

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ КОМПОЗИЦИОННОГО СПЛАВА САП-2 ПОСЛЕ ОБЛУЧЕНИЯ МОЩНЫМ ИОННЫМ ПУЧКОМ

Т.В. Панова, В.С. Ковивчак

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского

panovatv@omsu.ru

Цель работы - исследование поверхностного слоя композиционного материала САП-2 после различных режимов облучения МИП.

Методика эксперимента. Исследуемые образцы спеченного порошкового алюминиевого сплава САП-2 (9,1-13% Al_2O_3) имели размер $15 \times 10 \times 3$ мм³. Облучение проводилось на ускорителе «Темп» (ОмГУ) ионным пучком со следующими параметрами – 30% H^+ + 70% C^{+n} ; 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 твердомере ПМТ-3. морфология поверхности исследовалась на СЭМ JSM-6610LV, “JEOL” с энергодисперсионным анализатором Inca-350.

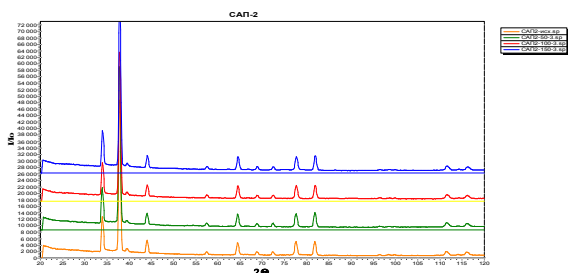


Рис. 1. Дифрактограммы САП-2 до и после облучения мощным ионным пучком

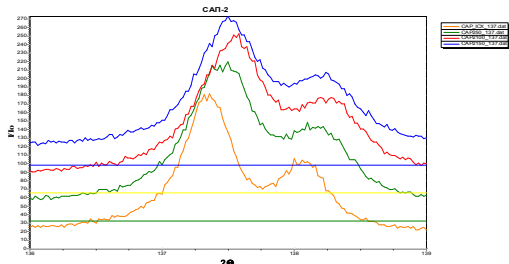


Рис. 2. Участок дифрактограмм САП-2 до и после облучения МИП с плотностью тока 50, 100 и 150 А/см² тремя импульсами

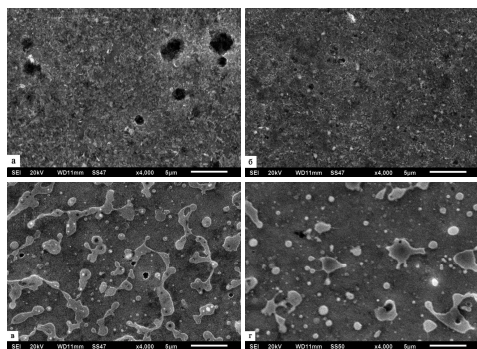


Рис. 3. Морфология поверхности САП-2: исходного (а) и облученных МИП (с плотностью тока 50 (б), 100 (в) и 150 (г) А/см²) после химического травления.

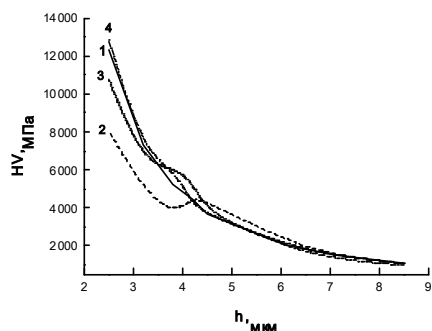


Рис. 4. Зависимости микротвёрдости САП-2 от глубины проникновения индентора до облучения (1) и после облучения МИП с плотностью тока 50 (2), 100 (3) и 150 (4) А/см²

Результаты и обсуждение. Воздействие на металлы и сплавы мощного ионного пучка (МИП) характеризуется большими температурными градиентами, высокими механическими напряжениями, изменением структурно-фазового состояния и как следствие изменением свойств поверхностных слоев. Научный интерес представляет исследование такого воздействия на композиционные порошковые материалы типа САП. Сплавы САП состоят из алюминия и дисперсных чешуек Al_2O_3 , которые тормозят движение дислокации и повышают прочность сплава.

Рентгенофазовый анализ показал, что в модифицированном МИП слое при всех режимах облучения изменений фазового состава не происходит (рис.1). Однако наблюдается сдвиг дифракционных пиков облученных образцов и их уширение (рис.2). Сдвиги в сторону больших углов свидетельствуют о возникновении сжимающих остаточных напряжений. Обнаружено небольшое снижение степени кристалличности фазы алюминия и возрастание практически в два раза (по сравнению с необлученным состоянием) размеров областей когерентного рассеяния. Плотность дислокаций уменьшается при возрастании плотности тока, что свидетельствует об отжиге дефектов при увеличении времени нахождения поверхностного слоя при высоких температурах.

Анализ морфологии поверхности исходного и облученных образцов после химического травления (рис.3) показал, что после облучения МИП с плотностью тока 50 А/см² на поверхности обнаруживаются вкрапления окиси алюминия и формирование частиц овальной формы. При повышении плотности тока наблюдается коагуляция частиц окиси алюминия. Облучение с максимальной плотностью тока приводит к формированию разрозненных частиц Al_2O_3 . Энергодисперсионный анализ показал, что отношение содержания кислорода к алюминию составляет $R_{O/Al}=0,19$ для необлученного состояния и возрастает при облучении с плотностью тока 50 А/см² до 0,21, при плотности тока 100 А/см² до 0,29 и при 150 А/см² до 0,27. Это свидетельствует об испарении алюминия при облучении и увеличении содержания Al_2O_3 в поверхностном слое.

Измерения микротвердости (рис.4) показали ее уменьшение в модифицированной МИП зоне по сравнению с исходным образцом и облученным МИП с плотностью тока 150 А/см². С глубины проникновения индентора ~ 4,5 мкм значения микротвердости совпадают в пределах погрешности. Такая зависимость может быть связана с уменьшением плотности дислокаций при их отжиге, а также с ростом размеров ОКР при максимальной плотности ионного тока.

Выводы. Исследования воздействия мощного ионного пучка на композиционный сплав САП-2 показали неизменность фазового состава, формирование сжимающих остаточных напряжений, рост размеров ОКР и уменьшение плотности дислокаций практически в пять раз при возрастании плотности ионного тока. Обнаружены значительные изменения содержания кислорода в зоне теплового влияния, что связано как с испарением алюминия, так и с коагуляцией частиц Al_2O_3 в поверхностном слое.