в среде жидкого азота составляет ~ 35...37 мкм, однако эффект упрочнения сохраняется на расстоянии до 240 мкм от поверхности.

По данным электронной микроскопии, измельчения исходной структуры до 15...20 нм происходит после 90 с обработки. Сетчатая дислокационная структура имеет наивысшую плотность в сравнении с другими средами обработки. Существенного роста количества упрочняющей  $S'$ -фазы не выявлено. После 140 с обработки уровень микродеформации и плотность дислокаций достигают постоянных значений и в дальнейшем не изменяются. Средний размер ОКР составляет 40 нм. В дальнейшем размер ОКР начинает увеличиваться, величина остаточных макронапряжений сжатия уменьшается практически к нулевым значениям, что свидетельствует о начале развития релаксационных процессов.

После УЗУО в среде жидкого азота происходит снижение шероховатости поверхности, сравнительно с исходным состоянием до ~ 1 мкм.

Рост микротвердости после УЗУО в среде жидкого азота происходит благодаря накоплению высокой плотности дислокаций и формированию нанокристаллической структуры, возможным также есть эффект механодинамической диффузии (МДД) атомов азота из внешней среды в поверхностные слои сплава в процессе криодеформации.