

СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СПЛАВАХ $Ni-B$ ПРИ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ АЗОТА

Якубовская С.В., Бабаскина С.Ю., Таран И.И.⁽¹⁾

Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь,
220013, г. Минск, пр. Независимости, 65, e-mail: almain@mail.ru

⁽¹⁾ Государственное научное учреждение "Физико-технический институт НАН Беларуси",
Республика Беларусь, 220141, г. Минск, ул. Купревича, 10, e-mail: anatkuzei@mail.ru

Одним из технологических вариантов получения износостойких композиционных материалов в форме плёнок, покрытий является электрохимическое соосаждение металла и дисперсных частиц из суспензий. Электрохимические сплавы системы никель-бор не являются в общепринятом представлении твердыми растворами. Бор присутствует в сплаве в виде ультрадисперсных частиц бора либо боридов никеля. В данной работе методами электронной микроскопии и рентгенофазового анализа изучена структура электрохимических сплавов $Ni-B$, содержащих 8-20 ат.% B , после ионно-лучевой имплантации азота. Электрохимические покрытия $Ni-B$ осаждали на обе стороны никелевой фольги толщиной 0,4 мм. Толщина покрытия составляла 28 мкм. Плотность ионного тока при имплантации азота достигала $(5-7) \cdot 10^{20}$ ион/см². Согласно полученным экспериментальным данным, имплантация ионов азота в электрохимический сплав $Ni-B$ изменяет его фазовый состав, структуру и физико-механические свойства. Так, твердость сплавов $Ni-B$ с имплантированным азотом составляет 8,2 ГПа при содержании B в сплаве 8 ат.%; 10,3 ГПа при содержании бора 20 ат.%, тогда как твердость исходных сплавов составляет 6,6 и 7,8 ГПа соответственно. По данным электронно-микроскопических исследований, после имплантации покрытие приобретает трехслойное строение. На поверхности покрытия расположен слаботравящийся в смеси соляной и азотной кислот слой толщиной 2-3 мкм, затем следует слой толщиной 3-5 мкм, содержащий ультрадисперсные частицы интерметаллидов с размерами 10-30 нм округлой или пластинчатой форм; далее следует слой с более крупными (30-100 нм) частицами

интерметаллидов округлой формы. На дифрактограммах имплантированных сплавов фиксируются рефлексы фаз NiB , Ni_2B , $\gamma-BN$ (в сплаве, содержащем 20 ат.% B). На противоположной стороне фольги покрытие имеет однородную структуру, представляющую никелевую матрицу, в которой расположены округлые частицы боридов никеля (Ni_3B , Ni_2B).

Взаимодействие потока ионов азота со сплавом $Ni-B$ сопровождается тепловыделением и повышением температуры до 465-500 К. При этой температуре происходит распад "твердого раствора" бора в никеле и образование боридов никеля. Образование боридов никеля наблюдается также в покрытии на обратной стороне фольги. В то же время энергия имплантируемого иона азота на несколько порядков превосходит энергию связи атомов никеля, а скорости диффузионных процессов при имплантации увеличиваются на три-четыре порядка при одновременном генерировании дефектов упаковки. В этих условиях возможно образование фазы BN , вместо боридов никеля. Таким образом, имплантация ионов азота в покрытие $Ni-B$ приводит к двум противоположным эффектам. С одной стороны образуется неравновесная фаза $\gamma-BN$, а с другой – из-за повышения температуры образуются бориды никеля, в том числе и в результате разложения $\gamma-BN$.

Из полученных данных следует, что ионная имплантация азота в электрохимический сплав $Ni-B$ сопровождается структурно-фазовыми превращениями с образованием, в том числе, тугоплавкой фазы $\gamma-BN$. При этом твердость сплавов повышается.