

МОДИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МОЩНЫХ ИОННЫХ ПУЧКОВ

Т.В. Панова, В.С. Ковивчак, Т.В. Хрянина

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского

panovativ@omsu.ru

Цель работы - исследование воздействия мощного ионного пучка наносекундной длительности на поверхностные слои алюминия и его сплавов.

Облучение проводилось на ускорителе ТЕМП с параметрами пучка :

Состав пучка - 30% Н⁺, 70% С⁺ ; энергия пучка - 250 кэВ; плотность тока - $j=50, 100, 150$ А/см²; длительность импульса – 60нс.

Рентгеноструктурный анализ проводился на дифрактометре Дрон-3М, микротвердость измерялась на твердометре ПМТ-3.

В качестве объектов исследования были выбраны образцы чистого алюминия и его сплавов Д16 (дюраль, Al-Cu-Mg), АК4-1(жаропрочный, Al-Cu-Mg-Ni-Fe) и В95Т(высокопрочный, Al-Zn-Mg-Cu).

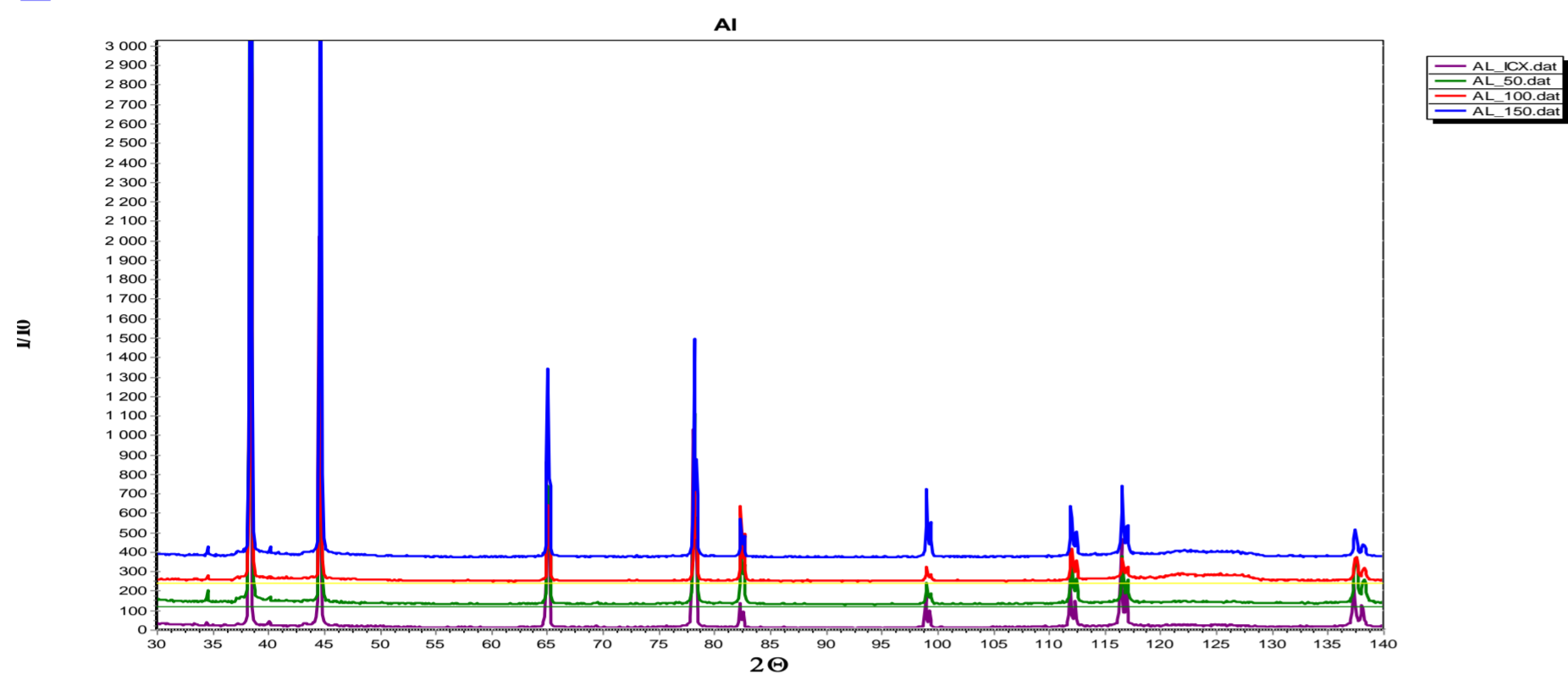


Рис.1. Дифрактограммы алюминия, облученного мощным ионным пучком

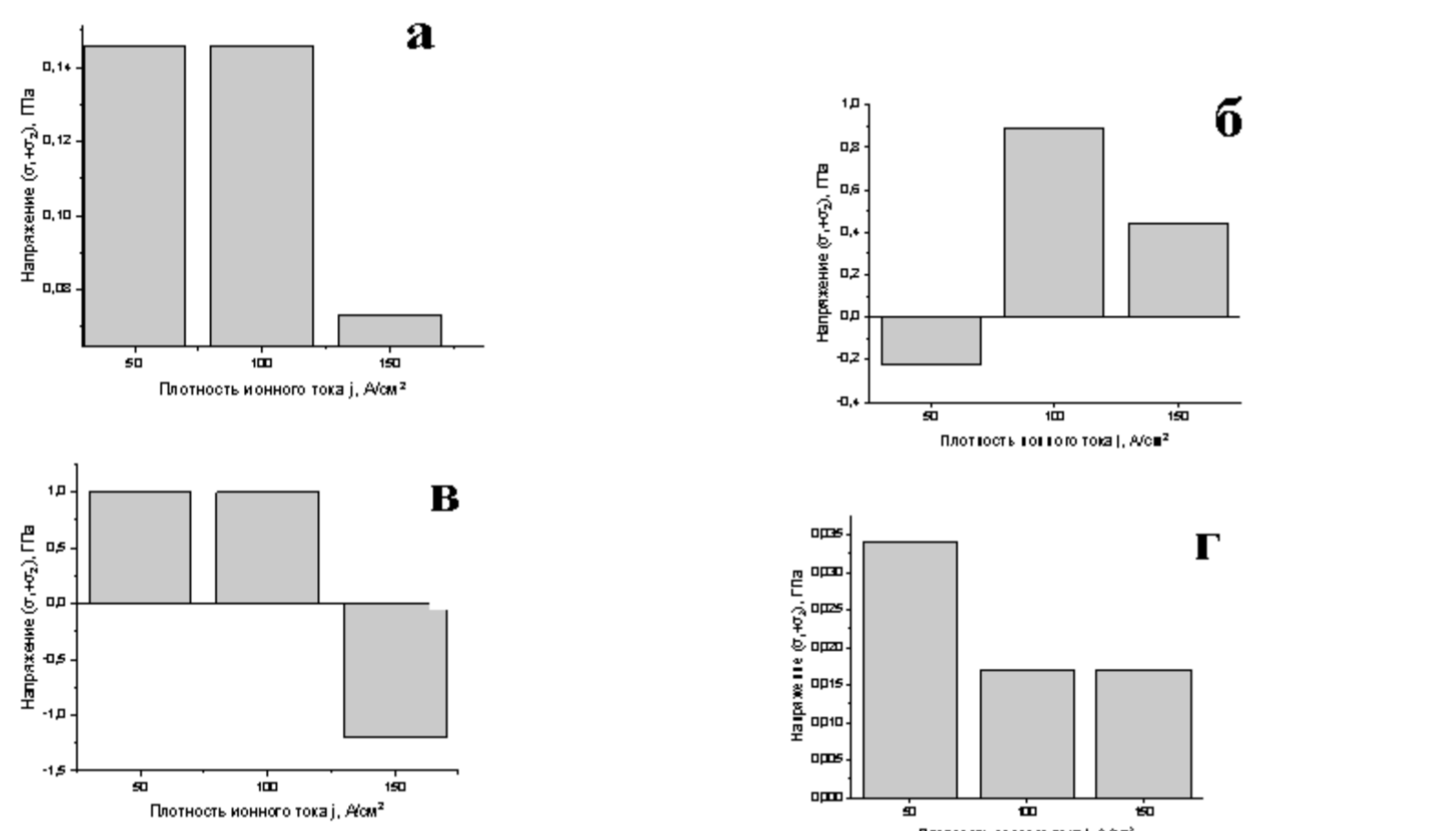


Рис. 2. Напряжения I рода алюминия (а) и его сплавов: Д16 (б), АК4-1 (в), В95Т

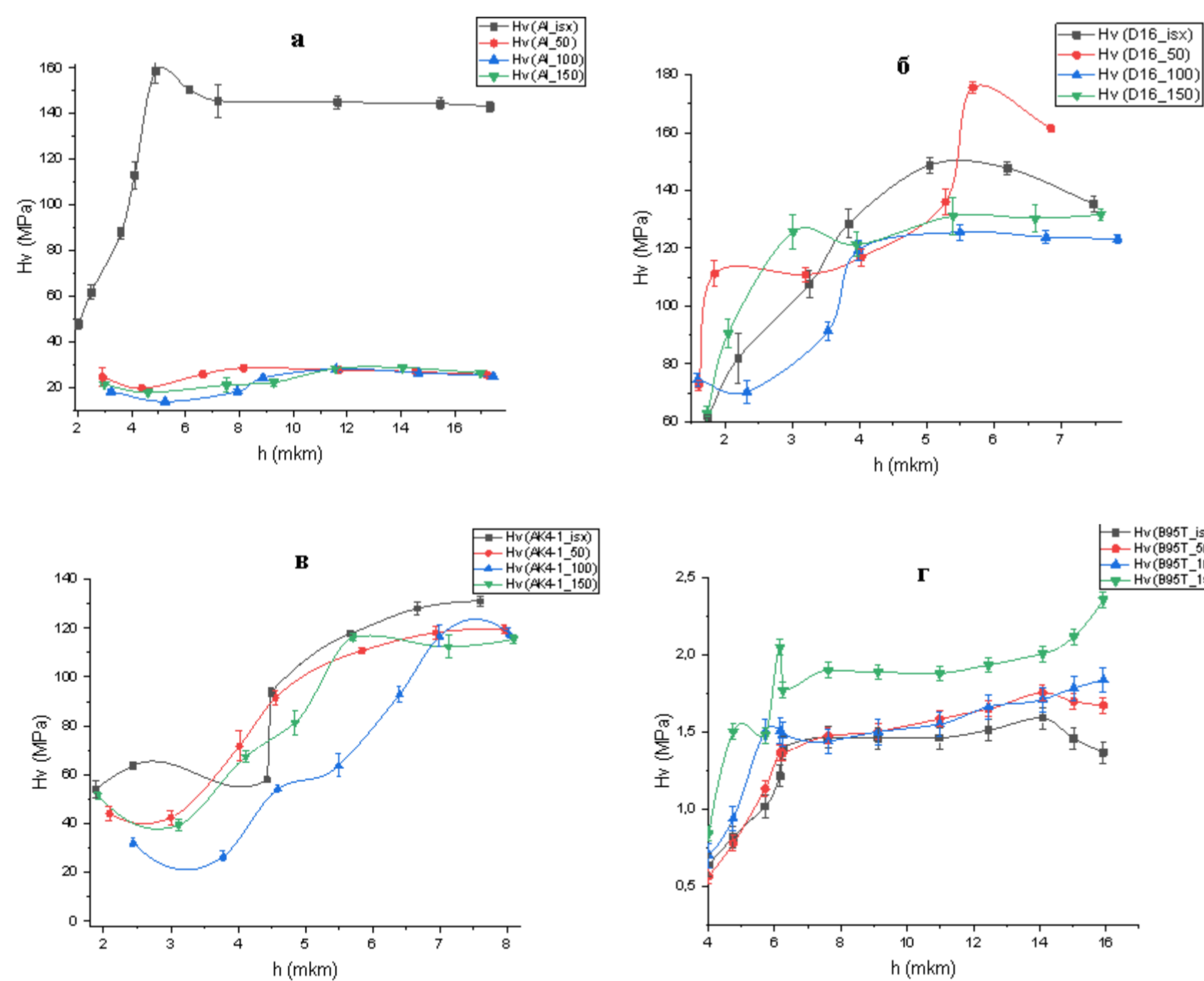


Рис.3. Зависимости микротвёрдости алюминия(1), Д16(2), АК4-1(3) и В95Т(4) от глубины проникновения до и после облучения МИП.

Рентгенофазовый анализ показал, что в модифицированном МИП слое при всех режимах облучения изменений фазового состава во всех исследуемых материалах не происходит (рис.1). Однако в сплавах наблюдается количественное перераспределение фаз. Обнаружено уменьшение параметров решетки α -фазы в Al с увеличением плотности ионного тока, что свидетельствует о деформирующем влиянии формирующихся при облучении МИП сжимающих остаточных напряжений. В сплавах параметр решетки изменяется в зависимости от плотности тока пучка, что свидетельствует о возрастающей роли перераспределения легирующих элементов.

Оценка остаточных напряжений I рода в алюминии (рис.2 а) показала, что все напряжения положительные, что свидетельствует о формировании сжимающих остаточных напряжений, что согласуется с уменьшением параметров кристаллической решетки α -фазы. В дюралюминии (рис.2б) напряжения положительные у образцов облученных МИП с плотностью тока 100 и 150 А/см². А при облучении МИП с плотностью тока 50 А/см² формируется растягивающее напряжение. По-видимому, на величину сформированного сжимающего и растягивающего напряжений в Д16 существенное влияние оказало перераспределение легирующих элементов. В алюминиевом сплаве АК4-1 (рис.2в) изменение знака напряжений I-рода наблюдается при облучении МИП с плотностью тока 150 А/см². В сплаве В95Т (рис.2г) напряжения положительные и уменьшаются с возрастанием плотности ионного тока.

Анализ размеров областей когерентного рассеяния при сравнении с чистым алюминием показал тенденцию к их уменьшению, так, например, в сплаве Д16 измельчение произошло в 1,5 раза, при этом плотность дислокаций увеличилась в 2 раза, а в сплаве В95Т плотность дислокаций возросла в 3 раза. Такая тенденция говорит о существенном влиянии легирующих элементов на дисперсность и плотность дислокаций при варьировании параметров облучения.

Измерения микротвердости алюминия (рис.3а) показали, что для всех режимов облучения величина микротвердости уменьшается, что хорошо согласуется с данными по росту значений ОКР. У дюралюминия и сплава АК4-1 микротвердость ведет себя неоднозначно, что, по-видимому, связано со сложным характером изменения плотности дислокаций при варьировании плотности ионного тока. В сплаве В95Т наблюдается увеличение микротвердости с увеличением плотности тока, что связано с возрастанием плотности дислокаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате проведенного исследования влияния облучения МИП на чистый алюминий и его сплавы было установлено:

- фазовый состав у чистого алюминия и его сплавов после облучения качественно не изменяется, однако в сплавах при изменении режимов облучения меняется количественное соотношение имеющихся фаз.

- параметры решетки α -фазы в Al и его сплаве В95Т уменьшаются с увеличением плотности ионного тока, что свидетельствует о деформирующем влиянии формирующихся сжимающих остаточных напряжений при облучении МИП. А неоднозначность поведения параметра кристаллической решетки в Д16 и АК4-1 при разном энергокладе может быть связана, как с усилением диффузионной подвижности примеси, так и с увеличением времени пребывания поверхностного слоя при высоких температурах.

- микротвердость алюминия для всех режимов облучения уменьшается, что связано с ростом ОКР. У дюралюминия и сплава АК4-1 микротвердость ведет себя неоднозначно, что, по-видимому, определяется сложным характером распределения поля напряжений. Рост микротвердости в сплаве В95-Т хорошо согласуется с возрастанием плотности дислокаций при увеличении плотности ионного тока МИП.