

8. Hofsass H., Ronning C., Griesmeier U. et al. // Appl. Phys. Lett. 1995. Vol.67. №1. P.46.

9. Lin Sh., Brown I.M., Feldman B.J. // Solid State Commun. 1995. Vol.96. №6. P.421.

10. Илясов В.В., Никифоров И.Я. // Физика тверд. тела. 1997. Т.39. №6. С.1064.

Поступила в редакцию 09.12.98.

УДК 669.716

В.Г.ШЕПЕЛЕВИЧ

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШЕЙ ФОЛЫГИ СПЛАВА Д16

Quickly quenched foils of D16 alloy are characterized with texture (111). Aluminium solid solution includes the CuAl_2 and $\text{Al}_6\text{Mg}_4\text{Cu}$ particles in the bulk and boundary of grains. Electrical resistivity and microhardness of foils are increased during low-temperature annealing, but it are decreased during annealing in the high — temperature region.

Благодаря методам сверхбыстрой закалки из жидкой фазы не только расширяется круг новых материалов, но и возрастают возможности использования ранее разработанных сплавов. К числу таких материалов относятся сплавы алюминия, применяемые в различных отраслях техники [1]. В данной работе представлены результаты исследования структуры и свойств фольги сплава Д16, полученной сверхбыстрой закалкой из расплава.

Для получения фольги сплав Д16 (~0,1 г) расплавлялся и нагревался до 670–700°C. Капля расплава вытескивалась на внутреннюю полированную поверхность медного цилиндра, вращающегося со скоростью 25 об/с. Внутренний диаметр цилиндра 20 см. При кристаллизации образовывалась фольга длиной до нескольких сантиметров и шириной до 1 см. Толщина фольги достигала 60 мкм. Скорость охлаждения расплава превышала 10° К/с, как показал расчет [2]. Рентгеноструктурные исследования фольги толщиной 20–50 мкм проводились на дифрактометре ДРОН-3 в кобальтовом излучении. Текстура фольги изучалась методом “обратных” полюсных фигур. Полюсные плотности дифракционных линий рассчитывались по методу Харриса [3]. При определении фазового состава фольги использовались данные по межплоскостным расстояниям [4]. На электронном микроскопе ПРЭМ-200 были проведены исследования структуры фольги толщиной до 0,2 мкм. Измерения микротвердости фольги осуществлялись на приборе ПМТ-3 при нагрузке 20 г.

Быстрозатвердевшая фольга сплава Д16 имела мелкозернистую структуру. Размер большинства зерен находился в пределах 3–5 мкм.

В табл.1 представлены значения межплоскостных расстояний ($d_{\text{экс}}$) исследуемого сплава, а также межплоскостные расстояния возможных фаз. Из сопоставления следует, что на дифрактограмме наблюдаются дифракционные линии 111, 200, 220, 311, 222, 400, 331 и 420, обусловленные твердым раствором на основе алюминия. Кроме того, наблюдаются дифракционные отражения, вызванные выделениями фаз CuAl_2 и $\text{Al}_6\text{Mg}_4\text{Cu}$. Размер выделений вторых фаз достигает 60 нм (рис.1). Они распределены как на границах зерен, так и по всему объему.

Таблица 1
Межплоскостные расстояния, наблюдаемые экспериментально для быстрозатвердевшей фольги сплава Д16 ($d_{\text{экс}}$) и основных его фаз [4]

Межплоскостные расстояния фаз (d), нм			
$d_{\text{экс}}, \text{нм}$	Al	CuAl_2	$\text{Al}_6\text{Mg}_4\text{Cu}$
0,238	—	0,237	—
0,232	0,233	—	—
0,214	—	0,214	—
0,211	—	0,212	0,211
0,202	0,202	—	—
0,190	—	0,190	—
0,164	—	—	0,163
0,159	—	—	0,160
0,143	0,143	—	—
0,135	—	0,136	0,135
0,121	0,122	—	—
0,115	0,117	—	—
0,101	0,101	—	—
0,093	0,093	—	—
0,0905	0,0905	—	—

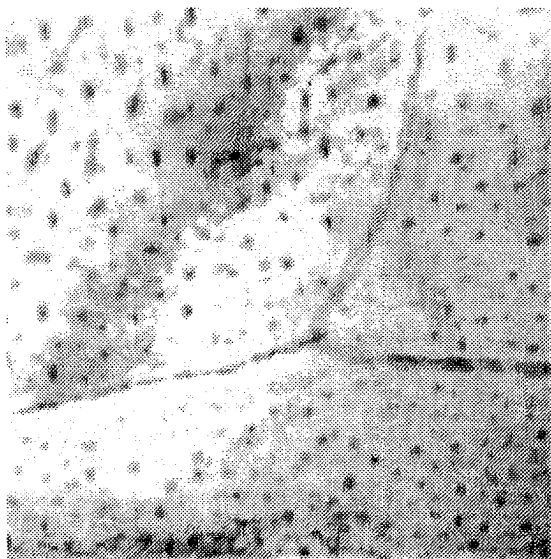


Рис.1. Микроструктура быстрозатвердевшей фольги Д16 (х 30 000)

Таблица 2
Полосные плотности дифракционных линий
быстрозатвердевшей фольги сплава Д16

Состояние фольги	Дифракционные линии					
	111	200	220	311	331	420
Исходное	2,6	0,8	0,8	0,7	0,5	0,6
Отжиг при 140°C, 1 ч	2,5	0,8	0,9	0,8	0,5	0,5
Отжиг при 480°C, 1 ч	2,5	0,8	0,8	0,8	0,5	0,6

$\rho(t)/\rho_0$ ($\rho_0, \rho(t)$ — удельное электросопротивление фольги сплава после их получения и отжига при температуре t) в процессе изохронного отжига. Время выдержки фольги при каждой температуре составляло 10 мин. Вначале изохронного отжига удельное электросопротивление незначительно увеличивается, а затем при нагреве выше 220°C уменьшается.

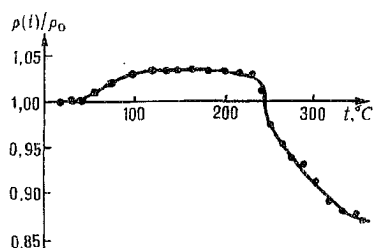


Рис.2. Изменение $\rho(t)/\rho_0$ быстрозатвердевшей фольги при изохронном отжиге

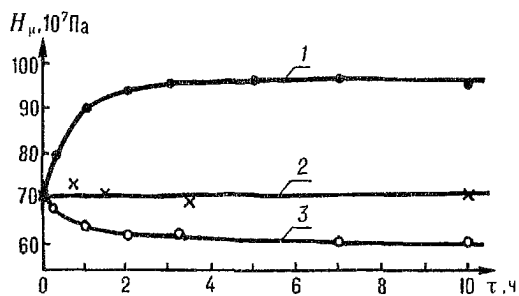


Рис.3. Изменение микротвердости H_μ быстрозатвердевшей фольги при изотермическом отжиге ($1 - 190^\circ\text{C}$, $2 - 250^\circ\text{C}$, $3 - 290^\circ\text{C}$)

На рис.3 приведены графики зависимостей микротвердости $H_\mu(\tau)$ фольги от времени при изотермическом отжиге. Микротвердость после отжига при 190°C увеличивается, а при 290°C — уменьшается. Изменение H_μ в процессе отжига при 250°C находится в пределах погрешности измерения. Так как при сверхбыстрой закалке из расплава образуется пересыщенный твердый раствор на основе алюминия, то наблюдаемые изменения свойств фольги при отжиге целесообразно связать с его распадом. Первоначальное увеличение удельного электросопротивления при изохронном отжиге и увеличение микротвердости в процессе изотермического отжига при 190°C обусловлено выделением мелкодисперсных зон Гинье—Престона на на-

чальном этапе распада, которые вызывают как рассеяние электронов проводимости, так и упрочнение сплава [6]. Повышение температуры изохронного отжига, а также изотермический отжиг при 290°C приводят к дальнейшему развитию распада пересыщенного твердого раствора, при котором происходит образование метастабильной и стабильной фаз. Размеры выделений фаз и расстояния между ними больше, чем для зон Гинье—Престона. Также происходит уменьшение концентраций легирующих элементов в твердом растворе и растворение зон Гинье—Престона [7]. Этим и объясняются наблюдаемые уменьшения удельного электросопротивления и микротвердости.

1. Lavernia E.J., Ayers J.D., Svivatson T.S. // International Materials Reviews. 1992. Vol.37. №1. P.1.

2. Мирошниченко И.С. Закалка из жидкого состояния. М., 1982.

3. Вассерман Г., Гревен И. Текстуры металлических материалов. М., 1969.

4. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. М., 1961.

5. Астахов О.Ф., Горелик С.С., Сагалова Т.Б. Сафонов Ю.С. // Физика металлов и металловедения. 1994. Т.77. №1. С.83.

6. Тофпенс Р.Л. Разупрочняющие процессы в стареющих сплавах. Мн., 1979.

7. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. М., 1978.

Поступила в редакцию 14.12.98.

УДК 621.315.592.548.74

П.И.ГАЙДУК, В.С.ТИШКОВ, Ф.Ф.КОМАРОВ, С.Н.ЯКУБЕНЯ

ВЛИЯНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ АЛМАЗА НА СТРУКТУРУ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ПЛЕНОК НИКЕЛЯ

The processes of nickel films growth from an electrolyte containing suspension of micro-dispersion diamond grains have been investigated. It was found that capture of the diamond grains gives an essential increase of grain size during the growth of polycrystalline nickel films. The data of diffraction measurements for nickel films obtained from electrolyte (with and without suspension of micro-dispersion diamond grains) are given.

Исследованию морфологии поверхности и дефектности кристаллов алмаза в мировой и отечественной литературе с начала 50-х гг. и по сей день уделяется пристальное внимание [1–20]. Интерес к изучению структуры природных и синтетических алмазов определяется прежде всего их огромным значением для промышленности при производстве различного типа шлифовально-полировальных и режущих инструментов, а также износостойких покрытий. В частности, широкое применение нашли покрытия различного состава, содержащие мелкокристаллическую фракцию алмазных зерен. В этом плане наиболее интересны алмазосодержащие пленки кубического никеля. Известно, что α -Ni имеет кристаллическую решетку ($Fm\bar{3}m$), близкую по типу к решетке алмаза ($Fd\bar{3}m$). При этом различие в постоянных их кристаллических решеток не превышает 1,3%. Следует ожидать, что присутствие алмазных зерен в растущей никелевой пленке может оказать существенное влияние на формирование ее кристаллической структуры. Настоящая работа посвящена исследованию данного эффекта.

Материал и методика

Пленки никеля толщиной до 30 мкм выращивали на стальных пластинах в электролитической ванне состава: 100 г/л сернокислого никеля, 25 г/л сернокислого никель-аммония, 19 г/л хлористого натрия, 19 г/л борной кислоты.

Рабочая температура электролита составляла 20–22°C при pH=5,8 и плотности тока 0,7 А/дм². От подложек пленки отделяли отлушиванием при изгибе и утоняли двухсторонним ионно-лучевым распылением. Иссле-